Tussa Energi AS

Skredfarevurdering

Nye Tussa kraftverk

Oppdragsnr.: **52406523** Dokumentnr.: **RA-INGGEO-01** Versjon: **04** Dato: **2025-07-02**



Norconsult

Oppdragsgiver:	Tussa Energi AS
Oppdragsgivers kontaktperson:	Arild Høydal
Rådgiver:	Norconsult Norge AS, Retirovegen 4, NO-6019 Ålesund
Oppdragsleder:	Eirik Bugge Kulsrud
Fagansvarlig:	Erlend Alvestad
Andre nøkkelpersoner:	Gro Sandøy, Øyvind Rem

Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent
04	2025-07-02	Oppdatert etter supplerende befaring i kartleggingsområde 1	ErlAlv	GroSan	ebuku
03	2025-04-25	Oppdatert med faresoner i kartleggingsområde 1	ErlAlv	GroSan	ebuku
02	2025-03-03	Oppdatert etter tilbakemeldinger fra oppdragsgiver	ErlAlv	GroSan	ebuku
01	2024-12-17	For bruk	ErlAlv	GroSan	ebuku

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

Sammendrag

Norconsult bistår med å utføre en skredfarevurdering for deler av Nye Tussa kraftverk som er utsatt for skred i bratt terreng, som skal gi grunnlag for å vurdere plassering av påhuggsområder for tunnelanlegget og mulige vegtraseer og behov for eventuelle skredsikringstiltak. Området er delt inn i tre kartleggingsområder hvor skredfaren er kartlagt og vurdert.

Skredfarevurderingen er utført i henhold til NVE sin veileder for utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng hvor det er fastsatt sikkerhetsklasser for skred i henhold til TEK17. Skredfarevurderingen gir også grunnlag for nærmere fastsetting av plassering av blant annet tunnelpåhugg og vegtraseer. Fare for alle typer skred i bratt terreng er vurdert basert på en gjennomgang og studie av tilgjengelige grunnlagsmateriale som kart og informasjon fra nettdatabaser. Det ble gjennomført befaring i området den 25. oktober 2024 og supplerende befaring av kartleggingsområde 1 den 11. juni 2025.

Kartleggingsområde 1 er utsatt for snøskred, men også for steinsprang og jordskred. Faren for at snøskred vil treffe kartleggingsområdet er størst i midtre og nordlige del, og lavere i sørlig del. Det kan gå skred fra menneskeskapt fylling/steintipp i fjellsiden, men potensielle nye skred vurderes å ha betydelig mindre volum og kortere utløpslengde enn skredet som gikk tidlig på 1960-tallet. Dimensjonerende skredtype i dette området er snøskred og mest aktuelle sikringstiltak er fangvoll. Det er utarbeidet faresoner for skred i kartleggingsområde 1 for sikkerhetsklasse S1 og S2, med største nominelle årlige sannsynlighet for skred på henholdsvis 1/100 og 1/1000. Plassering av påhugget/portalbygget innenfor faresone med største nominelle årlige sannsynlighet for skred på 1/100 vil medføre behov for etablering av permanent sikringstiltak for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet mot skred.

Kartleggingsområde 2 er utsatt for små snøskred som løsner fra over skoggrensen eller fra de bratte skrentene og steinsprang som løsner fra berghammere. Faren for at snøskred og steinsprang vil treffe vegtrase eller påhuggsområde er størst like under de bratte skrentene og berghammerne og avtar med økende avstand til disse. Snøskred og steinsprang har korte utløp med begrenset skadepotensiale.

Kartleggingsområde 3 er utsatt for små snøskred og steinsprang fra mindre skrenter og berghammere. Faren er størst like under skrentene og berghammerne og avtar raskt når avstanden til disse øker, og er størst i nordlig del av kartleggingsområdet og særlig gjennom det trange juvet. Det kan ikke utelukkes at det går sørpeskred nord i kartleggingsområdet, men dette vurderes som lite sannsynlig og kan kun tenkes dersom helt spesielle og sjeldne forhold opptrer.

Det er ikke utarbeidet faresoner for skred i kartleggingsområde 2 og 3 da dette ikke er en del av oppdraget.

Innhold

1 Innledning 6
1.1 Bakgrunn og hensikt 6
1.2 Utførte undersøkelser 8
1.3 Gjeldende retningslinjer og styrende dokumenter 9
1.4 Forutsetninger for skredfarevurderingen 10
1.5 Grunnlagsmateriale 10
2 Områdebeskrivelse 11
2.1 Topografi og helning 11
2.2 Skog 17
2.3 Vannveier 19
2.4 Berggrunn og løsmasser 20
2.5 Aktsomhetskart 21
2.6 Skredhistorikk 22
2.7 Eksisterende skredfarevurderinger 26
2.8 Eksisterende sikringstiltak 26
2.9 Klima 28
3 Observasjoner 32
3.1 Kartleggingsområde 1 32
3.2 Kartleggingsområde 2 39
3.3 Kartleggingsområde 3 44
4 Modellering 53
4.1 Simulering av snøskred 53
4.1.1 Parametervalg og utført simulering 53
4.1.2 Resultater fra simuleringer 54
4.2 Simulering av steinsprang 55
4.2.1 Parametervalg og utført simulering 55
4.2.2 Resultater fra simuleringer 55
5 Vurdering 58
5.1 Kartleggingsområde 1 58
5.2 Kartleggingsområde 2 62
5.3 Kartleggingsområde 3 63
6 Konklusjon - plassering av påhuggsområder og vegtraseer 67
6.1 Kartleggingsområde 1 67
6.2 Kartleggingsområde 2 67
6.3 Kartleggingsområde 3 67
7 Konklusjon - faresoner for skred 68

8 Vurdering av permanent sikringstiltak 69
8.1 Valg av sikringstiltak 69
8.2 Nødvendig vollhøyde 69
8.3 Prosjektering av skredvoll 72
9 Vurdering av sikringstiltak i anleggsfasen 73
10 Referanser 74

Vedlegg 1: Generell beskrivelse av ulike skredtyper
Vedlegg 2: Terrenghelningskart
Vedlegg 3: Aktsomhetskart for jord- og flomskred, snøskred og steinsprang
Vedlegg 4: Registreringskart
Vedlegg 5: Simuleringer RAMMS Avalanche
Vedlegg 6: Simulering RAMMS Rockfall
Vedlegg 7: Faresoner for skred

1 Innledning

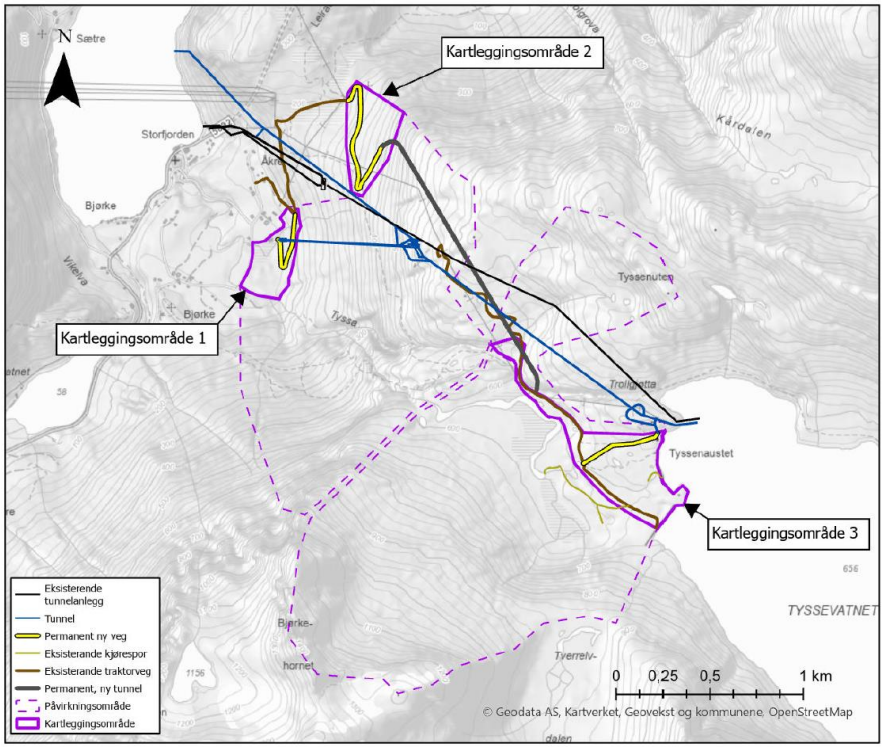
1.1 Bakgrunn og hensikt

Norconsult er engasjert av Tussa Energi AS for å bistå med prosjektering av Nye Tussa kraftverk, blant annet av nytt tunnelsystem for anlegget med tilhørende vegtraseer. I forbindelse med dette bistår Norconsult med å utføre en skredfarevurdering for deler av anlegget som er utsatt for skred i bratt terreng, som skal gi grunnlag for å vurdere plassering av påhuggsområder for tunnelanlegget og mulige vegtraseer og behov for eventuelle skredsikringstiltak. De tre kartleggingsområdene hvor skredfaren er kartlagt og vurdert er oppsummert i Tabell 1.

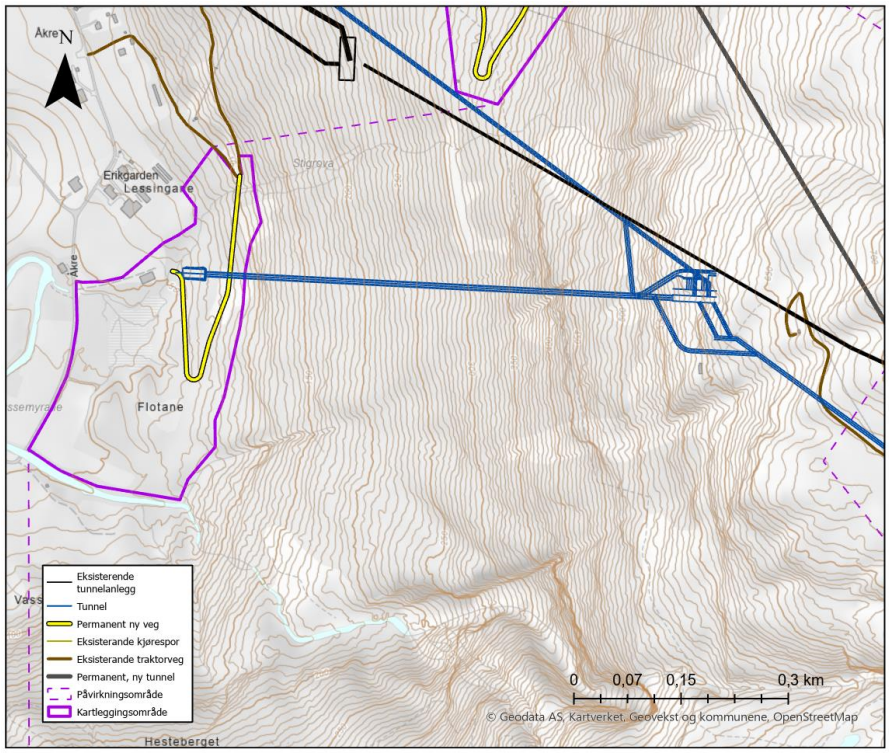
Tabell 1 De tre kartleggingsområdene hvor skredfaren er kartlagt og vurdert.

Kartleggingsområde	Område
1	Påhuggsområde adkomsttunnel
2	Mulig vegtrase nedre del
3	Mulig vegtrase øvre del og påhuggsområde tverrslag ved inntak Tyssevatn

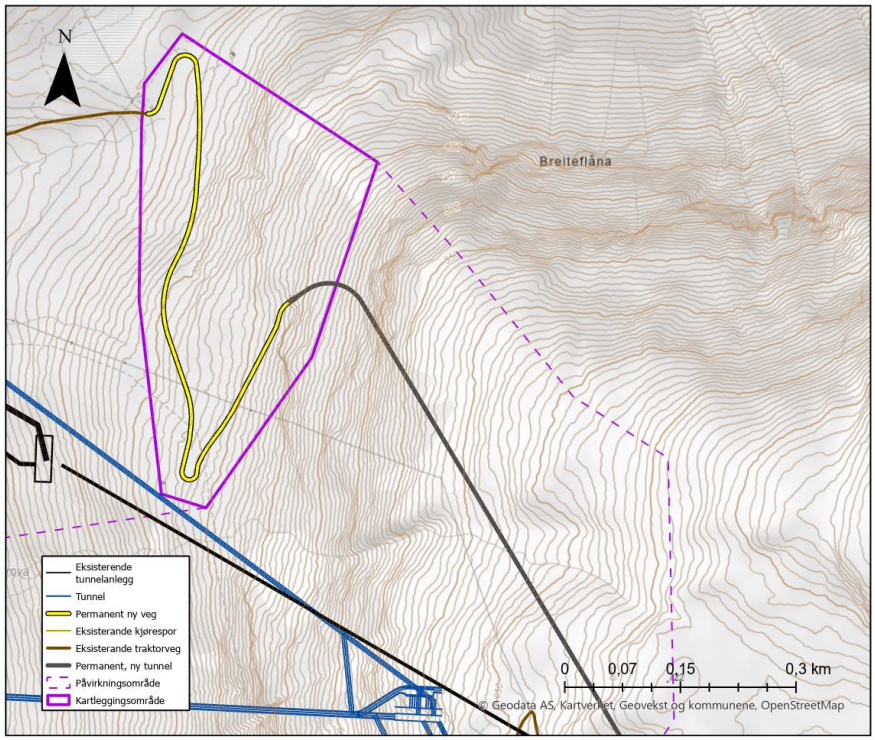
Figur 1 viser oversiktskart av de tre kartleggingsområdene med tilhørende påvirkningsområde. Figur 2, 3 og 4 viser detaljkart av henholdsvis kartleggingsområde 1, 2 og 3. Kartleggingsområdet er området hvor tiltaket skal etableres og den reelle skredfaren skal avklares, mens påvirkningsområdet er området som kan generere skred inn mot kartleggingsområdet.



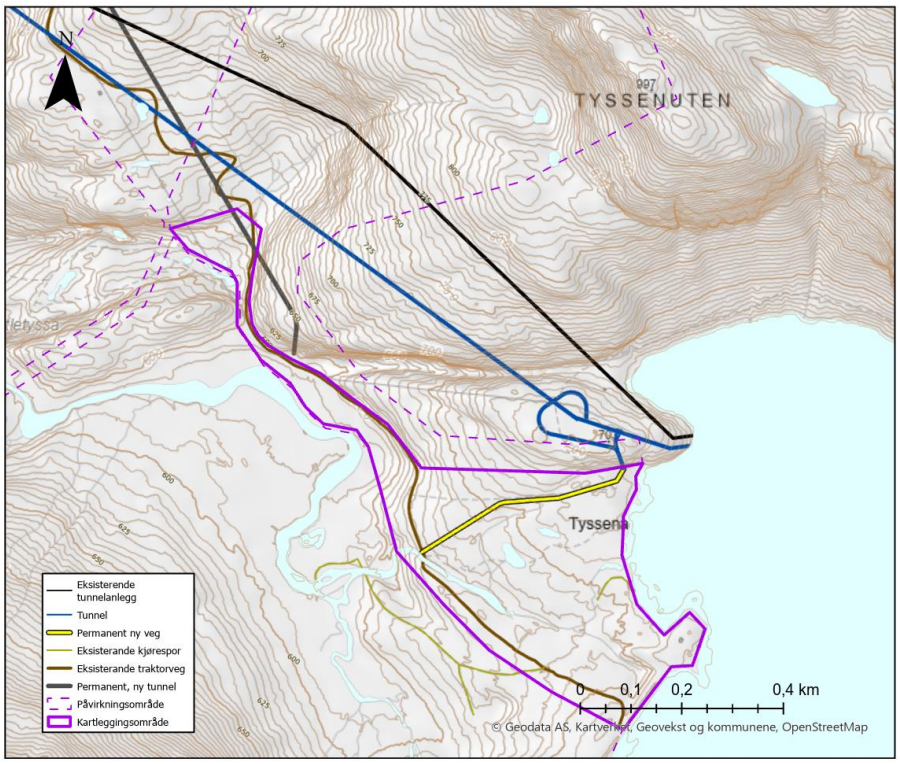
Figur 1 Oversiktskart som viser alle de tre kartleggingsområdene med tilhørende påvirkningsområder.



Figur 2 Kart som viser kartleggingsområde 1 og påvirkningsområdet over.



Figur 3 Kart som viser kartleggingsområde 2 og påvirkningsområdet over.



Figur 4 Kart som viser kartleggingsområde 3 og påvirkningsområdene rundt.

1.2 Utførte undersøkelser

Det ble gjennomført befaring av hele området den 25. oktober 2024, av ingeniørgeologene Erlend Alvestad og Øyvind Rem fra Norconsult. Befaringen ble gjennomført til fots, med drone og med helikopter. På befaringsdagen var det første del av dagen oppholdsvær og liten kuling med vindkast med stiv kuling. Utover dagen ble det noe økende bygeaktivitet med regn, og gradvis avtakende vind. Det var ca. 10 ºC nede ved Bjørke på ca. 50 moh. og ca. 6 ºC opp ved Tyssevatnet på 660 moh.

Det ble gjennomført supplerende befaring i kartleggingsområde 1 den 11. juni 2025, av ingeniørgeologene Erlend Alvestad og Gro Sandøy fra Norconsult. Befaringen ble gjennomført til fots og med drone. På befaringsdagen var det vekslende med oppholdsvær og regnbyger, ca. 10 °C og svak vind fra vest/nordvest. Befaringen hadde et særlig fokus på sørlig del av kartleggings- og påvirkningsområdet hvor det var en skredhendelse tidlig på 1960-tallet. Det er i etterkant av skredhendelsen bygd opp en ledevoll, som antas bygget av fyllmasser/steintipp fra byggingen av et tverrslag i området.

1.3 Gjeldende retningslinjer og styrende dokumenter

Skredfarevurderingen er utført i henhold til NVE sin veileder for utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng [1] hvor det er fastsatt sikkerhetsklasser for skred i henhold til TEK17 [2]. Skredfarevurderingen gir også grunnlag for nærmere fastsetting av plassering av blant annet tunnelpåhugg og vegtraseer, hvor sikkerhetsklasser for skred ikke er fastsatt.

Sikkerhetskravene som skal legges til grunn ved regulering og byggesak, er gitt i plan- og bygningsloven (PBL) §§ 28-1 og 29-5 med tilhørende byggteknisk forskrift (TEK17) §7-3 «Sikkerhet mot skred» [2].

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) sine retningslinjer «Flom- og skredfare i arealplaner» [3] beskriver hvordan skredfare bør utredes og innarbeides i arealplaner og hvordan aktsomhetskart og faresonekart kan brukes til å identifisere skredfareområder. Til retningslinjene er NVEs veileder (sist endret 02.01.2025) «Sikkerhet mot skred i bratt terreng. Utredning av skredfare i reguleringsplan og byggesak» tilknyttet, som gir anbefalinger til hvordan skredfare bør vurderes og kartlegges i bratt terreng på ulike plannivå etter PBL [1].

I henhold til TEK17 skal byggverk og tilhørende uteareal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot skred slik at nominell årlig sannsynlighet ikke overskrider kravet til sikkerhetsklassen som tiltaket tilhører, se Tabell 2.

Tabell 2: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområder [2].

Sikkerhetsklasse for skred:	Konsekvens:	Største nominelle årlige sannsynlighet:
S1	Liten	1/100
S2	Middels	1/1000
S3	Stor	1/5000

Retningsgivende eksempler til bestemmelse av sikkerhetsklasse er beskrevet i TEK17. Byggverk hvor konsekvensen av et skred, herunder sekundærvirkninger av skred, er særlig stor, skal ikke plasseres i skredfarlig område.

I S1 inngår byggverk der skred vil ha liten konsekvens. Eksempel er garasjer, uthus, båtnaust, mindre brygger og lagerbygninger med lite personopphold. Enkelte mindre tilbygg, påbygg, ombygging og bruksendringer er omfattet av sikkerhetsklasse S1.

I S2 inngår byggverk der det normalt oppholder seg maksimum 25 personer, og/eller der det er middels økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser ved skredhendelser. Eksempel er boliger med maksimalt 10 boenheter, arbeids- og publikumsbygg/brakkerigg/overnattingssted der det normalt oppholder seg maksimum 25 personer, driftsbygninger i landbruket, parkeringshus og hamneanlegg.

I S3 inngår byggverk der det normalt oppholder seg mer enn 25 personer, og/eller der skred vil føre til store økonomiske og/eller samfunnsmessige konsekvenser. Eksempel er byggverk med flere boenheter og personer enn i S2, i tillegg til skoler, barnehager, sykehjem og lokale beredskapsinstitusjoner.

Følgende sikkerhetsklasser er fastsatt i prosjektet:

- Transformatorstasjon, sikkerhetsklasse S2
- Påhugg/portalbygg, sikkerhetsklasse S1

Disse to er lokalisert i kartleggingsområde 1. Siden endelig plassering ikke er fastsatt er det i dette området utarbeidet faresoner for skred for sikkerhetsklasse S1 og S2, med største nominelle årlige sannsynlighet for skred på henholdsvis 1/100 og 1/1000.

1.4 Forutsetninger for skredfarevurderingen

Denne skredfarevurderingen tar utgangspunkt i terreng-, klima- og vegetasjonsforholdene som er aktuelle på utredningstidspunktet. Skredfarevurderingen benytter metodikk, kunnskap og verktøy som da er tilgjengelig.

Skredfarevurderingen omhandler vurdering av sikkerhet mot skred i bratt naturlig terreng. Kartleggingen omfatter ikke vurdering av:

- Fyllinger, skjæringer (løsmasse og berg), murer eller andre antropogene element (menneskeskapte) som kan medføre fare.
- Kvikkleireskredfare eller sikringstiltak mot dette.
- Mekaniske motstandsevne og stabilitet for byggverk i kartleggingsområdet (TEK17 §10 [1]).

Ifølge NVEs veileder [1] kan det være behov for ny skredfarevurdering om forutsetningene endres. Eksempler på endret forutsetninger som kan utløse behov for ny vurdering er blant annet nye skredhendelser, nye opplysninger om tidligere skredhendelser som ikke var nevnt, endret terrengforhold (eks. sikringstiltak, terrenginngrep), endret vegetasjonsforhold (eks. flatehogst), endret hydrologiske forhold (eks. grøfter, skogveier), eller funn av tydelige feil og mangler i tidligere skredfarevurdering og ny metodikk tilgjengelig.

1.5 Grunnlagsmateriale

Skredfarevurderingen er basert på følgende tilgjengelige grunnlagsdata:

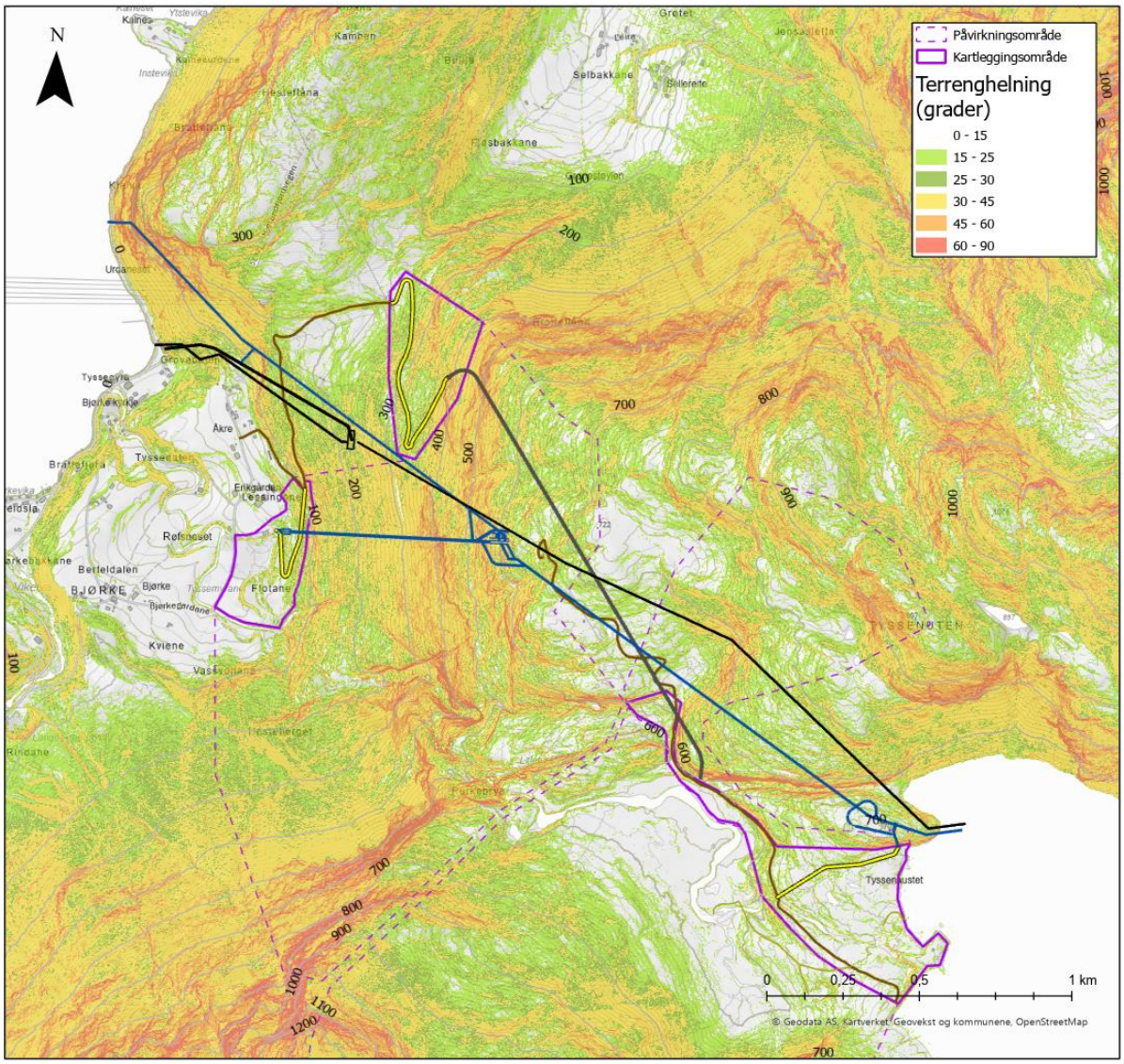
- Digital høydemodell med 1 m oppløsning (nasjonal høydemodell) [4].
- Tilgjengelige flybilder fra 1967 til og med 2022 [5].
- Berggrunnskart og kvartærgeologiske kart (løsmassekart) fra NGU [6].
- Faresoner for skred i bratt terreng og fjellskred, skredhendelser og aktsomhetskart for steinsprang, jord- og flomskred og snøskred fra NVE atlas [7].
- Skogsdata og markfuktighetskart fra NIBIO [8].
- Historiske klimadata fra tjenesten AV-klima [9], senorge.no [10] og Norsk klimaservicesenter Seklima [11].
- Deformasjonsmålinger hentet fra InSAR Norway [12].

2 Områdebeskrivelse

2.1 Topografi og helning

Nye Tussa kraftverk er lokalisert ved Bjørke lengst inne i Storfjorden, som er en fjordarm til Hjørundfjorden. Området rundt Bjørke og Hjørundfjorden domineres av et alpint fjell-landskap med svært bratte og alpine fjell. Fjellene i dette området strekker seg fra fjorden (ved 0 moh.) og opp til ca. 1400-1600 moh. Kraftverk-anlegget er lokalisert fra Bjørke i nordvest helt nede ved fjorden og til Tyssevatnet i sørøst på ca. 656 moh. Omtrent parallelt med anlegget renner elva Tyssa, fra Tyssevantet og ned til fjorden med utløp i Bjørke.

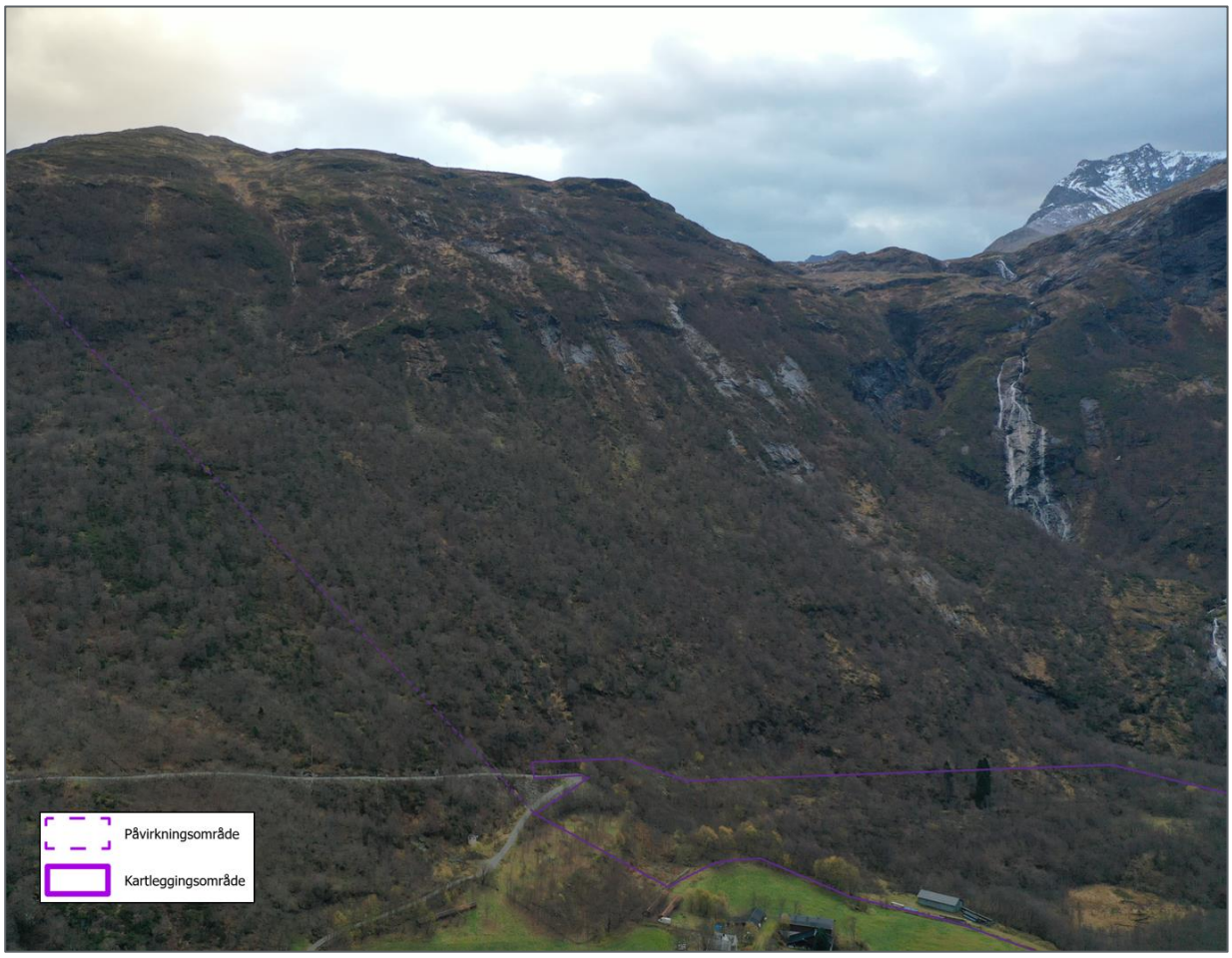
Figur 5 og vedlegg 2 viser terrenghelningskart over området.



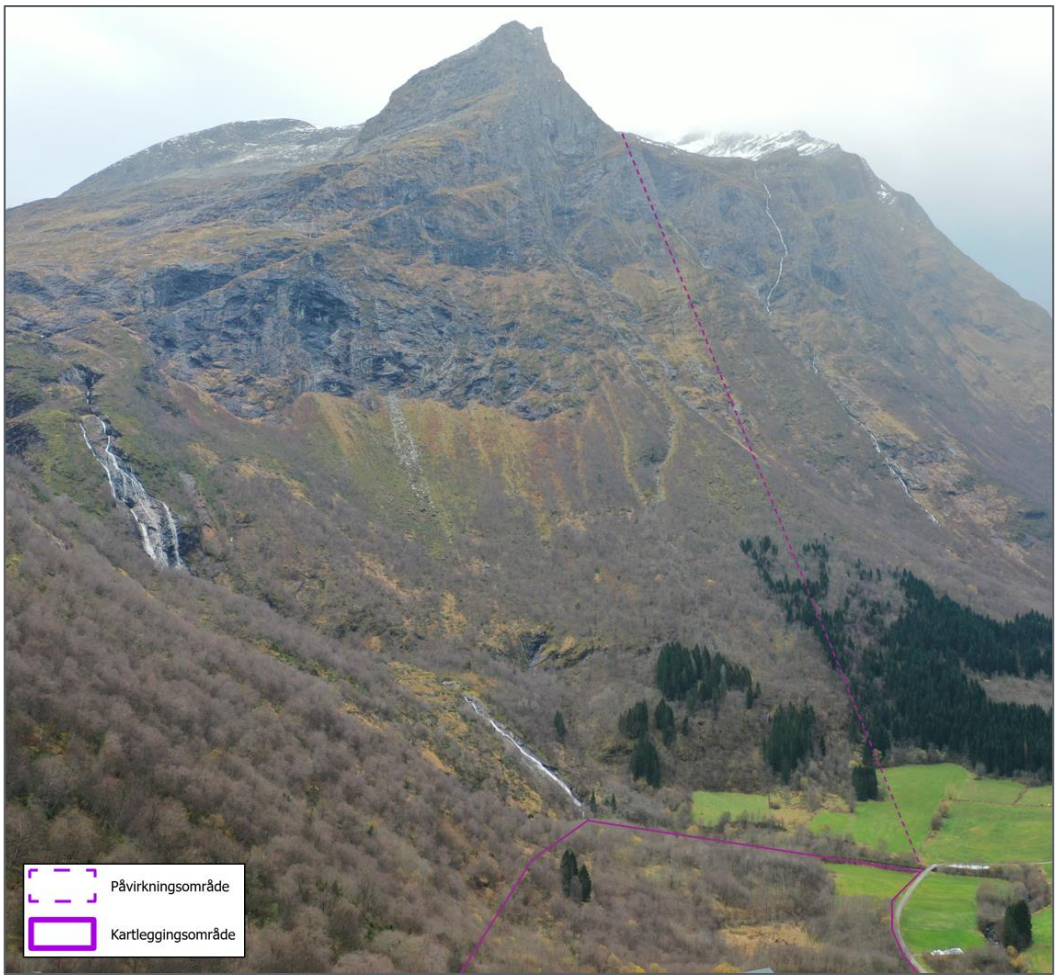
Figur 5 Kart som viser terrenghelningen i området.

Kartleggingsområde 1:
Fjellsiden over kartleggingsområde 1, som er vendt mot vest, stiger bratt fra kartleggingsområdet ved ca. 50 moh. og opp til ca. 700-750 moh. Fra ca. 50 til 300 moh. stiger terrenget relativt jevnt med en terrenghelning på ca. 30-45 grader. Fra ca. 300 til ca. 450 moh. stiger terrenget brattere med en helning på ca. 45-60 grader, og ca. ved 400-430 moh. går det noen steile berghammere på tvers av fjellsiden. Fra ca. 450 til 520 moh. stiger terrenget med en helning på ca. 30-45 grader, før det igjen er et parti ved ca. 500-550 moh. med bratte partier på ca. 45-60 grader og steile berghammere. Fra ca. 550 moh. og videre oppover stiger terrenget med en jevnere og slakere helning på ca. 15-30 grader avløst av noen flatere og noen brattere partier mellom. Figur 6 viser et oversiktsbilde av kartleggingsområde 1 og den vestvendte fjellsiden over.

Sør for kartleggingsområde 1 går det en stor nordvendt fjellside opp mot den alpine fjelltoppen Bjørkehornet på 1430 moh. Terrenget sør for kartleggingsområdet består av et relativt flatt område på ca. 100-150 m frem til foten av fjellsiden. Deretter stiger terrenget opp til ca. 300-350 moh. relativt jevn med helning på ca. 20-30 grader med enkelte partier med brattere terreng på 30-45 grader og enkelte partier med bratte skrenter. Videre opp til ca. 450-500 moh. stiger terrenget jevnt med en helning på ca. 30-45 grader. Fra ca. 450-500 moh. og opp til Bjørkehornet på 1430 moh. er terrenget svært bratt med høye og steile bergvegger, med noen slakere hyller mellom med en helning på ca. 30-45 grader. Figur 7 viser et oversiktsbilde av fjellsiden.



Figur 6 Oversiktsbilde tatt med drone av den vestvendte fjellsiden over kartleggingsområde 1, tatt mot sørøst.



Figur 7 Oversiktsbilde tatt med drone av den nordvendte fjellsiden sør for kartleggingsområde 1 opp mot Bjørkehornet (1430 moh.).

Kartleggingsområde 2:
Kartleggingsområde 2 og påvirkningsområdet er lokalisert fra ca. 250 moh. og opp til ca. 700 moh. i en nordvestvendt fjellside. Kartleggingsområdet stiger jevnt fra ca. 250 moh. til ca. 400 moh. med en helning på ca. 15-25 grader i nedre del og ca. 30-45 grader i øvre del med noen partier som er brattere og noen partier som er slakere. I påvirkningsområdet fra ca. 400 moh. opp til ca. 550 moh. er det noen bratte heng med helning på ca. 30-45 grader og noen steile berghammere. Fra 550 moh. og oppover stiger terrenget med vesentlig lavere helning, med en helning som stort sett er under 25-30 grader med noen små brattere skrenter. Figur 8 viser et oversiktsbilde av kartleggingsområde 2.



Figur 8 Oversiktsbilde tatt med drone av kartleggingsområde 2 og den nordvestvendte fjellsiden over, tatt mot sørøst.

Kartleggingsområde 3:
Kartleggingsområde 3 består av et variert terreng, med alt fra store flate områder til steile berghammere og bratte skrenter og fjellsider i alle himmelretninger og et kupert terreng.

Lengst nord (Figur 9) er det et dalføre som går omtrent i retning fra øst til vest, hvor dalføret stiger terrassevis mot øst med en helning på ca. 0-25 grader i de flatere områdene. Fra ca. 650-750 moh. stiger terrenget bratt med en helning på ca. 30-60 grader med noen bratte bergskrenter på begge sider av dalføret. Videre oppover i dalføret flater det vesentlig opp i en større bolleformasjon, før det stiger bratt igjen fra ca. 850 moh. og opp til ca. 1000 moh. opp til fjelltoppen Tyssenuten. Mot sør går eksisterende veg gjennom et smalt juv, med bratte skrenter på begge sider på med ca. 20-40 m høyde.

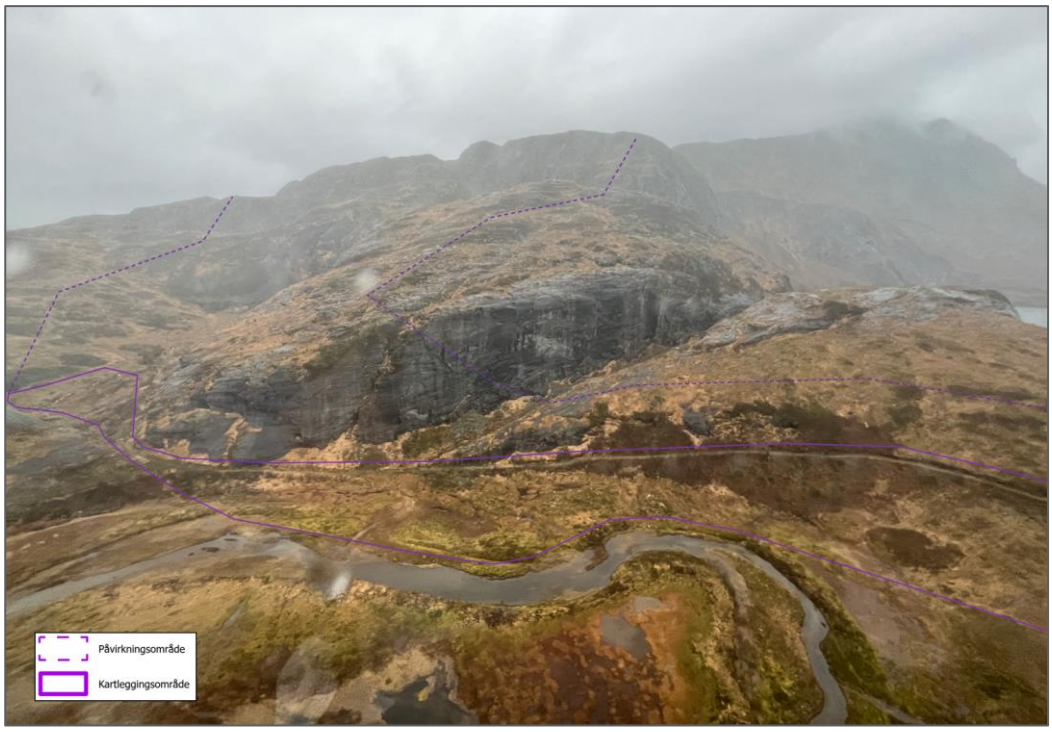
Midtre del av kartleggingsområdet (Figur 10) består av store flate områder, med en stor steil berghammer som er ca. 70-80 m høy. Berghammeren følger et definert gjel, Trollgjøtta, som går omtrent fra vest mot øst og ut av kartleggingsområdet og påvirkningsområdet. Lenger mot sør går det en skrent med høyde på 20-25 m med helning på ca. 30-45 grader med noen bratte bergskrenter, som følger eksisterende veg.

Sørøstlig del (Figur 11), som ligger ved Tyssevatnet, består stort sett av relativt flatt terreng med noen mindre kuperte rygger og skrenter. Ved Tyssevatnet er det en steil bergskrent som er ca. 40 m høy lengst mot øst og noe lavere mot vest.

Sør/sørvest for kartleggingsområde 3 er det ei stor nordøstvendt fjellside som går opp mot Bjørkehornet (1430 moh.) og Storhornet (1600 moh.), se Figur 9. Fra kartleggingsområdet til foten av fjellsiden er det ca. 150-350 m med relativt flatt terreng, før det stiger fra ca. 600-700 moh. opp til ca. 1000-1200 moh. med en varierende helning på ca. 15-45 grader med noen brattere partier og steile berghammere. Fra ca. 1000-1200 moh. og opp til ca. 1400-1600 moh. stiger det bratt med en helning på ca. 45-60 grader med brattere partier og steile berghammere mellom. Toppområdene ved Bjørkehornet og Storhornet består av et alpint fjell-landskap med alpine fjellrygger og breer mellom toppene.



Figur 9 Oversiktsbilde tatt fra helikopter over nordlig ende av kartleggingsområde 3, tatt mot sørvest.



Figur 10 Oversiktsbilde tatt fra helikopter over påhuggsområde tverrslag ved inntak Tyssevatn, tatt mot nord.



Figur 11 Oversiktsbilde tatt fra helikopter over midtre og nordre del av kartleggingsområde 3, tatt mot nordøst.

2.2 Skog

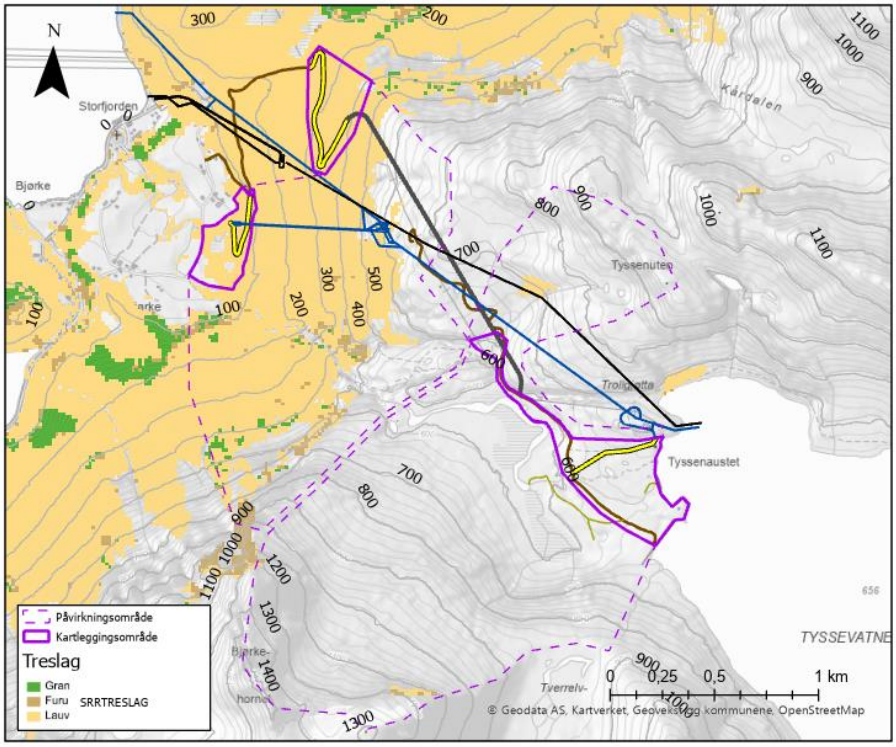
Figur 12 viser kart fra NIBIO [8] med fordeling av treslag og Figur 13 viser fordeling av kronedekning for hele området.

Kartleggingsområde 1:
Kartet antyder at kartleggingsområdet og påvirkningsområdet opp til ca. 400-450 moh. består av stort sett sammenhengende løvskog med kronedekning på 40-80 %, med noen mindre åpne felt. Fra 400 til 550 moh. er det noe tynnere skog, med kronedekning på 0-50 %, og fra ca. 550-600 moh. og oppover er det stort sett fravær av skog eller felt med tynn skogvekst. I påvirkningsområdet opp mot Bjørkehornet, sør for kartleggingsområdet, er fordelingen forholdsvis lik men med noen felt med gran- og furuskog.

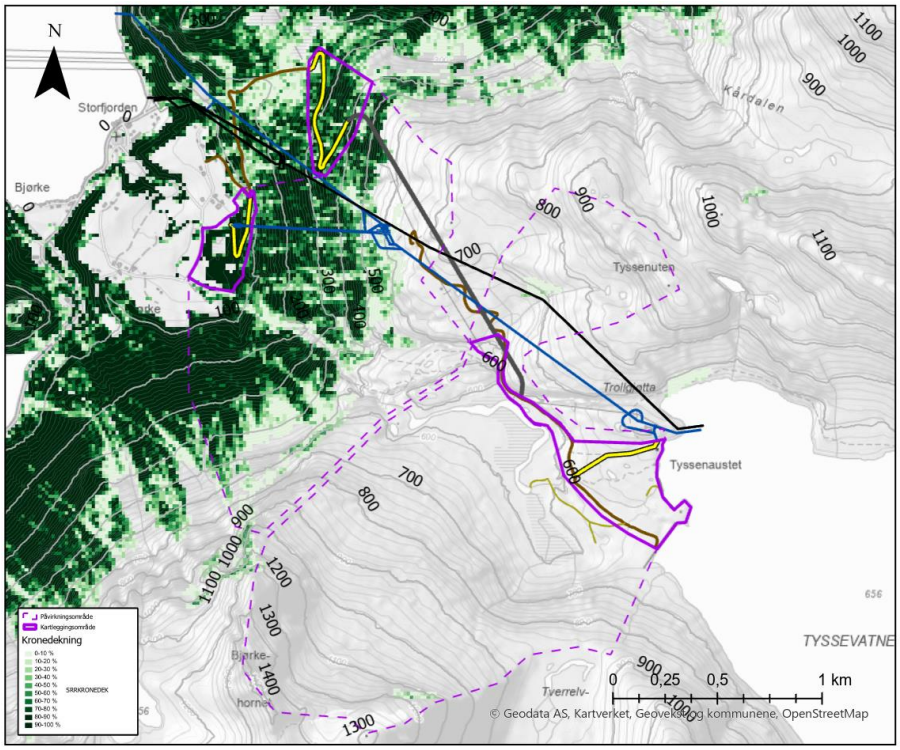
Kartleggingsområde 2:
Kartet antyder at kartleggingsområdet og påvirkningsområdet opp til ca. 500-550 moh. består av stort sett sammenhengende løvskog med kronedekning på ca. 30-80 %, men at det er enkelte mindre åpne felt med kronedekning på 0-20 %. Over ca. 500-600 moh. er det stort sett fravær av skog eller felt med tynn skogvekst.

Kartleggingsområde 3:
Kartet antyder at kartleggingsområdet og påvirkningsområdet stort sett er fritt for skog, men at det er et felt ved 650-750 moh. i dalføret lengst nord i påvirkningsområdet med tynn løvskog med kronedekning på ca. 10-30 %.

Kartene fra NIBIO stemmer i grove trekk godt med befaringsobservasjoner. I kartleggingsområde 1 er det imidlertid noen felt med mindre skog enn det som går frem av kartene hvor det trolig har gått skred jevnlig. I fjellsiden sør for kartleggingsområdet 1 opp mot Bjørkehornet er det noe mindre skog mellom ca. 300 og 500 moh. enn det som går frem av kartene. Feltet som befinner seg i kartleggingsområde 3 har noe større utstrekning enn det som går frem av kartene.



Figur 12 Kart fra NIBIO som viser tresag i området [8].

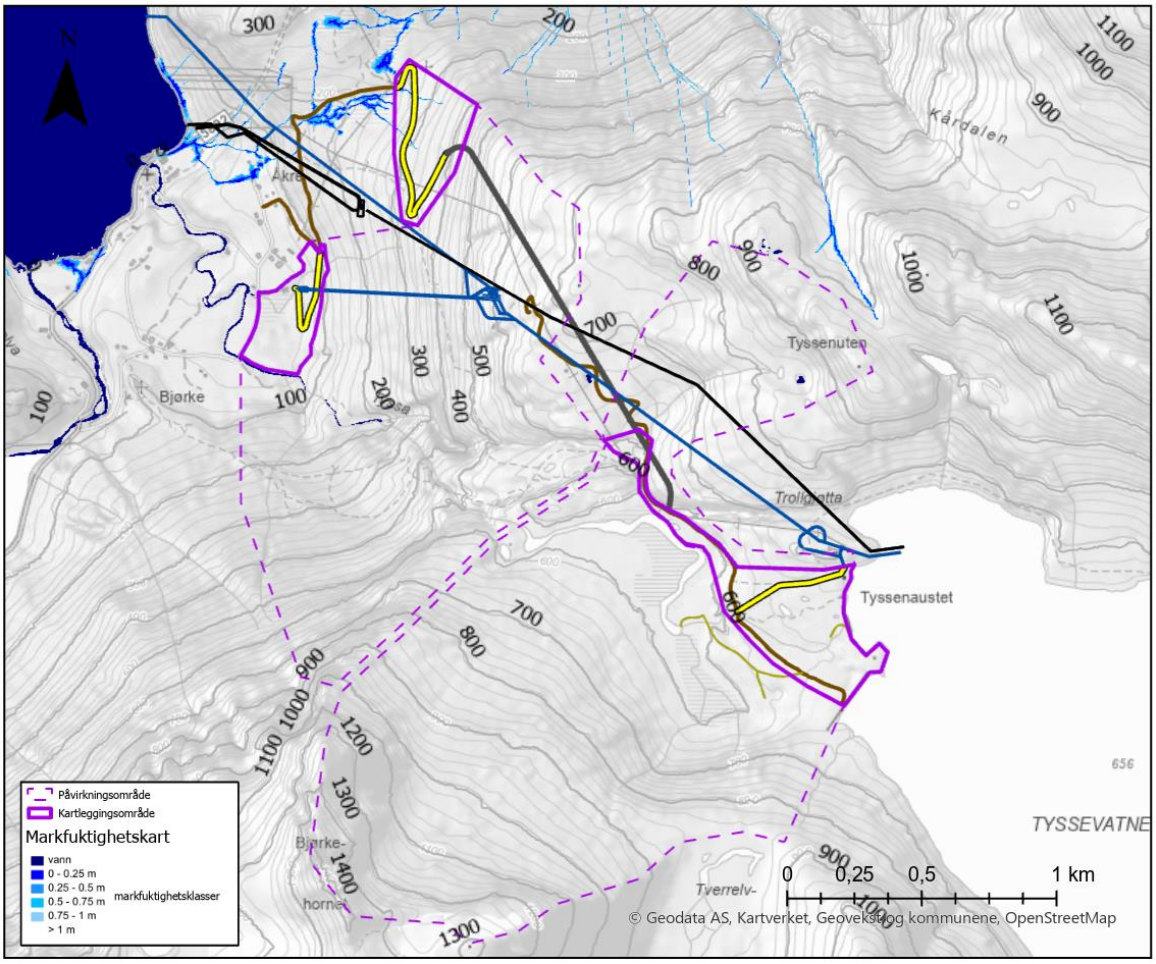


Figur 13 Kart fra NIBIO som viser kronedekning i området [8].

2.3 Vannveier

Figur 14 viser markfuktighetskart fra NIBIO [8] av hele området. Kartet viser i liten grad de reelle og potensielle vannveiene som befinner seg i området, særlig i området fra Tyssevatnet og ned langs elva Tyssa ned mot Bjørke. Kartet viser noe bedre de reelle vannveiene i kartleggingsområde 2.

De mest definerte vannveiene som er observert er markert i registreringskart i vedlegg 4. Generelt er det observert flere definerte vannveier, som følger forsenkninger i terrenget. I kartleggingsområde 1 er det flere definerte vannveier som har gravd ut raviner i morenemasser i foten av fjellsiden, men som er noe mindre tydelig lenger opp i fjellsiden. I kartleggingsområde 2 er det generelt lite definerte vannveier, og i kartleggingsområde 3 er det definerte vannveier langs forsenkninger og gjel og særlig i dalføret som går omtrent fra øst mot vest helt nord i kartleggingsområdet. Elva Tyssa har dannet et elveløp og et definert gjel som renner fra Tyssevatnet og hele veien ned med utløp ut i fjorden ved Bjørke.



Figur 14 Markfuktighetskart fra NIBIO over kartleggingsområdet og påvirkningsområdet [8]. Kartet viser hvor det er størst sannsynlighet for økt fuktighetsinnhold i marka, og er beregnet ut fra norsk høydemodell (1 m) med noe utfylling fra grov høydemodell (10 m) for hvert nedbørsfelt. Kartet tar kun hensyn til terrengoverflatens helning og inkluderer ikke blantt annet løsmassetype, stikkrenner eller klimadata.

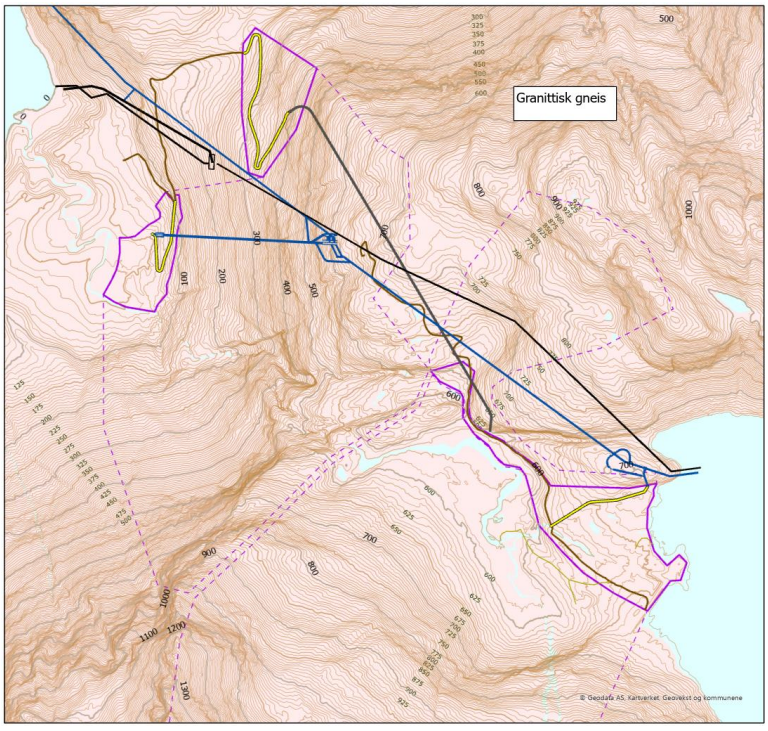
2.4 Berggrunn og løsmasser

Området er dekket av berggrunnskart og løsmassekart i målestokk 1: 250 000 fra NGU [6]. Dette er for grov skala for å bruke i detaljert skredfarevurdering, men er benyttet her for å gi en overordnet oversikt.

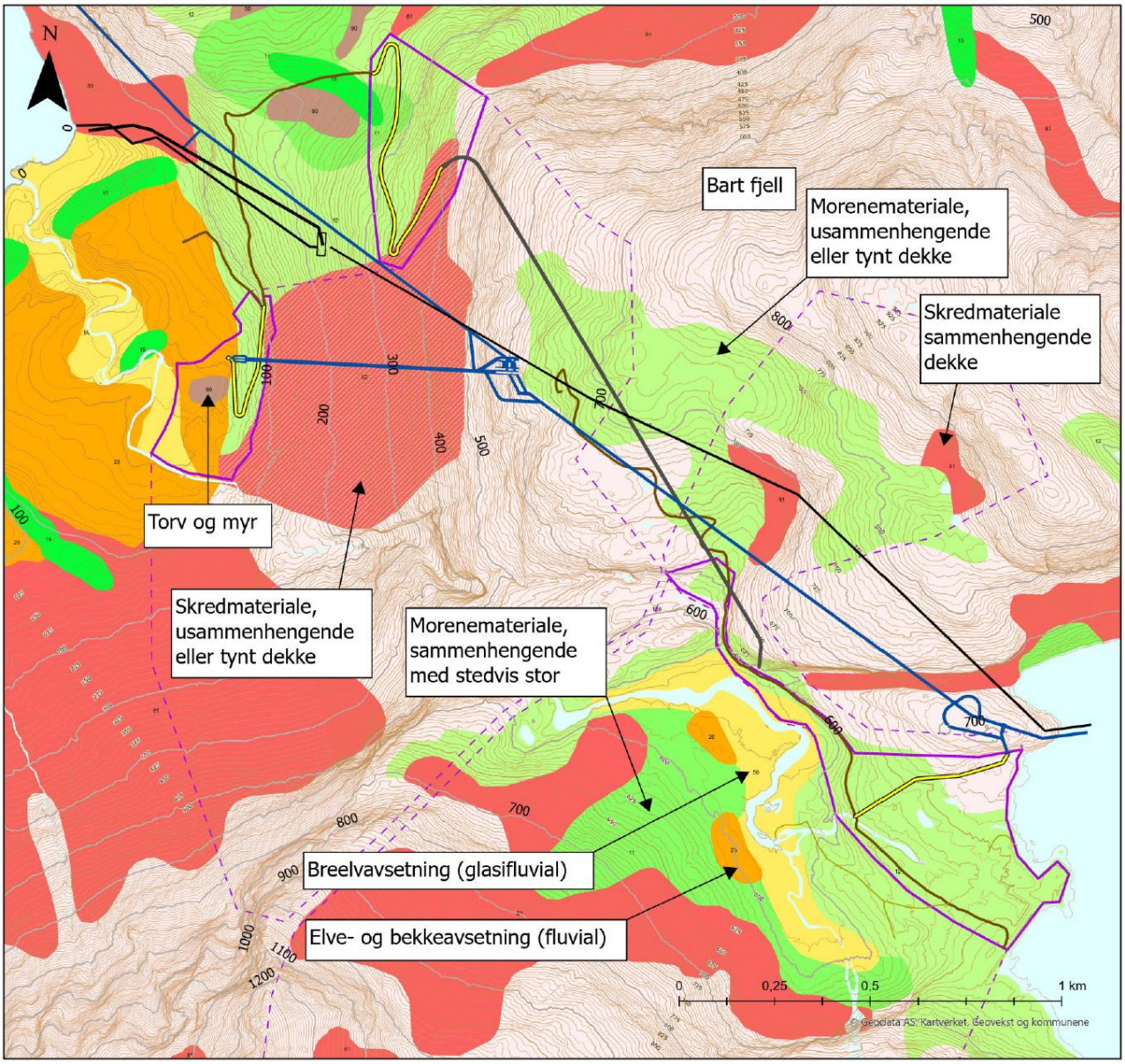
Figur 15 viser berggrunnskart over området, og antyder at hele området består av hovedbergarten granittisk gneis. Den granittiske gneisen består av bånd eller striper, noen steder migmatittisk og noen steder diorittisk til granittisk og noen steder øyegneis.

Figur 16 viser løsmassekart over området. Kartet antyder at kartleggingsområde 1 består av elveavsetninger, elve- og bekkeavsetninger og usammenhengende eller tynt morenemateriale. Den vestvendte fjellsiden øst for kartleggingsområdet består av usammenhengende eller tynt dekke av skredmateriale opp til ca. 450-500 moh. og stort sett bart fjell over dette. Den nordvendte fjellsiden sør for kartleggingsområdet består av mer sammenhengende skredmateriale opp til ca. 500 moh. og stort sett bart fjell over dette. I kartleggingsområde 2 er det morenemateriale som i stor grad er usammenhengende eller tynt, skredmateriale noe lenger opp og stort sett bart fjell i øvre del og oppover i påvirkningsområdet. Kartleggingsområde 3 består stort sett av et usammenhengende eller tynt morenedekke, stedvis med bart fjell og noe breelvavsetning ved elva Tyssa. Påvirkningsområdet består av usammenhengende eller tynt morenedekke, noe sammenhengende skredmateriale og større områder med stort sett bart fjell. I fjellsiden sør/sørvest for påvirkningsområdet er det stedvis sammenhengende morenemateriale med stor mektighet, sammenhengende skredmateriale og bart fjell.

Berggrunnskart og løsmassekart ser i grove trekk til å stemme godt overens med observasjoner fra befaring. Det gjennomgående inntrykket mange steder er at det stort sett er et ganske tynt løsmassedekke, enten av skredmateriale eller morenemateriale og at det mange steder er mye eksponert berg i dagen. Skredmateriale består i all hovedsak av steinblokker trolig fra steinsprang, og befinner seg ofte under bratte berghammere eller bratte skrenter med tynt og usammenhengende løsmassedekke.



Figur 15 Berggrunnskart fra NGU i målestokk 1:250 000 over området.



Figur 16 Løsmassekart fra NGU i målestokk 1:250 000 over området.

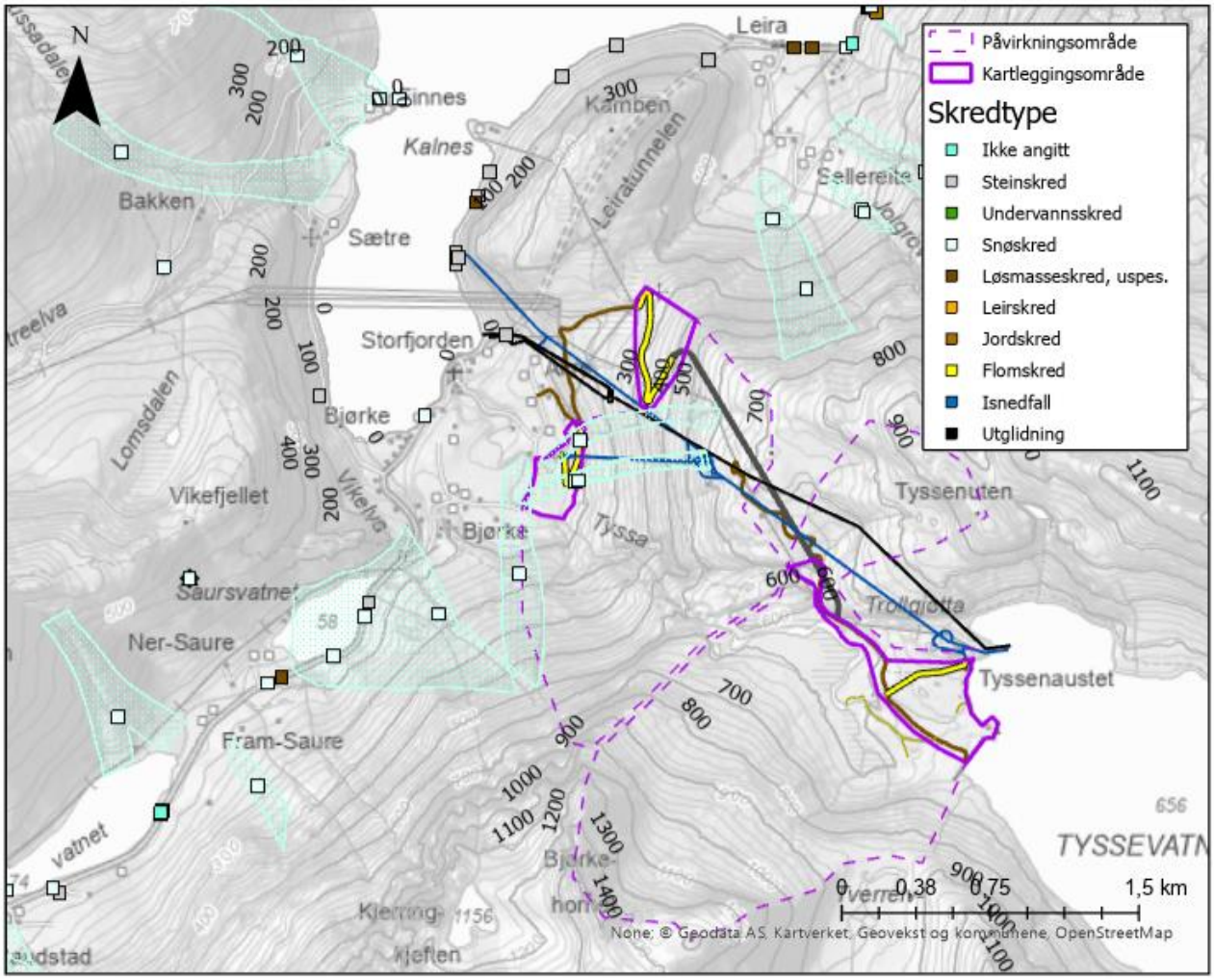
2.5 Aktsomhetskart

Vedlegg 3 viser aktsomhetskart (skred i bratt terreng) for jord- og flomskred, snøskred og steinsprang for hele området. Kartene antyder at stort sett hele kartleggingsområde 1 er innenfor aktsomhetsområder for alle skredtypene, og at hele kartleggingsområde 2 er innenfor aktsomhetsområder for snøskred og steinsprang, og deler for jord- og flomskred. Deler av kartleggingsområde 3 er innenfor alle skredtypene, særlig nordlig del men også i midtre del og ved påhuggsområdet ved Tyssevatn.

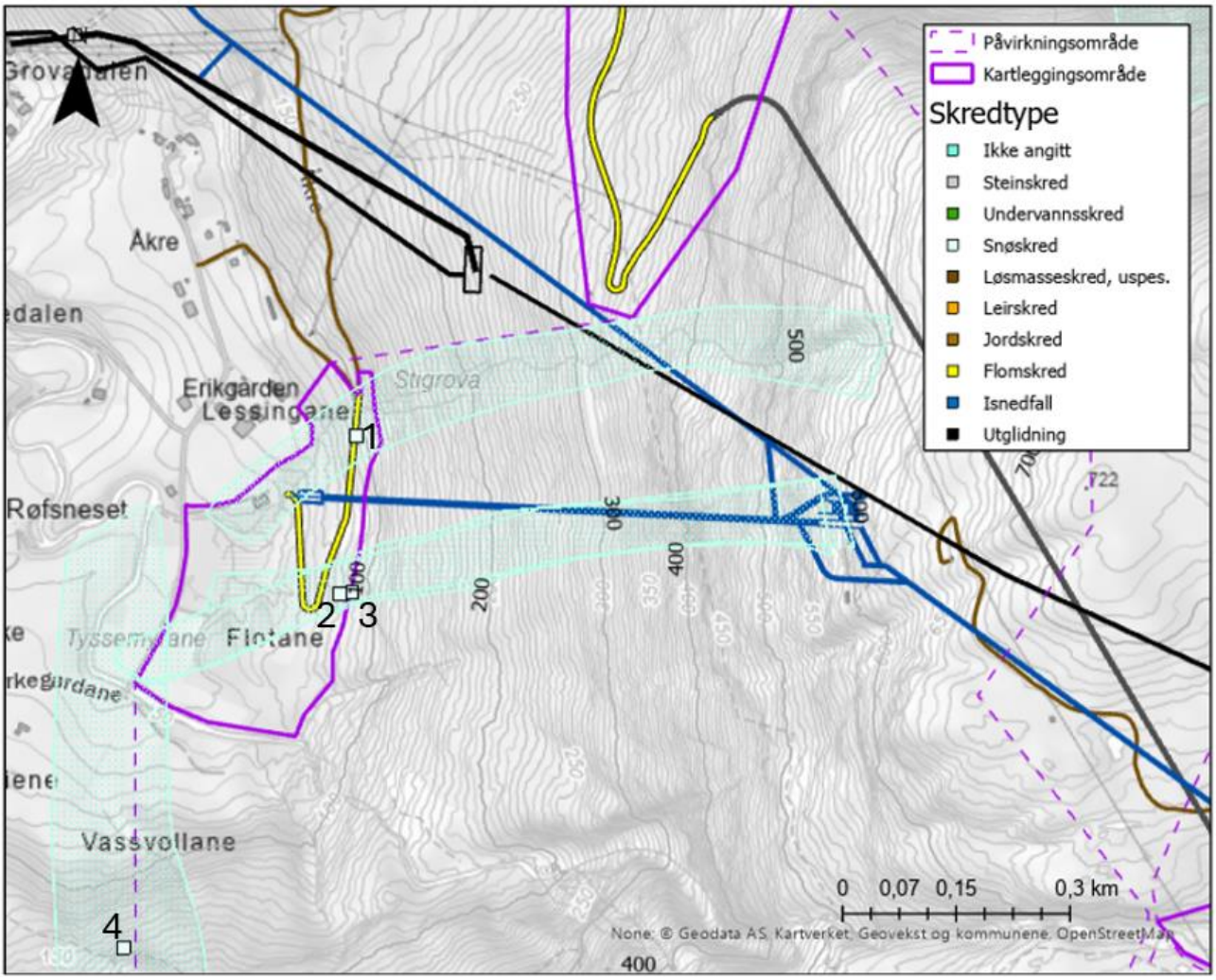
2.6 Skredhistorikk

Figur 17 viser en oversikt over historiske skredhendelser [7] i en større del av området. Figur 18 viser historiske skredhendelser som har gått ned mot kartleggingsområde 1, og som er oppsummert nærmere i Tabell 2. Nummereringen i Tabell 2 viser til nummereringen i Figur 18. Det presiseres at eksakt plassering og dato av skredhendelsene antas å være usikker.

Det er ikke registrert kjente skredhendelser som har gått i kartleggingsområde 2 og 3. Disse områdene er imidlertid oppe på fjellet, i områder hvor det normalt ikke er så mye registreringer.



Figur 17 Oversiktskart som viser historiske skredhendelser i området.



Figur 18 Kart som viser historiske skredhendelser som har gått ned mot kartleggingsområde 1 [7].

Tabell 3 Oppsummering av skredhendelser med nummerering angitt i Figur 9 og 10.

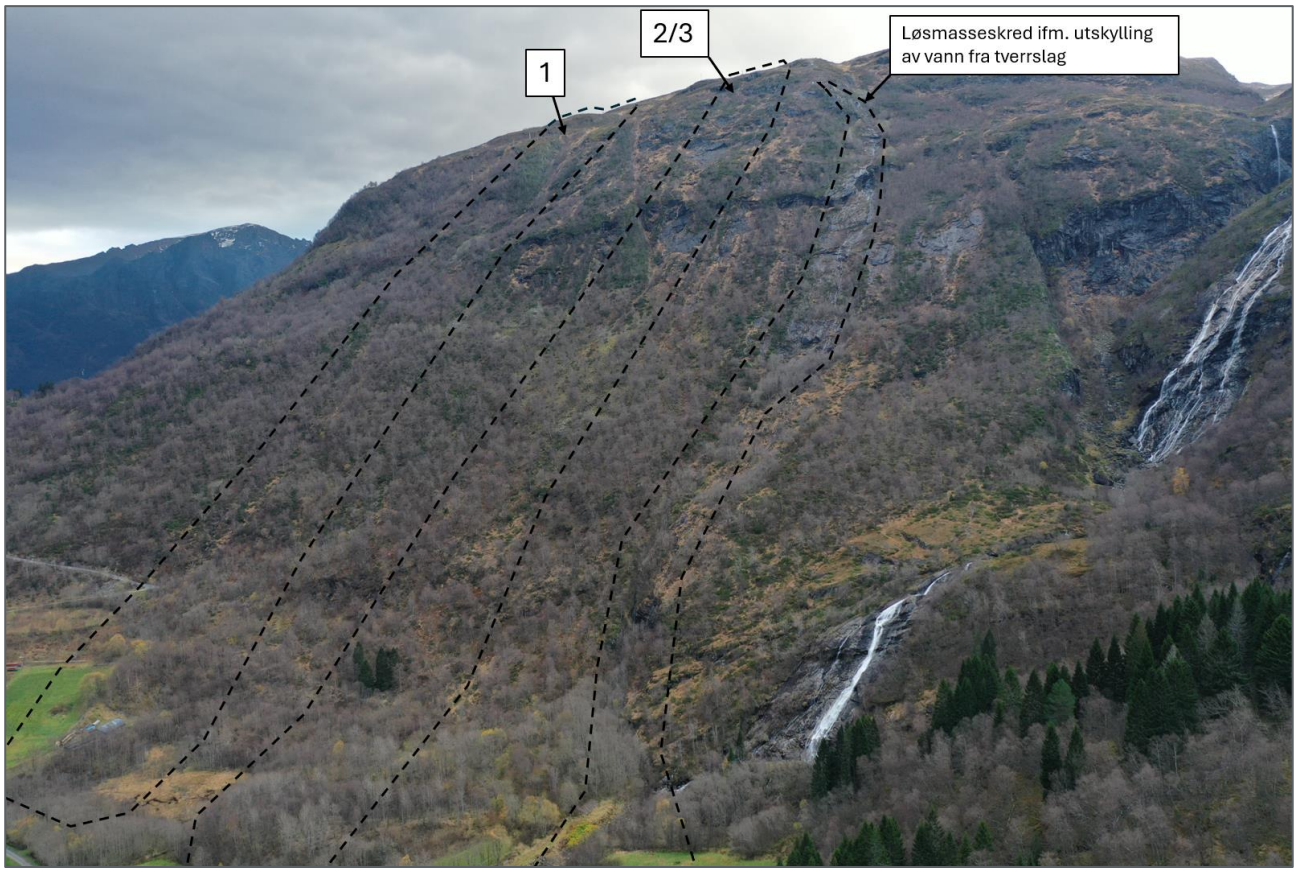
Nr.	Type skred	Dato	Kommentar
1	Snøskred	1870, eksakt dato usikker	Årstall og eksakt lokalisering usikkert
2	Snøskred	1870, eksakt dato usikker	Bredde ca. 75 m
3	Snøskred	1940, eksakt dato usikker	Årstall og eksakt lokalisering usikkert
4	Snøskred	1855, eksakt dato usikker	Bredde ca. 100 m

Ut fra en gjennomgang av tilgjengelige flyfoto [5] er det ikke funnet tegn til større skred i kartleggingsområde 2 og 3, men det er observert et større løsmasseskred som tilsynelatende ser relativt ferskt ut i 1961 (Figur 19). Ifølge oppdragsgiver er dette ikke et skred som har gått naturlig, men en hendelse som oppstod i forbindelse med en ikke-planlagt utskylling gjennom et tverrslag som dro med seg steintippen da det ble utført utslag under vann. Hendelsen ser ut til ha dratt med seg alt av tilgjengelige løsmasser helt ned til bergoverflaten nedover fjellsiden, og forekom tidlig på 1960-tallet. Massene har nedover fjellsiden blitt kanalisert mot sørvest, og dermed like sør for kartleggingsområde 1. Figur 20 viser omtrentlig skredløp for

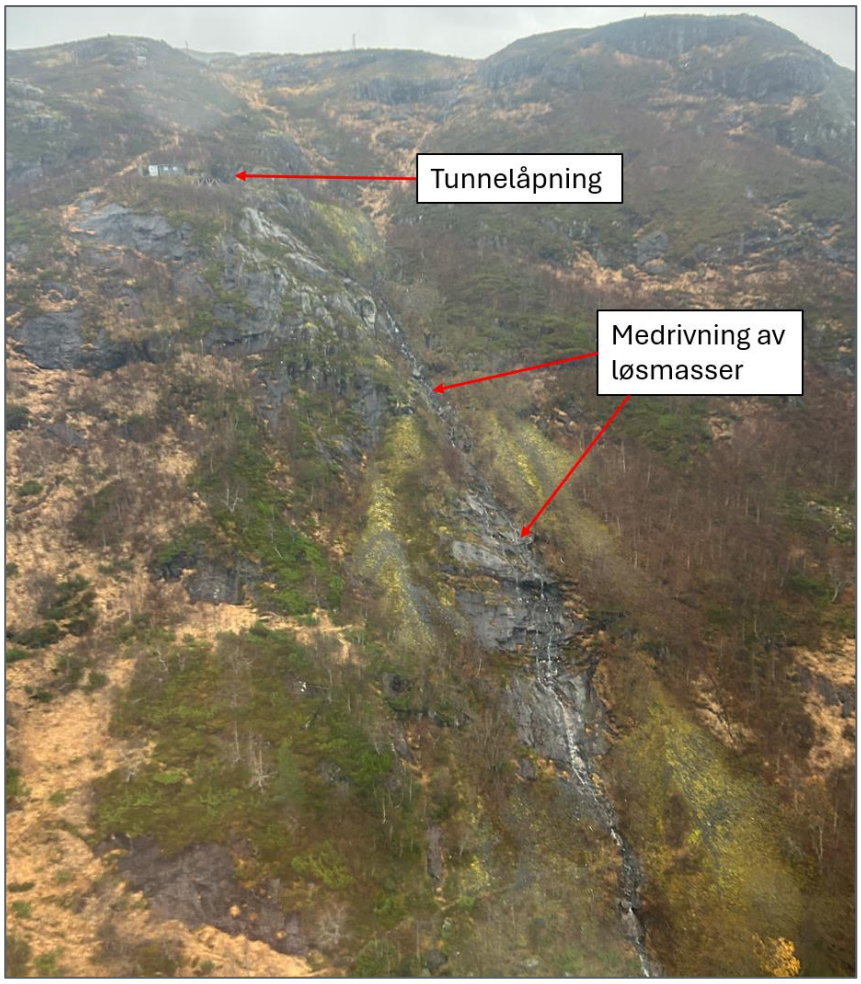
skred nr. 1, 2 og 3 i Tabell 2 og løsmasseskredet i Figur 19. Figur 21 viser tunnelåpningen og området hvor skredet løsnet. Skred nr. 4 antas å ha kommet fra sør, fra fjellsiden fra Bjørkehornet, men antas å ha truffet på vestsiden av kartleggingsområdet.



Figur 19 Flyfoto fra 1961 viser løsmasseskred i fjellsiden som oppstod som følge av en ikke-planlagt utskylling gjennom et tverrslag som dro med seg steintippen [5].



Figur 20 Oversiktsbilde tatt med drone som viser antatte skredløp for skredhendelse 1, 2, 3 og løsmasseskredet i fjellsiden som oppstod som følge av en ikke-planlagt utskylling gjennom et tverrslag som dro med seg steintippen. Eksakt plassering er usikkert. Bilde tatt mot øst/nordøst.



Figur 21 Tunnelåpning hvor vannet kom ut i forbindelse med en ikke-planlagt utskylling, som førte til medrivning av løsmasser nedover i fjellsiden.

2.7 Eksisterende skredfarevurderinger

Norconsult er ikke kjent med at det er utført skredfarevurderinger i dette området tidligere.

2.8 Eksisterende sikringstiltak

Det ble i etterkant av skredhendelsen fra tidlig 1960-tallet (omtalt i kapittel 2.6) bygd en ledevoll, som har til hensikt å lede skredmasser mot sør/sørvest og mot elva Tyssa. Det er ikke kunnskap om detaljprosjektering, men vollen ble befart i forbindelse med supplerende befaring den 11. juni 2025. Vollen er ca. 3-4 m høy, har en bredde på ca. 10-15 m og en vollkrone med ca. 4-5 m bredde. Selve magasinet innenfor vollen varierer i bredde, mellom ca. 7 og 11 m. Vollen er bygd opp av steinmasser, antatt fyllmasser-/steintipp og/eller skredmasser, og støtsiden er plastret med større blokker. Vollen svinger jevnt fra vestlig til sørlig-/sørvestlig retning, og er en forlengelse av et gjel eller en definert ryggformasjon som går nedover fjellsiden. Figur 22 og 23 viser bilder av ledevollen.



Figur 22 Ledevoll som ble bygget i etterkant av skredhendelsen tidlig på 1960-tallet i gult stiplet polygon, som er en forlengelse av en definert ryggformasjon nedover fjellsiden (grønt stiplet polygon).



Figur 23 Ledevollen nedstrøms skredløpet (tatt mot vest) i gult stiplet polygon, som svinger jevnt fra vestlig til sør-/sørvestlig retning.

2.9 Klima

Figur 24 viser en klimaoversikt som er hentet fra tjenesten AV-Klima [9], som er en klimatologisk sammenstilling basert på og interpolert fra de nærmeste værstasjonene i området. Modellhøyden for analysen er i dette området 680 moh., noe som betyr at verdiene det refereres til er fra denne høyden.

Sammenstillingen antyder at maksimal snødybde i perioden 1958-2023 var 639,8 cm (i 1968), med et gjennomsnitt i perioden 1991-2020 på 326 cm. Maksimal nysnødybde for samme periode var på 3 døgn 125,5 cm (i 1975), med et gjennomsnitt i perioden 1991-2020 på 81 cm. Ekstremverdier for maksimal nysnødybde på 3 døgn er 145 cm med et gjentaksintervall på 100 år og 182 cm med et gjentaksintervall på 1000 år. Klimaoversikten antyder at det har vært en svak nedgang på ca. 20 cm både for gjennomsnittlig maksimal snødybde og maksimal nysnødybde på 3 døgn i perioden 1991-2020 sammenlignet med perioden 1961-1990.

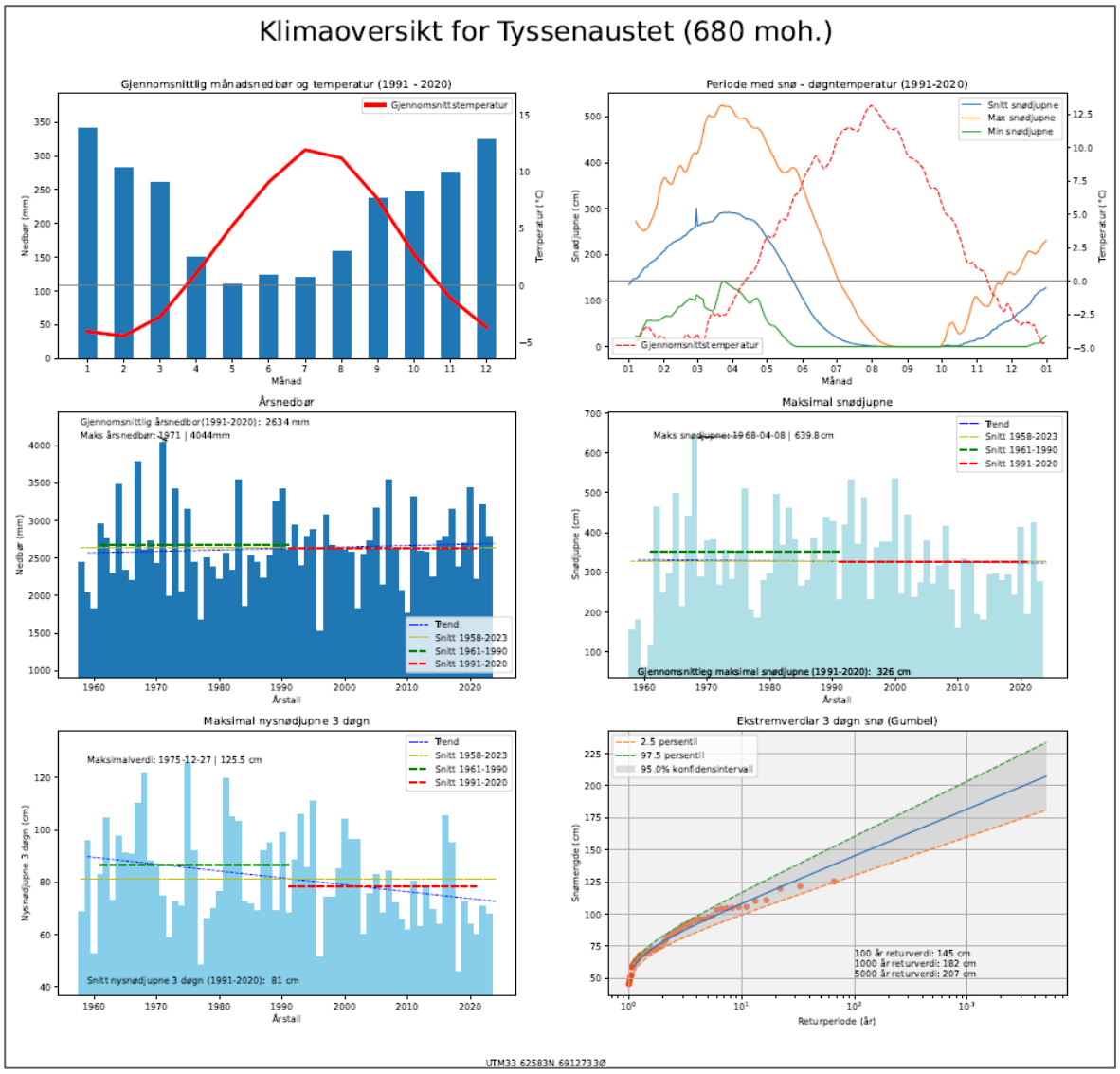
Gjennomsnittstemperaturer ved modellhøyden på 680 moh. i månedene fra og med november til og med april har ligget mellom +1,5 og -4,5ºC i perioden 1991- 2020. Det er kun april av disse månedene hvor gjennomsnittstemperaturen er over 0ºC. Mye av nedbøren som kommer i disse månedene vil dermed komme som snø i denne høyden, siden temperaturene ofte er under frysepunktet.

Gjennomsnittlig månedsnedbør i månedene fra og med november til og med april har ligget mellom ca. 150 og 345 mm i perioden 1991-2020. De mest nedbørsrike månedene i løpet av året er september-mars, hvor gjennomsnittlig månedsnedbør i samme periode har ligget mellom ca. 240 og 345 mm. De mest nedbørsfattige månedene i løpet av året har vært april-august, hvor gjennomsnittlig månedsnedbør har ligget mellom ca. 100 og 150 mm. Gjennomsnittlig årsnedbør i perioden 1991-2020 er 2634 mm, med en maksimal årsnedbør på 4044 mm (i 1971).

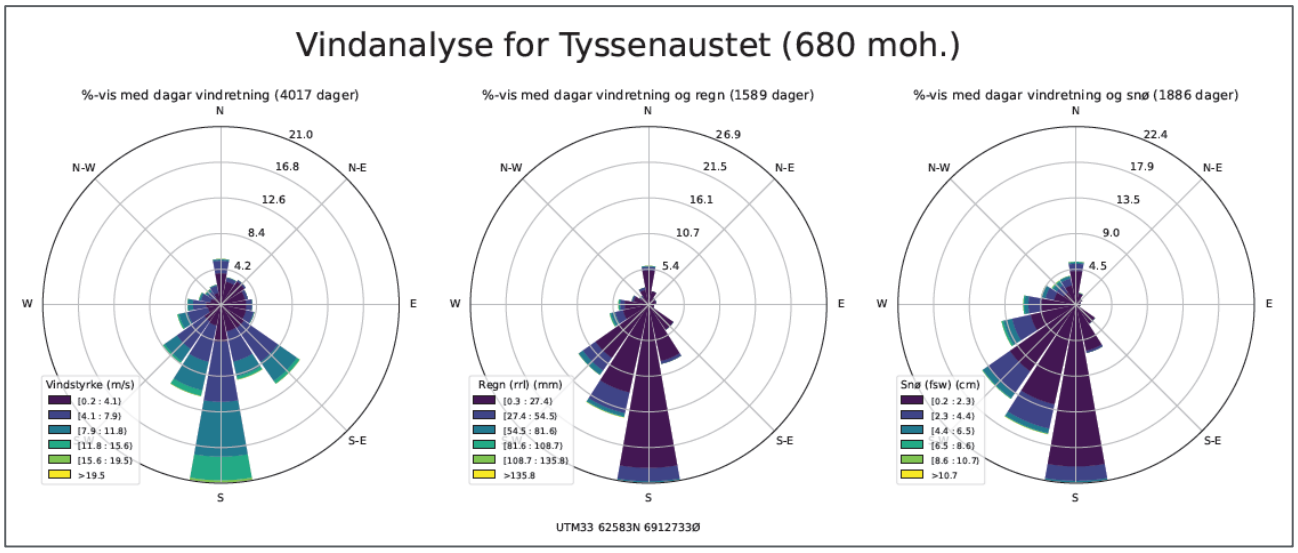
Figur 25 viser vindrose som er hentet fra AV-Klima og Figur 26 viser en vindrose som er hentet fra Norsk klimaservicesenter fra værstasjonen Eitrefjell på 690 moh. ved Ørsta [11], som er lokalisert ca. 17 km i retning nordvest. Vindrosen i Figur 26 er basert på vindmålinger fra og med november til og med april for hvert år fra og med 2014 til og med 2024. Værstasjonen er lokalisert i et toppområde, hvor vindmålingene antas å være mindre påvirket av omkringliggende topografi (fjell og dalstrøk) enn andre værstasjoner i området. Vindrosene antyder at dominerende vindretninger gjennom hele året opptrer fra sørøst til sørvest. På vinterstid, i perioden fra og med november til og med april, opptrer det mye vind fra de samme vindretningene, men også fra nordøst, nord/nordøst, vest og nordvest. Videre antyder vindrosene at de kraftigste vindene opptrer fra sørøst til sørvest. På vinterstid opptrer de kraftigste vindene fra de samme vindretningene, men også fra vest og noe fra nordvest. Vindrosene antyder at typiske nedbørsførende vindretninger i området er fra sørvest, vest og nordvest. I denne delen av landet kommer det erfaringsmessig på vinterstid mest nedbør som regn ofte fra sørvest, og mest nedbør som snø ofte fra vest og nordvest. Vind fra vest og nordvest gir erfaringsmessig ofte en kaldere værtype og oftere nedbør som snø, mens vind fra sørvest gir en mildere værtype og oftere nedbør som regn. Sørøstlige, østlige og nordøstlige vindretninger gir stort sett lite nedbør.

Det aktuelle området befinner seg i midtre til indre deler av Sunnmøre som består av et typisk kystklima, som er dominert av høye fjell og dype fjorden. Sammenstillingene av klima for området antyder at dette er et svært nedbørsrikt område, hvor det normalt kommer mye nedbør både som regn og snø. På vinterstid kommer mye av nedbøren som snø i høyden, noe som gjør at det tidvis er et tykt snødekke i fjellet. I lavereliggende områder er temperaturene høyere, noe som gjør at mye av nedbøren på vinterstid kommer som regn og som fører til et tynnere snødekke. Figur 27 viser et kart med gjennomsnittlig nedbørsmengde og Figur 28 et kart med gjennomsnittlig årlig snø-maksimum i perioden 1991-2020 [10], sammenlignet med en større del av Sør-Norge.

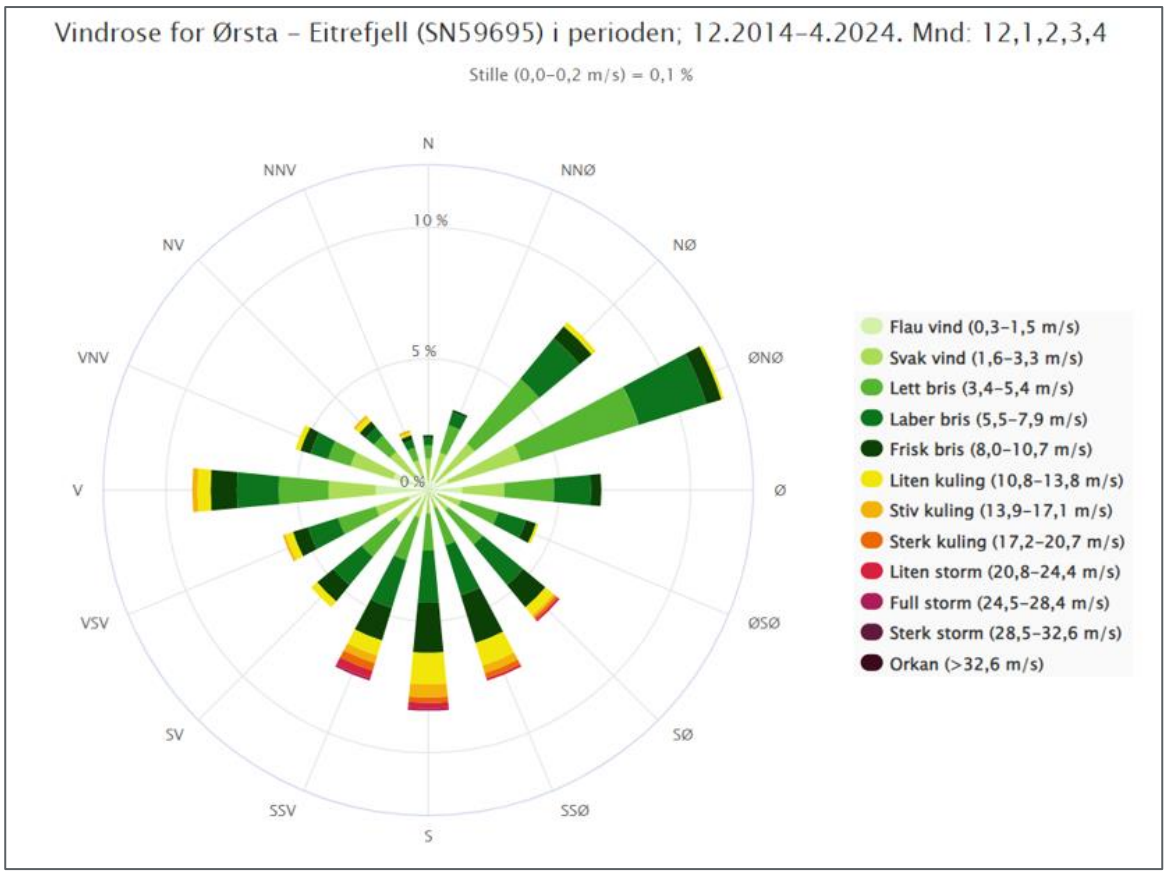
Klimaprofil for Møre og Romsdal [11] antyder endringer i klimaet fra perioden 2017-2100 sammenlignet med 1971-2000. Klimaprofilen antyder at middeltemperaturen i fylket er ventet å øke med rundt 4,0 ºC, med en størst økning på vinteren, våren og høsten (4,0 ºC) og minst for sommeren (3,5 ºC). Årsnedbøren er ventet å øke med rundt 15 %, med en økning på 5 % for vinter og vår, 20 % for sommer og 15 % for høst. I forhold til snømengder er det ventet at antall dager med snø på bakken i lavereliggende områder vil reduseres vesentlig med flere smelteperioder om vinteren. Det er ventet økte snømengder i høyereliggende fjellområder frem mot midten av århundret, men minket snømengder mot slutten av århundret.



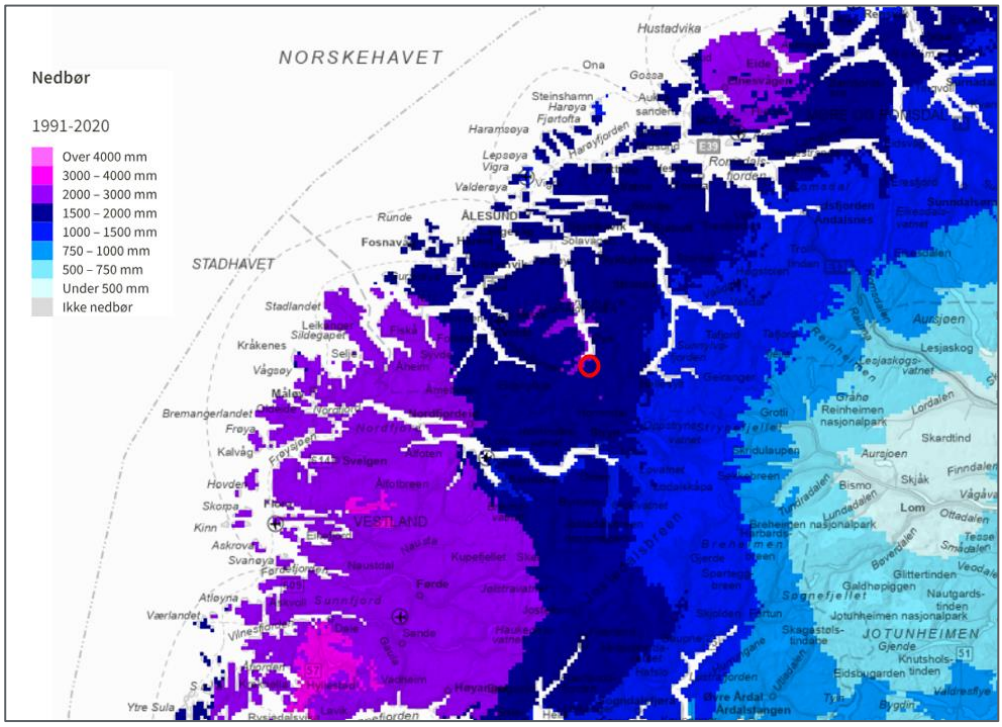
Figur 24 Klimaoversikt fra AV-klima som henter data fra NVE API griddede data. Datasettet tar utgangspunkt i snøkartene fra Xgeo (oppløsning 1 km x 1 km). Parametere som er benyttet er «Døgnnedbør v2.0 – mm», "Døgntemperatur v2.0 - Celcius", "Snødybde v2.0.1 - cm", "Nysnø siste døgn - mm", "Nysnødybde 3 døgn - cm", "Regn - mm", "Vindretning 10m døgn", "Vindhastighet 10m døgn - m/s". Modellhøyde for utvalgte klimaoversikt er 680 moh.



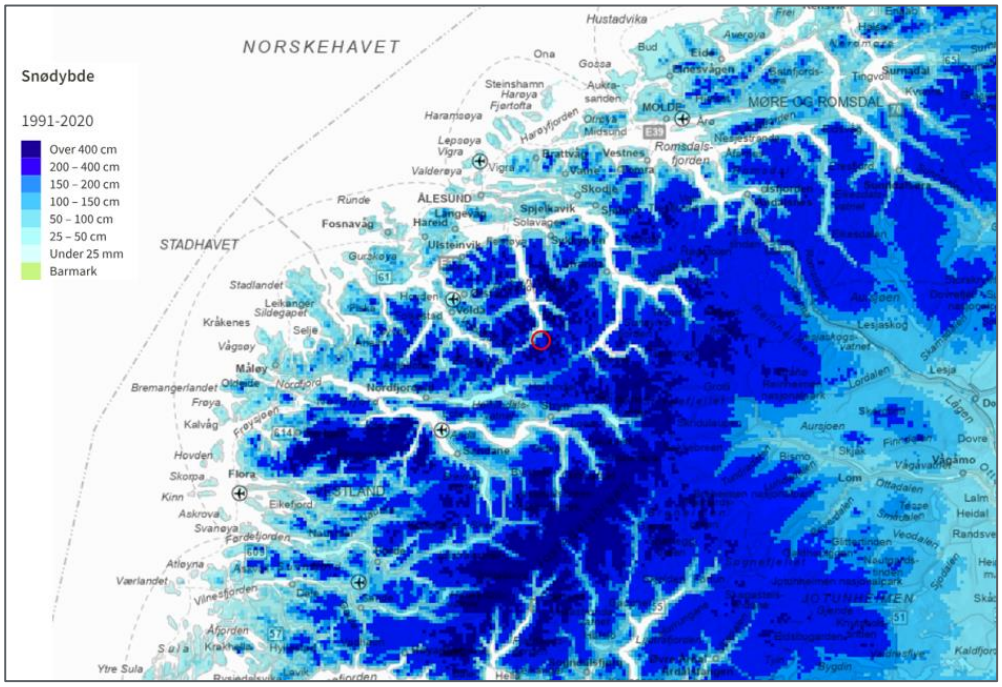
Figur 25 Vindrose innhentet fra AV-Klima fra området på ca. 680 moh. Vindrosen viser dominerende vindretninger, vindretninger med regn og vindretninger med snø.



Figur 26 Vindrose fra værstasjonen Eitrefjell ved 690 moh. i Ørsta. Vindrosen er basert på vindmålinger i månedene fra og med desember til og med april, i perioden fra og med 2014 til og med 2024.



Figur 27 Kart som viser gjennomsnittlig nedbørsmengde i perioden 1991-2020 [10]. Rød sirkel viser området ved Nye Tussa kraftverk.



Figur 28 Kart som viser gjennomsnittlig årlig snø-maksimum (i centimeter snødybde) i perioden 1991-2020 [10]. Rød sirkel viser området ved Nye Tussa kraftverk.

3 Observasjoner

Vedlegg 4 viser registreringskart over området, og viser i grove trekk potensielle løsneområder for ulike typer skred, skredavsetninger for de aktuelle skredtypene og definerte bekkeløp i de tre kartleggingsområdene og tilhørende påvirkningsområdene. I tillegg er det angitt infopunkt som viser omtrentlig plassering av ulike observasjoner og figurer. På grunn av problemer med dekning under befaringen ble det ikke tatt spor-logg i kartleggingsområde 3, kun i kartleggingsområde 1 og 2.

3.1 Kartleggingsområde 1

Observasjoner som er beskrevet for kartleggingsområde 1 gjelder i all hovedsak fjellsiden på østsiden av kartleggingsområdet, da det er denne som er mest aktuell som påvirkningsområde. Fjellsiden mot sør er mindre aktuell, men er nevnt i siste avsnitt.

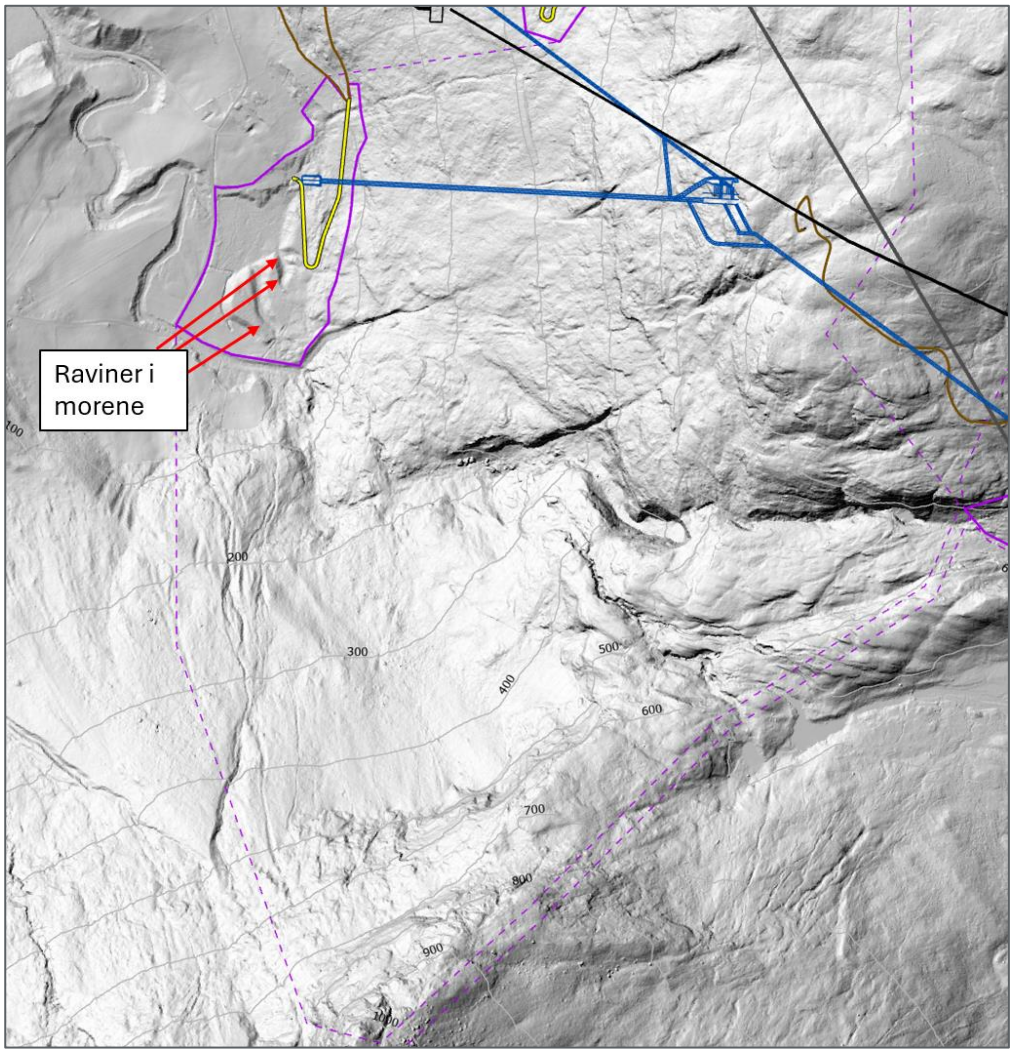
Det observeres steinblokker av ulik størrelse i nedre del og i foten av fjellsiden sør for kartleggingsområdet, fra små steinblokker og inntil 3-4 m^3 i volum. Mange av disse steinblokkene stammer trolig fra steinsprang som har løsnet i fjellsiden, og noen antas å være moreneblokker. Det er observert en steinblokk som kan stamme fra steinsprang helt ut til infopunkt 5 i vedlegg 4, som er ca. 170-180 m ut fra foten av fjellsiden. Opprinnelsen til denne er imidlertid usikker, da det også kan være en moreneblokk. De aller fleste steinblokkene har imidlertid stoppet i nedre del og i foten av fjellsiden. Figur 30 viser eksempler på observerte steinblokker som trolig stammer fra steinsprang. Typisk observert blokkform er avlang og rektangulær og de fleste steinblokkene er rundt 1-1,5 m^3, men dette varierer i stor grad. Det observeres mange steder ur som stammer fra tidligere steinsprangaktivitet. Generelt observeres det større steinblokker lenger ned i fjellsiden og mindre steinblokker lenger opp (gradering). I øvre del av fjellsiden observeres det flere steile berghammere hvor det kan løsne steinsprang. En av bergmassens definerte sprekkesett går omtrent parallelt med fjellsiden, i tillegg til at det observeres flere steile sprekkesett. Mest aktuell bruddmekanisme for utfall av steinblokker vil derfor være plan- eller kileutglidning og ustabile overheng. Flere steder i fjellsiden er berget eksponert, med glatt bergoverflate/svaberg. Berget er generelt grovt oppsprukket, som gir potensiale for utfall av større steinblokker over 1 m^3. Det observeres en del skogvekst i og rundt berghammerne, som kan gi potensiale for rotsprenging av steinblokker.

Det observeres flere bekkeløp i fjellsiden, som renner ned til kartleggingsområdet. Bekkene renner ut i det flatere området i foten av fjellsiden som består av myr og torv, eller ut i elva Tyssa (Figur 31). De mest definerte er markert i registreringskartet i vedlegg 4, og eksempler vises i Figur 32, 33 og 34. Bekkeløpene har gravd seg ned i morenemassene i foten av fjellsiden og dannet små ravier, se skyggerelieff i Figur 29. Lenger opp i fjellsiden renner bekkeløpene stort sett i urmasser, på et tynt løsmassedekke eller på bart berg. Det observeres generelt lite tilgjengelige løsmasser i bekkeløpene lenger opp i fjellsiden hvor det er brattere, og kun i kartleggingsområdet hvor det er slakere terreng (stort sett under 10 grader). Det observeres lite tegn til tidligere flomskred eller andre vannrelaterte massebevegelser langs bekkeløp, men kun små lokale utglidninger av morenemasser på sidene av ravinene helt i nedre del.

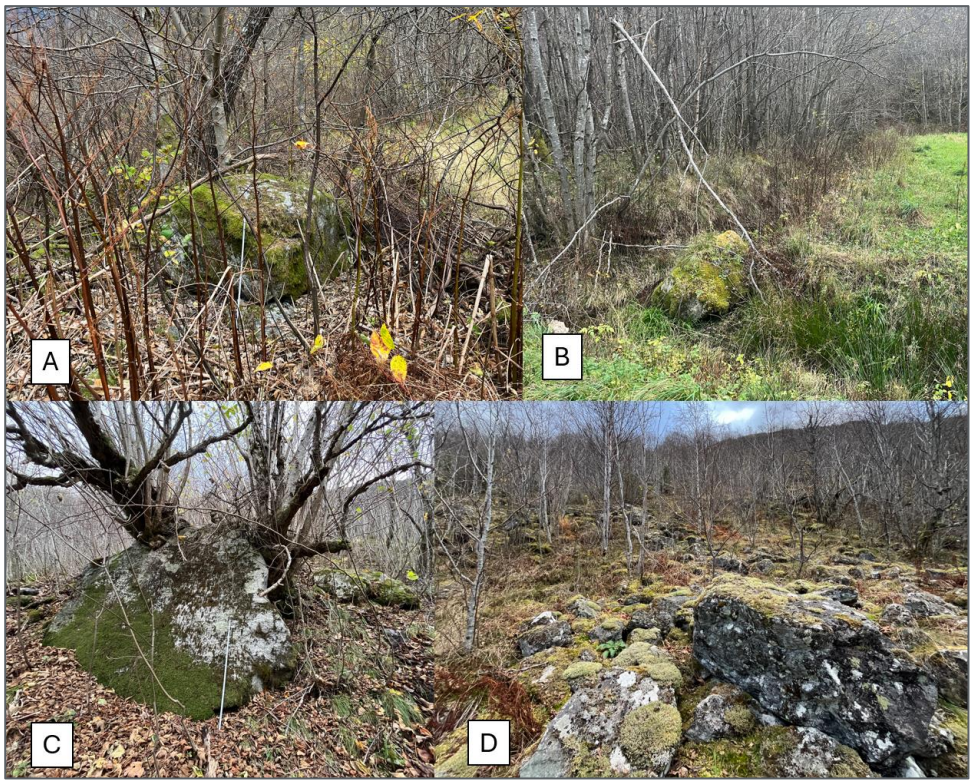
Det observeres lite skredskadet skog eller andre tegn til snøskredaktivitet i nedre del av fjellsiden. Fra ca. 200-250 moh. og oppover er det imidlertid åpne partier med lite eller ingen skog, som vitner om jevnlig snøskred- og steinsprangaktivitet. Flere steder i fjellsiden er berget eksponert, med glatt bergoverflate/svaberg. Flere av de glatte bergoverflatene/svabergene kan være spor fra tidligere løsmasseskred/jordskred, hvor det tynne løsmassedekket har glidd ut og ned på den glatte bergoverflaten. Skredene ser ut til å ha stoppet raskt, med begrensede utløpslengder.

Figur 35 viser et oversiktsbilde av kartleggingsområdet. Figur 36, 37 og 38 viser dronebilder av fjellsiden øst for kartleggingsområdet. Figur 39 og 40 viser potensielle løsneområder for snøskred i øvre del av fjellsiden.

Mot sør går det ei stor fjellside opp mot Bjørkehornet (1430 moh.), se Figur 7. Det observeres partier under de høye og bratte fjellsidene hvor det er lite eller ingen skog, noe som vitner om jevnlig skredaktivitet. Lenger ned mot foten av fjellsiden observeres imidlertid lite skredskadet skog eller andre tegn til snøskredaktivitet.



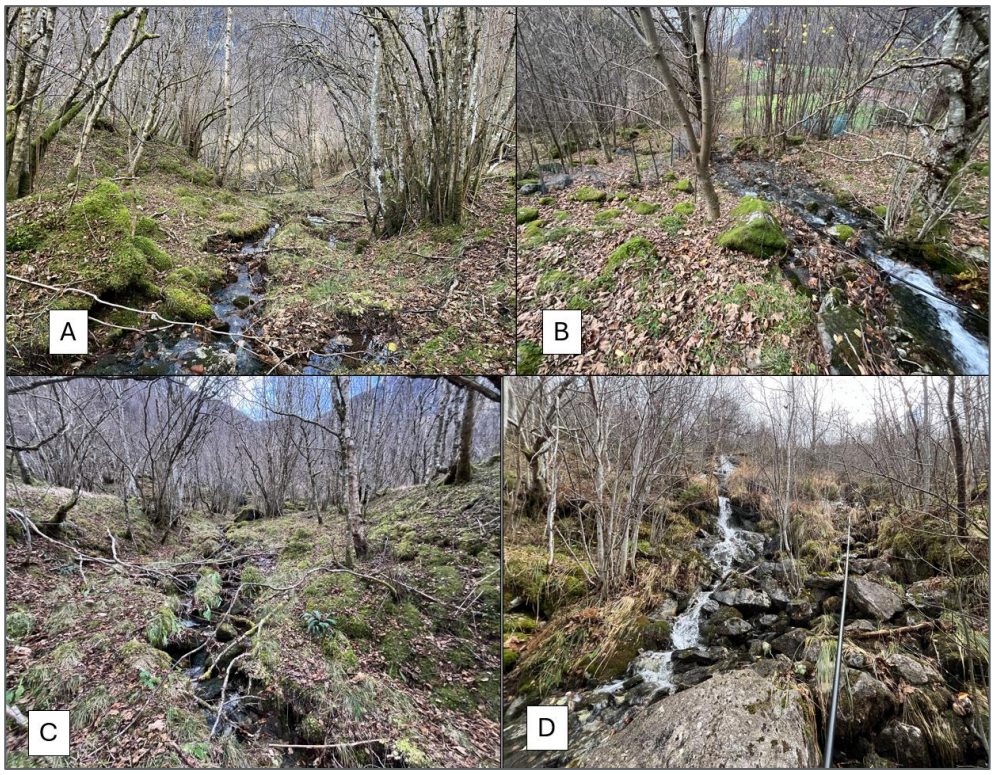
Figur 29 Skyggerelieff av kartleggingsområde 1 og påvirkningsområdet. Anvist hvor det er observert bekkeløp har gravd ut raviner i morene.



Figur 30 Observerte steinblokker som trolig stammer fra steinsprang fra fjellsiden. A) ved infopunkt 2, B) ved infopunkt 5, C) ved infopunkt 9, D) ved infopunkt 9. Opprinnelsen til blokk B er imidlertid usikker, da det kan være en moreneblokk.



Figur 31 Elva Tyssa sett fra infopunkt 1 og oppover fjellet mot øst.



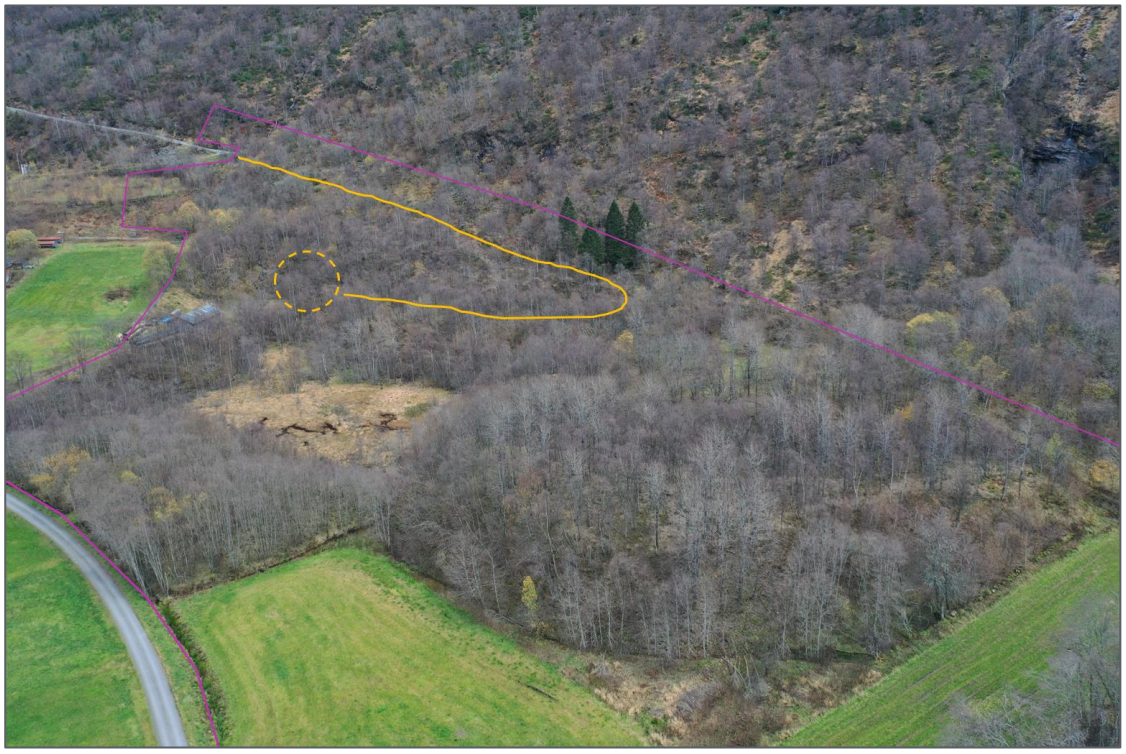
Figur 32 Raviner som er gravd ut av bekkeløp i morenemasser. A) Infopunkt 3. B) infopunkt 8, C) infopunkt 4, D) infopunkt 10. Bekkeløp A og C renner på morenemasser, B og D renner på stort sett bart fjell eller lite løsmasser.



Figur 33 Dronebilde av bekken som renner mot nordsiden av kartleggingsområdet. Bilde tatt ovenfra, ved infopunkt 10.



Figur 34 Dronebilde av bekken som renner mot nordsiden av kartleggingsområdet. Bilde tatt mot vest, ved infopunkt 10.



Figur 35 Dronebilde av kartleggingsområdet, og foten av fjellsiden. Lilla linje viser ca. plassering av kartleggingsområdet, oransje stiplet sirkel planlagt påhuggsområde og oransje linje planlagt ny vegtrase. Bildet tatt mot nordøst.



Figur 36 Dronebilde av nedre og midtre deler av fjellsiden. Løsneområder for steinsprang ses øverst i bildet. Det er stedvis lite vegetasjon som tyder på at området er aktivt og at det går skred jevnlig. Bilde tatt mot vest.



Figur 37 Dronebilde av nedre del av fjellsiden og kartleggingsområdet. Lilla linje viser ca. plassering av kartleggingsområdet, oransje stiplet sirkel planlagt påhuggsområde og oransje linje planlagt ny vegtrase. Bilde tatt mot sørvest.



Figur 38 Dronebilde av øvre del av fjellsiden, av løsneområder for steinsprang og snøskred. Bilde tatt mot sørøst.



Figur 39 Potensielt løsneområde for snøskred sett fra helikopter, ved infopunkt 20. Bilde tatt mot øst.



Figur 40 Potensielt løsneområde for snøskred sett fra helikopter, ved infopunkt 20. Bilde tatt mot øst.

3.2 Kartleggingsområde 2

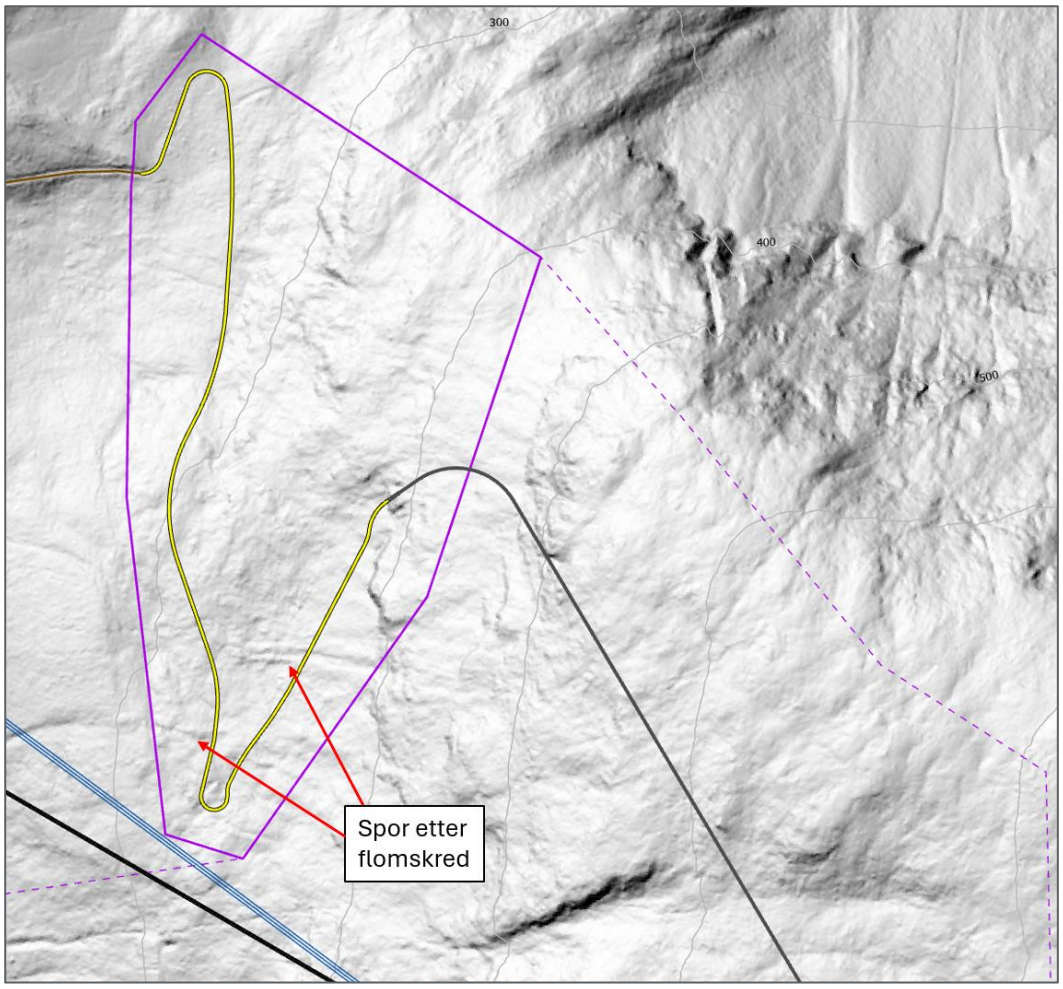
Det observeres steinblokker i øvre del av kartleggingsområdet og i påvirkningsområdet. Mange av disse steinblokkene stammer trolig fra steinsprang som har løsnet i fjellsiden, og noen antas å være moreneblokker. Steinblokkene har trolig løsnet i bergskrentene med eksponert berg som observeres i fjellsiden. Typisk observert blokkform er avlang og rektangulær og de fleste steinblokkene er rundt 1-1,5 m^3, men dette varierer i stor grad. Generelt observeres det større steinblokker lenger ned i fjellsiden og mindre steinblokker lenger opp (gradering). Observert utløpslengde for steinsprangene er relativt kort. Det observeres en del skogvekst i og rundt berghammerne, som kan gi potensiale for rotsprenging av steinblokker.

Store deler av fjellsiden, både kartleggingsområdet og påvirkningsområdet, består av stort sett skogkledd terreng. Det observeres tynn til ingen skog helt i toppen av påvirkningsområdet, i overgangen mellom det flatere terrenget over og det brattere terrenget under (konveks terrengformasjon). I tillegg er det noen åpne felt med tynn eller ingen skog like under den bratte skrenten i toppen, hvor det trolig har vært jevnlig skredaktivitet. Det observeres noen små felt med tynn eller ingen skog like under berghammerne, men er små og begrenset i størrelse. Generelt er det lite tegn til skredskadet skog i øvrige deler av fjellsiden, som vitner om tidligere skredaktivitet.

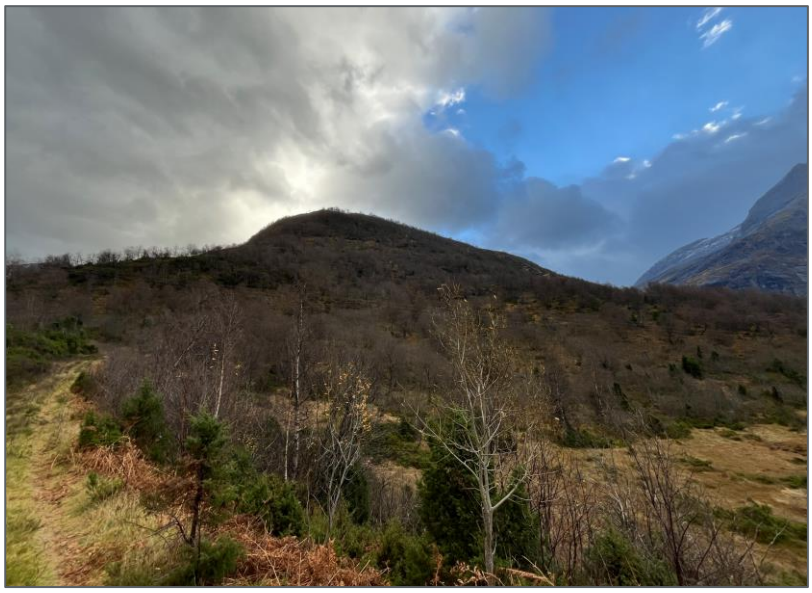
Det observeres få bekkeløp i fjellsiden, kun små lokale bekkeløp med begrenset vannføring. Generelt består fjellsiden av et tynt løsmassedekke. I nedre del av kartleggingsområdet, i det flatere områder, er det en del torv og myr. Det observeres i skyggerelieff spor etter det som trolig er små flomskred, eventuelt våte snøskred eller sørpeskred med mye vann, sør i kartleggingsområdet. Skredene har revet med seg løsmasser, og avsatt leveer på sidene. Skredene har imidlertid stoppet raskt, med kort utløpslengde.

Sporene ses ikke like godt i terrenget, på grunn av vegetasjon. Figur 41 viser observert spor i skyggerelieff og Figur 47 fra dronebilde.

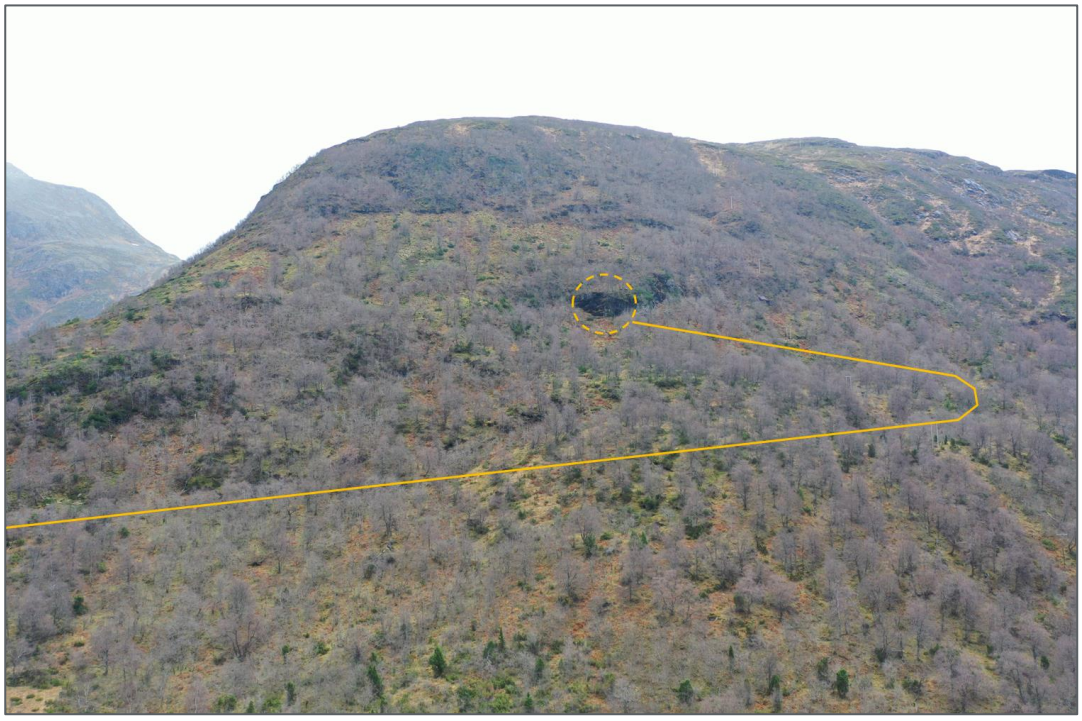
Figur 42, 43, 44, 45 og 46 viser oversiktsbilder av kartleggingsområdet og påvirkningsområdet. Ca. plassering av mulig vegtrase og påhuggsområde er markert i bildene.



Figur 41 Skyggerelieff av kartleggingsområde 2 med påvirkningsområdet. Spor etter antatt flomskred anvist.



Figur 42 Fjellsiden som utgjør kartleggingsområde 2 og påvirkningsområdet. Bilde tatt ved infopunkt 11, mot sørøst.



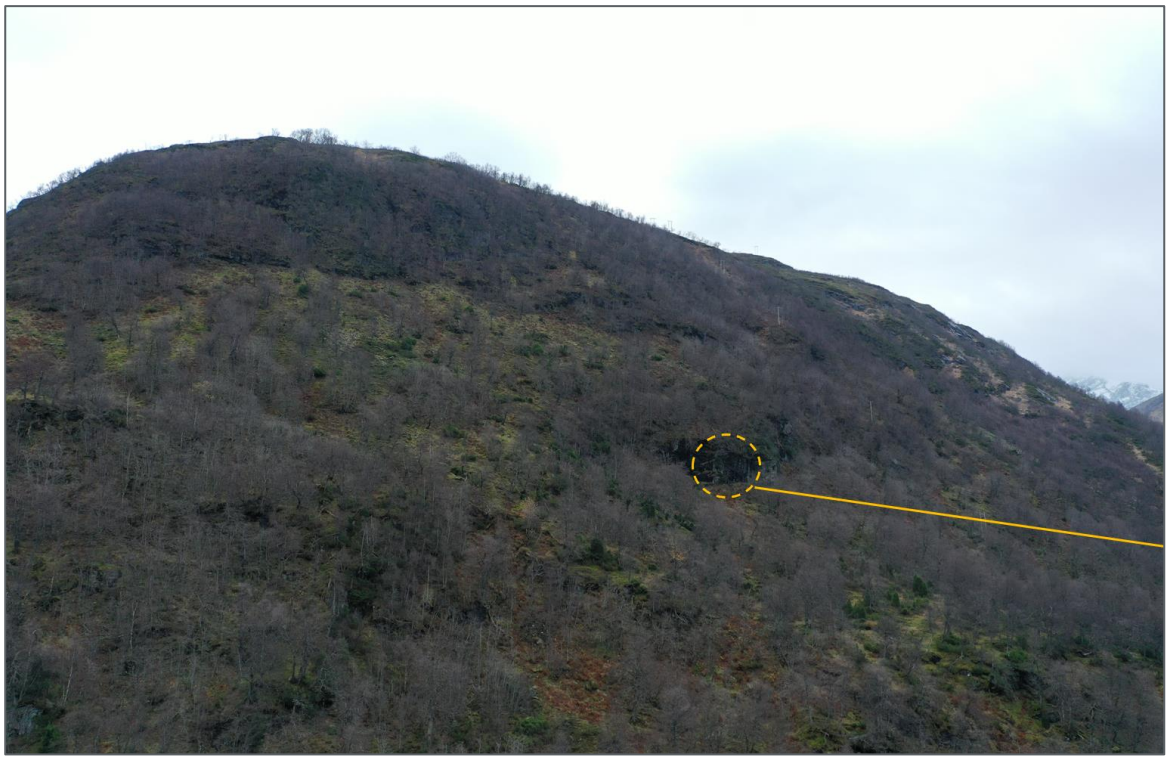
Figur 43 Dronebilde av fjellsiden. Ca. plassering av mulig påhuggsområde for tunnel vises med oransje stiplet sirkel og planlagt vegtrase med oransje linje. Bilde tatt mot sørøst.



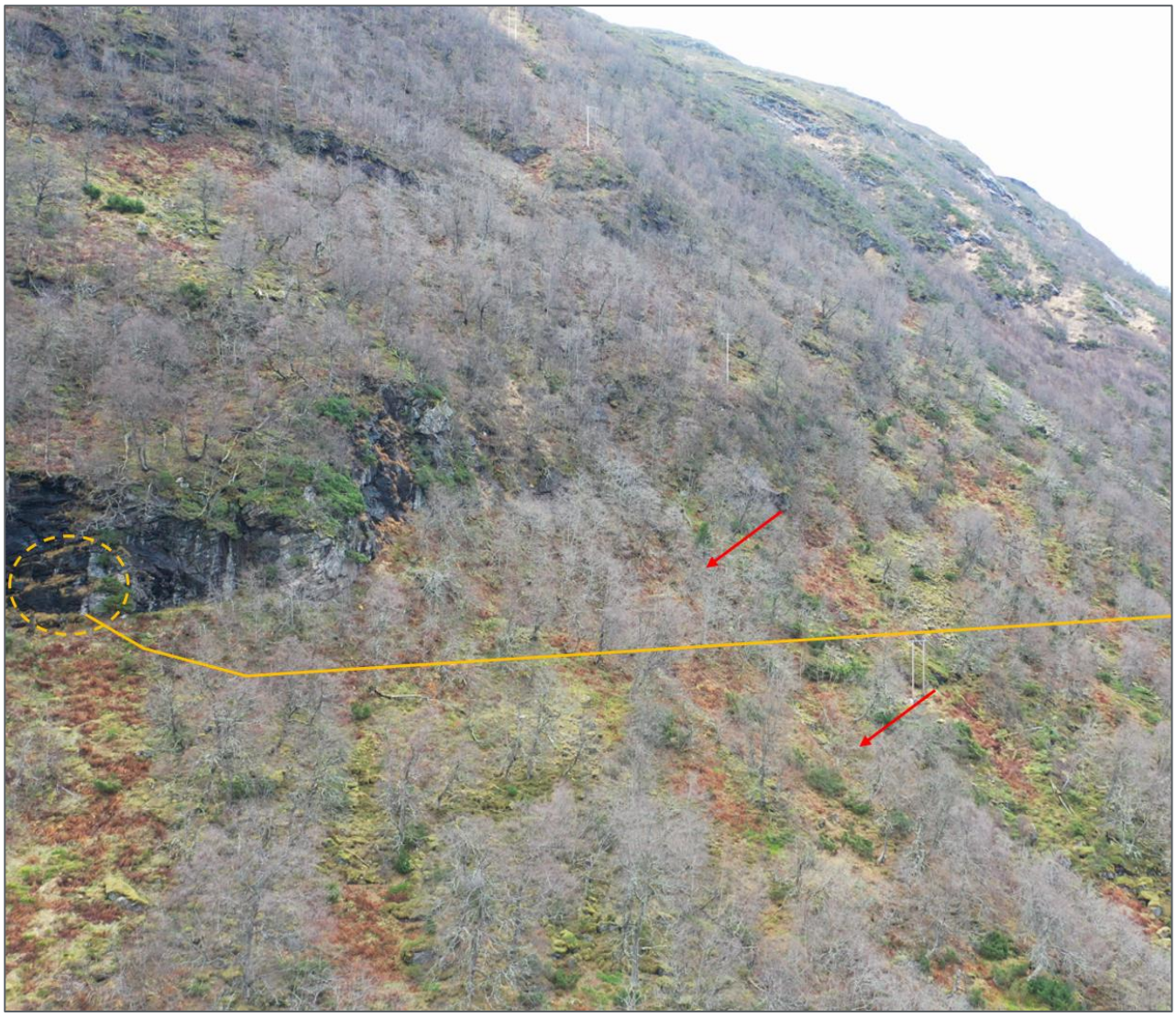
Figur 44 Dronebilde av fjellsiden. Ca. plassering av mulig påhuggsområde for tunnel vises med oransje stiplet sirkel og planlagt vegtrase med oransje linje. Bilde tatt mot sør/sørøst.



Figur 45 Mulig påhuggsområde for tunnel. Bilde tatt mot øst.



Figur 46 Dronebilde av fjellsiden. Ca. plassering av mulig påhuggsområde for tunnel vises med oransje stiplet sirkel og planlagt vegtrase med oransje linje. Bilde tatt mot sørøst.



Figur 47 Røde piler viser spor etter tidligere flomskred, eventuelt vått snøskred eller sørpeskred med mye vann, som er observert i skyggerelieff. Ca. plassering av mulig påhuggsområde for tunnel vises med oransje stiplet sirkel og planlagt vegtrase med oransje linje. Bilde tatt mot sørøst.

3.3 Kartleggingsområde 3

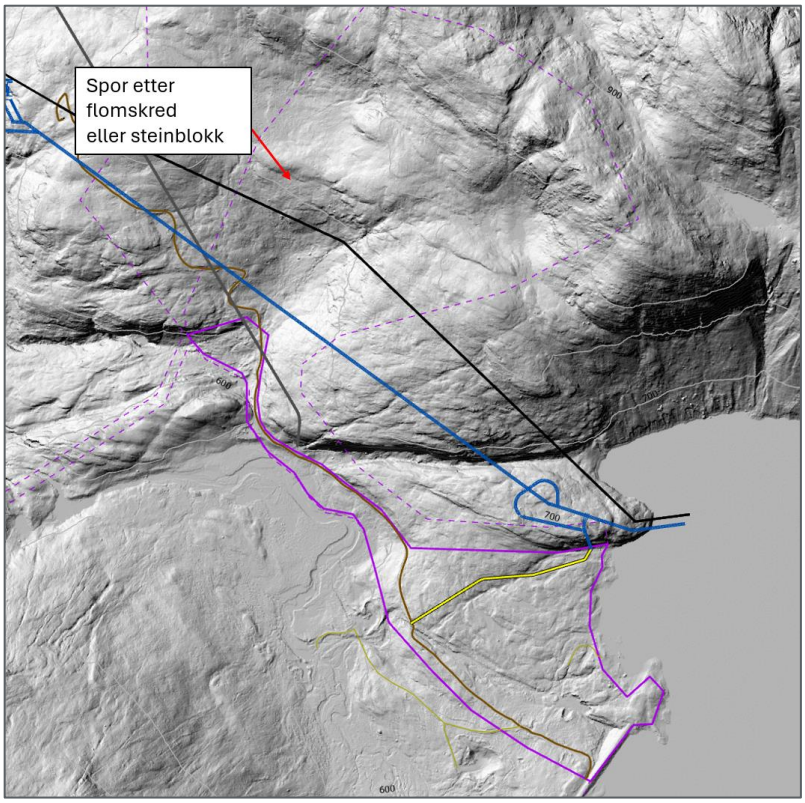
Nordlig del av kartleggingsområdet består av et kupert terreng, mange steder med bratte skrenter med eksponert berg. Nedenfor bergskrentene er det avsatt steinblokker som trolig stammer fra steinsprang. Berget er generelt kompetent og grovt oppsprukket, som gir potensiale for utfall av større steinblokker over 1 m^3. Observert utløpslengde for steinsprangene er kort, da terrenget under bergskrentene flater fort ut. Høyden på bergskrentene er også relativt lave, som gir begrenset energi og forholdsvis lokale stabilitetsproblemer. Langs eksisterende veg, som går omtrent i retning fra nord til sør er det et trangt juv med bratte skrenter på hver side, se Figur 54 og 55 (infopunkt 15). Skrentene er ca. 5-40 m høye og består av eksponert berg, med en glatt overflate. Figur 51 og 52 viser bilder av noen av de bratte skrentene i den nordlige delen av kartleggingsområdet (ved infopunkt 16 og 17).

Det observeres et bekkeløp som går omtrent i retning fra øst til vest, dette er markert som bekkeløp i registreringskartet i vedlegg 4 og avbildet i Figur 49 og 50 (infopunkt 16 og 19). Det observeres generelt lite tilgjengelige løsmasser langs bekkeløpet. I de brattere partiene renner bekkeløpet stort sett på bart berg, og i de flatere partiene er terreng dominert av torv og myr. Det observeres lite tegn til tidligere flomskred eller andre vannrelaterte massebevegelser langs bekkeløpet, foruten et lite flomskred lenger nord (se Figur 48). Sporet kan imidlertid også være en steinblokk som har laget et spor i terrenget. Terrenget oppover langs bekkeløpet har ujevn helning med terrassering, som veksler mellom flatere partier og bratte skrenter mellom. På sidene av dalføret er det flere steder bratte skrenter, se Figur 51. De flatere områdene gir potensiale for opphopning av vann, og er også årsaken til at det i disse områdene er mer torv- og myrterreng.

I midtre del av kartleggingsområdet, mellom infopunkt 12 og 14, er det en lav skrent med høyde på ca. 20-25 m som går langs den eksisterende vegen, se Figur 56, 57 og 58. Skrenten består av et tynt løsmassedekke og eksponert berg hvor det kan gå steinsprang. Observert utløpslengde for steinsprangene er kort, da terrenget under bergskrentene flater fort ut. Bergskrentene er lave, som gir begrenset energi og forholdsvis lokale stabilitetsproblemer. Ved infopunkt 14 er det en høy og steil berghammer på ca. 70-80 m, se Figur 59 og 58. Berghammeren består av en glatt bergoverflate med massivt berg som er lite sprekkeavløst. Det observeres lite steinsprangavsetninger (kun enkelte blokker stedvis).

Sørlig del av kartleggingsområdet, ved infopunkt 18, består av en bratt skrent med eksponert berg som er ca. 30-40 m høy, se Figur 61 og 62. Berghammeren består av en glatt bergoverflate med massivt berg som er lite sprekkeavløst. Det observeres lite steinsprangavsetninger (kun enkelte blokker stedvis).

Observasjoner i fjellsiden sørvest for kartleggingsområdet er ikke beskrevet, da kun svært sjeldne skred antas å kunne nå kartleggingsområdet.



Figur 48 Skyggerelieff av kartleggingsområde 3 og påvirkningsområdet. Spor etter lite flomskred eller steinblokk anvist.



Figur 49 Bekkeløp som går langs dalføret som går omtrent i retning fra øst til vest helt nord i kartleggingsområdet, ved infopunkt 16. Bilde tatt mot øst.



Figur 50 Bekkeløp som går langs bekkeløpet som går omtrent i retning fra øst til vest helt nord i kartleggingsområdet ved infopunkt 16. Bilde tatt mot øst.



Figur 51 Bratte bergskrenter på sidene langs dalføret helt nord i kartleggingsområdet ved infopunkt 16. Bilde tatt mot øst.



Figur 52 Lave bergskrenter helt nord i kartleggingsområdet ved infopunkt 17. Bilde tatt mot vest/nordvest.



Figur 53 Bilde fra helikopter av øvre del av dalføret som går omtrent i retning fra øst til vest helt nord i kartleggingsområdet, ved infopunkt 19. Tyssenuten er helt øverst til venstre i bildet. Bilde tatt mot øst.



Figur 54 Eksisterende veg som går gjennom et smalt juv, ved infopunkt 15. Bilde tatt mot sør.



Figur 55 Eksisterende veg som går gjennom et smalt juv, ved infopunkt 15. Bilde tatt mot sør.



Figur 56 Lav skrent langs eksisterende veg, ved infopunkt 12. Bilde tatt mot nord.



Figur 57 Lav skrent langs eksisterende veg, ved infopunkt 13. Bilde tatt mot sørøst.



Figur 58 Lav bergskrent langs eksisterende veg, ved infopunkt 13. Bilde tatt mot nordvest.



Figur 59 Høy og steil berghammer ved infopunkt 14 som går langs det definerte gjelet Trollgjøtta. Bilde tatt mot øst.



Figur 60 Høy og steil berghammer langs eksisterende veg ved infopunkt 14. Bilde tatt mot nordvest.



Figur 61 Bratt bergskrent hvor det er planlagt påhugg helt øst i kartleggingsområdet ved Tyssevatnet, ved infopunkt 18. Bilde tatt mot nord.



Figur 62 Bratt bergskrent hvor det er planlagt påhugg helt øst i kartleggingsområdet ved Tyssevatnet, ved infopunkt 18. Bilde tatt mot nord.

4 Modellering

Det er valgt å utføre en simulering av snøskred og steinsprang i fjellsiden på østsiden av kartleggingsområdet 1 for å vurdere utløpslengden og konsekvenser for denne type skred for kartleggingsområdet. Skred som kan påvirke andre deler av kartleggingsområdene er ikke modellert da disse kan vurderes uten støtte fra modellering.

4.1 Simulering av snøskred

Snøskred er simulert i programvaren RAMMS Avalanche (RAMMS::Avalanche versjon 1.8.0) for å se på utløpslengden til snøskred som kan forventes med gjentaksintervall på 100 og 1000 år.

RAMMS Avalanche er et numerisk modelleringsverktøy hvor utløpslengde, hastighet og trykk til et snøskred kan modelleres og forutsies basert på en digital terrengmodell av en fjellside som grunnlag, et definert løsneområde, bruddhøyde og en rekke andre input-parametere [13]. Dermed kan konsekvensene av et scenario med et skred av en viss størrelse og gjentaksintervall forutsies, som kan benyttes i skredfarevurderinger og vurdering av faresoner for snøskred.

En slik simulering har imidlertid noen usikkerhetsmomenter. En simulering vil alltid kun være en teoretisk tilnærming som kan avvike noe fra en reell situasjon på stedet, men vil være et nyttig hjelpemiddel og god støtte for å vurdere blant annet utløpsdistanse. Versjonen som er benyttet i dette tilfellet tar ikke høyde for medrivning av snø nedover i skredløpet og resultatet viser ikke effekter av snøsky og skredvind.

4.1.1 Parametervalg og utført simulering

Det er valgt å simulere snøskred fra tre sannsynlige løsneområder i fjellsiden over kartleggingsområdet, som er simulert hver for seg (Vedlegg 5). Løsneområde 3 (lengst sør) har et større areal enn de to andre, da det i dette området er et større sammenhengende område med helning mellom 30 og 45 grader og terrengformasjoner som vurderes å gi potensiale for større snøskred. Simuleringene antas å gi et noe konservativt men samtidig realistisk scenario for snøskred med gjentaksintervall på 100 og 1000 år, det vil si snøskred som statistisk sett forekommer hvert 100. og 1000. år.

For fastsetting av gjennomsnittlig bruddhøyde er det tatt utgangspunkt i maksimal nysnødybde på 3 døgn med gjentaksintervall på 100 og 1000 år ut fra klimaanalysen omtalt i kapittel 2.8. Deretter er det gjort en skjønnsmessig vurdering av mengde pålagring av snø ut fra blant annet vindretning, vindstyrke, himmelretninger, terrengformer/terrenghelning i løsneområdet, potensielle tilfangstområder for snø over løsneområdene. Da fjellsiden er vestvendt er det ikke lagt til pålagring av snø, da det antas at vind med maksimal nysnødybde på 3 døgn kommer fra nordvest som kommer rett inn eller noe fra siden av løsneområdene. Dette gjør at fjellsiden blir en lo-side heller enn en leside. Fjellsideparallelle rygger og terrengformasjoner gjør imidlertid at det antas noe kryss-pålagring (sideveis) av snø fra siden (fra nordvest), særlig i løsneområde 1. Det er derfor trukket noe fra bruddkanthøyden for snøskred med gjentaksintervall på 100 år og ikke på 1000 år. Snødybden er høydekorrigert, da løsneområdene er lokalisert noe lavere enn modellhøyden i klimaoversikten. For korreksjon i forhold til terrenghelning er det valgt å benytte en metode fra Sveits/SLF [14] hvor bruddhøyden korrigeres i forhold til gjennomsnittlig helning i løsneområdet. For enkelhets skyld er det for hvert gjentaksintervall simulert med samme bruddhøyde på alle tre løsneområder. Det er gjennomført sensitivitetsanalyse i forhold til antatte utløpslengder fra kjente historiske skred omtalt i kapittel 2.6, hvor ulike parametere og løsneområder er prøvd ut for å få et simuleringsresultat som stemmer greit overens med kjente historiske skred. Det er simulert med større bruddkanthøyder og skredvolum, uten at det gir vesentlig lengre utløpslengder. Utløpslengdene til historiske skred er usikre, da det finnes lite informasjon av disse. Tabell 4 gir en oversikt over estimerte bruddkanthøyder for simulerte snøskred.

Videre er det valgt å benytte en digital terrengmodell med oppløsning på 5 m, uten å ta hensyn til effekten av skog. Det er valgt å ikke inkludere skog da fjellsiden består stort sett av løvskog, som mange steder er relativt åpen og mange steder er relativt tynn og lav. Skog vurderes å ha begrenset effekt på utløpslengden på snøskred.

Tabell 4 Estimerte bruddkanthøyder som er simulert med gjentaksintervall 100 og 1000 år.

	Gjentaksintervall 100 år	Gjentaksintervall 1000 år
3 døgn nysnø [9]	145 cm	182 cm
Pålagring av snø	- 35 cm	0 cm
Høydekorreksjon for snødybde	+3-5 cm	+3-5 cm
Korreksjonsfaktor for gjennomsnittlig helning i løsneområdet	0,7	0,7
Simulerte bruddkanthøyder	80 cm	130 cm

Tabell 5 gir en oppsummering av løsnevolum, høyde, bredde og lengde for de tre løsneområdene. Tabell 6 gir en oppsummering av valgte input-parametere som er benyttet for simuleringen.

Tabell 5 Løsnevolum, høyde, bredde og lengde for de tre løsneområdene med snøskred simulert med gjentaksintervall på 100 og 1000 år. Det henvises til vedlegg 5 for plassering av løsneområdene.

Løsneområde	Løsnevolum (Returperiode 100 år)	Løsnevolum (Returperiode 1000 år)	Høyde	Bredde x lengde
1 (lengst nord)	7 315 m^3	11 779 m^3	Ca. 510 - 580 moh.	Ca. 70 x 110 m
2 (midten)	6 518 m^3	10 616 m^3	Ca. 530 - 600 moh.	Ca. 110 x 60 m
3 (lengst sør)	10 807 m^3	17 561 m^3	Ca. 480 - 550 moh.	Ca. 130 x 90 m

Tabell 6 Valg av input-parametere benyttet for simulering av snøskred i RAMMS Avalanche for et skredscenario med antatt gjentaksintervall på 100 og 1000 år.

Inputdata:	Verdi:	Merknad:
Oppløsning, terrengmodell	5 m	
Antall løsneområder	3	Simulert separat, ikke samtidig.
Bruddkanthøyde	0,8 m / 1,3 m	Gjentaksintervall 100 / 1000 år
Løsnevolum	Se Tabell 3	
Skog	Nei	
Volumkategori	Medium	
Friksjonsparameter	Standard	
Kohesjon	Nei	Standardverdier av friksjonsparameter basert på størrelse/frekvens i RAMMS Avalanche.
Høydeverdier	500/200	Satt ut fra erfaringsverdier for Norge (vestkysten) i RAMMS brukermanual [15].

4.1.2 Resultater fra simuleringer

Vedlegg 5 viser resultater av simuleringene av snøskred med maksimal høyde og hastighet med gjentaksintervall på 100 og 1000 år. Simuleringene antyder at snøskred som løsner i øvre del av fjellsiden vil nå ned til kartleggingsområdets østlige del. Simuleringene antyder at snøskred som løsner over den nordlige og midtre delen av kartleggingsområdet vil ha utløp omtrent parallelt med fjellsida i fallretningen, mot vest,

og at snøskred som løsner over den sørlige delen i større grad vil kanaliseres langs et gjel som i større grad vil lede massene mot sørvest og på sørsiden av kartleggingsområdet langs en oppbygd ledevoll i terrenget. Simuleringene antyder at hastigheten til skredene vil bremse fort når de når kartleggingsområdet og går ut i det flatere området. Simulerte snøskred med gjentaksintervall på 1000 år har noe lengre utløpslengde, noe høyere hastighet og noe større volum med skredmasser som brer seg utover det flate området i foten av fjellsiden.

4.2 Simulering av steinsprang

Steinsprang er simulert i programvaren RAMMS Rockfall (RAMMS::Avalanche versjon 1.7.65) for å se på utløpslengden av steinsprang fra potensielle løsneområder i fjellsiden.

RAMMS Rockfall er et dynamisk tredimensjonalt modelleringsverktøy hvor steinsprang simuleres i en fjellside og hvor simulerte steinblokkers utløpslengde, spretthøyde, 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 [16].

I likhet med RAMMS Avalanche har en simulering i et modelleringsverktøy som dette imidlertid alltid usikkerhetsmomenter, som nevnt i kapittel 4.1.

4.2.1 Parametervalg og utført simulering

Det er utført steinsprangsimuleringer i fjellsiden over kartleggingsområdet, innenfor påvirkningsområdet (Vedlegg 6). Løsneområdene og input-parametere er definert ut fra observasjoner fra befaring og fra kartgrunnlag. Løsneområdene er definert i berghammere med eksponert berg, og hvor det ut fra observasjoner er potensiale for steinsprang. Det er observert løsneområder i nedre del av fjellsiden, som ikke er inkludert i simuleringen, da disse kan vurderes basert på observasjoner. Tabell 7 oppsummerer input-parameter som er benyttet for simuleringen.

Tabell 7 Input-parameter til steinsprangsimuleringen i RAMMS Rockfall.

Inputdata:	Verdi:	Merknad:
Oppløsning, terrengmodell	2 m	
Terrengparameter	Øvre del av fjellside: Hard Nedre del av fjellside: Medium Flate nedenfor fjellside: Medium soft	
Blokkform	Real_Flat_1.8.pts	Rektangulær, lang form. Vanlig observert blokkform.
Blokkvolum	1,29 m^3	Vanlig observert blokkvolum.
Bergartsenhet	2700 kg/m^3	
Antall simuleringer	1680	
Skogtype	Åpen skog (20 m^2/ha)	Ikke skog øverst i fjellsiden, og på flaten hvor det er dyrka mark.

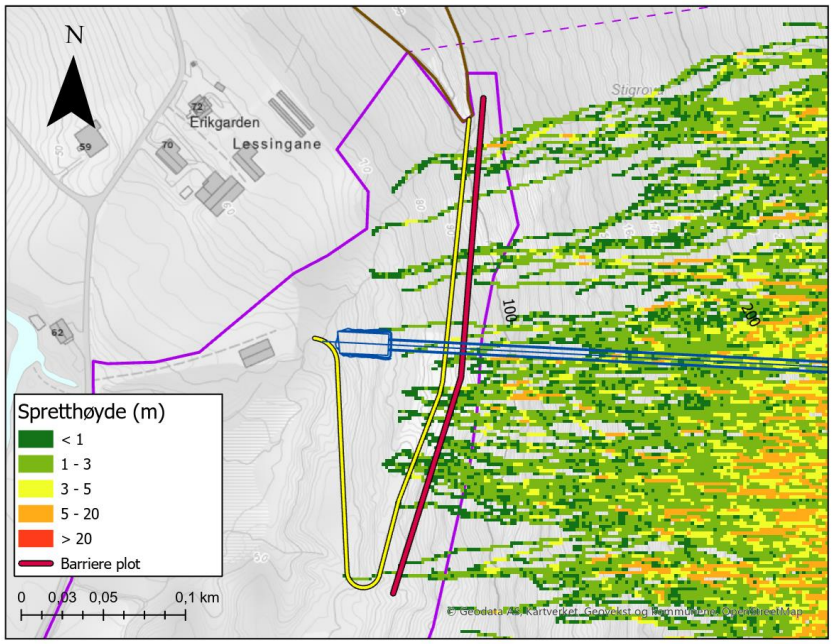
4.2.2 Resultater fra simuleringer

Vedlegg 6 viser resultater av simuleringene av steinsprang med antall steinblokker, antall avsatte steinblokker, kinetisk energi og spretthøyde. Resultatene fra simuleringene antyder at mange av de totalt

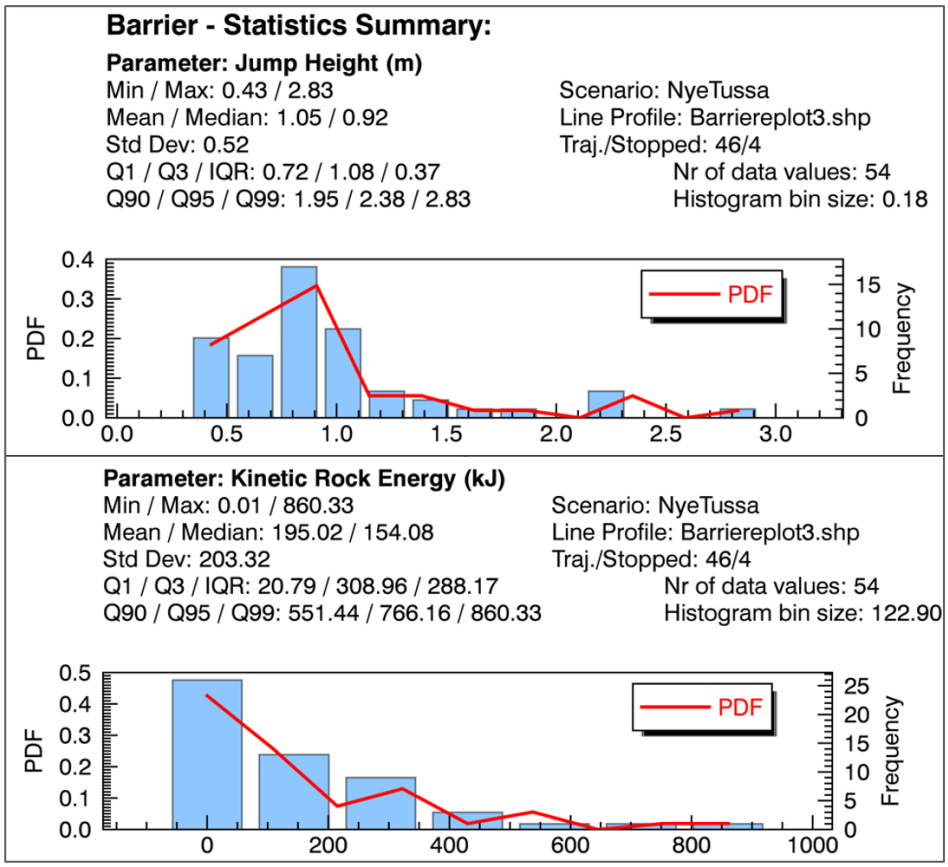
1680 simuleringene vil stoppe før de når kartleggingsområdet, og at de som når kartleggingsområdet stort sett vil ha relativt begrenset energi (mindre enn 500 kJ) og spretthøyde (mindre enn 3 m). Mange steinsprang vil ha en fallretning som går omtrent parallelt med fjellsida, mot vest. Simuleringene antyder at en del steinsprang som løsner med fallretning mot sørlig del av kartleggingsområdet vil kanaliseres langs et gjel og i større grad ledes mot sørvest langs en oppbygd ledevoll i terrenget på samme måte som resultatet fra snøskredsimuleringen i kapittel 4.1 antyder. Dette gjør at færre steinsprang vil treffe sørlig del av kartleggingsområdet.

Figur 63 viser plassering av et barriere plot hvor det er hentet inn statistikk på spretthøyde og kinetisk energi for de simulerte steinsprangene. Figur 64 viser resultatene av de i alt 54 steinsprang som passerte barriere plottet. Maksimal spretthøyde for steinsprang med 90 og 95 % persentil er på henholdsvis 1,95 og 2,38 m. Maksimal spretthøyde for alle de simulerte steinsprangene er ved dette punktet 2,83 m, og gjennomsnittlig spretthøyde er 1,05 m. Kinetisk energi med 90 og 95 % persentil er på henholdsvis 551 og 766 kJ. Maksimal kinetisk energi for alle de simulerte steinsprangene er ved dette punktet 860 kJ, og gjennomsnittlig kinetisk energi er 195 kJ.

For dimensjoneringsgrunnlag for skredsikringstiltak benyttes normalt maksimalverdi med 95 % persentil.



Figur 63 Plassering av barriere-plot hvor det er tatt ut statistikk om spretthøyde på steinsprang.



Figur 64 Statistikk for spretthøyde ved barriere-plotet i Figur 61.

5 Vurdering

5.1 Kartleggingsområde 1

Kartleggingsområde 1 er utsatt for snøskred som løsner fra øvre del av fjellsiden, men også for steinsprang og jordskred. Flomskred og sørpeskred kan ikke utelukkes, men det vurderes som svært lite sannsynlig at skred av denne typen vil bli store nok til å treffe kartleggingsområdet med betydelig skadepotensiale. Snøskred vurderes å være dimensjonerende skredtype for faresonene. Det vurderes som lite sannsynlig at det vil løsne steinskred i fjellsiden som vil treffe kartleggingsområdet. Faren for skred med betydelig skadepotensiale er større i den nordlige og midtre delen av kartleggingsområdet enn i den sørlige delen, da skred i den sørlige delen i større grad vil kanaliseres mot sørvest langs et gjel og en oppbygd ledevoll. Det kan gå skred fra menneskeskapt fylling/steintipp i fjellsiden, men potensielle nye skred vurderes å ha betydelig mindre volum og kortere utløpslengde enn skredet som gikk tidlig på 1960-tallet.

Snøskred:
Det er identifisert terreng som har en form, størrelse og helning som kan gi potensiale for snøskred som kan bli store nok og med lange nok utløp til å nå kartleggingsområdet. Flere av de potensielle løsneområdene har en helning på ca. 30-45 grader over et sammenhengende område, da flere av terrengruhetene i disse områdene antas å snø igjen og jevnes ut på særlig snørike vintre. Dette bekreftes med at det finnes registrerte kjente historiske snøskred som har hatt antatt utløp ned på kartleggingsområdet og ut i det flate området i foten av fjellsiden, omtalt i kapittel 2.6. Utløpslengden på historiske skred er imidlertid usikker, da det finnes lite informasjon om disse. Særlig gjelder dette utløpslengden av faste skredmasser og av snøsky/skredvind. Klimadata antyder at området er snørikt, at mye av nedbøren kommer som snø i de høyereliggende områdene og at snødekket er relativt tykt. Den vestvendte fjellsiden over kartleggingsområdet ligger imidlertid i lo for dominerende nedbørsførende vindretninger, noe som gjør at det ikke vil akkumuleres vindtransportert snø direkte inn i løsneområdene. Vind fra nordvest vil komme inn fra siden i fjellsiden, så det kan likevel transporteres noe snø inn i løsneområdene fra sidene (kryss-pålagring), som legger seg i le for terrengformasjoner som går parallelt med fjellsiden. Mengden vindtransport snø vil imidlertid være begrenset i omfang. Vind som følger etter en større nedbørsperiode kan medføre akkumulasjon av vindtransportert snø i helt andre løsneområder enn det nedbørsførende vindretninger gjør. Dette skjer i sjeldnere værhendelser, og det kan ikke utelukkes at det likevel akkumuleres store mengder snø inn i løsneområdet fra østlig vindsektor og at dette kan resultere i store flakskred.

Resultat fra simulering av snøskred med antatt gjentaksintervall 100 og 1000 år antyder at snøskred som løsner fra potensielle løsneområder i fjellsiden vil ha lange nok utløp til å treffe kartleggingsområdet. Faren for snøskred vil være størst langs foten av fjellsiden og den østlige delen av kartleggingsområdet i den nordlige og midtre delen av kartleggingsområdet. Snømassene vil i større grad kanaliseres mot sørvest i den sørlige delen langs et gjel, som gjør at det er mindre sannsynlig at snøskred med betydelig skadepotensiale vil treffe denne delen. Figur 65 illustrerer hvordan skredmasser i større grad vil kanaliseres mot sørvest i den sørlige delen. Simuleringene av snøskred har kortere utløp enn registrerte historiske snøskred i området. De historiske skredhendelsene er imidlertid usikre, da det finnes lite informasjon om faktiske utløp. I tillegg er utløpslengden av faste skredmasser (som er simulert) og snøsky/skredvind (som ikke er simulert) av historiske snøskred usikkert.

Mange steder av fjellsiden er brattere enn 45 grader og enkelte steder brattere enn 60 grader. I disse områdene er det for bratt til at det vil akkumuleres større mengder snø, som vil gi potensiale for større flakskred. I slikt terreng vil det være større sannsynlighet for mindre løssnøskred, eller små glideskred hvor snødekket glir ut på det glatte berget som er eksponert flere steder i de bratte hengene. Områder i fjellsiden med manglende skog eller tynn skog vurderes til å komme fra blant annet jevnlig løssnøskredaktivitet eller små glideskred fra de bratte hengene. Glideskred, hvor snødekket glir på det glatte underlaget under, er

mest vanlig på våren eller under milde perioder på vinteren når temperaturen gjennom hele døgnet er over 0 ºC, men kan også forekomme i mer sjeldne tilfeller under kalde forhold på vinteren. Løssnøskred kan forekomme både under kalde forhold på vinteren (tørre løssnøskred) og under varmere forhold på våren eller under milde perioder på vinteren (våte løssnøskred). Sannsynligheten for at mindre løssnøskred eller glideskred som dette skal bli store nok og ha lange nok utløp til å treffe kartleggingsområdet vurderes imidlertid som svært lav.

Vollen som ble bygd opp i etterkant av skredhendelsen tidlig på 1960-tallet vurderes å ha god effekt for å fange opp snøskred fra denne delen av fjellsiden. Vi vurderer også at vollen vil være tilstrekkelig for å fange opp flomskred/steinsprang/steinskred og skred fra fyllingen/steintippen. Simuleringer av snøskred (og steinsprang) viser at vollen har god effekt. Ved store og sjeldne snøskred kan noe av massene bre seg over vollen, men snømassene vil miste energien raskt og stoppe raskt opp. Det samme vurderes å være tilfelle for andre typer skred. Tilstanden og oppbyggingen til vollen vurderes som god.

Fjellsiden på sørsiden av kartleggingsområdet og opp mot Bjørkehornet (1430 moh.) er stor, med en lang flate mellom foten av fjellsiden og kartleggingsområdet. Snøskred kan ikke utelukkes her, særlig da det er registrert et historisk skred omtalt i kapittel 2.6 (skredhendelse nr. 4). Det er ikke observert løsneområder i øvre del av fjellsiden med terrengformasjoner som muliggjør svært store skred, da Bjørkehornet er en alpin fjelltopp uten store sammenhengende terrengformasjoner for akkumulering av snø mot nord. Det er dermed svært lav sannsynlighet at det vil gå snøskred som er store nok til å nå kartleggingsområdet. Fjellsiden under Bjørkehornet består av en steil bergvegg med stor høydeforskjell. Det kan dermed gå mindre snøskred som løsner i mindre sammenhengende terrengformasjoner, som vil danne en snøsky/skredvind. Snøskyer/skredvinder som dette kan ha lange utløp, men det vurderes som svært lite sannsynlig at det vil gi betydelig skadepotensiale ved kartleggingsområdet.

Steinsprang:
Det er identifisert mange løsneområder for steinsprang i fjellsiden da det observeres mange bratte bergskrenter med sprekkeavløst berg, oppsprekking som gir større steinblokker og sprekkeorientering som gir potensiale for plan- eller kildeutglidning og ustabile overheng. Resultat fra simulering av steinsprang antyder at en del av steinsprangsimuleringene vil treffe kartleggingsområdet, men at de fleste vil stoppe i fjellsiden over. Dette stemmer i grove trekk godt med befaringsobservasjoner. Simuleringene viser også at energien og spretthøyden til de steinblokkene som vil treffe kartleggingsområdet er relativt begrenset. Faren for steinsprang vil være noe høyere i den nordlige og midtre delen av kartleggingsområdet, noe som blant annet skyldes at en del av steinsprangene i den sørlige delen i større grad vil kanaliseres mot sørvest slik som for snøskred (Se Figur 65). Større steinsprang enn det som er simulert kan treffe kartleggingsområdet med høyere energi, men slike steinsprang vurderes å være vesentlig sjeldnere enn det som er simulert.

Steinskred:
Det observeres større bergskrenter med bart/eksponert berg hvor det kan løsne steinskred. Det observeres imidlertid ikke synlige strukturer eller tegn til bevegelser i de aktuelle bergskrentene. InSAR Norway [12] antyder at det ikke er registrert større bevegelser i disse partiene, men det er få punkter i fjellsiden. Det er imidlertid kjent i fagmiljøet at InSAR har sine begrensninger og dermed ikke gitt fanger opp all deformasjon. Erfaringsmessig er det kjent at steinskred har omtrent samme utløpslengde som steinsprang, men at det omfatter større volum og samtidig utløsning av flere blokker eller større blokker som knuses.

Flomskred:
Faren for flomskred vurderes som lav i fjellsiden. Det er generelt lite løsmasser tilgjengelig langs bekkeløp, og potensialet for erosjon og medrivning vurderes som begrenset. Det er observert raviner i foten av fjellsiden, hvor bekkeløp har gravd seg ned i morenemasser. I disse områdene vil det være tilgjengelige løsmasser, men bekkeløpene har såpass lav helning at potensialet for betydelig massetransport vil være begrenset. Løsmasseskredet som ble utløst som følge av en ikke-planlagt utskylling og medrivning av

steintipp, omtalt i kapittel 2.6, hadde utløp nedover et definert gjel som gjør at vannmassene i større grad har blitt kanalisert til et punkt. I øvrige deler av fjellsiden er det mindre potensiale for kanalisering som dette, noe som gjør at potensialet for slike skred er vesentlig mindre. Sannsynligheten for at det vil gå et flomskred på samme sted vurderes som svært lav, da det er lite tilgjengelige løsmasser igjen i skredløpet. Det kan ikke utelukkes at små flomskred går langs bekkeløp, og at dette fører til medrivning av løsmassene på sidene som resulterer i større skred. Sannsynligheten for dette vurderes som svært lav.

Jordskred:
Jordskred kan forekomme i fjellsiden hvor det er dårlig binding mellom løsmassene over og glatt berg under, og løsner lettere hvor løsmassedekket er tynt. Et tynt løsmassedekke på bart berg øker sannsynligheten for utløsning av jordskred da vann lettere samles opp, løsmassene blir raskere vannmettet og bindingene mellom det tynne løsmassedekket og det underliggende berget normalt ikke er så gode. Det observeres mange steder i den øvre delen av fjellsiden hvor det er et tynt løsmassedekke over glatt bergoverflate. Det glatte berget gjør at vannmassene ikke drenerer så godt ned i bakken, og kan samles i sjikt mellom løsmassene og bergoverflaten. Slike jordskred vil dermed løsne helt ned til bergoverflaten. Selv om det er begrenset med løsmasser i løsneområdet kan slike skred rive med seg masser nedover i skredløpet, og vokse i bredde og størrelse og bli såkalte trekantskred med sideveis forplantning. Jordskred kan også bli utløst av steinsprang, når løsmassene er vannmettet. I fjellsiden er det størst sannsynlighet for små jordskred med mindre utløp. Det observeres flere steder i fjellsiden med bart berg hvor det kan ha gått mindre jordskred med korte utløp tidligere. Løsmasseskredet som omtales i kapittel 2.6, som ikke ble utløst naturlig, viser at det ikke kan utelukkes at det går løsmasseskred/jordskred som vokser seg til å bli store.

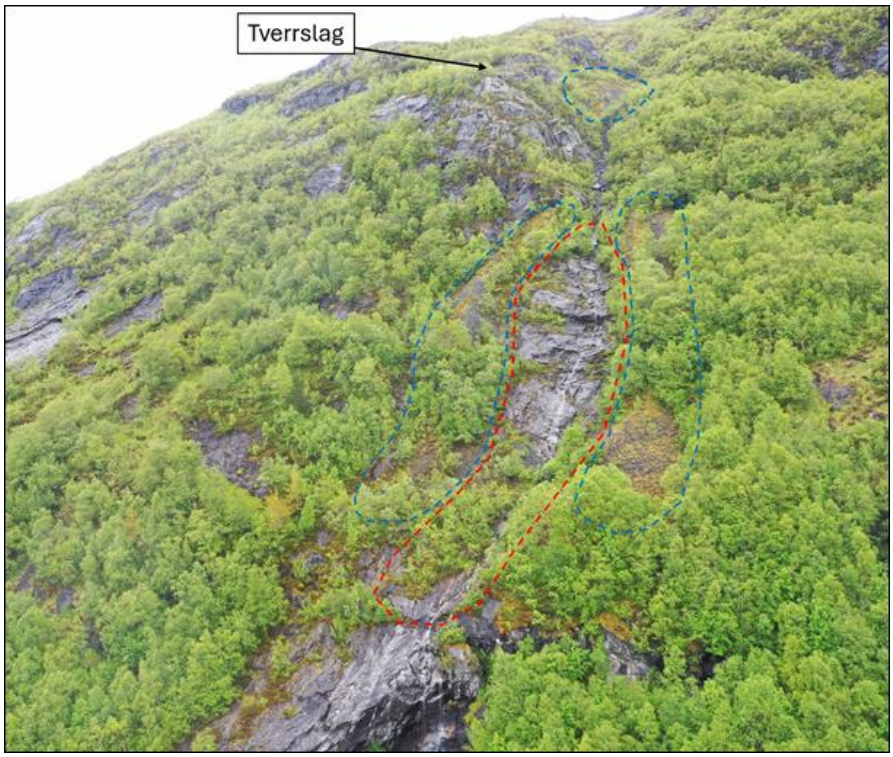
Sørpeskred:
Faren for sørpeskred vurderes som liten i fjellsiden. For at det skal gå sørpeskred kreves et snødekke av en viss tykkelse, tilstedeværelse vannveier og terrengformasjoner som muliggjør opphopning av vann og vannmetning av snødekket. Den aktuelle fjellsiden er bratt, med relativt rask avrenning. Det er ikke observert større terrengformasjoner som muliggjør opphopning av vann og vannmetning av snødekket i et større område, men kun mindre terrengformasjoner. Tilstedeværelse av glatt berg vil redusere bakkens evne til å drenere vann, og kan øke sannsynligheten for at det løsner sørpeskred. Små terrengformasjoner, som det er i denne fjellsiden, vil imidlertid kun gi potensiale for mindre sørpeskred. Sannsynligheten for at slike sørpeskred vil bli store nok og ha lange nok utløp til å nå kartleggingsområdet vurderes som svært lav.

Andre faremomenter:
Det gikk et skred tidlig på 1960-tallet fra en menneskeskapt fylling/steintipp i fjellsiden i forbindelse med en utilsiktet utspyling gjennom et tverrslag da det ble utført utslag under vann, og var altså menneskelig utløst (omtalt i kapittel 2.6). Ut fra flyfoto ser det ut som at mesteparten av fyllingen/steintippen raste ut langs bekkeløpet som renner nedover fjellsiden. Det ligger imidlertid fortsatt en del masser igjen på sidene av bekkeløpet, og noe lenger oppstrøms. Figur 66 viser antatt løsneområde, steinfyllingene/steinfyllingene som ligger igjen i fjellsiden og tverrslaget hvor utspylingen fant sted.

Det kan gå nye skred (flomskred eller steinsprang/steinskred) fra fyllingen/steintippen utløst av mye vann langs naturlige bekkeløp, for eksempel i forbindelse med intens nedbør i eller uten kombinasjon med snøsmelting. I området hvor bekkeløpet renner er det begrensede volum av løsmasser, og basert på feltobservasjoner vurderes det at potensielle nye skred vil ha betydelig mindre volum og kortere utløp enn skredet som gikk tidlig på 1960-tallet. Bekkeløpet følger et definert gjel nedover fjellsiden som renner stort sett i berg og noe i løsmasser. Det vurderes som lite sannsynlig at bekkeløpet vil ta nye veier. Skred som løsner i denne delen av fjellsiden vil ledes ned til den oppbygde vollen og ledes mot sør/sørvest.



Figur 65 Dronebilde av fjellsiden over kartleggingsområde 1, som viser et gjel som i større grad kanaliserer både snøskred og steinsprang mot sørvest, og bort fra kartleggingsområdet (markert med røde piler) og langs en oppbygd ledevoll (markert med gult stiplet polygon). Resultater av snøskred og steinsprang bekrefter dette. Bilde tatt mot nordøst.



Figur 66 Antatt løsneområde fra skredet som gikk tidlig på 1960-tallet i rødt stiplet polygon, og gjenværende fylling/steintipp i blått stiplet polygon.

5.2 Kartleggingsområde 2

Kartleggingsområde 2 er utsatt for snøskred (små flakskred) som løsner fra over skoggrensen, små løssnøskred som løsner fra de bratte skrentene og steinsprang som løsner fra berghammere i fjellsiden med korte utløp og begrenset skadepotensiale. Sannsynligheten for at det vil gå større snøskred og steinsprang i fjellsiden med betydelig skadepotensiale vurderes som svært lav. Flomskred, jordskred og sørpeskred kan ikke utelukkes, men det vurderes som lite sannsynlig at skred av denne typen vil treffe kartleggingsområdet med betydelig skadepotensiale. Sannsynligheten for at det går steinskred i fjellsiden er lav.

Snøskred:
Det er ikke identifisert terreng som har form, størrelse og helning som kan gi potensiale for større snøskred. Terrenget like over skoggrensen består av et område med en konveks terrengformasjon mellom det flatere terrenget på ryggen og de bratte skrentene liker under. Under dette er det løvskog med varierende tetthet, med kronedekning som varierer mellom 10-30 % i åpne felt og 50-80 % i tettere felt. Skogen vil begrense omfanget av vindtransport og omdanningen og lagdelingen av snødekket, som vil redusere sannsynligheten for større flakskred. I de åpne feltene og i det konvekse området like over skoggrensen kan det være potensiale for vindtransportert snø og flakskred, men områdene er begrenset i størrelse og det vurderes som svært lav sannsynlighet for større flakskred med lange nok utløp i fjellsiden til å treffe kartleggingsområdet med betydelig skadepotensiale.

Fjellsiden i kartleggingsområdet og påvirkningsområdet er vendt mot vest/nordvest. Som nevnt i skredfarevurdering av kartleggingsområde 1 (kapittel 5.1) antyder klimadata at området er snørikt, at mye av nedbøren kommer som snø i de høyereliggende områdene og at snødekket er relativt tykt. Klimaanalysen antyder imidlertid at fjellsiden ligger i lo for dominerende nedbørsførende vindretninger, noe som gjør at det ikke vil akkumuleres vindtransportert snø inn i løsneområdene da vind fra nordvest vil komme direkte på fjellsiden. Omfanget av pålagring fra siden (kryss-pålagring) vil også være begrenset da vinden kommer mer direkte på enn i kartleggingsområde 1 og fordi det ikke eksisterer terrengformasjoner som går parallelt med fjellsiden i like stor grad. Vind vil dermed i større grad flytte snø bort fra de potensielle løsneområdene like over snøgrensa og mot sør/sørøst/øst, som reduserer sannsynligheten for større flakskred betydelig. Vind som følger etter en større nedbørsperiode kan medføre akkumulasjon av vindtransportert snø i helt andre løsneområder enn det nedbørsførende vindretninger gjør. Dette kan skje i sjeldne værhendelser, og det kan ikke utelukkes at det likevel akkumuleres snø inn i løsneområdet fra østlig vindsektor.

Det observeres flere mindre heng og bratte skrenter i fjellsiden som er brattere enn 45 grader og enkelte steder brattere enn 60 grader. I disse områdene er det for bratt til at det vil akkumuleres større mengder snø, som vil gi potensiale for større flakskred. I slikt terreng vil det være større sannsynlighet for mindre løssnøskred. Områder under de brattere skrentene med tynn eller ingen skog vurderes til å komme fra blant annet jevnlig løssnøskredaktivitet fra de bratte hengene. Det er stedvis spor etter små snøskred i vegetasjonen i øvre del. Utstrekningen av områdene med tynn eller ingen skog indikerer at størrelsen på slike skred er små og utløpslengden korte.

Steinsprang:
Det er identifisert flere løsneområder for steinsprang i fjellsiden da det observeres flere bratte berghammere med sprekkeavløst berg, oppsprekking som gir større steinblokker og sprekkeorientering som gir potensiale for utvelting («toppling») og ustabile overheng. Observert utløpslengde for tidligere steinsprang som har løsnet fra bergskrentene er kort. Foruten bergskrentene er terrenget de fleste steder under 45 grader og lenger ned under 30 grader. De fleste bergskrentene i fjellsiden er også relativt lave, med en høyde stort sett under 10 m. Dette gjør at steinsprang vil ha relativt lav energi, stoppe fort og ha begrenset skadepotensiale. Partier med ustabile bergblokker er ofte lokale og kan enkelt identifiseres og sannsynligheten kan reduseres betydelig med fjellsikring.

Steinskred:
Det observeres større bergskrenter med bart/eksponert berg hvor det kan løsne steinskred. Det observeres imidlertid ikke synlige strukturer eller tegn til bevegelser i de aktuelle bergskrentene. InSAR Norway [12] antyder at det ikke er registrert større bevegelser i disse partiene, men det er få punkter i fjellsiden.

Flomskred:
Det observeres ingen definerte bekkeløp i fjellsiden, kun små lokale forsenkninger hvor det er potensiale for begrenset vannføring. I tillegg er det et tynt løsmassedekke, som gir begrenset potensiale for erosjon og medrivning av løsmasser nedover potensielle bekkeløp. Markfuktighetskartet antyder at det er to potensielle vannveier i fjellsiden hvor vann kan kanaliseres, og at det er opphopning av vann nede på flaten i nedre og vestlig del av kartleggingsområdet. Dette området består av torv og myr. Det er observert spor etter flomskred, eventuelt våte snøskred eller sørpeskred med mye vann. Derimot er det ingen tydelige skredvifter som kan knyttes til skredløpene, noe som tyder på at det trolig var mye vann og begrenset materialtransport. Observerte skred var små i størrelse med korte utløp, og har trolig hatt begrenset skadepotensiale. Tilstedeværelse av skog har stor betydning for sannsynligheten for utløsning av flomskred i fjellsiden. Røtter virker stabiliserende på løsmasser, trekronene begrenser mengden vann som lander direkte på bakken og røttenes opptak av vann reduserer vannmengden i løsmassene. Skog høyere opp i dreneringsfeltet bidrar til å dempe en vannføringstopp i perioden med mye og intens nedbør og eventuelt i kombinasjon med snøsmelting. Dette er faktorer som reduserer sannsynligheten for flomskred i fjellsiden. Det kan ikke utelukkes at det går flomskred i fjellsiden, noe som tidligere skredaktivitet tyder på. Skredene vil i så fall være små i størrelse.

Jordskred:
Fjellsiden består stort sett av et tynt og usammenhengende løsmassedekke eller skredmateriale i form av ur og enkeltstående steinblokker. Et tynt løsmassedekke på bart fjell øker sannsynligheten for utløsning av jordskred da vann lettere samles opp, løsmassene blir raskere vannmettet og bindingene mellom det tynne løsmassedekket og det underliggende fjellet normalt ikke er så gode. Tynne og usammenhengende løsmassedekker gir imidlertid begrensede volum for et jordskred, både fordi dybden på skredet er begrenset og potensialet for medrivning av omkringliggende løsmasser er begrenset. De tynne og usammenhengende løsmassene i påvirkningsområdet vurderes å kun gi potensiale for jordskred og utglidninger av mindre volum. Det er ikke observert spor etter tidligere utglidninger som kan knyttes til jordskred. Spor som dette kan imidlertid være vanskelig å se, og fravær av spor betyr ikke nødvendigvis at det ikke har gått jordskred. Tilstedeværelse av skog har stor betydning for sannsynligheten for utløsning av jordskred i fjellsiden. Røtter virker stabiliserende på løsmasser, trekronene begrenser mengden vann som lander direkte på bakken og røttenes opptak av vann reduserer vannmengden i løsmassene. Skog høyere opp i dreneringsfeltet bidrar til å dempe en vannføringstopp i perioden med mye og intens nedbør og eventuelt i kombinasjon med snøsmelting. Dette er faktorer som gir lavere sannsynligheten for utløsning av jordskred i fjellsiden.

Sørpeskred:
Det er ikke observert større terrengformasjoner som muliggjør opphopning av vann og vannmetning av snødekket over et større område, men kun små terrengformasjoner og et terreng med relativt jevn helning. Dette vil kun gi potensiale for mindre sørpeskred. Sørpeskred blir også sjeldent utløst i skogkledd terreng.

5.3 Kartleggingsområde 3

Kartleggingsområde 3 er utsatt for små snøskred (flakskred, løssnøskred og glideskred) og steinsprang fra lave bratte skrenter med korte utløp og begrenset skadepotensiale. Små snøskred og snøfokk kan gi utfordringer med brøyting av vegen og tilkomst. Det kan ikke utelukkes at det går sørpeskred nord i kartleggingsområdet, men dette vurderes som lite sannsynlig og kan kun tenkes dersom helt spesielle og

sjeldne forhold opptrer. Et sørpeskred her har imidlertid stort skadepotensiale. Sannsynligheten for jord- og flomskred som er store nok og har lange nok utløp til å treffe kartleggingsområdet med betydelig skadepotensiale er svært lav. Det er ikke observert tegn til at det kan være sannsynlig med steinskred. Faren for skred som kan gi betydelig skadepotensiale fra fjellsiden sørvest for kartleggingsområdet vurderes som svært lav.

Snøskred:
Det er identifisert terreng i kartleggingsområde 3 som har form, størrelse og helning som stort sett gir potensiale for små snøskred med korte utløp. Dette skyldes hovedsakelig at området består av små ujevne/ru og kuperte terrengformasjoner med små løsneområder, heng med begrenset høydeforskjell og terreng under som flater raskt ut. Snøskred får dermed begrenset volum, begrenset energi og stopper raskt opp. Som nevnt i skredfarevurdering av kartleggingsområde 1 (kapittel 5.1) antyder klimadata at området er snørikt, at mye av nedbøren kommer som snø i de høyereliggende områdene og at snødekket er relativt tykt. Kartleggingsområde 3 er lokalisert på høyfjellet, uten særlig skog og er dermed svært utsatt for omfattende vindtransport. Løsneområdene som er vendt mot sør/sørøst/øst ligger i le for dominerende nedbørsførende vindretning, og vil være mest eksponert for å få akkumulert betydelige mengder med vindtransportert snø. Dette gjelder helt nord i kartleggingsområdet (ved infopunkt 17), vestsiden av juvet (infopunkt 15) og påhuggsområdet ved infopunkt 18. Områdene rundt er relativt flate, og vil kunne fungere som store henteområder for vindtransportert snø.

Flere av de potensielle løsneområdene for snøskred består av en glatt bergoverflate under. Dette gir potensiale for små glideskred, hvor snødekket glir på det glatte underlaget under. Faren for glideskred kan være vanskelig å forutsi. Glideskred i dette området vil stort sett være små i størrelse, med korte utløp og begrenset skadepotensiale.

Avstanden mellom kartleggingsområdet og fjellsiden sør/sørøst opp mot Bjørkehornet og Storhornet er 150-350 m. En liten del av kartleggingsområdet ligger helt i ytterkant av aktsomhetsområde for snøskred, og eksisterende veg ligger godt utenfor. Det kan derfor være en teoretisk mulighet at snøskred vil kunne treffe deler av kartleggingsområdet, men kan kun tenkes under helt spesielle og svært sjeldne forhold. Skredvind fra snøskred kan nå kartleggingsområdet, men på grunn av at store deler av fjellsiden har terrenghelning under 30 grader så vil denne bremses betydelig og ha begrenset trykk når den når kartleggingsområdet.

Snøskred fra små heng kan selv om skadepotensialet er begrenset by på utfordringer med brøyting av vegen og tilkomst, da det tidvis kan være omfattende snøfokk i området og gå små snøskred som blokkerer vegen.

Steinsprang:
Det er identifisert flere løsneområder for steinsprang i området da det observeres flere bratte bergskrenter med sprekkeavløst berg, oppsprekking som gir større steinblokker og sprekkeorientering som gir potensiale for plan- eller kileutglidning, utvelting («toppling») og ustabile overheng. Flere steder er berget massivt, kompetent og lite sprekkeavløst, dette gjelder særlig bergskrenten ved Tyssevatnet ved infopunkt 18. Observert utløpslengde for tidligere steinsprang som har løsnet fra bergskrentene er kort. De fleste bergskrentene i fjellsiden er også relativt lave og terrenget under flater raskt ut. Dette fører til kort utløp og relativt lav energi, noe som gir begrenset skadepotensiale. Partier med ustabile bergblokker er de fleste steder lokale og kan enkelt identifiseres, og sannsynligheten kan reduseres betydelig med fjellsikring.

Steinskred:
Det observeres større bergskrenter med bart/eksponert berg hvor det kan løsne steinskred. Det observeres imidlertid ikke synlige strukturer eller tegn til bevegelser i de aktuelle bergskrentene. InSAR Norway [12] antyder at det ikke er registrert større bevegelser i disse partiene, men det er få punkter i fjellsiden.

Flomskred:
Det er identifisert flere bekkeløp i området. Lengst nord går det et bekkeløp i retning fra øst til vest nedover i dalføret. Det er generelt lite løsmasser tilgjengelig i bekkeløpet, og potensialet for erosjon og medrivning langs bekkeløpet vurderes som begrenset. I de brattere partiene renner bekken stort sett på bart berg, og i de flatere områdene er det stort sett torv og myr. Det er ikke observert spor etter tidligere flomskred annet enn et lite flomskred nord for bekkeløpet. Sporet kan imidlertid også være en steinblokk som har laget et spor i terrenget. Derimot er det ingen tydelige skredvifter som kan knyttes til skredløpet, noe som tyder på at det trolig var mye vann og begrenset materialtransport. Det kan ikke utelukkes at det går flomskred, men disse vil være små med begrensede utløp og skadepotensial.

Jordskred:
Fjellsiden består stort sett av et tynt og usammenhengende løsmassedekke eller skredmateriale i form av ur og enkeltstående steinblokker. Et tynt løsmassedekke på bart fjell øker sannsynligheten for utløsning av jordskred da vann lettere samles opp, løsmassene blir raskere vannmettet og bindingene mellom det tynne løsmassedekket og det underliggende fjellet normalt ikke er så gode. Tynne og usammenhengende løsmassedekker gir imidlertid begrensede volum for et jordskred, både fordi dybden på skredet er begrenset og potensialet for medrivning av omkringliggende løsmasser er begrenset. De tynne og usammenhengende løsmassene og skrenter med lav høydeforskjell i påvirkningsområdet vurderes å kun gi potensiale for jordskred og utglidninger av mindre volum. Løsmassene i fjellsiden er stort sett grove og veldrenerte, og har begrenset potensiale for vannmetning. Det er ikke observert spor etter tidligere utglidninger som kan knyttes til jordskred. Spor som dette kan imidlertid være vanskelig å se, og fravær av spor betyr ikke nødvendigvis at det ikke har gått jordskred.

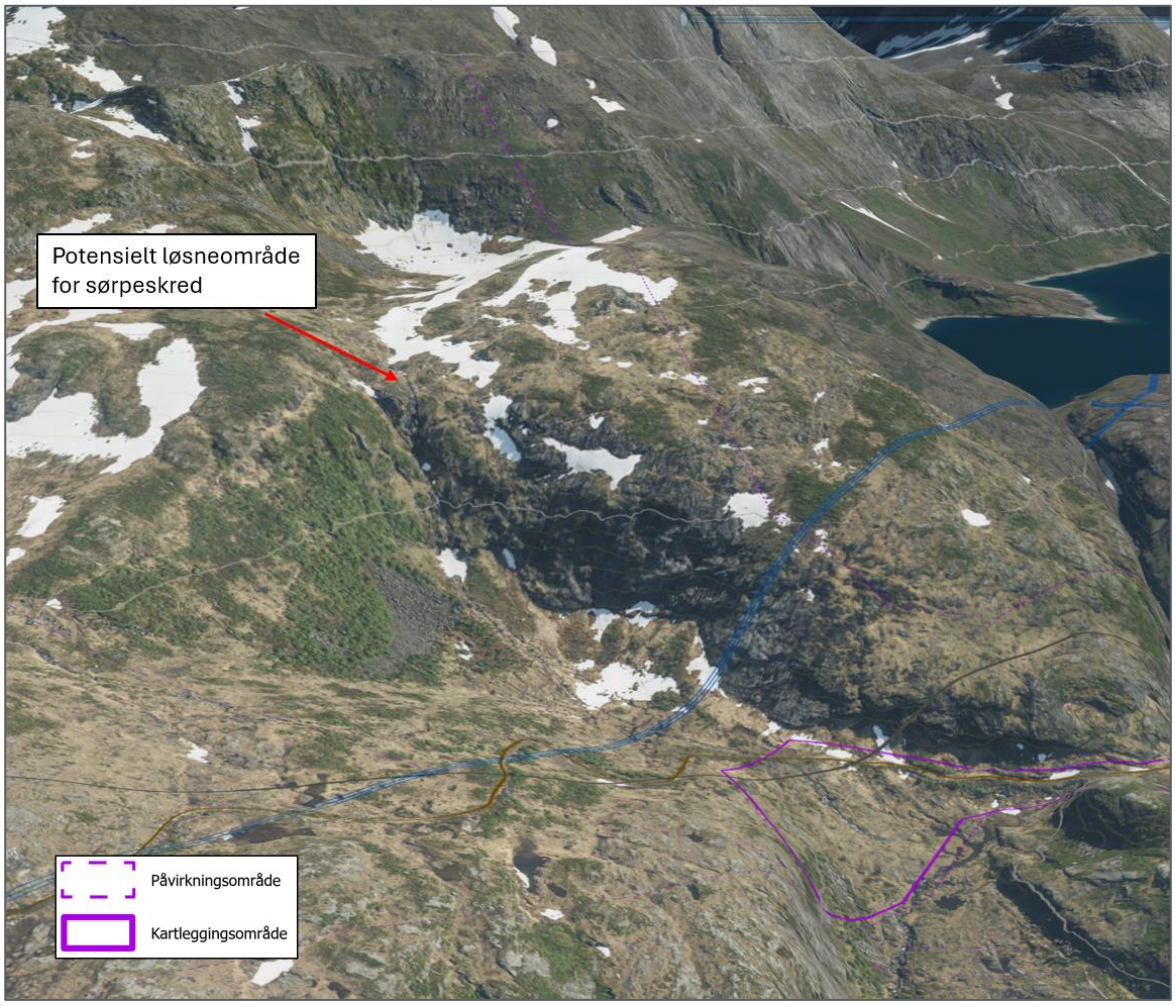
Sørpeskred:
For at sørpeskred skal utløses kreves et snødekke av en viss tykkelse, tilstedeværelse av vannveier og terrengformasjoner som muliggjør opphopning av vann og vannmetning av snødekket. Typiske løsneområder er langs elve- og bekkeløp og andre større forsenkninger i terrenget med tilgang til vann i kombinasjon med terrengformasjoner som tillater akkumulasjon av snø. Sørpeskred kan løsne i slakt terreng (helt ned mot 5 grader) hvor det kan bli store vannansamlinger i snødekket.

Dalføret lengst nord i kartleggingsområdet, med bekkeløp som renner i retning fra øst til vest, har ujevn helning med terrassering som veksler mellom flatere partier og brattere skrenter. De flatere områdene gir potensiale for opphopning av vann, noe som torv- og myrterreng vitner om. I toppen av dalføret, og like nedenfor Tyssenuten, er det en stor bolleformasjon hvor det er et lite vann hvor bekken starter fra. I dette området observeres det i flyfoto (fra 14. juni 2023) betydelig mer snørester som ligger igjen enn øvrige områder på samme høyde, noe som vitner om større ansamlinger av snø og et tykt snødekke. Terrenget er også høyt i fjellet, uten skog. Terreng som dette drenerer ikke vann like godt, noe som kan gi potensiale for opphopning av vann i snødekket over et større område. Det er ikke observert tegn til tidligere sørpeskred i området. Sørpeskred kan imidlertid gå uten at det avsettes skredmasser eller spor i terrenget. Sørpeskred er vanligst på våren, i forbindelse med snøsmelting og/eller i kombinasjon med nedbør som regn. Nedbørsfeltet ovenfor dette området er noe begrenset, noe som reduserer sannsynligheten for større sørpeskred. Sideterrenget langs bekken består i det øvre området ved Tyssenuten og nedover mot kartleggingsområdet av flere bratte heng og skrenter hvor det kan gå snøskred. Snøskred som går her kan potensielt gå helt ned til bekken og demme opp vannmassene i bekken, danne en propp og resultere i opphopning av vann og potensielt sørpeskred.

Figur 67 viser 3D-ortofoto (med flyfoto fra 14. juni 2023) av dalføret som angir potensielt løsneområde for sørpeskred. Mest sannsynlig løsneområde er i overgangen mellom det flatere området og det brattere henget under, hvor det kan oppstå opphopning av vann i snødekket og samtidig er helning nok til at et skred kan løsne. I dette området er det også et tynt løsmassedekke under, flere steder med eksponert

bergoverflate og ujevnt/terrassert terreng. Eksponert bergoverflate drenerer normalt vann dårligere, og ujevnt/terrassert terreng kan blokkere rennende vann.

Identifisering av løsneområde for sørpeskred og vurdering av løsnesannsynlighet for sørpeskred er svært vanskelig og ofte preget av stor usikkerhet. Det er derfor svært vanskelig å vurdere sannsynlighet for at det vil gå sørpeskred i dette området. Sørpeskred kan ha svært lange utløp, da de inneholder mye vann, og kan ha stort skadepotensiale. Sannsynligheten for at det går sørpeskred langs bekken i dalføret vurderes som lav (sannsynlighet ≥1/1000), og kan kun tenkes dersom helt spesielle og sjeldne forhold opptrer. Et sørpeskred i dette området kan imidlertid ikke utelukkes da flere forhold ligger til grunn, og et større sørpeskred vil kunne ha stort skadepotensiale i den nordlige delen av kartleggingsområdet.



Figur 67 3D-ortofoto som viser bolleformasjon like nedenfor Tyssenuten øverst i bildet, og som viser at det ligger igjen betydelig mer snørester enn øvrige områder på samme høyde. Bilde tatt mot øst.

6 Konklusjon - plassering av påhuggsområder og vegtraseer

6.1 Kartleggingsområde 1

Kartleggingsområde 1 er utsatt for snøskred, men også for steinsprang og jordskred. Dimensjonerende skredtype vurderes å være snøskred. Det vurderes at det er høyest sannsynlighet for at snøskred skal treffe kartleggingsområdet, og valg av plassering for påhugg og vegtrase må ta hensyn til dette.

Faren for at snøskred vil treffe kartleggingsområdet er størst i midtre og nordlige del, og lavere i sørlig del. Dette gjelder også for steinsprang. Simulering av snøskred (og steinsprang) antyder at skred som går mot den sørlige delen av kartleggingsområdet i større grad vil kanaliseres mot sørvest langs et gjel og en oppbygd ledevoll, og at sannsynligheten er lavere for at skredmasser treffer dette området med betydelig skadepotensiale. Det kan gå skred fra fylling/steintipp i fjellsiden, men med betydelig mindre volum og kortere utløpslengde enn skredet som gikk tidlig på 1960-tallet.

Dersom påhugget plasseres i den nordlige eller midtre delen av kartleggingsområde 1 må det etableres permanent sikringstiltak for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet mot skred. Sikringstiltak er nærmere omtalt i kapittel 7.

Behovet for og omfanget av sikringstiltak vil være mindre dersom påhugget flyttes til den sørlige delen av kartleggingsområdet.

6.2 Kartleggingsområde 2

Kartleggingsområde 2 er utsatt for små snøskred som løsner fra over skoggrensen eller fra de bratte skrentene og steinsprang som løsner fra berghammerne.

Faren for at snøskred og steinsprang vil treffe vegtrase eller påhuggsområde er størst like under de bratte skrentene og berghammerne og avtar med økende avstand til disse. Små snøskred og steinsprang fra berghammerne har imidlertid korte utløp med begrenset skadepotensiale, da skrentene og berghammerne er lave og terrenget under flater raskt ut.

Faren for steinsprang kan reduseres med tradisjonell fjellsikring, da den stort sett er ustabile bergblokker lokalt i berghammerne som enkelt kan identifiseres.

6.3 Kartleggingsområde 3

Kartleggingsområde 3 er utsatt for små snøskred og steinsprang fra mindre skrenter og berghammere. Faren er størst like under skrentene og berghammerne og avtar raskt når avstanden til disse øker, da de er lave, utløpene er korte og terrenget under flater raskt ut. Faren er størst i nordlig del av kartleggingsområdet, og særlig gjennom det trange juvet hvor avstanden til skrentene er kort (infopunkt 15).

Det kan ikke utelukkes at det går sørpeskred nord i kartleggingsområdet, men dette vurderes som lite sannsynlig og kan kun tenkes dersom helt spesielle og sjeldne forhold opptrer. Et sørpeskred som dette vil imidlertid ha stort skadepotensiale i den nordlige delen av kartleggingsområdet.

Faren for steinsprang kan reduseres med tradisjonell fjellsikring, da den stort sett er lokal og ustabile bergblokker i berghammerne enkelt kan identifiseres.

7 Konklusjon - faresoner for skred

Det er utarbeidet faresoner for skred i kartleggingsområde 1 for sikkerhetsklasse S1 og S2, med største nominelle årlige sannsynlighet for skred på henholdsvis 1/100 og 1/1000 (vedlegg 7). Det er ikke utarbeidet faresoner for sikkerhetsklasse S3 med krav om største nominelle årlige sannsynlighet for skred på 1/5000.

Deler av kartleggingsområdet oppfyller ikke krav om nominell årlig sannsynlighet for skred større enn 1/100 (sikkerhetsklasse S1) og 1/1000 (sikkerhetsklasse S2). Dimensjonerende skredtype i kartleggingsområde 1 er snøskred. Steinsprang og jordskred er også aktuelle, men vurderes å ha kortere utløpslengder enn snøskred.

Det er ikke utarbeidet faresoner for skred i kartleggingsområde 2 og 3 da dette ikke er en del av oppdraget.

8 Vurdering av permanent sikringstiltak

Fastsatt sikkerhetsklasse for påhugg/portalbygg i kartleggingsområde 1 er S1, med største nominelle årlige sannsynlighet for skred på 1/100. Plassering av påhugget/portalbygget innenfor faresone med største nominelle årlige sannsynlighet for skred på 1/100 vil medføre behov for etablering av permanent sikringstiltak for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet mot skred. Dimensjonerende skredtype i dette området er snøskred, og sikringstiltaket må derfor dimensjoneres for denne skredtypen. Under er en overordnet vurdering av sikringstiltak.

8.1 Valg av sikringstiltak

Mest aktuelle sikringstiltak mot snøskred i kartleggingsområde 1 er fangvoll, eventuelt ledevoll. En fangvoll vil ha til hensikt å stoppe et snøskred, mens en ledevoll vil ha til hensikt å lede skredmassene slik at det ikke treffer et objekt som skal sikres. En skredvoll vil også ha god sikringseffekt mot steinsprang og jordskred i området. Området like øst for påhuggsområdet er relativt flatt, noe som muliggjør bygging av en slik voll (Se Figur 69). Da det skal drives tunnel vil det i anleggsperioden være god tilgang til masser til å bygge vollen. En fangvoll som dette bør bygges så nære påhugget som mulig, men det vil være en fordel å bygge det på oppsiden (østsiden) av vegen slik at også denne sikres for skred. Bygging av skredvollen på oppsiden av vegen vil imidlertid medføre behov for en høyere voll enn dersom den bygges på nedsiden og like ved påhuggsområdet, da vollen kommer nærmere fjellsiden og et skred vil treffe vollen med høyere hastighet. Figur 70 viser eksempel på plassering av en fangvoll som er plassert på nedsiden av vegen.

I kartleggingsområde 2 og 3 kan faren for steinsprang reduseres med tradisjonell fjellsikring (typisk rensk og bolting), da faren stort sett er ustabile bergblokker lokalt i lave berghammerne som enkelt kan identifiseres.

8.2 Nødvendig vollhøyde

Det er gjort en enkel og innledende vurdering av vollens effektivitet, hvor det er tatt utgangspunkt i snøskredsimuleringer (omtalt i kapittel 4.1) og metodikk fra Håndbok V138 Veger og snøskred [17] hvor vollens effektivitet for sikring mot skred avhenger av en rekke faktorer:

- Vollens høyde
- Helning på skredsiden
- Utforming av terrenget ovenfor
- Skredets hastighet
- Skredets flytehøyde og volum
- Skredtype; Sørpe, vått eller tørt

Nødvendig høyde for en voll kan beregnes ut fra følgende formel:

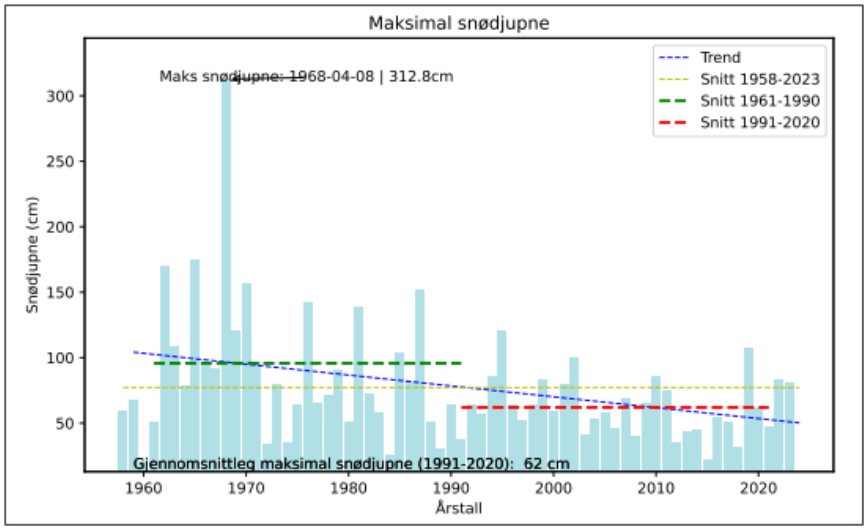
$$H_{voll} = \frac{kv^2}{2g} + H_{skred} + H_{snø}$$

Hvor:

- H_{voll} = nødvendig vollhøyde
- v = skredets hastighet
- k = konstant, varierer mellom 0,6 og 1,0
- H_{skred} = skredets flytehøyde
- $H_{snø}$ = snøhøyden i fronten av vollen

For konstanten k anbefales verdier på 0,6 for våtsnøskred og 0,8 for tørrsnøskred, som gjelder for voller som har helning på 60 grader eller brattere. I dette tilfellet vurderes tørrsnøskred å være dimensjonerende skredtype, og det er derfor valgt k på 0,8. Vedlegg 5 viser simulering av snøskreds hastighet og flytehøyde med antatt gjentaksintervall 100 år, og antyder at hastigheten like over planlagt påhugg på nedsiden (vestsiden) av vegen er 10-12 m/s og 13-16 m/s på oppsiden (østsiden) av vegen med en flytehøyden inntil 0,5 m. Figur 68 viser et utdrag fra en klimaanalyse fra AV-klima [9] fra området med modellhøyde på 44 moh. som stemmer godt med vollens plassering. Analysen viser maksimale snødybder for hvert år og antyder at gjennomsnittlig maksimal snødybde i perioden 1991-2020 var 62 cm. Det antas en snøhøyde i fronten av vollen på 1-1,5 m.

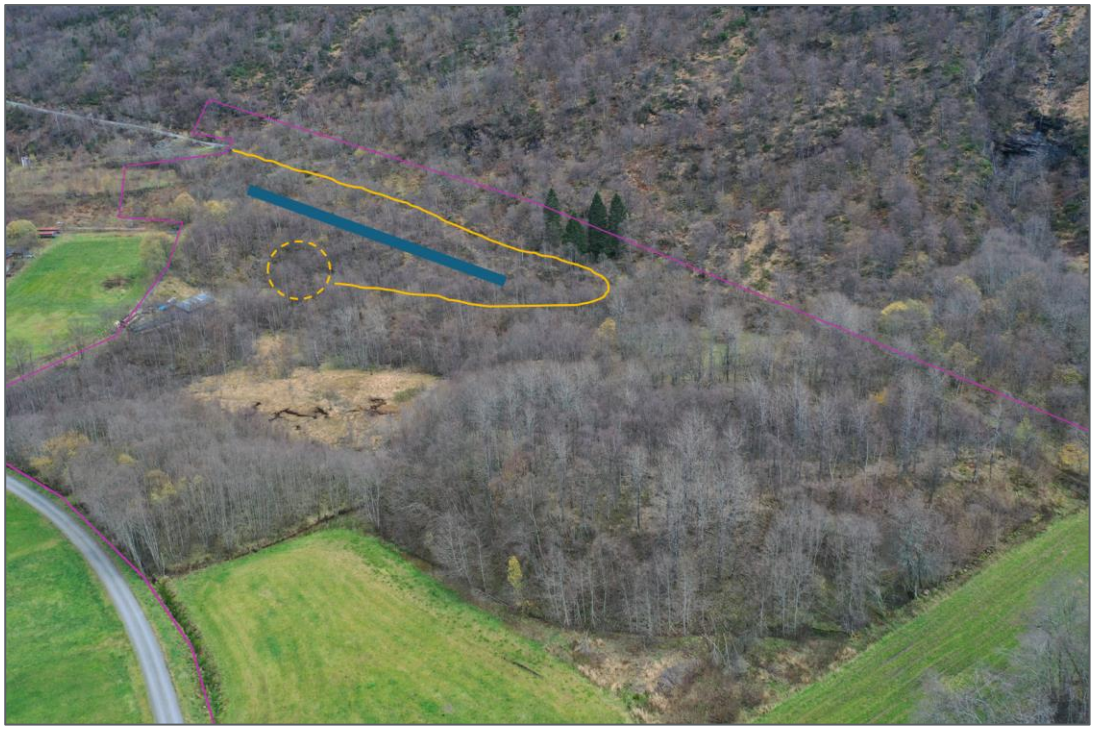
Med bakgrunn i dette vurderes nødvendig vollhøyde til ca. 5 – 8 m, dersom den plasseres like over planlagt påhugg og på nedsiden (vestsiden) av vegtrasen. Dersom vollen plasseres på oppsiden (østsiden) av vegtraseen vurderes nødvendig vollhøyde til å være ca. 8-12 m. Flytting av påhugget til den midtre delen av kartleggingsområdet vil ikke ha vesentlig påvirkning på nødvendig vollhøyde. Behovet for og omfanget av sikringstiltak vil være mindre dersom påhugget flyttes til den sørlige delen av kartleggingsområdet.



Figur 68 Utdrag fra klimaanalyse fra AV-klima [9] fra Bjørkegardane i området med modellhøyde på 44 moh. som viser maksimal snødybde.



Figur 69 Terrenget like over (øst for) planlagt påhugg er relativt flatt, ved infopunkt 7, og noe som muliggjør bygging av skredvoll. Bilde tatt mot nord.



Figur 70 Eksempel på plassering av en fangvoll (markert i blått) for å øke sikkerheten mot snøskred for et påhuggsområde (voll for transformatorstasjon er ikke definert). I dette tilfellet er fangvollen plassert på nedsiden av vegtraseen, og like over (øst før) påhuggsområdet. Lilla linje viser ca. plassering av kartleggingsområdet, oransje stiplet sirkel planlagt påhuggsområde og oransje linje planlagt ny vegtrase. Bilde tatt mot nordøst.

8.3 Prosjektering av skredvoll

En skredvoll må prosjekteres i henhold til regler og krav gitt av blant annet SAK10 og TEK17 [18]. Nødvendig vollhøyde og lengde på vollen må fastsettes og dimensjoneres når endelig plassering av påhugget/portalbygget er fastsatt.

Vurderingen i dette tilfellet er basert på skredsimuleringer med antatt gjentaksintervall på 100 år (nominell årlig sannsynlighet 1/100), noe som tilsvarer sikkerhetsklasse S1. Nødvendig vollhøyde avhenger også av vollens utforming, hvor en bratt støtside på vollen gir bedre effekt. Skredvoller er store og tunge konstruksjoner, og krever geoteknisk prosjektering der det må vurderes stabilitet av selve vollen, bakken under og området rundt. En skredvoll vil kunne endre dreneringsforholdene i området, og det er derfor viktig at det prosjekteres gode løsninger for håndtering av overvann. Nødvendig areal for vedlikehold av vollen er også viktig.

9 Vurdering av sikringstiltak i anleggsfasen

Ved arbeid i skredutsatte områder må det i anleggsfasen utføres risikovurderinger fortløpende. Entreprenøren er ansvarlig for sikkerhet for personell på anlegget. For å vurdere risiko for skred i anleggsfasen vil NS 8414 [19] og NS 8415 [20] være relevante og aktuelle å benytte.

Etablering av en form for stedsspesifikk snøskredvarsling eller tett oppfølging av skredsituasjon med bistand av skredfaglig personell kan minske risikoen betydelig i de områdene som er utsatt for snøskred på vinterstid. I de periodene når skredfaren øker kan det være aktuelt å ikke arbeidene i de områdene som er skredutsatt.

10 Referanser

[1] NVE, «Veileder for utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng. Utredning av skredfare i reguleringsplan og byggesak. Versjonsdato 12.11.2020,» 2020. [Internett]. Available: https://veileder-skredfareutredning-bratt-terreng.nve.no/.

[2] Direktoratet for byggkvalitet, «Veiledning om tekniske krav til byggverk.,» [Internett]. Available: https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/.

[3] NVE, «Flaum- og skredfare i arealplanar.,» Norges vassdrags- og energidirektorat, 2014.

[4] Kartverket, «Høydedata,» [Internett]. Available: https://hoydedata.no/LaserInnsyn2/.

[5] Statens kartverk, «Norge i Bilder,» [Internett]. Available: https://norgeibilder.no/.

[6] NGU, «Kart på nett,» [Internett]. Available: https://www.ngu.no/emne/kart-pa-nett.

[7] NVE, «NVE Atlas,» [Internett]. Available: https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#.

[8] NIBIO, «Kilden,» [Internett]. Available: https://kilden.nibio.no/.

[9] N. A. Viak, «"AV-Klima",» 2022. [Internett]. Available: https://nve-av-klima.azurewebsites.net/.

[10] «Varsom SeNorge,» [Internett]. Available: senorge.no.

[11] «Norsk klimaservice senter Seklima,» [Internett]. Available: https://seklima.met.no/.

[12] «InSAR Norway,» [Internett]. Available: https://insar.ngu.no/.

[13] SLF, «RAMMS::Avalanche,» [Internett]. Available: https://ramms.slf.ch/en/modules/avalanche.html.

[14] SLF, WSL Institute of Snow and Avalanche Research, *RAMMS Advanced Avalanche. Application of RAMMS in practice - Determination procedure for fracture depth,* Davos, 2012.

[15] SLF, «RAMMS::AVALANCHE User Manuar v1.8.0,» Institute for Snow and Avalanche Research SLF, Zürich, 2022.

[16] «RAMMS::Rockfall,» SLF, [Internett]. Available: https://ramms.ch/ramms-rockfall/.

[17] S. vegvesen, «Håndbok V138 Veger og snøskred,» Statens vegvesen, 2014.

[18] «NVE digital veileder - Sikringshåndboka,» NVE, 2024. [Internett]. Available: https://veiledere.nve.no/sikringshandboka/.

[19] «NS 5814 Krav til risikovurderinger,» Standard Norge, 2021.

[20] «NS 5815 Risikovurdering av anleggsarbeid,» Standard Norge, 2006.

[21] S. vegvesen, «Håndbok N200 Vegbygging,» 2022. [Internett]. Available: https://store.vegnorm.vegvesen.no/n200_2022.

Vedlegg 1 – Generell beskrivelse av ulike skredtyper

Under følger en kort beskrivelse av de ulike skredtypene. Se NVEs oppdaterte veileder [1] for ytterligere beskrivelse.

Steinsprang og steinskred

Steinsprang og steinskred løsner vanligvis i fjellskråninger som er brattere enn 45° [1]. Stabiliteten i bergmassene påvirkes av blant annet bergartstype, oppsprekkingsgrad, sprekkeforhold og foliasjon, vanntilgang og tilstedeværelse av trær og røtter (rotsprengning). Steinsprang består av enkeltblokker som beveger seg hovedsakelig uavhengig av hverandre, og det mest vesentlige energitapet skjer i kontakt med terrengoverflaten. Et steinskred er en massebevegelse av et større bergparti. Partiklene i steinskredet splittes oftest i mindre deler nedover skredbanen. Energien til et steinskred avtar ved støt mellom blokkene i skredet og ved kontakt med terrengunderlaget [1] .

Jordskred

Jordskred er utglidning av løsmasser i terreng brattere enn 20°. De starter med en plutselig utglidning, eller vedvarende sig i terrenget, i vannmettede løsmasser [1]. Røtter fra vegetasjon vil kunne bidra til at løsmassedekket får økt styrke, samtidig som det vil kunne øke permeabiliteten i jorden. Løsmassetype og tykkelse spiller også en viktig rolle, samt menneskelige inngrep som kan endre naturlige dreneringsveier for vann. Ifølge NVEs veileder er skog stabiliserende for jordskred siden røtter og vegetasjon reduserer faren for erosjon og utglidning. I tillegg bidrar skogen høyere opp i dreneringsfeltet til å dempe vannføringen ved intens nedbør [1]. De viktigste utløsningsfaktorene er oppbygging av vanntrykk som følge av langvarig nedbør, intense regnskyll og/eller sterk snøsmelting.

Flomskred

Flomskred er hurtige vannrike skred som opptrer typisk langs bratte elver/bekkeløp, eller i raviner, hvor det er eroderbare løsmasser til stede. Oftest er helningen i løsneområdet mellom 25 – 45°, men kan også oppstå i slakere terreng helt ned mot 15° [1]. Flomskred opptrer også der det vanligvis ikke er permanent vannføring. Vannmassene kan rive løs og transportere store mengder løsmasser, større blokker, trær og annen vegetasjon i og langs løpet. I flomsituasjoner eller ved høy vannføring kan det oppstå erosjon langs bekkeløp som over tid kan føre til ustabile masser. Ifølge NVEs veileder er skog stabiliserende for flomskred siden røtter og vegetasjon reduserer faren for erosjon og utglidning. I tillegg bidrar skogen høyere opp i dreneringsfeltet til å dempe vannføringen ved intens nedbør [1].

Snøskred

Snøskred løsner vanligvis der terrenget er mellom 25° - 55° bratt [1]. I slake skråninger (30° - 35°) må det komme 1-2 meter snø i løpet av tre døgn før det oppstår ustabile forhold. Forsenkninger som skålformasjoner, gjel og skar er vanlige terrengformasjoner der det kan løsne skred. Store flate områder/platåer over løsneområdene vil ofte bidra til økt akkumulering av snø inn i løsneområdene, noe som kan gi økt snøskredfare. Tett skog i fjellsiden vil ofte hindre utløsning av snøskred. Forutsetningen er at trærne er så høye at de ikke snør ned [2].

Sørpeskred

For at et sørpeskred skal utløses kreves et snødekke av en viss tykkelse og en terrengformasjon som muliggjør en vannmetting av snødekket. Typiske løsneområder for sørpeskred er langs elve- og bekkeløp og andre større forsenkninger i terrenget med tilgang til vann i kombinasjon med terrengformasjoner som tillater akkumulasjon av snø. Sørpeskred kan løsne i slake partier (helt ned mot 5°) hvor det kan bli store vannansamlinger i snødekket. Erfaringer fra tidligere hendelser viser at snøskred som demmer opp en trang elvedal er en vanlig årsak til å få utløst sørpeskred. Når snøen er mettet med vann vil snødemningen fra snøskredet brytes som et sørpeskred. I slike tilfeller vil et sørpeskred kunne løses ut, selv om værforholdene ikke tilsier det. Sørpeskredene kan derfor forekomme i ulike terrengtyper og kan være vanskelig å forutsi. Sørpeskredene kan få lange utløp spesielt når de følger bekk – eller elveleier. Det er per i dag lite kunnskap på hvilken morfologisk og sedimentologisk signatur som kan knyttes til sørpeskred. Det er også mulig at sørpeskred kan være vanskelig å identifisere sikkert ut fra avsetninger alene siden skredene gjerne eroderer løsmasser langs løpet og kan ligne flomskred i avsetningsområdene [3].

Referanser

[1] NVE, «Sikkerhet mot skred i bratt terreng. Utredning av skredfare i reguleringsplan og byggesak.,» 2020. [Internett]. Available: https://www.nve.no/skredfarekartlegging.

[2] NVE, «NVE-veileder nr.8-2014. Sikkerhet mot skred i bratt terreng. Kartlegging av skredfare i arealplanlegging og byggesak.,» Norges vassdrags og energidirektorat (NVE), Oslo, 2014b.

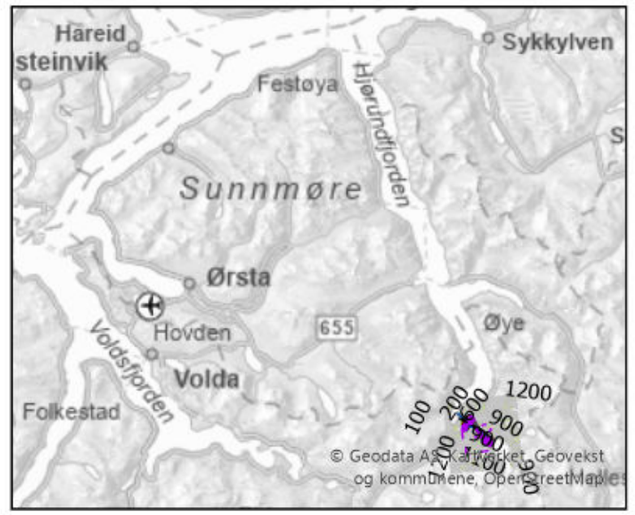
[3] NGU, «Komplekse skredvifter: monitorering og karakterisering av skredavsetninger fra ulike prosesser. NGU rapport 2020.21.,» Norges geologiske undersøkelse (NGU), Trondheim, 2020.

N

0 0,23 0,45 0,9 km

© Geodata AS, Kartverket, Geovekst og kommunene, OpenStreetMap

Karttype



- Påvirkningsområde
- Kartleggingsområde
- Eksisterende tunnelanlegg
- Tunnel
- Permanent ny veg
- Eksisterande kjørespor
- Eksisterande traktorveg
- Permanent, ny tunnel

Permanent ny veg
Eksisterande kjørespor
Eksisterande traktorveg
Permanent, ny tunnel

Terrenghelning (grader)

- 0 - 15
- 15 - 25
- 25 - 30
- 30 - 45
- 45 - 60
- 60 - 90

Vedlegg 2: Terrenghelningskart			
Prosjektnr. : 52406523		Rev: 01	
Dato: 22.11.2024	Utført: ErlAlv	Kontrollert: GroSan	Godkjent: ebuku
Format: A3	Målestokk: 1:12000	Kartprojeksjon: UTM32	
Kartet er utarbeidet for: Tussa Energi AS		Kartet er utarbeidet av: Norconsult	

N

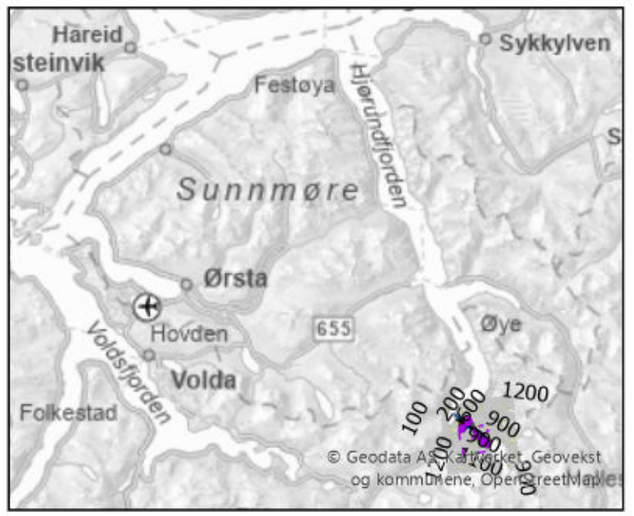
300
400
500
200
300
100
600
700
722

Åkre
Erikgarden
Lessingane
Åvre
Flotane
Tyssemyrane
Breitemåna

0 0,1 0,2 0,4 km

© Geodata AS, Kartverket, Geovekst og kommunene, OpenStreetMap

Karttype



- Påvirkningsområde
- Kartleggingsområde
- Eksisterende tunnelanlegg
- Tunnel
- Permanent ny veg — Permanent ny veg
- Eksisterande kjørespor — Eksisterande kjørespor
- Eksisterande traktorveg — Eksisterande traktorveg
- Permanent, ny tunnel — Permanent, ny tunnel

Terrenghelning (grader)

- 0 - 15
- 15 - 25
- 25 - 30
- 30 - 45
- 45 - 60
- 60 - 90

Vedlegg 2: Terrenghelningskart kartleggingsområde 1 og 2			
Prosjektnr. : 52406523		Rev: 01	
Dato: 22.11.2024	Utført: ErlAlv	Kontrollert: GroSan	Godkjent: ebuku
Format: A3	Målestokk: 1:5000	Kartprojeksjon: UTM32	
Kartet er utarbeidet for: Tussa Energi AS		Kartet er utarbeidet av: Norconsult	

N

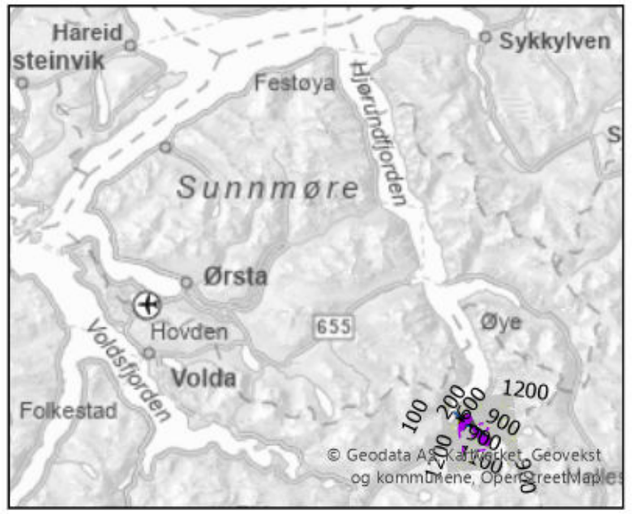
TYSSENUTEN

Tyssenaua

0 0,1 0,2 0,4 km

© Geodata AS, Kartverket, Geovekst og kommunene, OpenStreetMap

Karttype



- Påvirkningsområde
- Kartleggingsområde
- Eksisterende tunnelanlegg
- Tunnel
- Permanent ny veg — Permanent ny veg
- Eksisterande kjørespor — Eksisterande kjørespor
- Eksisterande traktorveg — Eksisterande traktorveg
- Permanent, ny tunnel — Permanent, ny tunnel

Terrenghelning (grader)

- 0 - 15
- 15 - 25
- 25 - 30
- 30 - 45
- 45 - 60
- 60 - 90

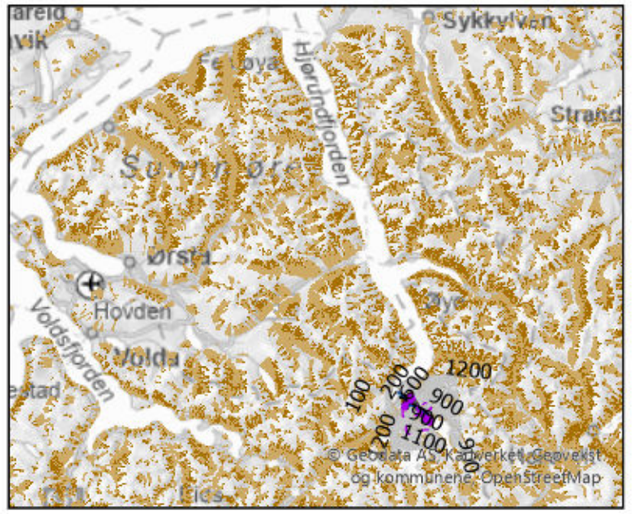
Vedlegg 2: Terrenghelningskart kartleggingsområde 3			
Prosjektnr. : 52406523		Rev: 01	
Dato: 22.11.2024	Utført: ErlAlv	Kontrollert: GroSan	Godkjent: ebuku
Format: A3	Målestokk: 1:6000	Kartprojeksjon: UTM32	
Kartet er utarbeidet for: Tussa Energi AS		Kartet er utarbeidet av: Norconsult	

N

0 0,25 0,5 1 km

© Geodata AS, Kartverket, Geovekst og kommunene, OpenStreetMap

Karttype



- Påvirkningsområde
- Kartleggingsområde
- Eksisterende tunnelanlegg
- Tunnel
- Permanent ny veg — Permanent ny veg
- Eksisterande kjørespor — Eksisterande kjørespor
- Eksisterande traktorveg — Eksisterande traktorveg
- Permanent, ny tunnel — Permanent, ny tunnel
- Utløsningsområde for jord- og flomskred — Jord_flomskredaktsomh
- Utløpsområde for jord- og flomskred — Jord_flomskredaktsomh

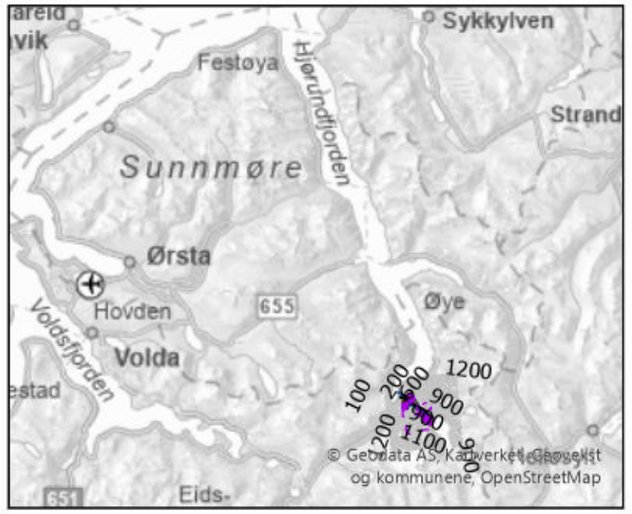
Vedlegg 3: Jord- og flomskred aktsomhetsområder			
Prosjektnr. : 52406523		Rev: 01	
Dato: 22.11.2024	Utført: ErlAlv	Kontrollert: GroSan	Godkjent: ebuku
Format: A3	Målestokk: 1:12000	Kartprojeksjon: UTM32	
Kartet er utarbeidet for: Tussa Energi AS		Kartet er utarbeidet av: Norconsult	

N

0 0.25 0.5 1 km

© Geodata AS, Kartverket, Geovekst og kommunene, OpenStreetMap

Karttype



- Påvirkningsområde
- Kartleggingsområde
- Eksisterende tunnelanlegg
- Tunnel
- Permanent ny veg — Permanent ny veg
- Eksisterande kjørespor — Eksisterande kjørespor
- Eksisterande traktorveg — Eksisterande traktorveg
- Permanent, ny tunnel — Permanent, ny tunnel
- S2_snoskred_u_skogeff

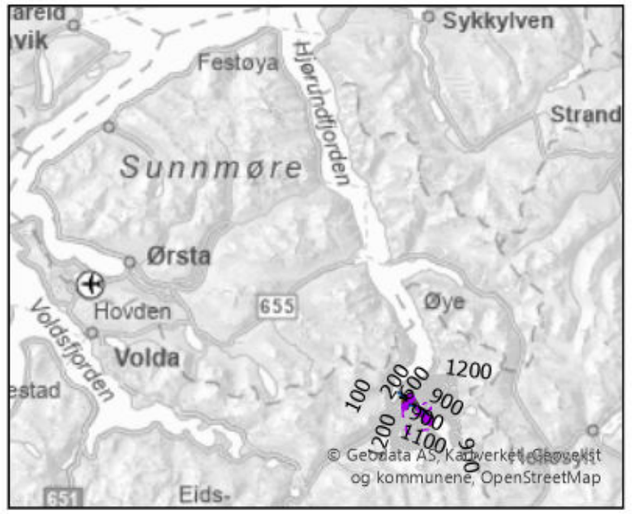
Vedlegg 3: Snøskred aktsomhetsområder			
Prosjektnr. : 52406523		Rev: 01	
Dato: 22.11.2024	Utført: ErlAlv	Kontrollert: GroSan	Godkjent: ebuku
Format: A3	Målestokk: 1:12000	Kartprojeksjon: UTM32	
Kartet er utarbeidet for: Tussa Energi AS		Kartet er utarbeidet av: Norconsult	

N

0 0,25 0,5 1 km

© Geodata AS, Kartverket, Geovekst og kommunene, OpenStreetMap

Karttype



- Påvirkningsområde
- Kartleggingsområde
- Eksisterende tunnelanlegg
- Tunnel
- Permanent ny veg — Permanent ny veg
- Eksisterande kjørespor — Eksisterande kjørespor
- Eksisterande traktorveg — Eksisterande traktorveg
- Permanent, ny tunnel — Permanent, ny tunnel
- UtlosningOmr — Utlosningsomrade
- UtlopOmr — Utlopsomrade

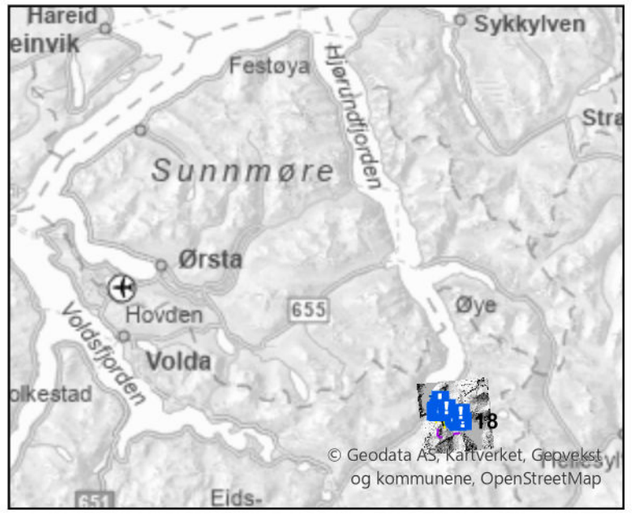
Vedlegg 3: Steinsprang aktsomhetsområder			
Prosjektnr. : 52406523		Rev: 01	
Dato: 22.11.2024	Utført: ErlAlv	Kontrollert: GroSan	Godkjent: ebuku
Format: A3	Målestokk: 1:12000	Kartprojeksjon: UTM32	
Kartet er utarbeidet for: Tussa Energi AS		Kartet er utarbeidet av: Norconsult	

N

0 0,25 0,5 1 km

© Geodata AS, Kartverket, Geovekst og kommunene, OpenStreetMap

Karttype



- Eksisterende tunnelanlegg
- Tunnel
- Permanent ny veg — Permanent ny veg
- Eksisterande kjørespor — Eksisterande kjørespor
- Eksisterande traktorveg — Eksisterande traktorveg
- Permanent, ny tunnel — Permanent, ny tunnel
- Påvirkningsområde
- Kartleggingsområde
- Infopunkt
- Sporlogg bakke
- Ravine/ bekkenedskjæring
- Jord og flomskredavsetning
- Løsneområder jordskred
- Løsneområde steinsprang/steinskred
- Løsneområde snøskred
- Løsneområde sørpeskred

Vedlegg 4: Registreringskart			
Prosjektnr. : 52406523		Rev: 01	
Dato: 29.11.2024	Utført: ErlAlv	Kontrollert: GroSan	Godkjent: ebuku
Format: A3	Målestokk: 1:10 000	Kartprojeksjon: UTM32	
Kartet er utarbeidet for: Tussa Energi AS		Kartet er utarbeidet av: Norconsult	

N

Åkre

Erikgarden

Lessingane

Løsneområde 1

Løsneområde 2

Løsneområde 3

Flotane

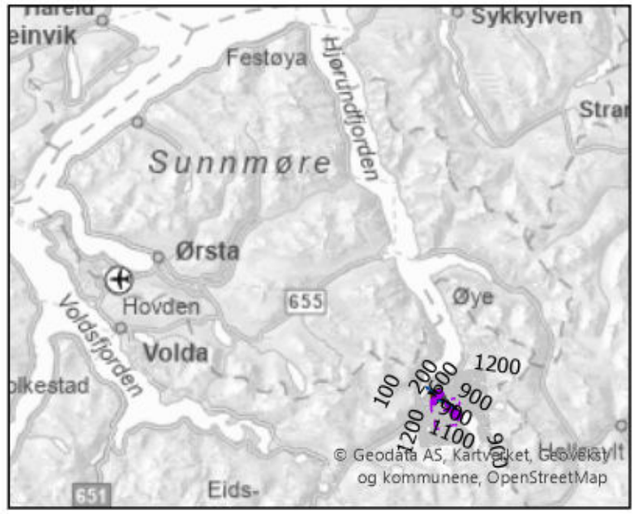
Tyssemyrane

Vassvollane

0 0,07 0,15 0,3 km

© Geodata AS, Kartverket, Geovekst og kommunene, OpenStreetMap

Karttype



- Eksisterende tunnelanlegg
- Tunnel
- Permanent ny veg
- Eksisterande kjørespor
- Eksisterande traktorveg
- Permanent, ny tunnel
- Påvirkningsområde
- Kartleggingsområde
- Løsneområde

Permanent ny veg
Eksisterande kjørespor
Eksisterande traktorveg
Permanent, ny tunnel

Maks høyde (m)

- 0,1 - 0,5
- 0,5 - 1
- 1 - 2
- 2 - 3
- > 3

Vedlegg 5: Simulering RAMMS Avalanche, maks høyde (gjentaksintervall 100 år)			
Prosjektnr. : 52406523		Rev: 01	
Dato: 22.11.2024	Utført: ErlAlv	Kontrollert: GroSan	Godkjent: ebuku
Format: A3	Målestokk: 1:3500	Kartprojeksjon: UTM32	
Kartet er utarbeidet for: Tussa Energi AS		Kartet er utarbeidet av: Norconsult	

N

Åkre

Erikgarden

Lessingane

Tysemyrane

Flotane

Vassvollane

Løsneområde 1

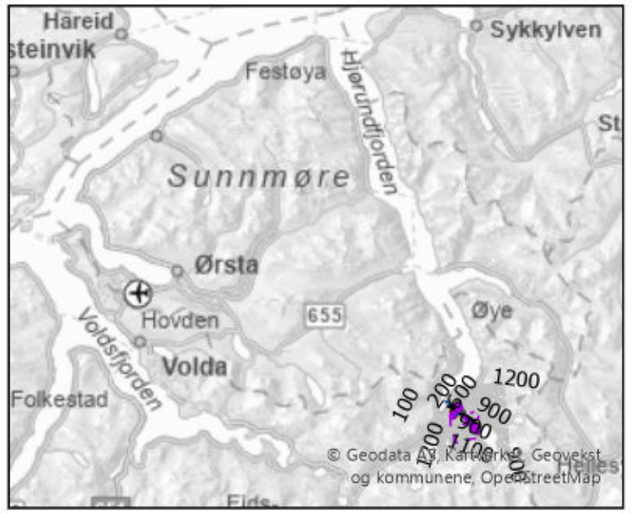
Løsneområde 2

Løsneområde 3

0 0,07 0,15 0,3 km

© Geodata AS, Kartverket, Geovekst og kommunene, OpenStreetMap

Karttype



- Eksisterende tunnelanlegg
- Tunnel
- Permanent ny veg — Permanent ny veg
- Eksisterande kjørespor — Eksisterande kjørespor
- Eksisterande traktorveg — Eksisterande traktorveg
- Permanent, ny tunnel — Permanent, ny tunnel
- Påvirkningsområde
- Kartleggingsområde
- Løsneområde

Maks hastighet (m/s)

- < 2
- 2 - 4
- 4 - 6
- 6 - 8
- 8- 10
- 10 - 12
- 12 - 14
- 14 - 16
- 16 - 18
- 18 - 20
- > 20

Vedlegg 5: Simulering RAMMS Avalanche, maks hastighet (100 år)			
Prosjektnr. : 52406523		Rev: 01	
Dato: 22.11.2024	Utført: ErlAlv	Kontrollert: GroSan	Godkjent: ebuku
Format: A3	Målestokk: 1:3500	Kartprojeksjon: UTM32	
Kartet er utarbeidet for: Tussa Energi AS		Kartet er utarbeidet av: Norconsult	

N

Åkre

Erikgarden

Lessingane

Løsneområde 1

Løsneområde 2

Løsneområde 3

Flotane

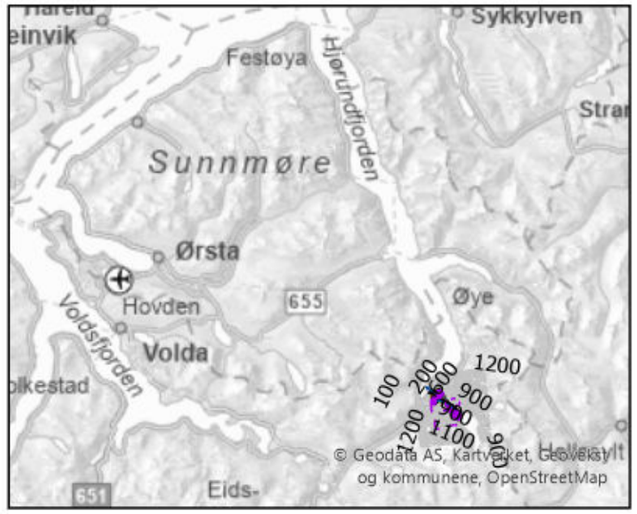
Tyssemyrane

Vassvollane

0 0,07 0,15 0,3 km

© Geodata AS, Kartverket, Geovekst og kommunene, OpenStreetMap

Karttype



- Eksisterende tunnelanlegg
- Tunnel
- Permanent ny veg
- Eksisterande kjørespor
- Eksisterande traktorveg
- Permanent, ny tunnel
- Påvirkningsområde
- Kartleggingsområde
- Løsneområde

Permanent ny veg
Eksisterande kjørespor
Eksisterande traktorveg
Permanent, ny tunnel

Maks høyde (m)

- 0,1 - 0,5
- 0,5 - 1
- 1 - 2
- 2 - 3
- > 3

Vedlegg 5: Simulering RAMMS Avalanche, maks høyde (gjentaksintervall 1000 år)			
Prosjektnr. : 52406523		Rev: 01	
Dato: 11.04.2025	Utført: ErlAlv	Kontrollert: GroSan	Godkjent: ebuku
Format: A3	Målestokk: 1:3500	Kartprojeksjon: UTM32	
Kartet er utarbeidet for: Tussa Energi AS		Kartet er utarbeidet av: Norconsult	

N

Åkre

Løsneområde 1

Løsneområde 2

Løsneområde 3

Erikgarden

Lessingane

Tyssemyrane

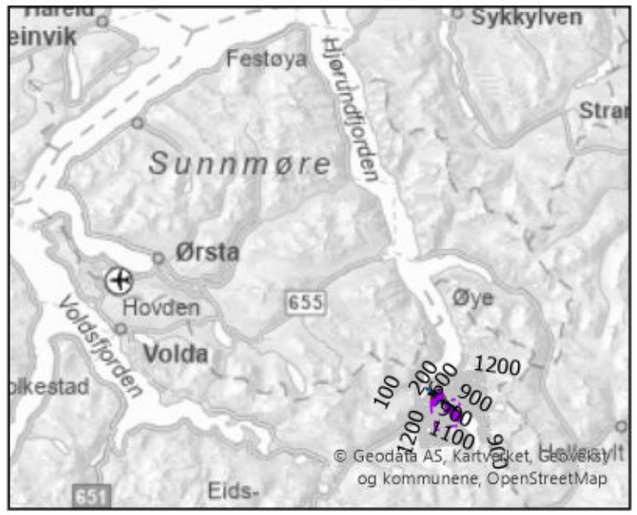
Flotane

Vassvollane

0 0,07 0,15 0,3 km

© Geodata AS, Kartverket, Geovekst og kommunene, OpenStreetMap

Karttype



- Eksisterende tunnelanlegg
- Tunnel
- Permanent ny veg — Permanent ny veg
- Eksisterande kjørespor — Eksisterande kjørespor
- Eksisterande traktorveg — Eksisterande traktorveg
- Permanent, ny tunnel — Permanent, ny tunnel
- Påvirkningsområde
- Kartleggingsområde
- Løsneområde

Maks hastighet (m/s)

- < 2
- 2 - 4
- 4 - 6
- 6 - 8
- 8 - 10
- 10 - 12
- 12 - 14
- 14 - 16
- 16 - 18
- 18 - 20
- > 20

Vedlegg 5: Simulering RAMMS Avalanche, maks hastighet (gjentaksintervall 1000 år)			
Prosjektnr. : 52406523		Rev: 01	
Dato: 11.04.2025	Utført: ErlAlv	Kontrollert: GroSan	Godkjent: ebuku
Format: A3	Målestokk: 1:3500	Kartprojeksjon: UTM32	
Kartet er utarbeidet for: Tussa Energi AS		Kartet er utarbeidet av: Norconsult	

N

Erikgarden

Lessingane

Flotane

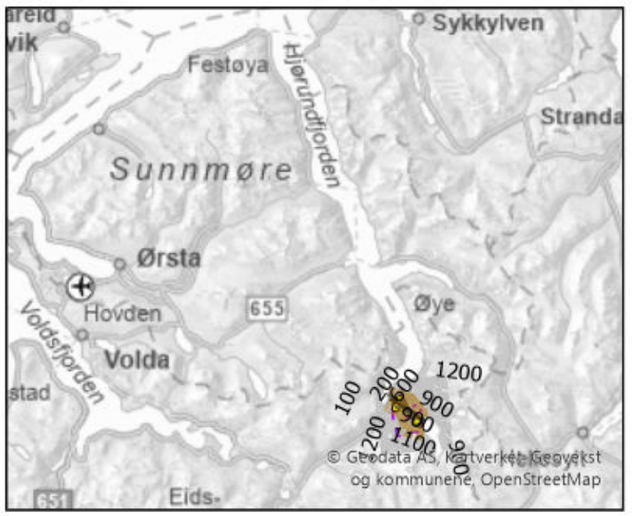
Tyssemyrane

Vassvollane

0 0,07 0,15 0,3 km

© Geodata AS, Kartverket, Geovekst og kommunene, OpenStreetMap

Karttype



- Eksisterende tunnelanlegg
- Tunnel
- Permanent ny veg — Permanent ny veg
- Eksisterande kjørespor — Eksisterande kjørespor
- Eksisterande traktorveg — Eksisterande traktorveg
- Permanent, ny tunnel — Permanent, ny tunnel
- Påvirkningsområde
- Kartleggingsområde
- Løsneområde

Antall steinblokker

- 1 - 2
- 2 - 5
- 5 - 20
- 20 - 50
- 50 - 81

Vedlegg 6: Simulering RAMMS Rockfall, antall steinblokker			
Prosjektnr. : 5246523		Rev: 01	
Dato: 25.11.2024	Utført: ErlAlv	Kontrollert: GroSan	Godkjent: ebuku
Format: A3	Målestokk: 1:3500	Kartprojeksjon: UTM32	
Kartet er utarbeidet for: Tussa Energi AS		Kartet er utarbeidet av: Norconsult	

N

Erikgarden

Lessingane

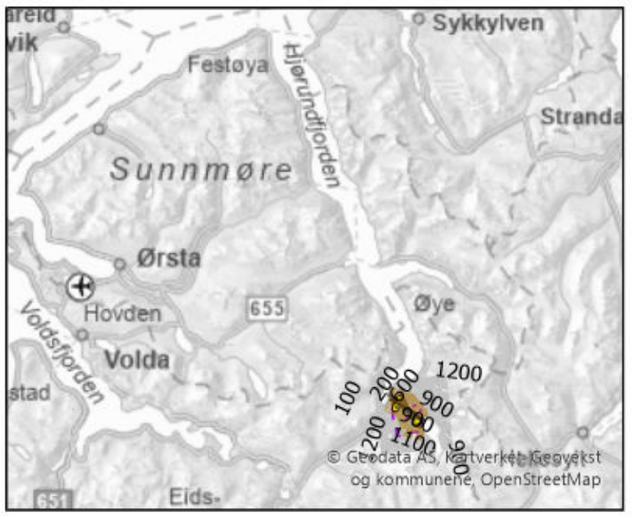
Flotane

Vassvollane

0 0,07 0,15 0,3 km

© Geodata AS, Kartverket, Geovekst og kommunene, OpenStreetMap

Karttype



- Eksisterende tunnelanlegg
- Tunnel
- Permanent ny veg
- Eksisterande kjørespor
- Eksisterande traktorveg
- Permanent, ny tunnel
- Påvirkningsområde
- Kartleggingsområde
- Løsneområde

Permanent ny veg
Eksisterande kjørespor
Eksisterande traktorveg
Permanent, ny tunnel

Antall avsatte steinblokker

- 1
- 1 - 3
- 3 - 5
- 5 - 8
- 8-15

Vedlegg 6: Simulering RAMMS Rockfall, antall avsatte steinblokker			
Prosjektnr. : 5246523		Rev: 01	
Dato: 25.11.2024	Utført: ErlAlv	Kontrollert:	Godkjent:
Format: A3	Målestokk: 1:3500	Kartprojeksjon: UTM32	
Kartet er utarbeidet for: Tussa Energi AS		Kartet er utarbeidet av: Norconsult	

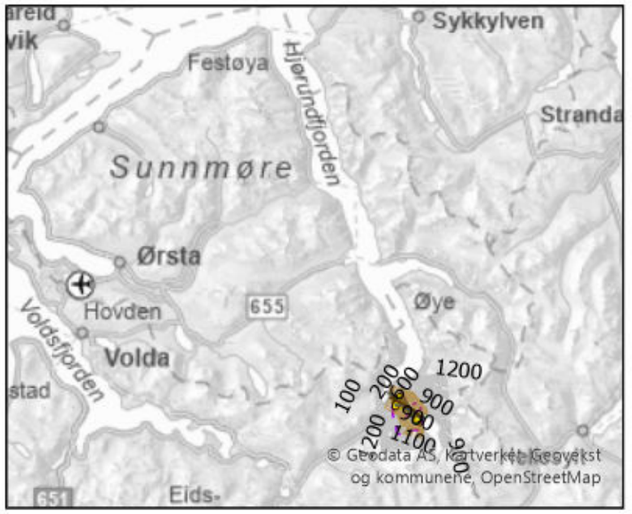
N

Erikgarden
Lessingane
Flotane
Tyssemyrane
Vassvollane

0 0,07 0,15 0,3 km

© Geodata AS, Kartverket, Geovekst og kommunene, OpenStreetMap

Karttype



- Eksisterende tunnelanlegg
- Tunnel
- Permanent ny veg — Permanent ny veg
- Eksisterande kjørespor — Eksisterande kjørespor
- Eksisterande traktorveg — Eksisterande traktorveg
- Permanent, ny tunnel — Permanent, ny tunnel
- Påvirkningsområde
- Kartleggingsområde
- Løsneområde

Kinetisk energi (kJ)

- < 200
- 200 - 500
- 500 - 1 000
- 1 000 - 2 000
- > 2000

Vedlegg 6: Simulering RAMMS Rockfall, kinetisk energi			
Prosjektnr. : 5246523		Rev: 01	
Dato: 25.11.2024	Utført: ErlAlv	Kontrollert: GroSan	Godkjent: ebuku
Format: A3	Målestokk: 1:3500	Kartprojeksjon: UTM32	
Kartet er utarbeidet for: Tussa Energi AS		Kartet er utarbeidet av: Norconsult	

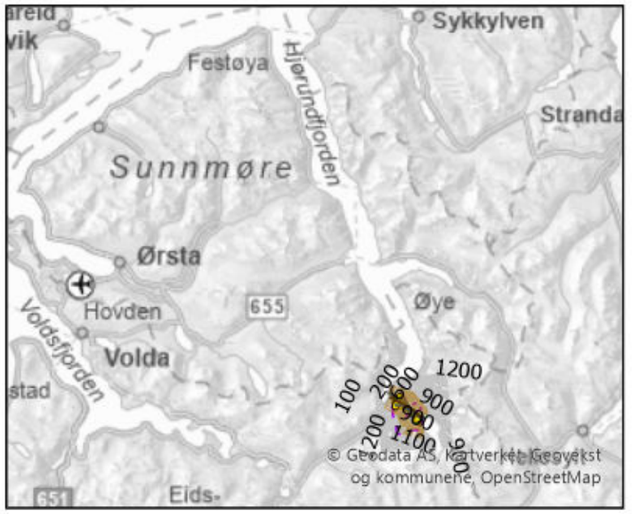
N

Erikgarden
Lessingane
Flotane
Tyssemyrane
Vassvollane

0 0,07 0,15 0,3 km

© Geodata AS, Kartverket, Geovekst og kommunene, OpenStreetMap

Karttype



- Eksisterende tunnelanlegg
- Tunnel
- Permanent ny veg
- Eksisterande kjørespor
- Eksisterande traktorveg
- Permanent, ny tunnel
- Påvirkningsområde
- Kartleggingsområde
- Løsneområde

Permanent ny veg
Eksisterande kjørespor
Eksisterande traktorveg
Permanent, ny tunnel

Spretthøyde (m)

- < 1
- 1 - 3
- 3 - 5
- 5 - 20
- > 20

Vedlegg 6: Simulering RAMMS Rockfall, spretthøyde			
Prosjektnr. : 5246523		Rev: 01	
Dato: 25.11.2024	Utført: ErlAlv	Kontrollert: GroSan	Godkjent: ebuku
Format: A3	Målestokk: 1:3500	Kartprojeksjon: UTM32	
Kartet er utarbeidet for: Tussa Energi AS		Kartet er utarbeidet av: Norconsult	

N

sedalen

Erikgarden

Lessingane

Stigrova

Røfsneset

Bjørkegardane

Tyssemyrane

Flotane

Bjørkegardane

Kviene

0 0,05 0,1 0,2 km

© Geodata AS, Kartverket, Geovekst og kommunene, OpenStreetMap

Karttype



Skredsannsynlighet ≤ 1/1000 (S2)

Skredsannsynlighet ≤ 1/100 (S1)

Dimensjonerende skredtype

- Steinsprang
- Steinskred
- Snøskred
- Sørpeskred
- Jordskred
- Flomskred

Påvirkningsområde

Kartleggingsområde

Eksisterende tunnelanlegg

Tunnel

Permanent ny veg	Permanent ny veg
Eksisterande kjørespor	Eksisterande kjørespor
Eksisterande traktorveg	Eksisterande traktorveg
Permanent, ny tunnel	Permanent, ny tunnel

Vedlegg 7: Faresoner for skred			
Prosjektnr. : 5246523		Rev: 01	
Dato: 23.04.2025	Utført: ErlAlv	Kontrollert: GroSan	Godkjent: ebuku
Format: A3	Målestokk: 1:2500	Kartprojeksjon: UTM32	
Kartet er utarbeidet for: Tussa Energi AS		Kartet er utarbeidet av: Norconsult	

Notat

Norconsult

Oppdragsgiver: Tussa Energi AS
Oppdragsnr.: 52406523 Dokumentnr.: NO-INGGEO-03

Til:	Tussa Energi AS v/ Arild Høydal
Fra:	Erlend Alvestad
Sted, dato:	Ålesund / 2026-04-27
Kopi til:	

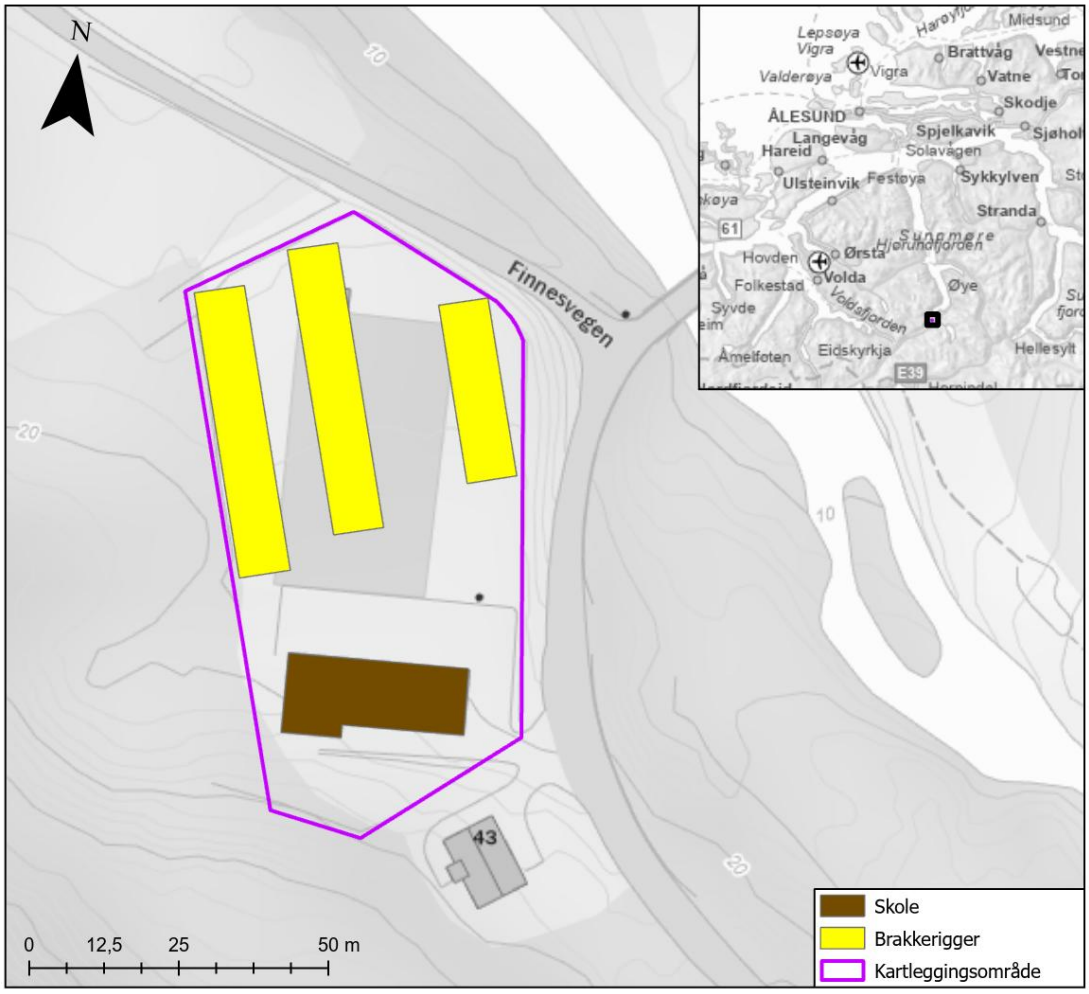
Vurdering av skredvoll for sikring av brakkerigger Nye Tussa kraftverk

1 Innledning

Norconsult Norge AS (Norconsult) er engasjert for å vurdere midlertidige sikringstiltak for brakkerigger (overnattingsbrakker og spisebrakker) i forbindelse med utbygging av Nye Tussa kraftverk (Tussa II). Brakkeriggene er i henhold til TEK 17 § 7-3 klassifisert som sikkerhetsklasse S3. Det er tidligere (i 2023) utført skredfarevurdering av området av Skred AS [1], og det er utarbeidet faresone for skred med nominell årlig sannsynlighet 1/5000 (sikkerhetsklasse S3). Siden brakkeriggene er planlagt plassert innenfor aktuell faresone er ikke sikkerhet mot skred tilstrekkelig for deler av området, da nominell årlig sannsynlighet er høyere enn 1/5000 for deler av området. Det vil derfor være behov for å bygge sikringstiltak for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet mot skred.

Foreliggende rapport gir en vurdering av sikringstiltak og skredvoll for å sikre mot skred. Notatet er ikke detaljprosjektering av skredsikringstiltak, men gir en vurdering av nødvendig høyde, lengde og utforming av skredvoll med utgangspunkt i de skredtekniske premissene. Vurderingene av vollen tar utgangspunkt i at dette er et midlertidig sikringstiltak for brakkeriggene i byggeperioden, og ikke permanent sikring av hele skoleområdet.

Figur 1 viser planlagt plassering av brakkerigger, eksisterende skolebygg og kartleggingsområdet hvor skredfaren tidligere er vurdert av Skred AS [1].



Figur 1 Planlagt plassering av brakkerigger og eksisterende skolebygg. Kartleggingsområdet er området hvor skredfaren tidligere er vurdert av Skred AS [1].

2 Grunnlag for arbeidet

2.1 Gjeldende retningslinjer og styrende dokumenter

Sikkerhetskravene som skal legges til grunn ved regulering og byggesak, er gitt i plan- og bygningsloven (PBL) §§ 28-1 og 29-5 med tilhørende byggteknisk forskrift (TEK17) §7-3 «Sikkerhet mot skred» [2].

I henhold til TEK17 skal byggverk og tilhørende uteareal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot skred slik at nominell årlig sannsynlighet ikke overskrider kravet til sikkerhetsklassen som tiltaket tilhører, se Tabell 1.

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområder [2].

Sikkerhetsklasse for skred	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
S1	Liten	1/100
S2	Middels	1/1000
S3	Stor	1/5000

Retningsgivende eksempler til bestemmelse av sikkerhetsklasse er beskrevet i TEK17. Byggverk hvor konsekvensen av et skred, herunder sekundærvirkninger av skred, er særlig stor, skal ikke plasseres i skredfarlig område.

I S1 inngår byggverk der skred vil ha liten konsekvens. Eksempel er garasjer, uthus, båtnaust, mindre brygger og lagerbygninger med lite personopphold. Enkelte mindre tilbygg, påbygg, ombygging og bruksendringer er omfattet av sikkerhetsklasse S1.

I S2 inngår byggverk der det normalt oppholder seg maksimum 25 personer, og/eller der det er middels økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser ved skredhendelser. Eksempel er boliger med maksimalt 10 boenheter, arbeids- og publikumsbygg/brakkerigg/overnattingssted der det normalt oppholder seg maksimum 25 personer, driftsbygninger i landbruket, parkeringshus og hamneanlegg.

I S3 inngår byggverk der det normalt oppholder seg mer enn 25 personer, og/eller der skred vil føre til store økonomiske og/eller samfunnsmessige konsekvenser. Eksempel er byggverk med flere boenheter og personer enn i S2, i tillegg til skoler, barnehager, sykehjem og lokale beredskapsinstitusjoner.

Planlagte brakkerigger plasseres i sikkerhetsklasse S3, da det normalt vil oppholde seg mer enn 25 personer i brakkeriggene. Selv om brakkeriggene vil være midlertidige vil det være stort personopphold i lengre tid under byggingen av kraftverket.

2.2 Utførte undersøkelser

Det ble utført befaring i området 9. april 2026. Befaringen ble utført til fots og med drone, av ingeniørgeolog Erlend Alvestad fra Norconsult. På befaringsdagen var det oppholdsvær, 13-15 °C og frisk bris/liten kuling fra sør/sørøst.

2.3 Grunnlagsmateriale

Vurderingen i foreliggende notat er basert på tilgjengelig grunnlagsdata:

- Digital høydemodell fra 2020 med 1 meter oppløsning [3].
- Tilgjengelige flybilder fra 1961 til 2025 [4].
- Berggrunnskart og kvartærgeologiske kart (løsmassekart) fra NGU [5].
- Skredhendelser NVE atlas [6].
- *Skredfarevurdering for GBnr. 235/28 og 235/29, skulen på Bjørke* [1]

2.4 Eksisterende skredfarevurdering

Skred AS har tidligere utført skredfarevurdering for området i forbindelse med ønske om omgjøring av den gamle skolen på Bjørke til leirskole [1]. Vurderingen er utført i henhold til TEK 17 § 7-3 for sikkerhetsklasse S1, S2 og S3. Skredfarevurderingen konkluderte med at den nominelle årlige sannsynligheten for skred er større enn 1/5000 for deler av kartleggingsområdet, men lavere enn 1/1000 for hele kartleggingsområdet. Det er utarbeidet faresone for nominell årlig sannsynlighet 1/5000 (Figur 2). Dimensjonerende skredtype er vurdert til steinsprang.



Figur 2 Planlagt plassering av brakkerigger, eksisterende skolebygg og utarbeidet faresone med nominell årlig sannsynlighet ≥ 1/5000. Dimensjonerende skredtype er vurdert til steinsprang. Kartleggingsområdet er området hvor skredfaren er utredet og vurdert av Skred AS [1].

3 Modellering

Som støtte til å vurdere blant annet utløpslengde, spranghøyden og den kinetiske energien til steinsprang er det valgt å utføre simuleringer av steinsprang i fjellsiden i den tredimensjonale modellen RAMMS Rockfall (RAMMS:Rockfall versjon 1.8.27).

3.1 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 utføres med eller uten skog [7].

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. Resultatene fra simuleringen avhenger i stor grad av input-parameterne, som i mange tilfeller er usikre.

3.1.1 Parametervalg og utført simulering

Det er utført steinsprangsimuleringer i RAMMS Rockfall med blokkvolum på 50 m^3, med effekten av skog. Skog vurderes å ha relativt begrenset effekt på utløp av steinsprang da skogen består av relativt tynne løvtrær og enkelte åpne partier, det er derfor simulert med åpen skog. Blokkvolumet representerer et scenario for et steinsprang med nominell årlig sannsynlighet 1/5000, det vil si svært sjeldne steinsprang med gjentaksintervall på 5000 år. Det er observert større blokker inntil ca. 100-130 m^3 (Figur 3), men det antas at en del blokker med høyere energi og hastighet vil deles opp i noe mindre fragmenter enn dette. Det er valgt en representativ blokkform med en noe rektangulær og kantete blokkform som gjenspeiler observerte avsatte steinsprangblokker og oppsprekkingen i bergskrentene/berghammerne. Tabell 2 gir en oppsummering av valgte input-parametere.

Tabell 2 Input-parameter til steinsprangsimuleringen i RAMMS Rockfall.

Inputdata:	Verdi:	Merknad:
Oppløsning, terrengmodell	2 m	
Terrengparameter	- Bratte områder med lite løsmasser: Subsoil (Unterboden) - Mykere områder med løsmasser: Surface soil (Oberboden) - Steinsprangur: Boulder Field (Blockfeld)	- Subsoil: ME 4.00, Cd: 1.80 - Surface soil: ME 3.0, Cd: 1,55 - Talus Blocs (Blockshutt): ME 20.00, Cd 3.50.
Skog	Åpen	200 trær/ha
Blokkform	Real_Long_2.0	Noe rektangulær og kantete
Blokkvolum	50 m^3	
Bergartsenhet	2700 kg/m^3	
Antall simuleringer	1000	



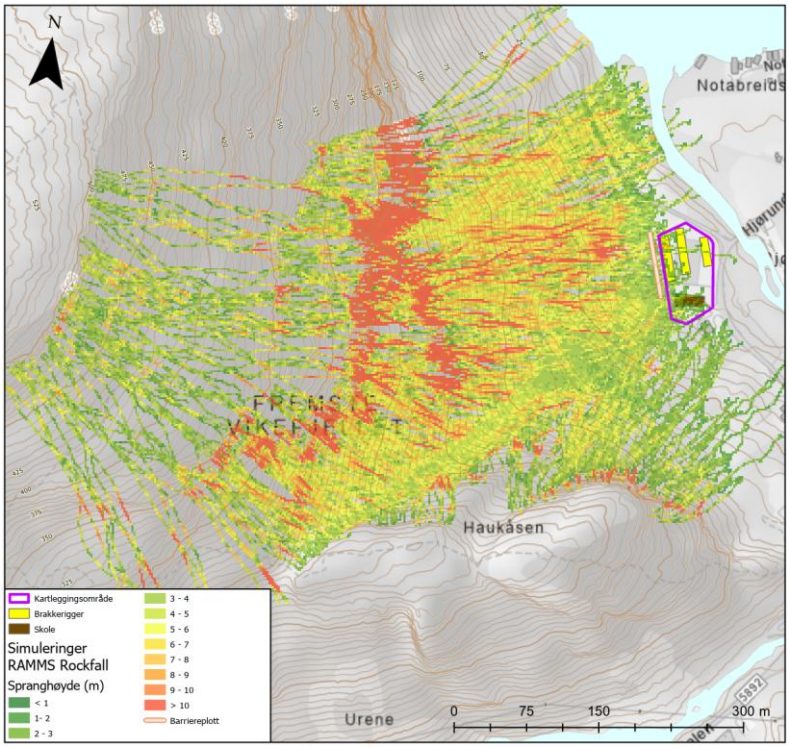
Figur 3 Eksempel på observert steinblokk med estimert volum på ca. 100 m³ med noe rektangulær og kantete blokkform. Blokken stoppet lenger opp i fjellsiden. Blokker med større energi og hastighet vurderes å deles opp i noe mindre fragmenter. De fleste observerte steinsprangavsetningene er mindre enn denne. Tommestokken på bildet 1 m.

3.1.2 Resultater fra simuleringene

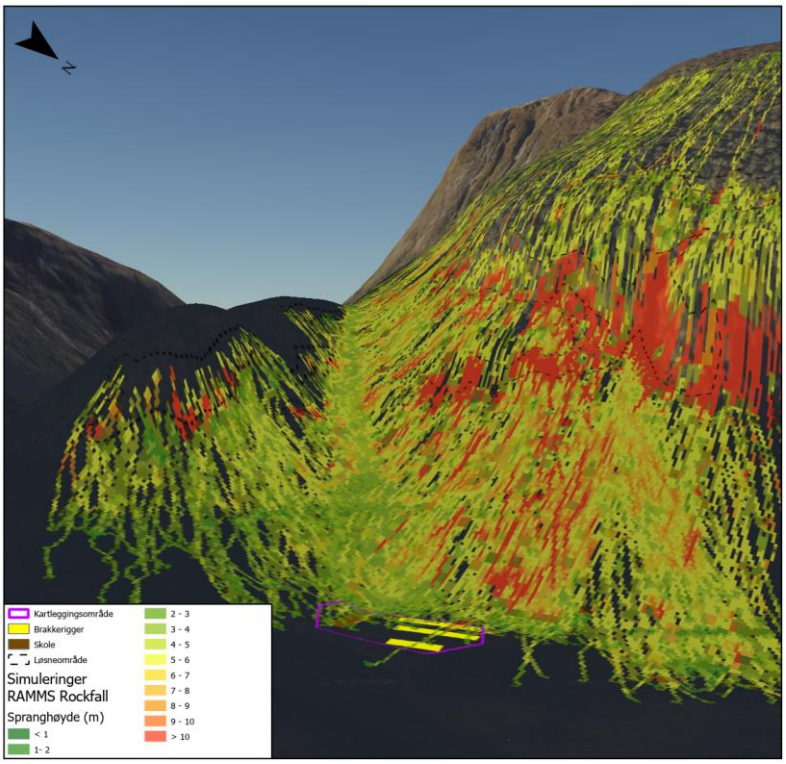
Resultatene fra simuleringen (Figur 4 og Figur 5) og statistikk fra barriereplottet (Tabell 3 og Figur 6) viser at sjeldne steinsprang med blokkvolum på 50 m³ vil treffe brakkeriggene med betydelige spranghøyder og energier. Gjennomsnittlig spranghøyde ved barriereplottet vil være 2,5 m med en 95 % persentil på 4 m. Resultatene viser relativt lik fordeling av spranghøyder langs barriereplottet.

Resultatene viser at kun svært sjeldne steinsprang vil treffe kartleggingsområdet, og at de aller fleste steinsprangene vil stoppe før de treffer brakkeriggene eller gå på sør- eller nordsiden av brakkeriggene.

Resultatene samstemmer greit med utarbeidet faresone for 1/5000 og observerte avsetninger fra steinsprang i området.



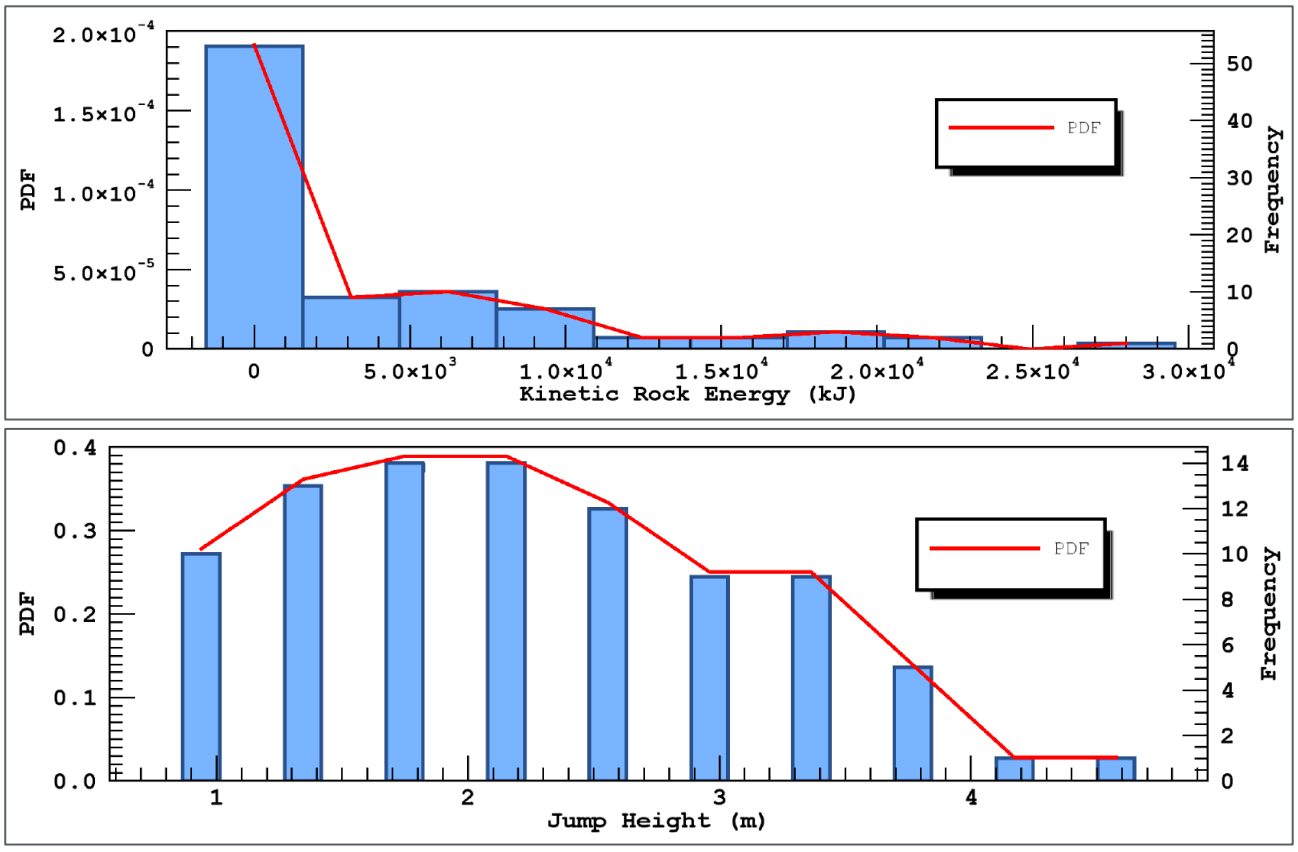
Figur 4 Resultat fra simuleringene i RAMMS Rockfall som viser spranghøyde (m).



Figur 5 Resultat fra simuleringene i RAMMS Rockfall i tredimensjonalt ortofoto, sett mot vest/sørvest.

Tabell 3 Statistikk for spranghøyde og kinetisk energi som er tatt ut fra barriereplottet. Totalt er det 415 av 1000 simulerte steinsprang som treffer barriereplottet. Barriereplottet er en linje hvor statistikk fra steinsprang kan tas ut (spranghøyde, kinetisk energi og hastighet), og vises i Figur 4.

	Spranghøyde:	Kinetisk energi:
Maksimalverdi	10 m	28 013 kN
Gjennomsnittsverdi	2,5 m	4 845 kN
90 % persentil	3,6 m	12 819 kN
95 % persentil	4 m	19 981 kN



Figur 6 Histogram som viser fordelingen av sannsynligheten (PDF – «Probability Density Function») til og antallet («frequency») steinblokker for ulike kinetiske energier og spranghøyder.

4 Vurdering av sikringstiltak

4.1 Anbefalt sikringstiltak

For å sikre brakkeriggene mot skred vil normalt to ulike sikringsprinsipper være aktuelle:

- Sikring i løsneområdene
- Sikring i utløpsområdet

Sikring i løsneområdene vil innebære å hindre utløsning av steinsprang (og snøskred), og vil innebære fjellsikring i bergskrenter/berghammere og eventuelt sikringstiltak som hindrer at snøskred løsner. På grunn av det store omfanget av løsneområder for steinsprang og at området også er noe utsatt for snøskred vurderes ikke sikring i løsneområdene som hensiktsmessig i dette tilfellet, da omfanget og kostnadene vil bli svært store.

Sikring i utløpsområdene vil innebære å stoppe skred i nedre deler eller i foten av fjellsiden. Resultatene fra simuleringene viser at sjeldne steinsprang med større blokkvolum vil ha såpass store energier at fanggjerde ikke vil være aktuelt sikringstiltak. Fanggjerde for steinsprang er heller ikke egnet for sikring mot snøskred. Dette gjør at fanggjerde vurderes som ikke aktuelt sikringstiltak.

Skredvoll mellom foten av fjellsiden og brakkeriggene vurderes som mest hensiktsmessig, og anbefales som sikringstiltak i dette tilfellet. Området vest for brakkeriggene består av et større flatt område, med god plass til skredvoll. Fangvoll vurderes som mest hensiktsmessig, det vil si en voll som stopper skred heller enn å lede det ut på sidene og mot tredjepart (som ledevoll). Dimensjonerende skredtype i området vurderes som steinsprang. Dersom en skredvoll dimensjoneres for steinsprang, vil den også sikre tilstrekkelig mot snøskred.

4.2 Plassering, dimensjonering og utforming av fangvoll

4.2.1 Nødvendig høyde av fangvoll

For vurdering av nødvendig høyde av fangvoll er det tatt utgangspunkt i resultatene fra simuleringen i RAMMS Rockfall (omtalt i kapittel 3) og et dimensjoneringsgrunnlag på 95 % persentil. 95 % persentil for spranghøyde vil si at de mest ekstreme spranghøydene i simuleringen ses bort ifra, det vil si de 5 % høyeste spranghøydene og at 95 % av verdiene legges til grunn for en «øvre verdi».

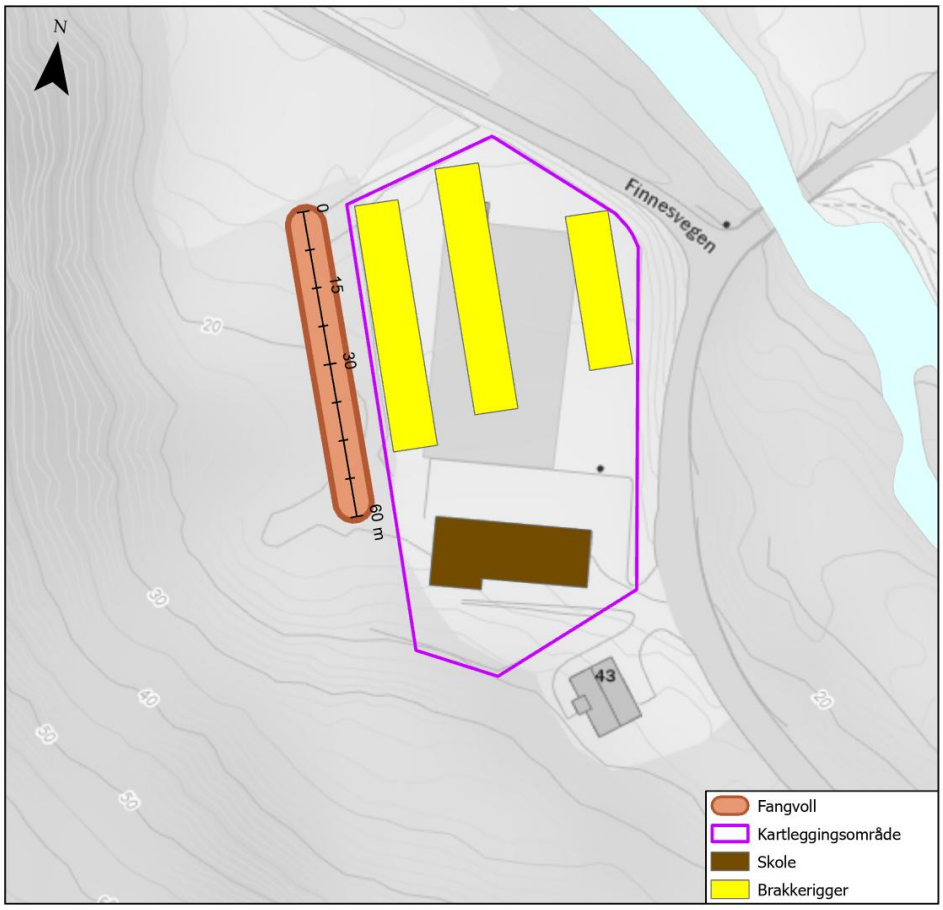
I henhold til resultatene fra simuleringen viser statistikk fra barriereplottet (Tabell 3) en spranghøyde med 95 % persentil på 4 m.

Det anbefales at vollen har en høyde på minimum 4 m.

4.2.2 Plassering og nødvendig lengde av fangvoll

En fangvoll bør plasseres så nært brakkeriggene og så langt unna foten av fjellsiden som mulig. Spranghøyde og energien fra steinsprang vil være lavest lengst bort fra fjellsiden, noe som vil redusere nødvendig vollhøyde. Området mellom foten av fjellsiden og brakkeriggene er helt flatt, og det er i dette området derfor god plass til en voll.

Det anbefales at vollen plasseres som vist i Figur 7, Figur 8 og Figur 9 og at vollen har full høyde (minimum 4 m) med en lengde på minimum 60 m, det vil si full sikringseffekt med en lengde på minimum 60 m. Overganger på begge sider (nord og sør) kommer i tillegg.



Figur 7 Anbefalt plassering av en fangvoll med høyde på minimum 4 m, med full høyde på minimum 60 m.



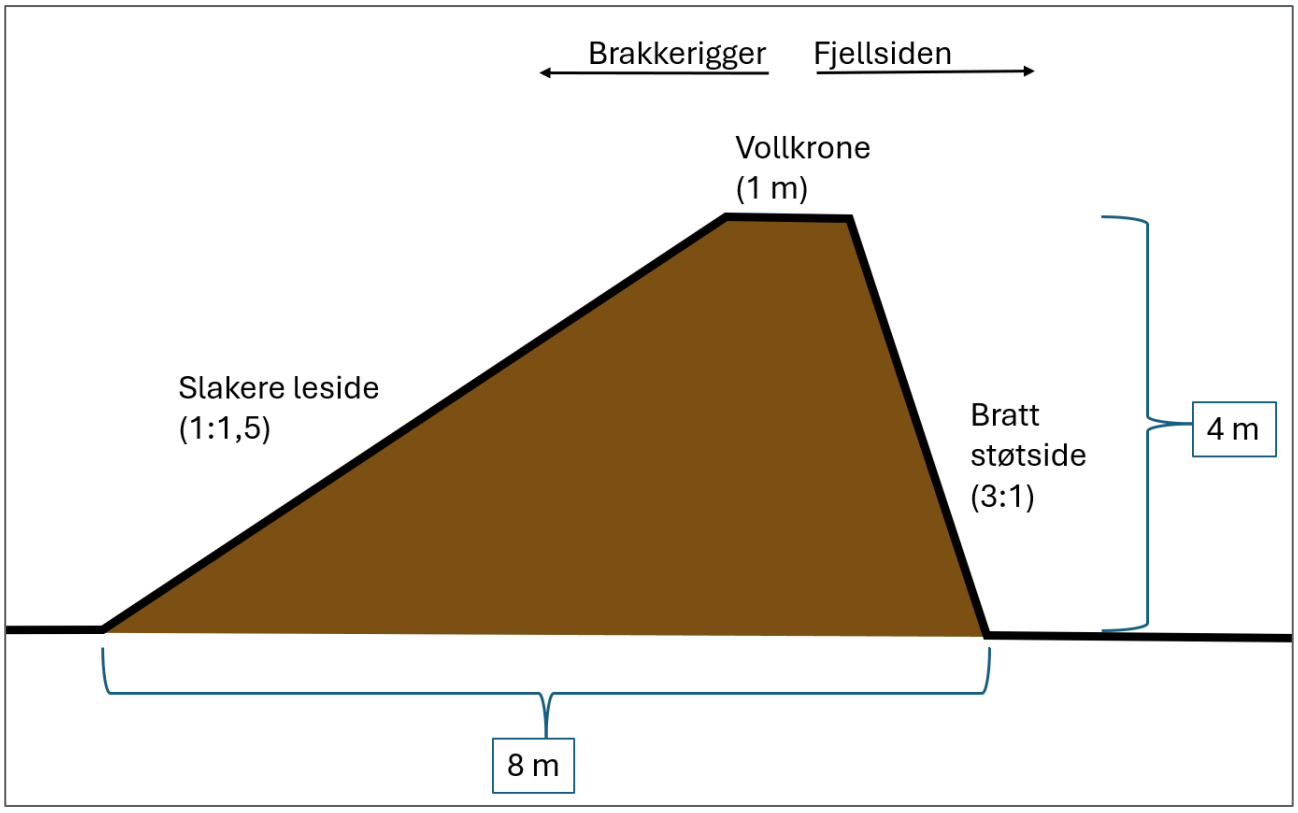
Figur 8 Anbefalt plassering av fangvoll, vist med oransje linje. Blå stiplet linje viser bekkeløp som ledes videre under området i stikkrenne, og hvor håndtering av vannet må ivaretas.



Figur 9 Anbefalt plassering av fangvoll, vist med oransje sirkel.

4.2.3 Anbefalt utforming av fangvoll

Det anbefales at en fangvoll med en høyde på minimum 4 m bygges med en bratt støtside (den siden som vender opp mot fjellsiden, på skredsiden av vollen) med en helning på ca. 3:1. Bratt støtside anbefales for å unngå at steinblokker ruller eller spretter over vollen, og øker dermed fangkapasiteten til vollen. En bratt støtside vil også hindre oppstuving av snøskred som gjør at snøskred lettere går over vollen. Med en slakere støtside vil fangkapasiteten bli dårligere, og det bør vurderes en noe høyere voll. Lesiden (den siden som vender bort fra fjellsiden) kan ha betydelig slakere helning. Figur 10 viser tverrsnitt av anbefalt utforming av fangvoll med høyde på 4 m, støtside med helning på 3:1 og leside med helning på 1:1,5. Bredden på en voll som dette blir ca. 8 m. Figur 11 viser eksempel på en fangvoll med bratt støtside for sikring mot steinsprang.



Figur 10 Tverrsnitt av anbefalt utforming av fangvoll for sikring mot steinsprang.



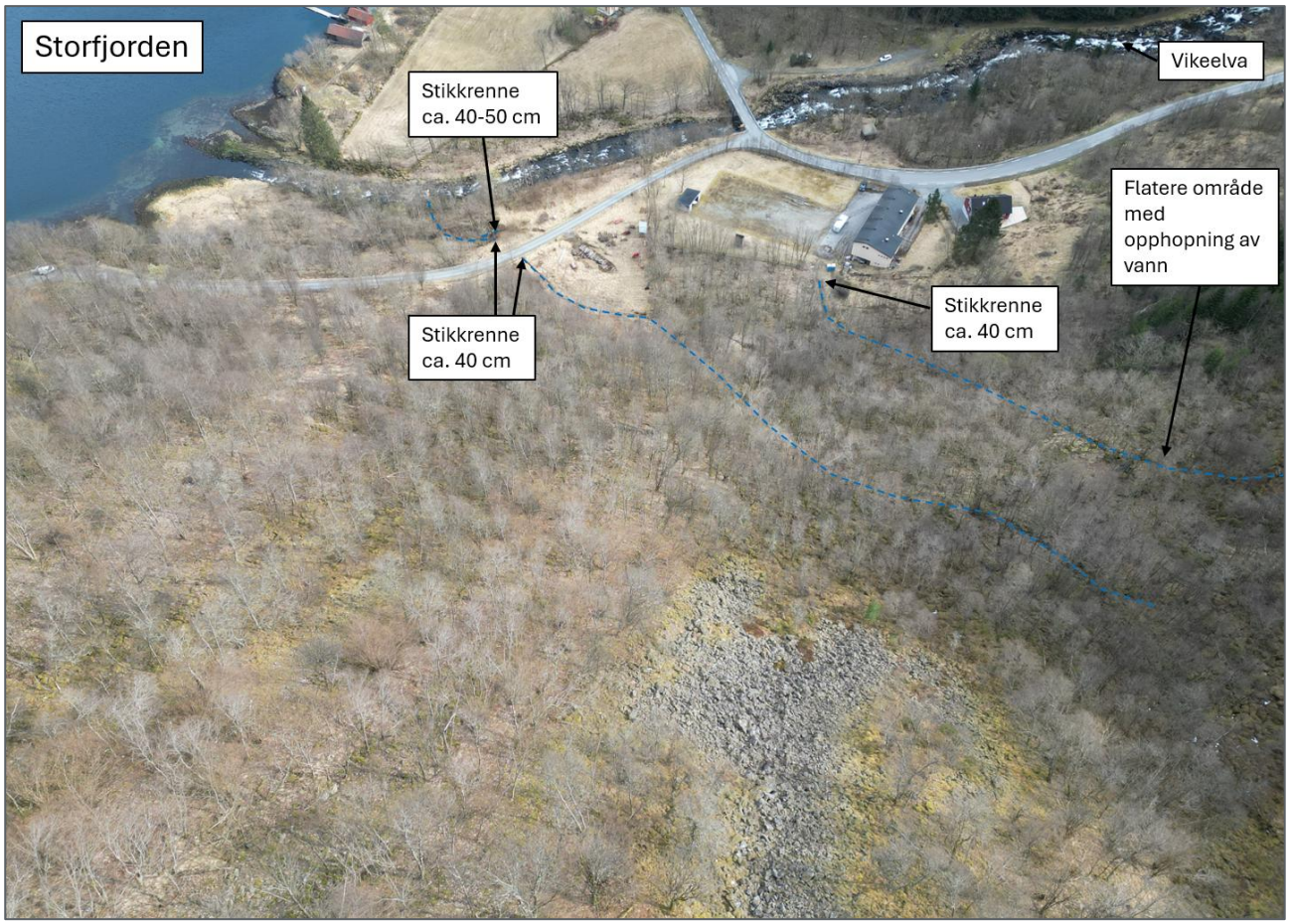
Figur 11 Eksempel på fangvoll for sikring mot steinsprang med bratt støtside fra Lom kommune [8]. I dette tilfellet er bratt støtside etablert ved hjelp av gabionmur på støtsiden. Lesiden er betydelig slakere.

4.2.4 Anleggstekniske vurderinger

Det vil være god tilgang til steinmasser til å bygge vollen i forbindelse med tunneldrivingen av det nye kraftverket. Sprengstein kan benyttes som fyllmasser. For å oppnå en bratt støtside med helning på ca. 3:1 vil det trolig bli behov for en tørrmur (med rektangulære blokker), eventuelt gabionmur. Med en fangvoll som beskrevet i dette notatet vil det bli et estimert behov på ca. 1200-1500 m^3 anbrakte masser.

Tilkomsten til og fra området hvor vollen anbefales etablert vurderes som god, da området er relativt flatt og det er enkelt å anlegge midlertidige anleggsveger på begge sider av vollen.

Det er observert to vannveier/bekkeløp, hvor det ene renner nord for området og det andre inn i ei stikkrenne under området (Figur 12). Det vil være viktig at håndteringen av vann i bekkeløpene ivaretas da anbefalt vollplassering vil krysse over bekkeløpet lengst sør. Det kan for eksempel etableres stikkrenne under vollen for videreføring av bekkeløpet forbi vollen.



Figur 12 Observerte vannveier, stikkrenner og flatere område med opphopning av vann som må hensyntas ved bygging av fangvoll. Bilde tatt med drone mot øst.

5 Videre arbeid

For videre arbeid og eventuelt detaljprosjektering av en skredvoll anbefales det at det utføres geotekniske vurderinger av blant annet grunnforhold i området og vollens oppbygging og stabilitet av skråninger på støtside og leside. I tillegg kan det bli behov for å tegne prinsippsnitt og plantegning av fangvollen i forhold til omkringliggende terreng.

Plassering av vollen i dette notatet tar kun høyde for skredtekniske forhold, og ikke estetiske og landskapsmessige forhold. En skredvoll som dette vil utgjøre et markant inngrep i terrenget og være synlig fra omgivelsene rundt. Tiltak for å begrense inngrepet kan være aktuelt, men vollen planlegges i utgangspunktet som et midlertidig tiltak. Endelig plassering og utforming kan justeres noe, men det må sikres at de skredtekniske forholdene ivaretas.

Som nevnt i kapittel 4.2.4 vil det være viktig at håndtering av overvann/bekkeløp vurderes, da skredvoller kan forandre den naturlige avrenningen i området. Eksisterende bekkeløp må ledes forbi vollen på en forsvarlig måte, for eksempel ved å etablere stikkrenne under vollen eller lede bekkeløpet rundt.

Det vil trolig ikke bli noe særlig behov for drift- og vedlikeholdstiltak, da vollen vil være midlertidig og det kun er sannsynlig med svært sjeldne skredhendelser.

Det presiseres at foreliggende notat beskriver sikringstiltak for midlertidig sikring av brakkeriggene, og ikke permanent sikring av hele skoleområdet. Sikring av hele skoleområdet vil medføre at vollen må forlenges vesentlig mot sør med en sving mot sørøst/øst. Ut fra simuleringene vil det imidlertid ikke være behov for en høyere voll i dette området.

6 Restrisiko

Simulering av steinsprang vil alltid ha noen usikkerhetsmomenter. En simulering vil alltid kun være en teoretisk tilnærming som kan avvike noe fra en reell situasjon på stedet. Resultatene vil i stor grad avhenge av input-parameterne, og usikre input-parametere kan gi usikre resultater. Parameterne som gir størst utslag for simuleringene i dette tilfellet vil være materialparameterne og blokkform. Både materialparametere og blokkform er satt ut fra observasjoner fra befaringen, og det er gjort sensitivitetsanalyse for å få simuleringsresultatene til å stemme overens med observerte avsetninger fra steinsprang i området. I tillegg er det gjort sammenligning med resultatene fra skredfarevurderingen utført av Skred AS [1]. Parameteren det er knyttet størst usikkerhet til er materialparameterne, noe som gjør at det er noe usikkerhet til resultatene. Erfaringer har vist at spranghøyder i RAMMS RockFall i noen tilfeller kan gi noe større spranghøyder for harde underlag enn det som er reelt.

I området er det det ingen kjente skredhendelser som kan gi kalibrering av input-parameterne for simuleringene, kun en gammel hendelse med usikker lokalitet og utbredelse. Kalibreringer i dette tilfellet er gjort ut fra observerte avsetninger fra steinsprang. Det er imidlertid sannsynlig at mange av avsetningene fra steinsprang har blitt fjernet, enten på grunn av landbruk før skolen ble bygd eller i forbindelse med bygging av skolen.

7 Referanser

[1] Skred AS, «Skredfarevurdering for GBnr 235/28 og 235/29, skulen på Bjørke,» 2023.

[2] «Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift) - TEK17,» 2017. [Internett]. Available: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840.

[3] Kartverket, «Høydedata,» [Internett]. Available: https://hoydedata.no/LaserInnsyn2/.

[4] Statens kartverk, «Norge i Bilder,» [Internett]. Available: https://norgeibilder.no/.

[5] NGU, «Kart på nett,» [Internett]. Available: https://www.ngu.no/emne/kart-pa-nett.

[6] NVE, «NVE Atlas,» [Internett]. Available: https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#.

[7] «RAMMS::Rockfall,» SLF, [Internett]. Available: https://ramms.ch/ramms-rockfall/.

[8] NVE, «Sikringshåndboka skred i bratt terreng,» [Internett]. Available: https://veiledere.nve.no/sikringshandboka/skred-i-bratt-terreng/.

Revisjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent
J01	2026-04-27	For bruk	ErlAlv	JohSel	OeyRoe

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

52406523

Skredfarevurdering parkeringsplass riggområde

Nye Tussa kraftverk (Tussa II)

Tussa Energi AS

Rapport: RA-INGGEO-08, J01



Norconsult

Norconsult

Dokumentinformasjon

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

Tittel:	Skredfarevurdering parkeringsplass riggområde
Undertittel:	Nye Tussa kraftverk (Tussa II)
Omslagsbilde:	Foto, Erlend Alvestad
Oppdrag:	52406523
Dokumentnummer:	RA-INGGEO-08
Revisjon:	J01
Dato:	2026-04-20
Oppdragsgiver:	Tussa Energi AS
Oppdragsgivers kontaktperson:	Arild Høydal
Hovedforfatter:	Erlend Alvestad
Medforfattere:	Katrine Mo

Sammendrag

Norconsult har utført skredfarevurdering av et areal på Gbnr. 235/3 i Bjørke (i Volda kommune) som skal benyttes som midlertidig parkeringsplass i tilknytning til brakkerigger i forbindelse med bygging av Nye Tussa kraftverk (Tussa II).

Skredfarevurderingen tar utgangspunkt i NVEs veileder for skredfarekartlegging i bratt terreng, og legger til grunn krav til sikkerhet mot skred definert i Byggteknisk forskrift (TEK17 §7-3). Skredfarevurderingen utføres for sikkerhetsklasse S1, med største tillatte nominelle årlige sannsynlighet for skred på 1/1000.

Norconsult vurderer at deler av kartleggingsområdet ikke har tilstrekkelig sikkerhet mot skred for sikkerhetsklasse S1 da årlig nominell sannsynlighet vurderes å være større enn 1/100.

Det er utarbeidet faresoner for skred i kartleggingsområdet for sikkerhetsklasse S1, med største nominelle årlige sannsynlighet for skred på 1/100. Dimensjonerende skredtype for faresonen vurderes å være steinsprang.

Forord

Plan- og bygningsloven (pbl) og Byggteknisk forskrift (TEK 17, kap 7.3) [1] stiller krav til sikkerhet mot naturfare. For reguleringsplan og byggesak/-tiltak, søknadspliktig eller ikke, må det derfor dokumenteres at tilstrekkelig sikkerhet mot skredfare vil bli oppnådd i henhold til disse sikkerhetskravene.

Denne utredningen er utført av fagkyndig personell og følger NVEs veileder Sikkerhet mot skred i bratt terreng - Kartlegging av skredfare i reguleringsplan og byggesak [2], og vil dermed kunne dokumentere om sikkerhetskravene er oppfylt.

Skredtypene snø-, jord-, flom-, sørpe-, steinskred og steinsprang utredes.

Norconsult

Om oppdraget

Oppdragsgiver:	Tussa Energi AS			
Utførende foretak:	Norconsult Norge AS			
Skredfareutredning for:				
☐ Reguleringsplan, området spesifisert i kartutsnitt/vedlegg				
☐ Hele området for eiendom med gårdsnummer …… og bruksnummer ……				
☑ Del/deler av eiendommen med gårdsnummer 235 og bruksnummer 3 spesifisert i kartutsnitt/vedlegg				
Følgende tiltak og sikkerhetsklasse er planlagt på eiendommen/planområdet:				
Tiltak:				
Sikkerhetsklasse:	☑ S1	☐ S2	☐ S3	☐ S4
Befaring er gjennomført, eventuelt hvorfor ikke:				
☑Ja				
☐ Nei, hvorfor ikke:				
Befaring gjennomført:				
Av:	Erlend Alvestad	Når:	9. april 2026	

Norconsult

Innhold

Sammendrag **2**

Forord **3**

Om oppdraget **4**

1 Innledning **7**

1.1 Bakgrunn og hensikt 7

1.2 Utførte undersøkelser 7

1.3 Gjeldene retningslinjer og styrende dokumenter 8

1.4 Restrisiko for skred 9

1.5 Forutsetninger for skredfarevurderingen 9

1.6 Grunnlagsmateriale 9

2 Områdebeskrivelse **10**

2.1 Topografi og helning 10

2.2 Vannveier 12

2.3 Skog 13

2.4 Berggrunn og løsmasser 15

2.5 Aktsomhetskart 15

2.6 Skredhistorikk 16

2.7 Eksisterende skredfarevurderinger 16

2.8 Klima 17

3 Modellering **20**

3.1 Simulering av steinsprang i RAMMS Rockfall 20

3.1.1 Parametervalg og utført simulering 20

3.1.2 Resultater fra simuleringene 21

4 Skredfarevurdering **23**

4.1 Steinsprang 25

4.2 Steinskred 25

4.3 Jordskred 26

4.4 Flomskred 26

4.5 Snøskred 26

4.6 Sørpeskred 27
4.7 Samlet skredfare 27
5 Faresone for skred 28
5.1 Stedsspesifikk usikkerhet 28
6 Vurdering av sikringstiltak 29
7 Referanser 30
Revisjon 31
Vedlegg 1: Bilder fra befaringen
Vedlegg 2: Skredtyper
Vedlegg 3: Egenerklæringsskjema
Vedlegg 4: Faresone for skred

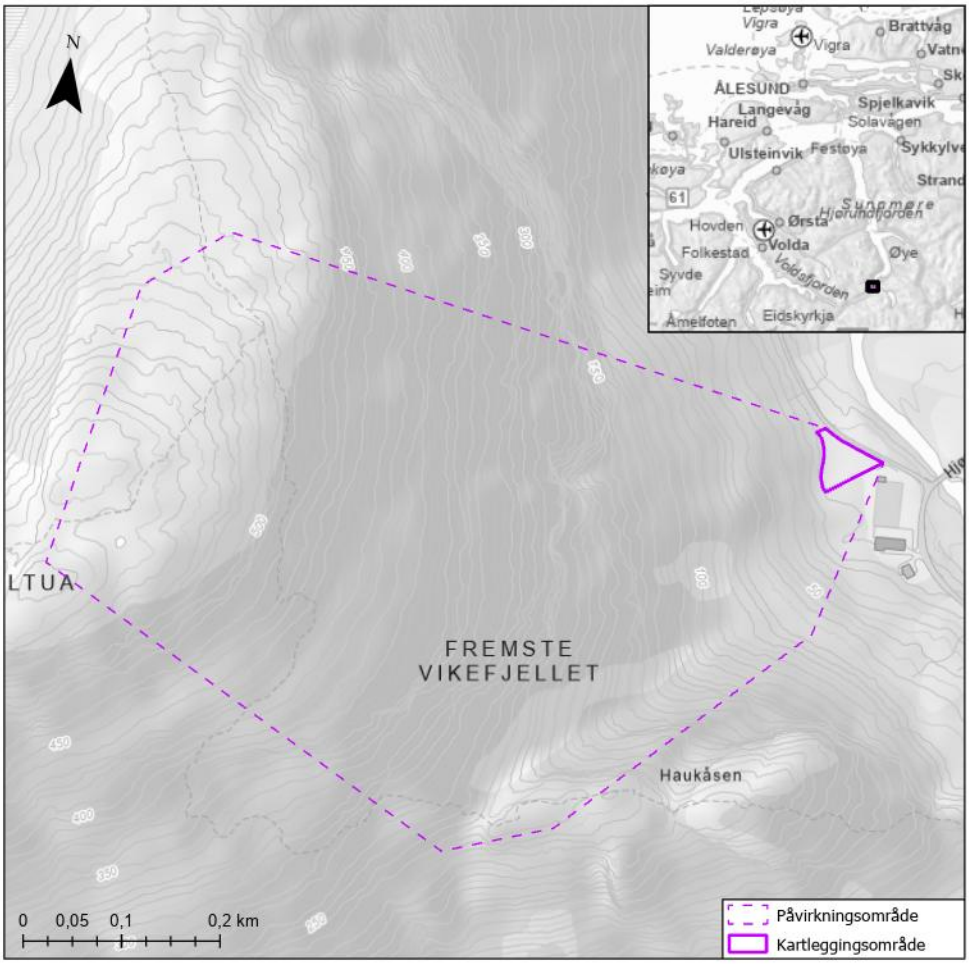
1 Innledning

1.1 Bakgrunn og hensikt

Norconsult Norge AS (Norconsult) er engasjert av Tussa Energi AS i forbindelse med behov for skredfarevurdering for et areal på Gbnr. 235/3 i Bjørke (i Volda kommune) som skal benyttes som midlertidig parkeringsplass i tilknytning til brakkerigger i forbindelse med bygging av Nye Tussa kraftverk (Tussa II). Hele området ligger innenfor aktsomhetssone for snøskred, steinsprang og jord- og flomskred.

Tiltaket er klassifisert som sikkerhetsklasse S1 iht. TEK17 §7-3, der største nominelle årlige sannsynlighet for skred skal være mindre enn 1/100.

Kartleggingsområdet og påvirkningsområdet er angitt på Figur 1. Kartleggingsområdet er området hvor tiltaket skal etableres og den reelle skredfaren skal avklares. Påvirkningsområdet er områder som har betydning for utløsning av skred og omfatter også kartleggingsområdet.



Figur 1: Oversikt over kartleggings- og påvirkningsområdet.

1.2 Utførte undersøkelser

Befaring ble utført i området 9. april 2026 av ingeniørgeolog Erlend Alvestad fra Norconsult. Befaring ble utført til fots og med drone. På befaringsdagen var det oppholdsvær og ca. 14-15 °C.

1.3 Gjeldene retningslinjer og styrende dokumenter

Sikkerhetskravene som skal legges til grunn ved regulering og byggesak, er gitt i plan- og bygningsloven (PBL) §§ 28-1 og 29-5 med tilhørende byggteknisk forskrift (TEK17) §7-3 «Sikkerhet mot skred» [1].

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) sine retningslinjer «Flom- og skredfare i arealplaner» [2] beskriver hvordan skredfare bør utredes og innarbeides i arealplaner og hvordan aktsomhetskart og faresonekart kan brukes til å identifisere skredfareområder. Til retningslinjene er NVEs veileder (versjonsdato 12.11.2020) «Sikkerhet mot skred i bratt terreng. Utredning av skredfare i reguleringsplan og byggesak» tilknyttet, som gir anbefalinger til hvordan skredfare bør vurderes og kartlegges i bratt terreng på ulike plannivå etter PBL [3].

I henhold til TEK17 skal byggverk og tilhørende uteareal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot skred slik at nominell årlig sannsynlighet ikke overskrider kravet til sikkerhetsklassen som tiltaket tilhører, se Tabell 1.

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområder [1].

Sikkerhetsklasse for skred	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
S1	Liten	1/100
S2	Middels	1/1000
S3	Stor	1/5000

Retningsgivende eksempler til bestemmelse av sikkerhetsklasse er beskrevet i TEK17. Byggverk hvor konsekvensen av et skred, herunder sekundærvirkninger av skred, er særlig stor, skal ikke plasseres i skredfarlig område.

I S1 inngår byggverk der skred vil ha liten konsekvens. Eksempel er garasjer, uthus, båtnaust, mindre brygger og lagerbygninger med lite personopphold. Enkelte mindre tilbygg, påbygg, ombygging og bruksendringer er omfattet av sikkerhetsklasse S1.

I S2 inngår byggverk der det normalt oppholder seg maksimum 25 personer, og/eller der det er middels økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser ved skredhendelser. Eksempel er boliger med maksimalt 10 boenheter, arbeids- og publikumsbygg/brakkerigg/overnattingssted der det normalt oppholder seg maksimum 25 personer, driftsbygninger i landbruket, parkeringshus og hamneanlegg.

I S3 inngår byggverk der det normalt oppholder seg mer enn 25 personer, og/eller der skred vil føre til store økonomiske og/eller samfunnsmessige konsekvenser. Eksempel er byggverk med flere boenheter og personer enn i S2, i tillegg til skoler, barnehager, sykehjem og lokale beredskapsinstitusjoner.

TEK17 gir ingen direkte veiledning i hvilken sikkerhetsklasse parkeringsplasser skal plasseres i, og må derfor vurderes konkret i hvert enkelt tilfelle. Vurdert parkeringsplass plasseres i sikkerhetsklasse S1, da personoppholdet vil være begrenset og kortvarig. Parkeringsplassen vil kun benyttes i anleggsperioden, og tiltaket anses dermed som midlertidig (kun noen får år). I tillegg er det små økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser ved tiltaket.

1.4 Restrisiko for skred

Plan og bygningsloven med tilhørende byggteknisk forskrift TEK17 [1] definerer hvor stor risiko (nominell årlig sannsynlighet) for skred som kan aksepteres, og dette er gjenspeilet i de ulike sikkerhetsklassene for skred. Kravene i forskriften er formulert ut ifra at desto større konsekvensen av skred kan være, desto lavere nominell årlig sannsynlighet for skred kan aksepteres.

Nominell årlig sannsynlighet er per definisjon i TEK17 vurdert ut ifra en enhetsbredde definert av en tomtebredde angitt til 30 meter. Regelverkets krav til største nominelle årlige sannsynlighet for skred medfører at maksimale utløpslengder for skred vil være lenger enn fastsatte farsonegrenser. Ut ifra gjeldende regelverk vil det derfor være en restrisiko for skred utover faresonegrensene.

1.5 Forutsetninger for skredfarevurderingen

Denne skredfarevurderingen tar utgangspunkt i terreng-, klima- og vegetasjonsforholdene som er aktuelle på utredningstidspunktet. Skredfarevurderingen benytter metodikk, kunnskap og verktøy som da er tilgjengelig.

Skredfarevurderingen omhandler vurdering av sikkerhet mot skred i bratt naturlig terreng etter TEK17 §7-3 [1] og NVE veileder [3] og generell beskrivelse av aktuelle skredtyper er gitt i vedlegg 2. Kartleggingen omfatter ikke vurdering av:

- Fyllinger, skjæringer (løsmasse og berg), murer eller andre antropogene element (menneskeskapte) som kan medføre fare.
- Kvikkleireskredfare eller sikringstiltak mot dette.
- Mekaniske motstandsevne og stabilitet for byggverk i kartleggingsområdet (TEK17 §10 [1]).

Ifølge veileder [3] kan det være behov for ny skredfarevurdering om forutsetningene endres. Eksempler på endret forutsetninger som kan utløse behov for ny vurdering er blant annet nye skredhendelser, nye opplysninger om tidligere skredhendelser som ikke var nevnt, endret terrengforhold (eks. sikringstiltak, terrenginngrep), endret vegetasjonsforhold (eks. flatehogst), endret hydrologiske forhold (eks. grøfter, skogveier), eller funn av tydelige feil og mangler i tidligere skredfarevurdering og ny metodikk tilgjengelig.

1.6 Grunnlagsmateriale

Skredfarevurderingen er basert på tilgjengelig grunnlagsdata:

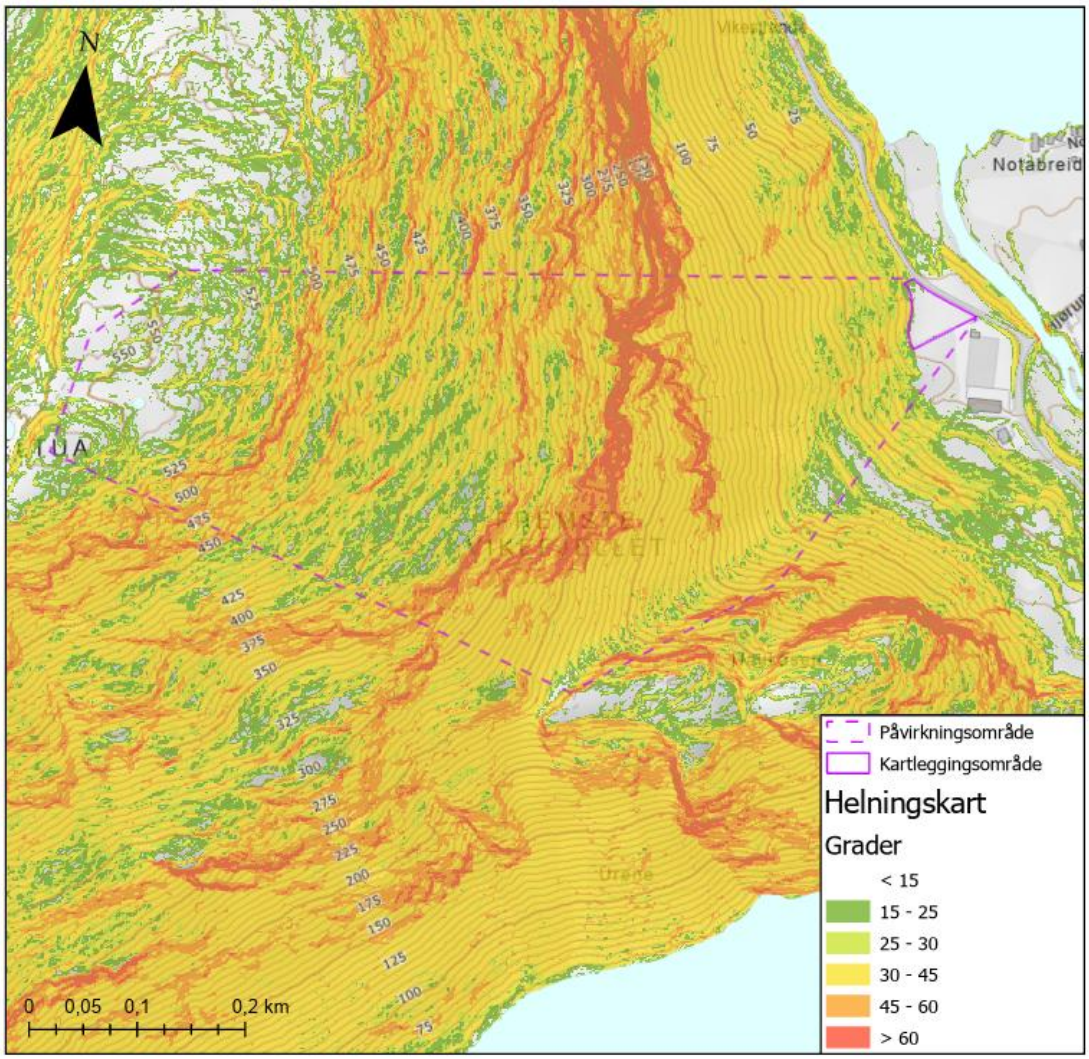
- Høydemodell fra 2020 med 1 meter oppløsning [4].
- Tilgjengelige flybilder fra 1961 til 2025 [5].
- Berggrunnskart og kvartærgeologiske kart (løsmassekart) fra NGU [6].
- Faresoner for skred i bratt terreng og fjellskred, skredhendelser og aktsomhetskart for steinsprang, jord- og flomskred og snøskred fra NVE atlas [7].
- Skogsdata og markfuktighetskart fra NIBIO [8].
- Historiske klimadata hentet fra AV-klima [9].
- Deformasjonsmålinger basert på satelittmålinger hentet fra karttjenesten INSAR [6].
- NGUs nasjonale database for ustabile fjellpartier [6].

2 Områdebeskrivelse

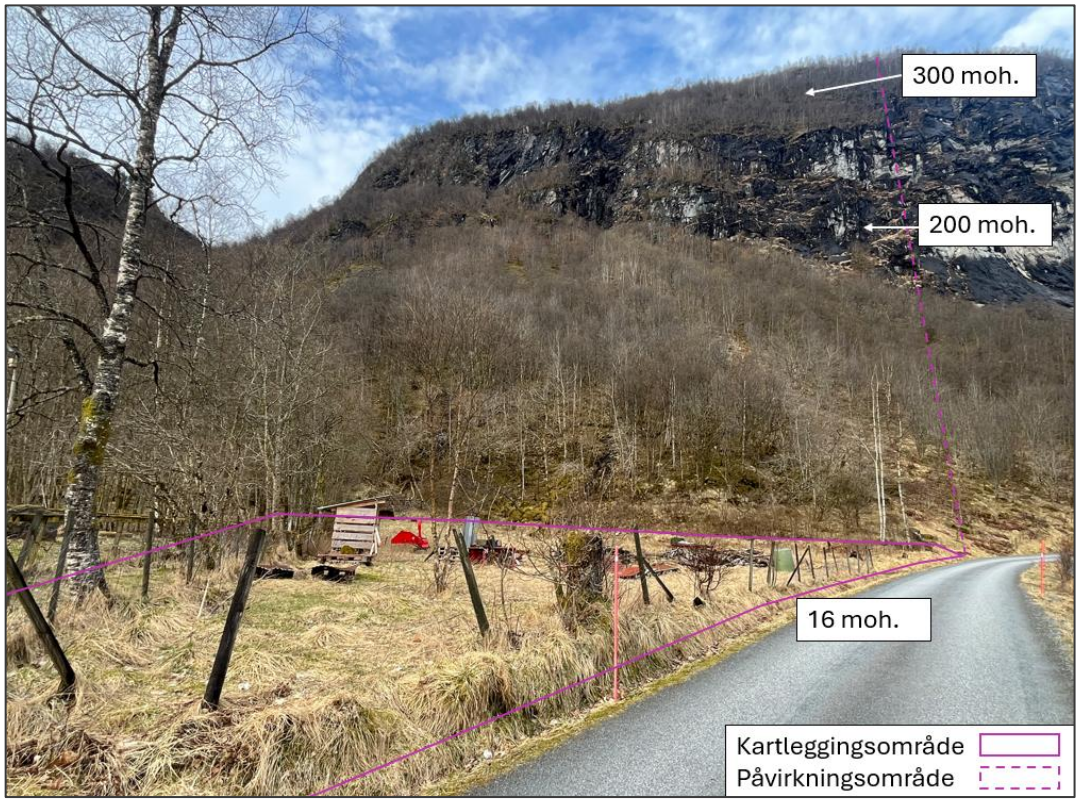
2.1 Topografi og helning

Kartleggingsområdet utgjør et helt flatt område på en større terrasse på ca. 16 moh. i foten av en østvendt fjellside. Den østvendte fjellsiden, som utgjør påvirkningsområdet, går opp til ca. 550 moh. mot Vikefjellet (572 moh), det vil si den har en total høydeforskjell på ca. 530-540 m. Fra foten og opp til ca. 150 moh. har fjellsiden relativt jevn helning mellom 30 og 45 grader. Deretter er det bratte/steile bergskrenter/berghammere med en høydeforskjell på inntil ca. 100 m. Videre oppover er helningen noe mer varierende, med terrassering med brattere partier og lave bergskrenter med flatere partier/hyller mellom. Helt sør i påvirkningsområdet går det en større forsenkning oppover mot sørvest mellom Vikefjellet og Haukåsen (ca. 243 moh.).

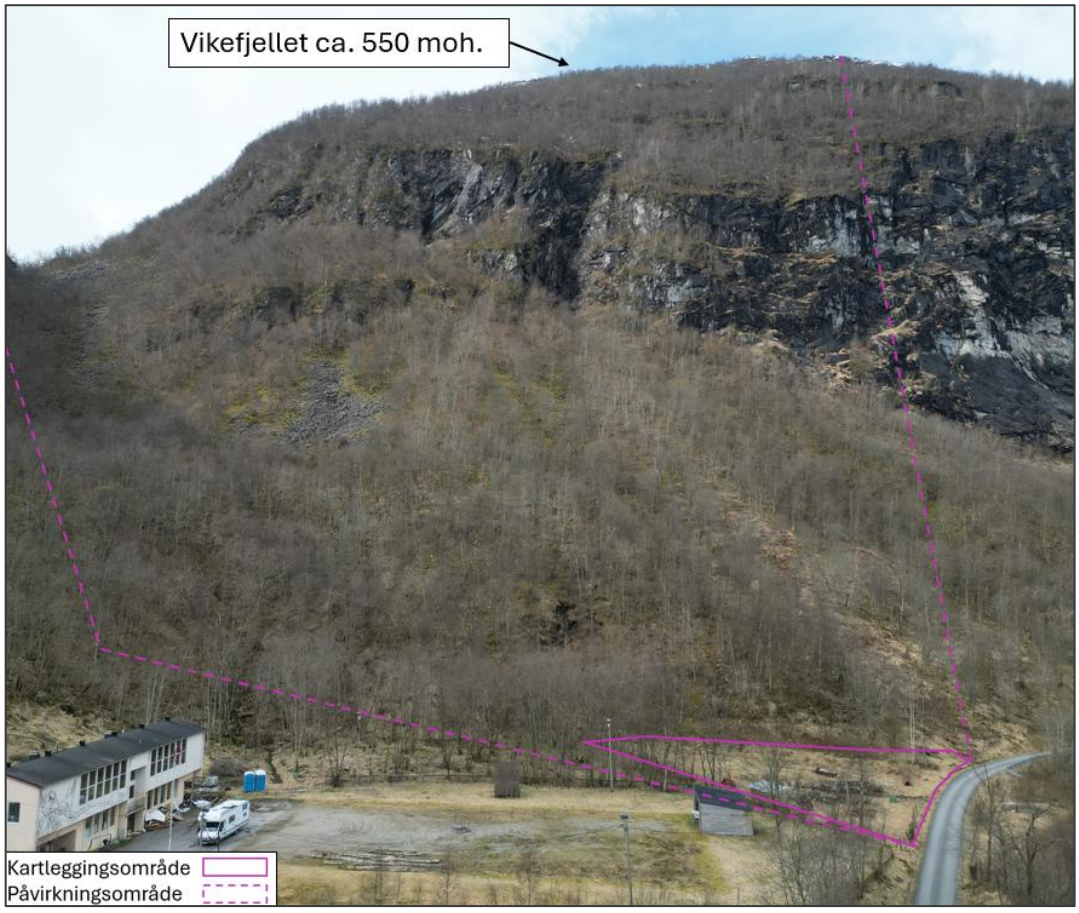
Figur 2 viser helningskart over kartleggingsområdet og påvirkningsområdet. Figur 3, Figur 4 og Figur 5 viser oversiktsbilder fra vegen og med drone.



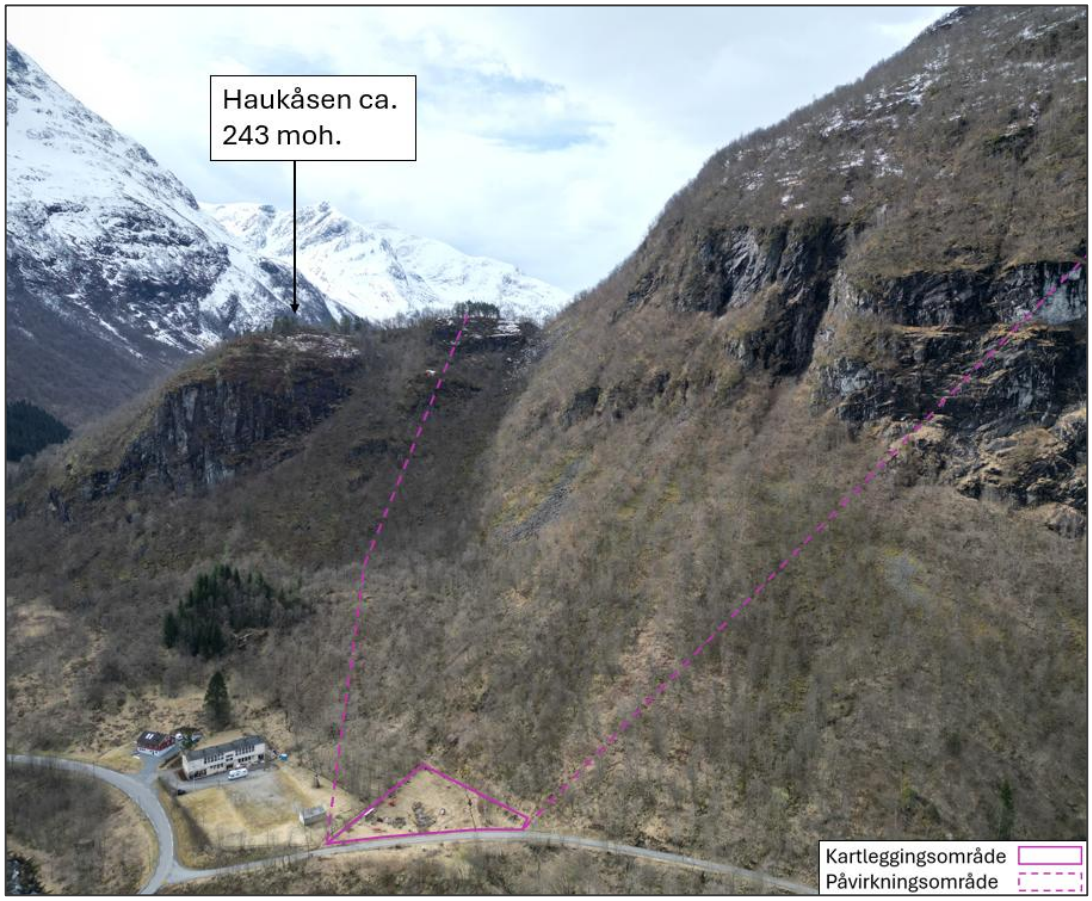
Figur 2 Helningskart over kartleggingsområdet og påvirkningsområdet.



Figur 3 Kartleggingsområde og påvirkningsområdet, fra vegen mot vest.



Figur 4 Kartleggingsområde og påvirkningsområdet, sett fra drone mot vest.



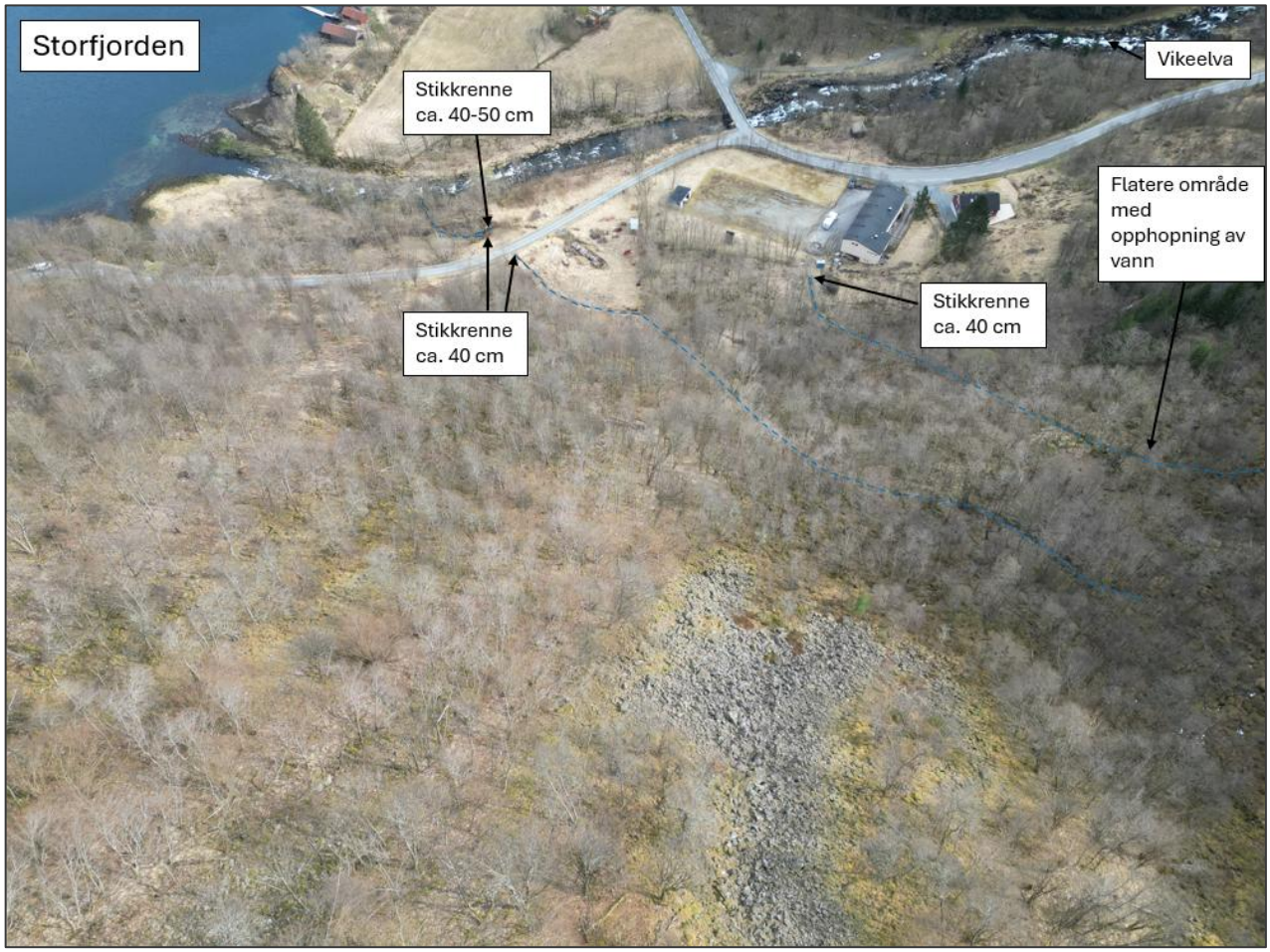
Figur 5 Kartleggingsområde og påvirkningsområdet, sett fra drone mot sørvest.

2.2 Vannveier

Markfuktighetskart fra NIBIO [8] har dårlig dekning i området, og viser ikke områder med potensiale for økt fuktiginnhold og mulige vannveier. Kartgrunnlaget viser ingen definerte vannveier innenfor kartleggings- eller påvirkningsområdet.

Det ble på befaringen observert to bekkeløp, begge med litt rennende vann. Det ble observert stikkrenner for å lede vann under vegen og under skoleområdet, og ut i et bekkeløp nord for kartleggingsområdet som leder vannet videre ut i Vikeelva. Sør i påvirkningsområdet, i nedre del av forsenkningen mellom Vikefjellet og Haukåsen, ble det observert et flatere område med noe opphopning av vann. Figur 6 viser observerte vannveier, stikkrenner og det flatere området med opphopning av vann.

Avrenning i påvirkningsområdet og mot kartleggingsområdet stammer fra et lite nedbørsfelt med rask avrenning.

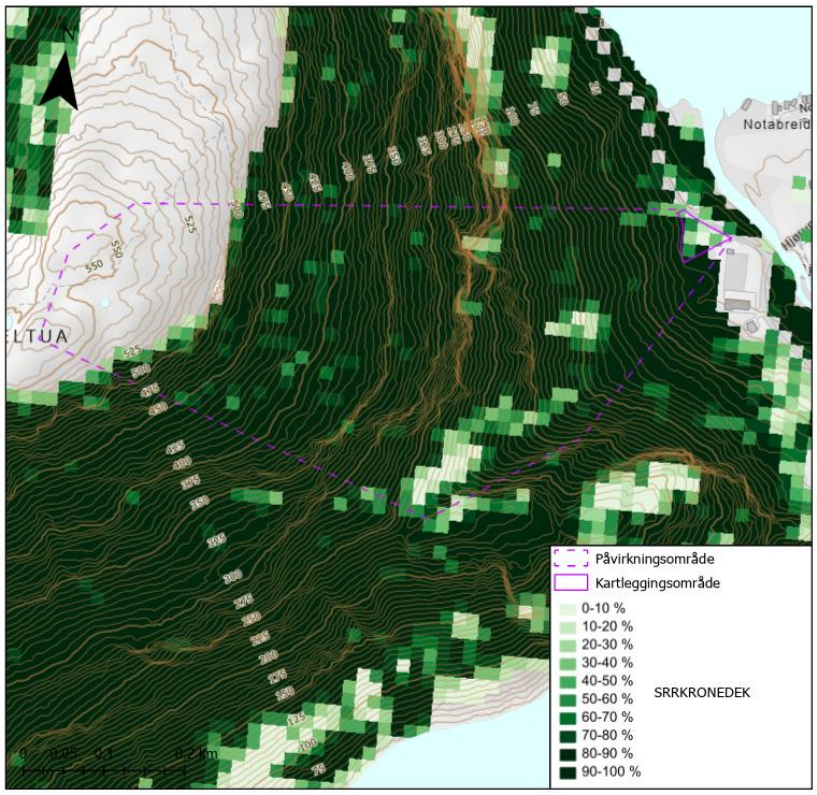


Figur 6 Oversiktsbilde fra drone, sett ovenfra mot øst, som viser observerte vannveier (i blå stiplede linjer), stikkrenner og flatere område med opphopning av vann.

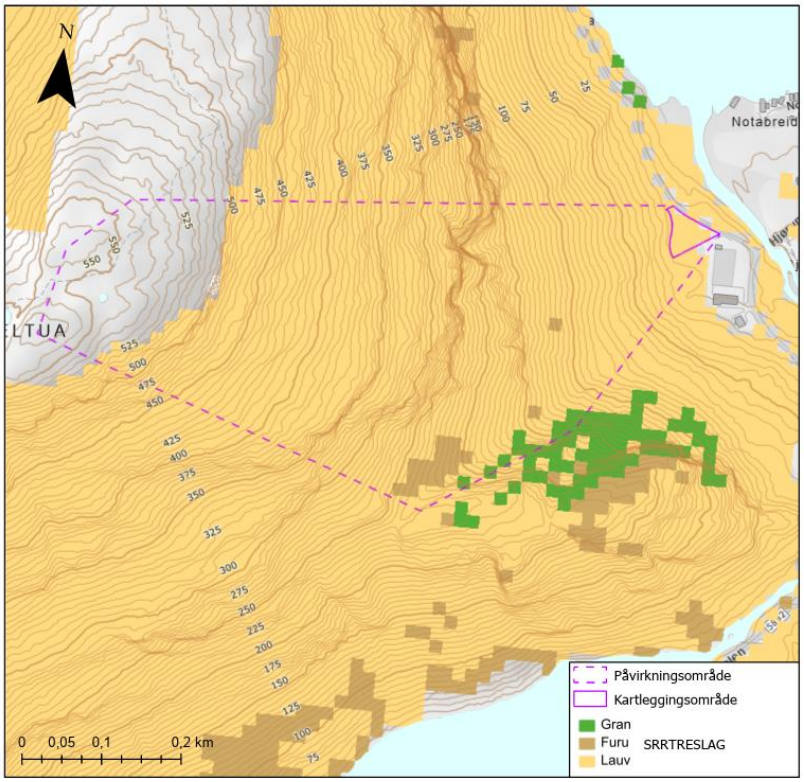
2.3 Skog

Skogskart fra NIBIO [8] (Figur 7 og Figur 8) viser at påvirkningsområdet stort sett består av løvskog med høy kronedekning, ca. 70-80 % eller høyere. Kartet antyder at det er noen små felt med furu- og granskog helt sør i området, og at det er noen små felt med åpen eller ingen skog. Skoggrensen går ca. ved 500-525 moh.

Skogskartene stemmer i grove trekk godt med observasjoner fra befaringen. Det er imidlertid noen større åpnere partier hvor det er mye ur som er helt frie for skog. Steile/bratte bergskrenter/berghammere er også stort sett helt frie for skog. Kartleggingsområdet har mindre skog enn det kartene antyder.



Figur 7 Skogskart fra NIBIO som viser kronedekning i kartleggingsområdet og påvirkningsområdet [8].



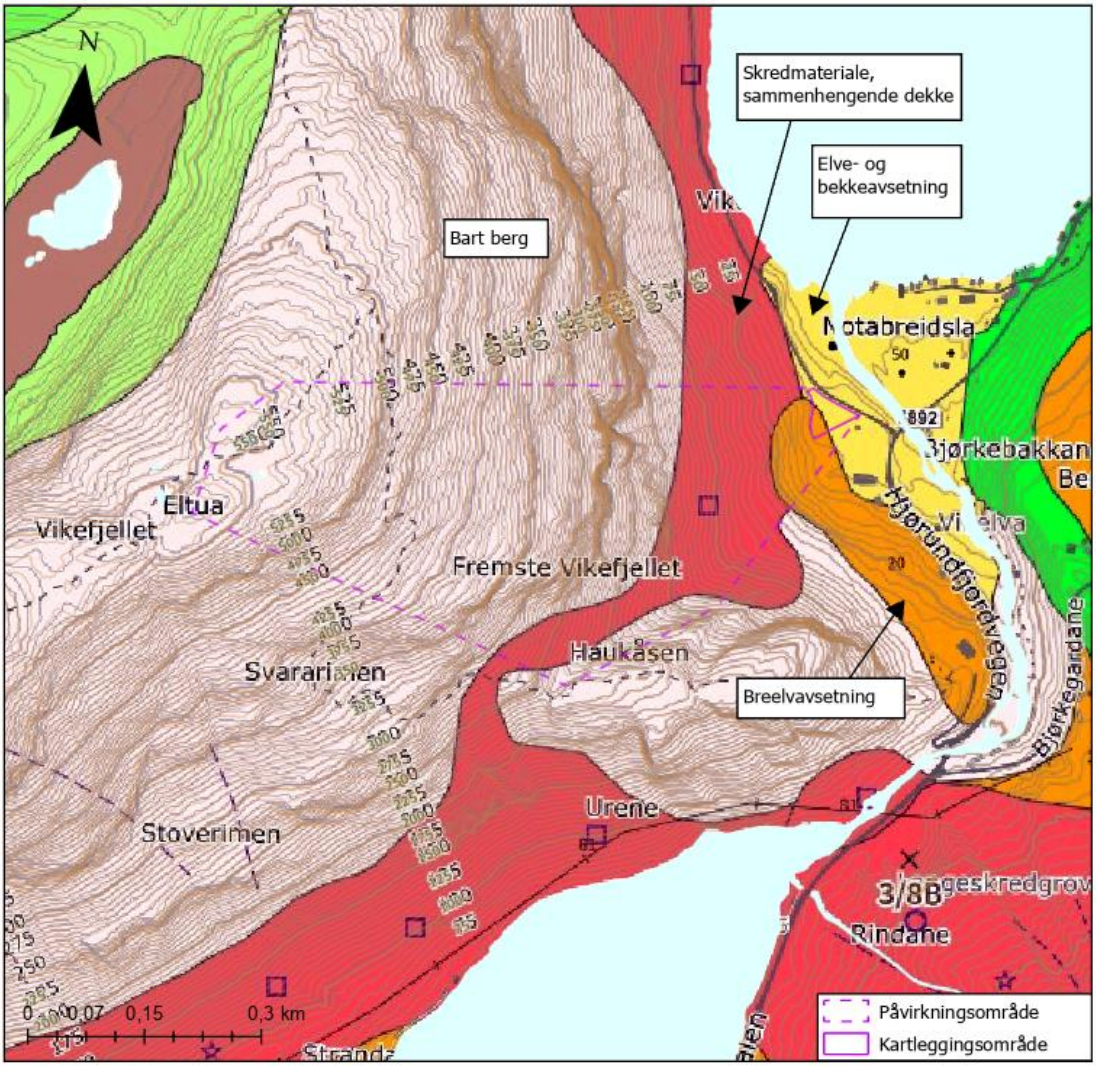
Figur 8 Skogskart fra NIBIO som viser treslag i kartleggingsområdet og påvirkningsområdet [8].

2.4 Berggrunn og løsmasser

Berggrunnskart fra NGU i målestokk 1:250 000 [6] antyder at berggrunnen i området består av gneis.

Løsmassekart fra NGU i målestokk 1:50 000 [6] (Figur 9) antyder at kartleggingsområdet ligger delvis på en terrasse av elve- og bekkeavsetninger og delvis på breelvavsetninger. Kartet antyder at påvirkningsområdet består av breelvavsetning helt i foten, sammenhengende dekke av skredmateriale i nedre deler og stort sett bart berg i øvre deler.

Berggrunnskart og løsmassekart stemmer i grove trekk med observasjoner fra befaringen. Det er imidlertid noe mer usammenhengende løsmasser i øvre deler enn det kartet antyder, dette gjelder særlig de flatere partiene/hyllene hvor det er noe løsmasser. Skredmateriale går stedvis noe høyere opp mot de høye bergskrentene/berghammerne enn det kartet antyder.



Figur 9 Løsmassekart fra NGU i målestokk 1:50 000 [6].

2.5 Aktsomhetskart

Hele kartleggingsområdet er lokalisert innenfor aktsomhetsområde for steinsprang, snøskred (med og uten effekten av skog) og jord- og flomskred.

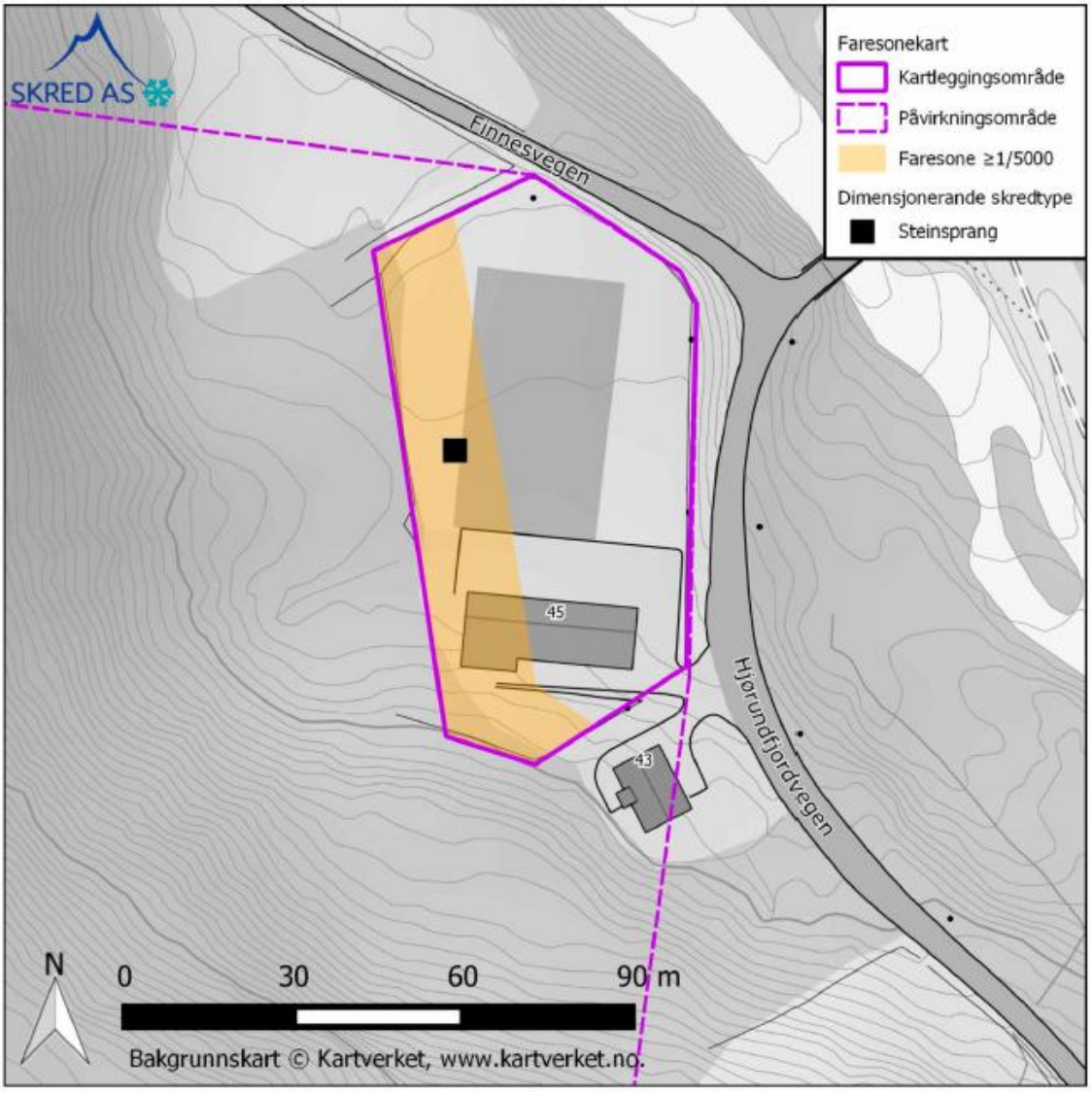
2.6 Skredhistorikk

Det er ikke registrert skredhendelser i eller like i nærheten av kartleggingsområdet [7].

Nord for kartleggingsområdet (Vikefjellet, Vikeplassen) er det registrert et steinsprang/steinskred (28. oktober 1877), hvor en kvinne omkom. Plasseringen av denne hendelsen er usikker. I fjellsidene rundt Bjørke og i fjellene rundt er det registrert mange større snøskredhendelser.

2.7 Eksisterende skredfarevurderinger

Norconsult kjenner til at det er utført skredfarevurdering for området like sør for planlagt parkeringsplass, i samme område som det er planlagt riggområde. Skredfarevurderingen er utført av Skred AS i 2023 [10] (Figur 10).



Figur 10 Kart som viser samlet skredfare for området hvor det er planlagt riggområde, som er like sør for planlagt parkeringsplass. Kartet viser utarbeidede faresoner med nominell årlig sannsynlighet 1/5000, hvor dimensjonerende skredtype er steinsprang [10].

2.8 Klima

Figur 11 viser en klimaoversikt som er hentet fra tjenesten AV-Klima [9], som er en klimatologisk sammenstilling basert på og interpolert fra de nærmeste værstasjonene i området. Modellhøyden for analysen er i dette området 447 moh., noe som betyr at verdiene det refereres til er fra denne høyden.

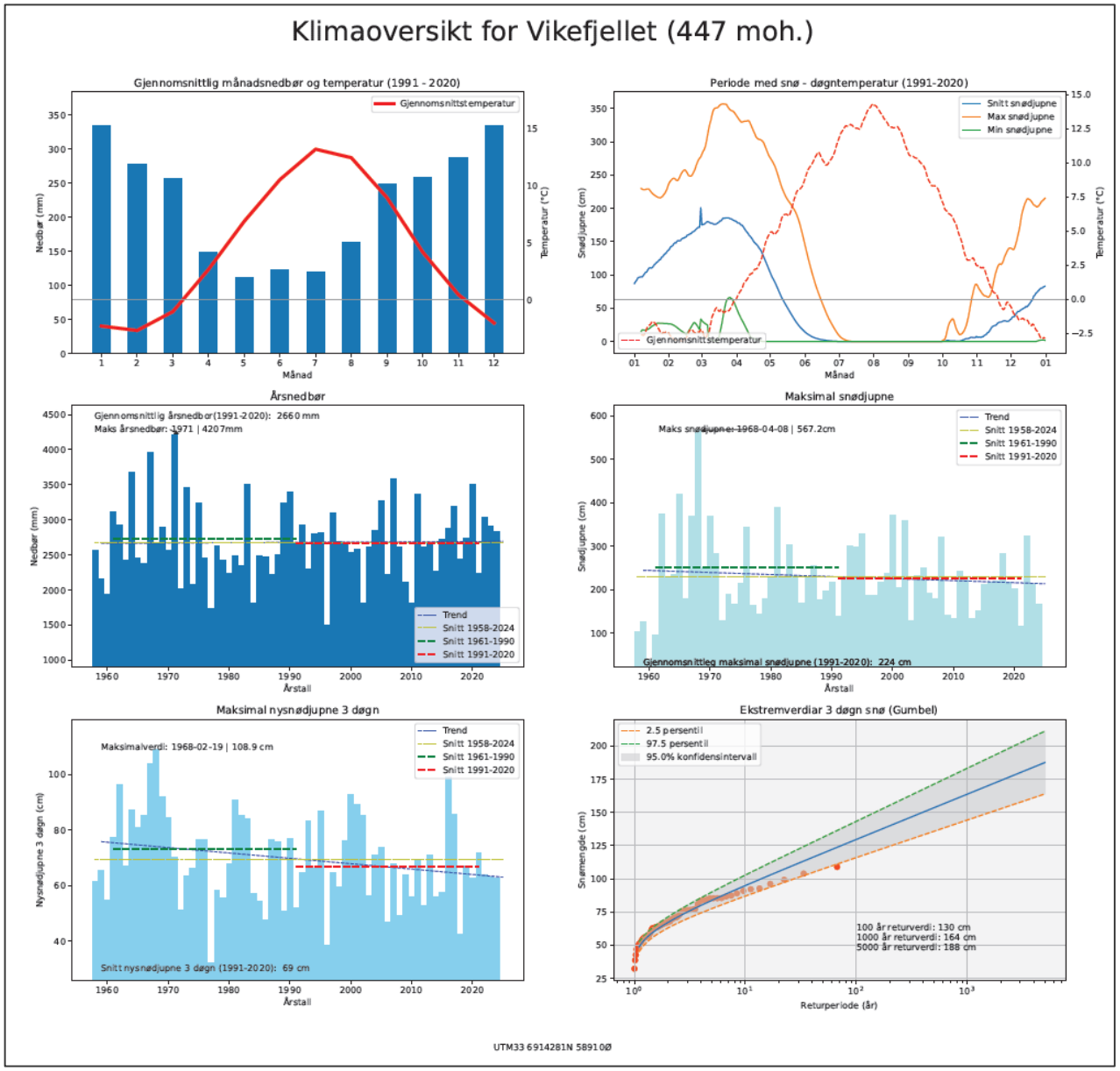
Sammenstillingen antyder at maksimal snødybde i perioden 1958-2024 var 567,2 cm (i 1968), med et gjennomsnitt i perioden 1991-2020 på 224 cm. Maksimal nysnødybde for samme periode var på 3 døgn 108,9 cm (i 1968), med et gjennomsnitt i perioden 1991-2020 på 69 cm. Ekstremverdier for maksimal nysnødybde på 3 døgn er 130 cm med et gjentaksintervall på 100 år og 164 cm med et gjentaksintervall på 1000 år. Klimaoversikten antyder at det har vært en svak nedgang på ca. 10-20 cm både for gjennomsnittlig maksimal snødybde og maksimal nysnødybde på 3 døgn i perioden 1991-2020 sammenlignet med perioden 1961-1990.

Gjennomsnittstemperaturer ved modellhøyden på 447 moh. i månedene fra og med november til og med april har ligget mellom +3 og -3ºC i perioden 1991-2020. Mye av nedbøren som kommer i disse månedene vil dermed komme som snø i denne høyden, men en del av nedbøren vi også komme som regn.

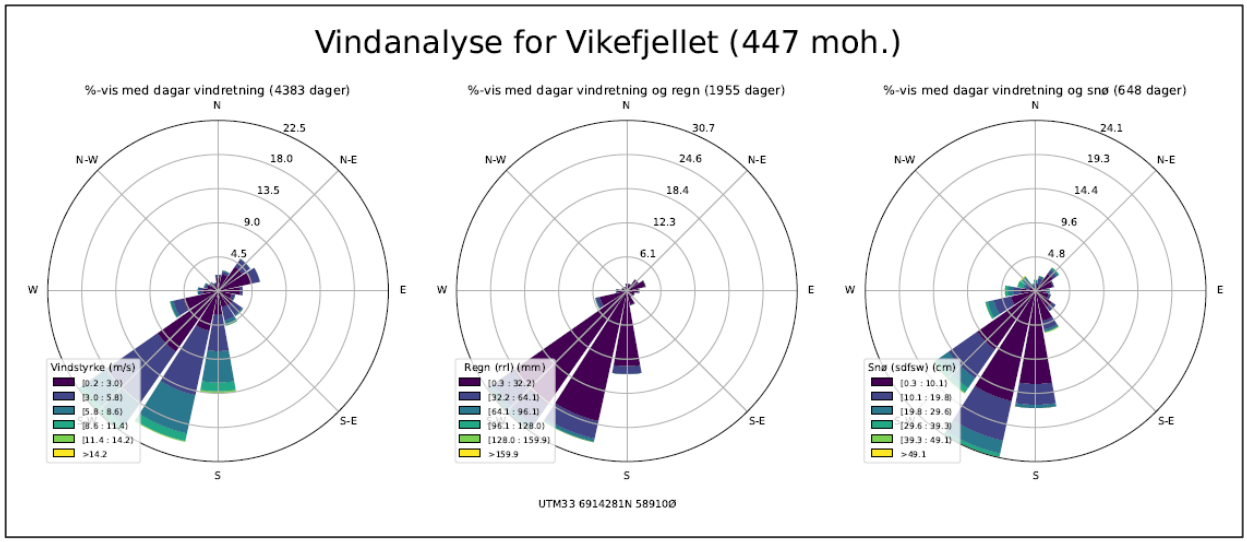
Gjennomsnittlig månedsnedbør i månedene fra og med november til og med april er ca. 150-340 mm i perioden 1991-2020. De mest nedbørsrike månedene i løpet av året er september-mars, hvor gjennomsnittlig månedsnedbør i samme periode er ca. 250-340 mm. De mest nedbørsfattige månedene i løpet av året har vært april-august, hvor gjennomsnittlig månedsnedbør er ca. 120-160 mm. Gjennomsnittlig årsnedbør i perioden 1991-2020 var 2660 mm, med en maksimal årsnedbør på 4207 mm (i 1971).

Figur 12 viser vindrose som er hentet fra AV-Klima og Figur 13 viser en vindrose som er hentet fra Norsk klimaservicesenter fra værstasjonen Eitrefjell på 690 moh. ved Ørsta [11], som er lokalisert ca. 15 km i retning nordvest. Vindrosen i Figur 13 er basert på vindmålinger fra og med november til og med mai for hvert år fra og med 2015 til og med 2026. Værstasjonen er lokalisert i et toppområde, hvor vindmålingene antas å være mindre påvirket av omkringliggende topografi (fjell og dalstrøk) enn andre værstasjoner i området. Vindrosene antyder at dominerende vindretninger gjennom hele året opptrer fra sør og sørvest. På vinterstid, i perioden fra og med november til og med mai, opptrer det mye vind fra sør, vest og nordøst, men også fra sørøst, sørvest og nordvest. Videre antyder vindrosene at de kraftigste vindene opptrer fra sør, sørvest og vest. Vindrosene antyder at dominerende vindretninger med regn i området er fra sør og sørvest, og at typiske snøførende vindretninger er fra sørvest, vest og nordvest.

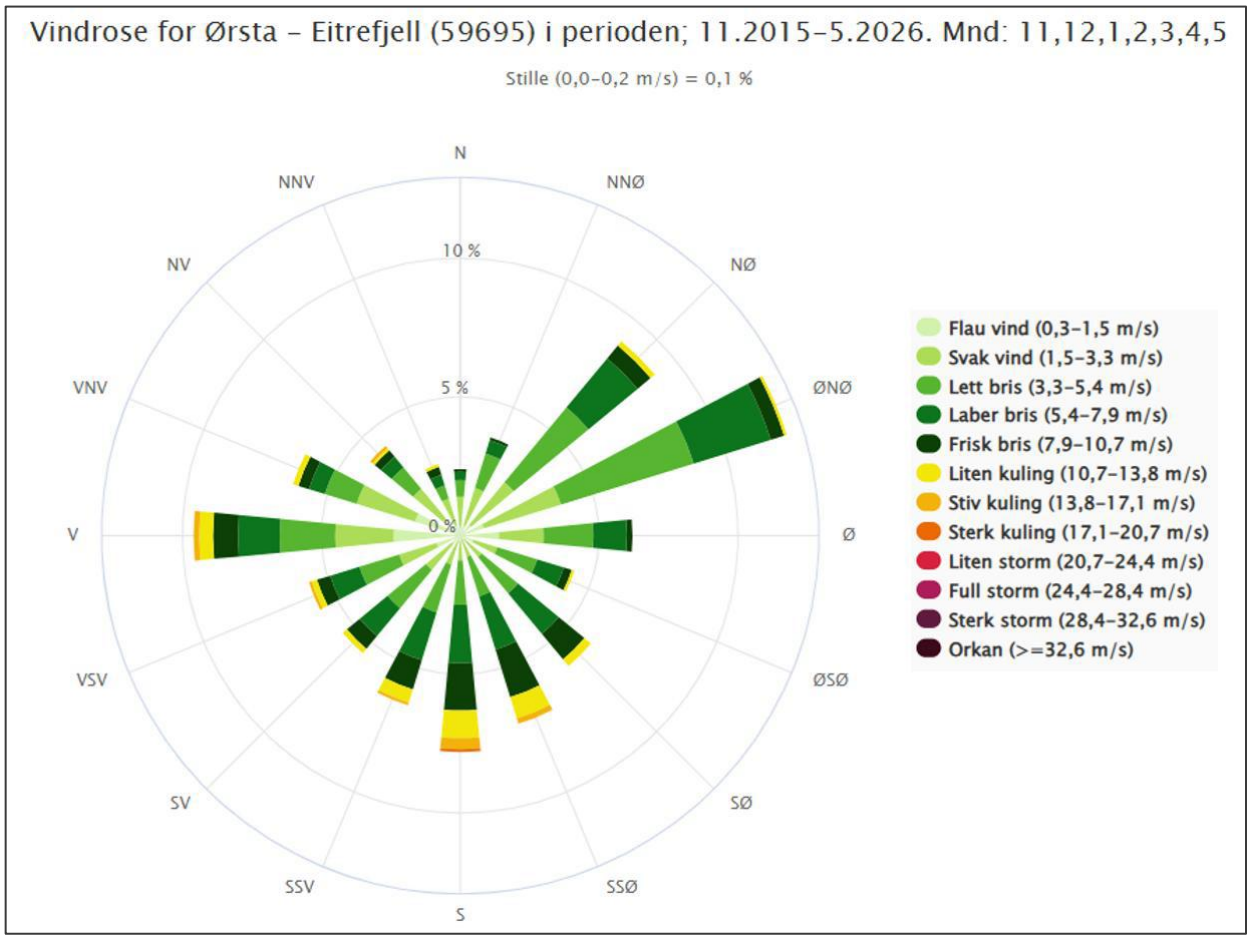
I denne delen av landet kommer erfaringsmessig de største nedbørsmengdene på vinterstid som regn ofte fra sørvest, og nedbør som snø ofte fra vest og nordvest. Vind fra vest og nordvest gir erfaringsmessig normalt en kaldere værtype og oftere nedbør som snø, mens vind fra sørvest gir en mildere værtype og normalt nedbør som regn. I høyfjellet kan det imidlertid komme mye nedbør som snø også fra sørvest.



Figur 11 Klimaoversikt fra AV-klima [9] som henter data fra NVE API griddede data. Datasettet tar utgangspunkt i snøkartene fra Xgeo (oppløsning 1 km x 1 km). Parametere som er benyttet er «Døgnnedbør v2.0 – mm», "Døgntemperatur v2.0 - Celcius", "Snødybde v2.0.1 - cm", "Nysnø siste døgn - mm", "Nysnødybde 3 døgn - cm", "Regn - mm", "Vindretning 10m døgn", "Vindhastighet 10m døgn - m/s". Modellhøyde for utvalgte klimaoversikt er 447 moh.



Figur 12 Vindrose innhentet fra AV-Klima [9] fra området på ca. 447 moh. Vindrosen viser dominerende vindretninger (til venstre), vindretninger med regn (i midten) og vindretninger med snø (til høyre).



Figur 13 Vindrose hentet fra en værstasjon på Eitrefjell, på 690 moh., hentet fra Norsk klimaservicesenter [11].Vindmålingene er hentet fra og med november til og med mai for hvert år fra og med 2015 til og med 2026.

3 Modellering

Som støtte til å vurdere blant annet utløpslengde til steinsprang er det valgt å utføre simuleringer av steinsprang i fjellsiden i den tredimensjonale modellen RAMMS Rockfall (RAMMS:Rockfall versjon 1.8.27).

3.1 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 [12].

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. Resultatene fra simuleringen avhenger i stor grad av input-parameterne, som i mange tilfeller er usikre.

3.1.1 Parametervalg og utført simulering

Det er utført steinsprangsimuleringer i RAMMS Rockfall med blokkvolum på 1 og 3 m^3, med effekten av skog. Skog vurderes å ha relativt begrenset effekt på utløp av steinsprang da skogen består av relativt tynne løvtrær og flere åpne partier, det er derfor simulert med åpen skog. Blokkvolum på 1 m^3 vurderes som noe hyppigere tilfeller og blokkvolum på 3 m^3 som sjeldnere tilfeller. Det er valgt en representativ blokkform med en noe avlang, rektangulær og kantete blokkform, som gjenspeiler observerte avsatte steinsprangblokker og oppsprekkingen i bergskrentene/berghammerne. Løsneområdene er definert som linjer i bergskrentene/berghammerne, det vil si at blokkene slippes langs linjene. Tabell 2 gir en oppsummering av valgte input-parametere.

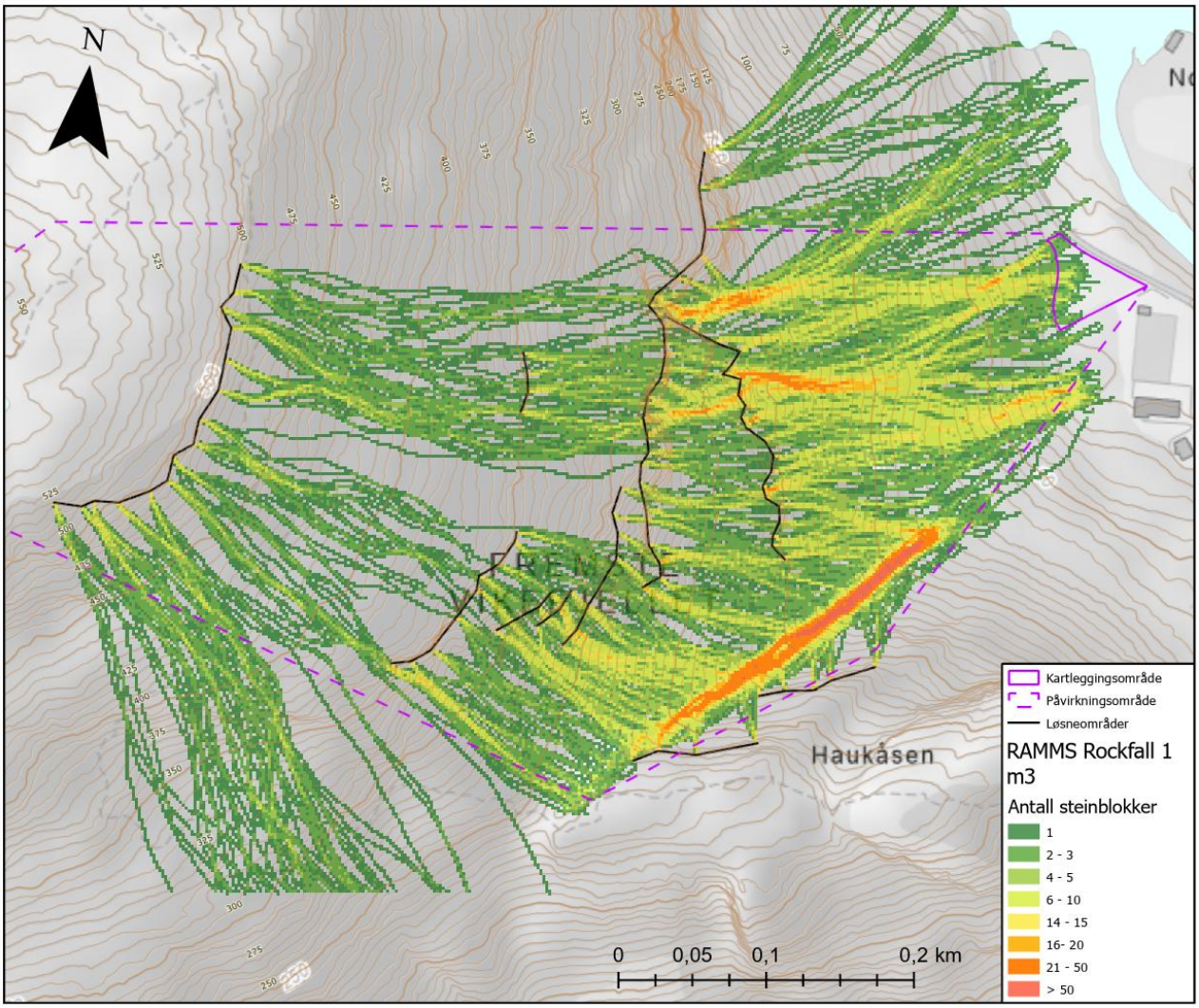
Tabell 2 Input-parameter til steinsprangsimuleringen i RAMMS Rockfall.

Inputdata:	Verdi:	Merknad:
Oppløsning, terrengmodell	2 m	
Terrengparameter	Soil name: - Bratte områder med lite løsmasser: Bedrock (Fels) - Mykere områder med løsmasser: Surface soil - Steinsprangur: Talus Blocs (Blockshutt)	Parametere: - Bedrock (Fels): ME 100.00, Cd: 4.00 - Surface soil: ME 3.0, Cd: 1.55 - Talus Blocs (Blockshutt): ME 15.00, Cd 3.50.
Skog	Åpen	200 trær/ha
Blokkform	Long_1.2	Noe avlang, rektangulær kantete
Blokkvolum	1 og 3 m^3	
Bergartsenhet	2700 kg/m^3	
Antall simuleringer	1023 stk.	

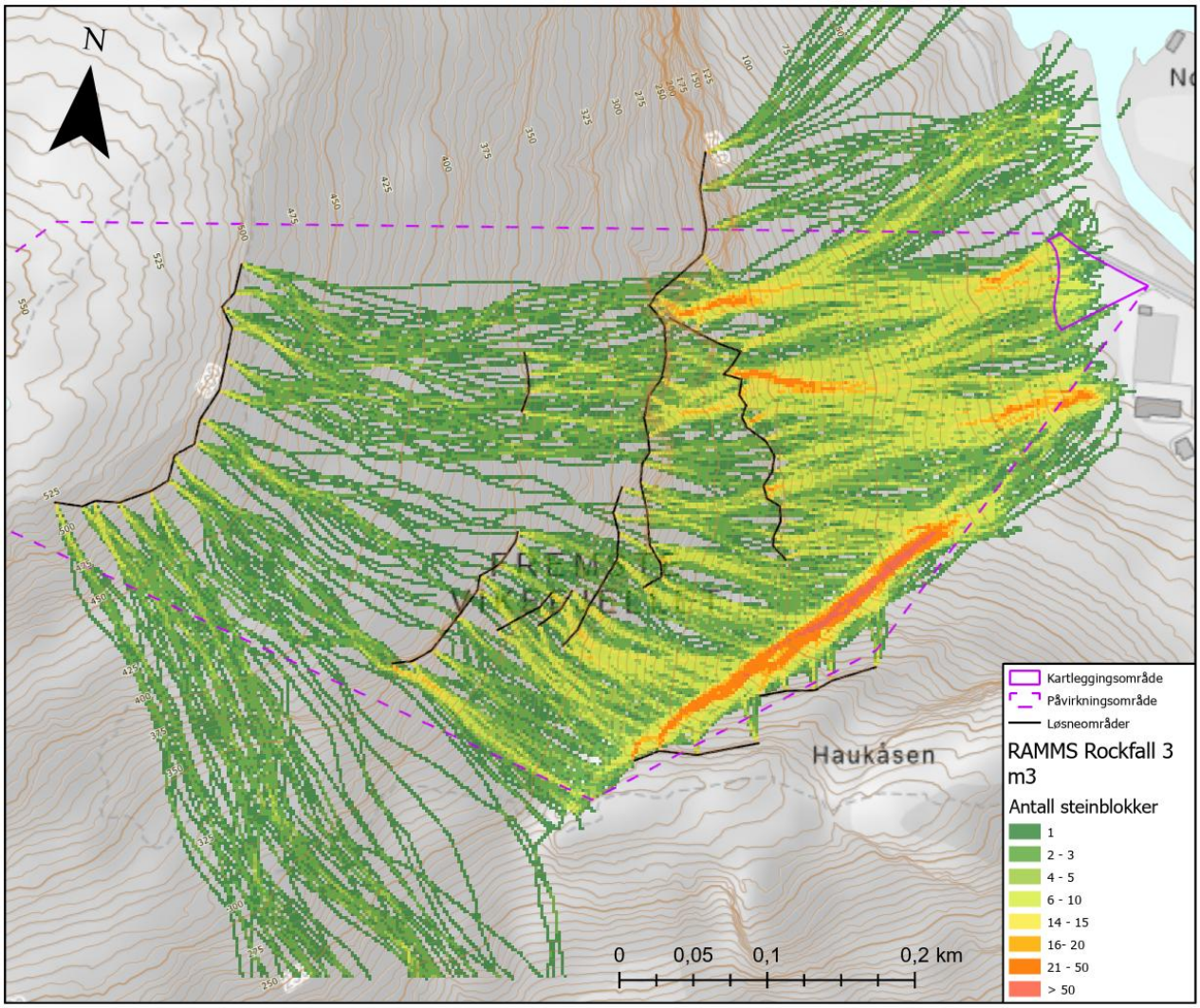
3.1.2 Resultater fra simuleringene

Resultatene fra simuleringene i RAMMS Rockfall viser utløp for steinsprang med blokkvolum på 1 (Figur 14) og 3 m^3 (Figur 15). De steinsprangene med lengst utløp vil gå omtrent halvveis inn i kartleggingsområdet. De lengste utløpslengdene for steinsprang med blokkvolum på 3 m^3 har noe lengre utløpslengde enn de med blokkvolum på 1 m^3, men forskjellen er relativt marginal. Det er imidlertid langt flere steinsprang med blokkvolum på 3 m^3 med lange utløp enn med blokkvolum på 1 m^3.

Simuleringene viser også at mange av steinsprangene som løsner i bergskrentene/berghammerne over vil ledes enten nord eller sør for kartleggingsområdet, og dermed ikke treffe kartleggingsområdet. Steinsprang som løsner lenger sør i påvirkningsområdet vil ikke treffe kartleggingsområdet.



Figur 14 Resultat fra simuleringer i RAMMS Rockfall med blokkvolum 1 m^3.



Figur 15 Resultat fra simuleringer i RAMMS Rockfall med blokkvolum 3 m^3.

4 Skredfarevurdering

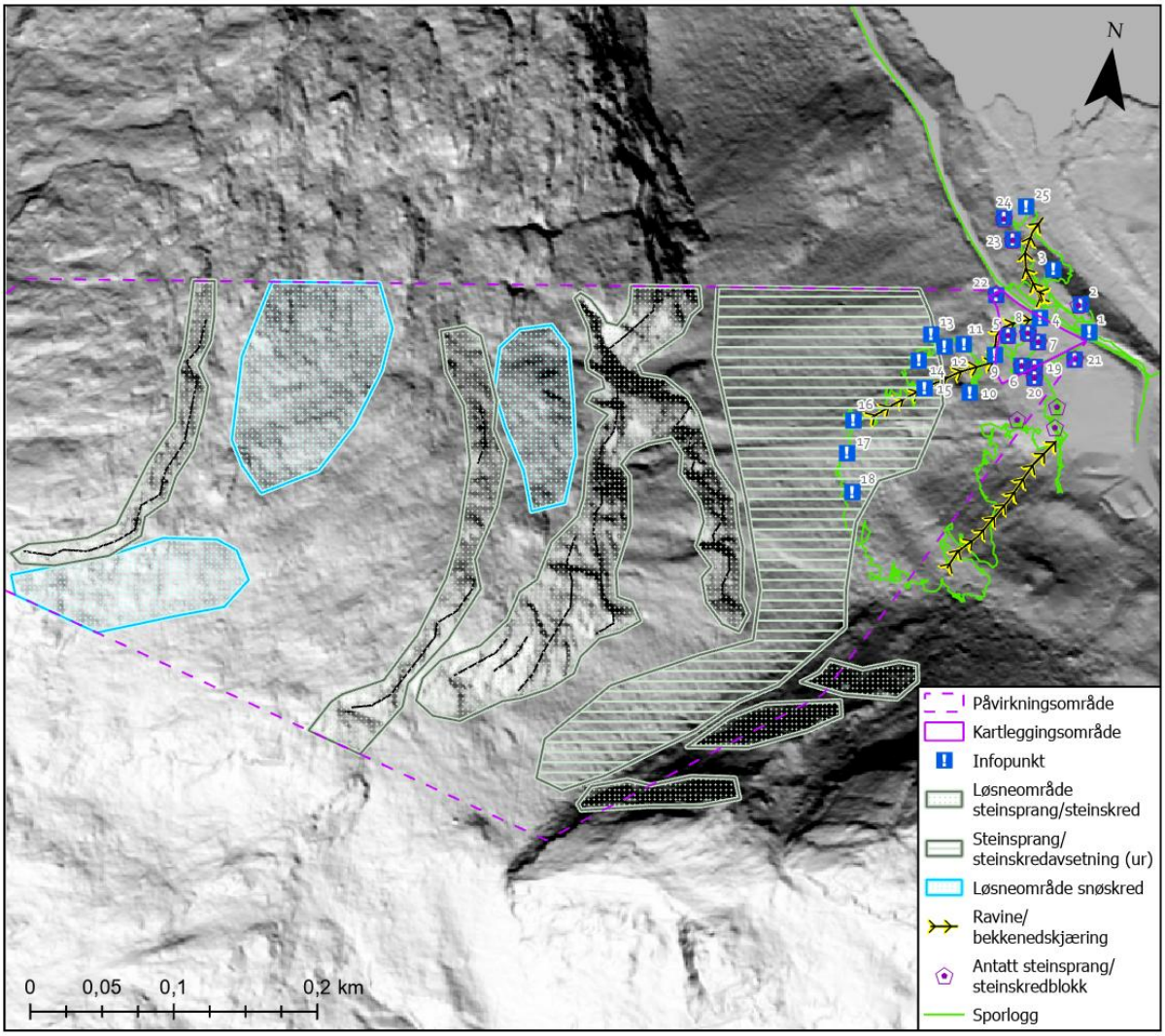
Skredfarevurderingen baser seg på registeringskartet (Figur 16). Registreringskartet viser følgende:

- Løsneområder for de mest aktuelle skredtypene, steinsprang og snøskred.
- Avsetninger fra steinsprang (ur).
- Antatt steinsprangblokker i og i nærheten av kartleggingsområdet.
- Observerte bekkeløp (ravine/bekkenedskjæring).
- Infopunkt fra befaringen.
- Sporlogg fra befaringen.

Registreringskartet viser blant annet ikke:

- Løsneområder for mindre aktuelle skred, slik som jord- og flomskred og sørpeskred, selv om det ikke kan utelukkes skred av denne typen i påvirkningsområdet.
- Løsneområder for steinsprang og snøskred som ikke vurderes som aktuelle.

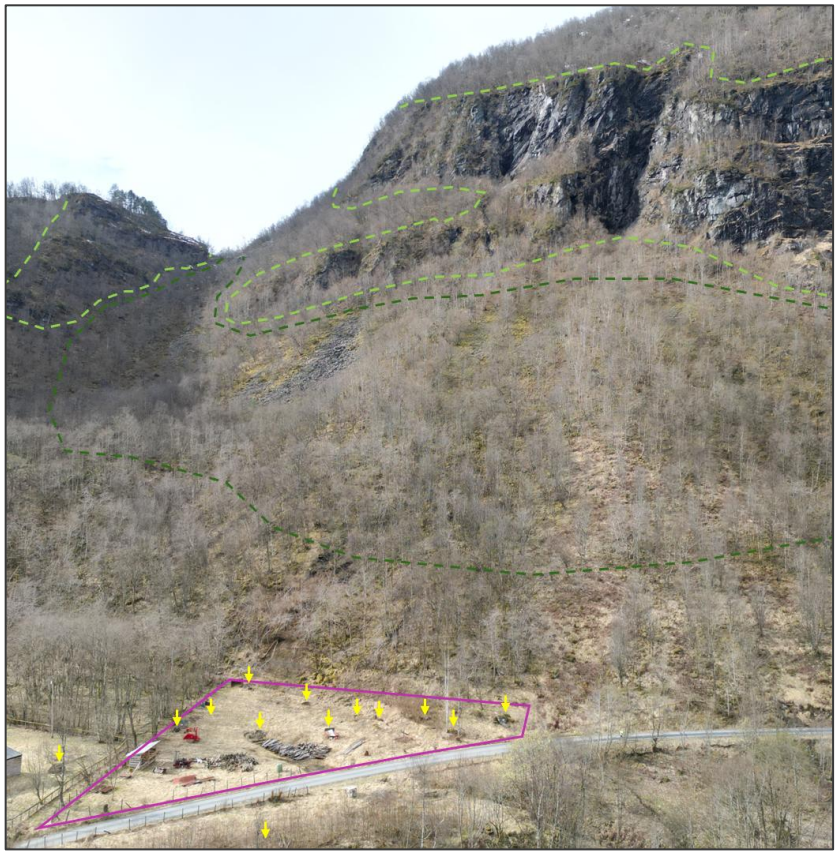
Figur 17 og Figur 18 viser dronebilder med potensielle løsneområder for steinsprang og snøskred og avsetninger fra steinsprang/ur. Beskrivelser fra infopunkt er gitt i vedlegg 1.



Figur 16: Registreringskart. Nummereringen av infopunktene henviser til vedlegg 1.



Figur 17 Potensielle løsneområder for steinsprang (i lysegrønn stiplet polygon) og for snøskred (i lyseblå stiplet polygon).



Figur 18 Potensielle løsneområder for steinsprang (i lysegrønn stiplet polygon) og sammenhengende avsetninger fra steinsprang/ur (i mørkegrønn stiplet polygon). Gule piler viser hvor det er observert antatt steinblokker i og rundt kartleggingsområdet.

4.1 Steinsprang

Kartleggingsområdet er lokalisert helt i foten av en bratt østvendt fjellside, med høye bergskrenter/berghammere og sammenhengende skredavsetninger fra steinsprang (ur) under. Bergskrentene/berghammerne utgjør store potensielle løsneområder for steinsprang og de sammenhengende skredavsetningene under indikerer hyppig steinsprangaktivitet i fjellsiden.

Det er i de høye bergskrentene/berghammerne identifisert sprekkeavløst berg og stedvis relativt grov oppsprekking, som gir potensiale for steinsprang med potensielt store blokkvolum. I steinuren under bergskrentene/berghammerne er det observert steinblokker med ulike volum, enkelte blokker er inntil 10 m^3. Mange er imidlertid mindre enn dette. Helt sør i påvirkningsområdet er det observert steinblokker med volum inntil 100-130 m^3. Mange av steinblokkene er av antatt eldre dato, men det er observert noen mindre steinblokker høyere opp i fjellsiden som trolig stammer fra relativt ferske steinsprang. Det er observert steinblokker som trolig stammer fra steinsprang i kartleggingsområdet, også noen på vestsiden av vegen og kartleggingsområdet. Nord for kartleggingsområdet er det observert steinblokker på nedsiden av vegen helt nede ved Vikeelva. Observerte avsetninger fra steinsprang indikerer at steinsprang kan treffe alle deler av kartleggingsområdet.

Simuleringer av steinsprang i RAMMS Rockfall med blokkvolum 1 og 3 m^3 ser ut til å stemme godt overens med observasjoner av avsetninger fra steinsprang. Simuleringene antyder at steinsprang både med 1 og 3 m^3 kan treffe kartleggingsområdet, at flere av de med større volum vil ha lang utløpslengde. Blokkvolum på 1 m^3 vurderes som hyppigere tilfeller og blokkvolum på 3 m^3 som sjeldnere tilfeller. Større blokkvolum over 5-10 m^3 vurderes å representere steinsprang med svært lav sannsynlighet.

Observerte avsetninger fra steinsprang og utførte simuleringer gir et godt bilde av hvor lange utløp steinsprang vil kunne ha i fjellsiden. Sjeldne steinsprang, med nominell årlig sannsynlighet lavere enn 1/1000, vurderes å ha utløp som når store deler av kartleggingsområdet. Hyppigere steinsprang, med nominell årlig sannsynlighet høyere enn 1/100, vurderes å ha utløp ned til foten av fjellsiden og noe ut på flaten og dermed noe inn i vestlig del av kartleggingsområdet. Mange steinsprang stopper imidlertid i god tid før de når kartleggingsområdet. Størrelsen av de potensielle løsneområdene og oppsprekkingen av berget vurderes å gi i høy løsnesannsynlighet.

Det vurderes at deler av kartleggingsområde ikke oppfyller krav til sikkerhet mot steinsprang for sikkerhetsklasse S1 da nominelle årlige sannsynlighet for steinsprang vurderes å være større enn 1/100.

4.2 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. I InSAR Norway [6] er det ingen referansepunkter i de bratte bergskrentene/berghammerne som kan si noe om større bevegelser i disse. Det er ikke observert synlige strukturer og tegn til bevegelser som kan indikere fare for større steinskred. Det er ikke markert noen ustabile fjellparti i området i NGUs database over ustabile fjellpartier [6].

Det vurderes at vurdert område har tilstrekkelig sikkerhet mot steinskred for sikkerhetsklasse S1 da nominelle årlige sannsynlighet for steinskred vurderes å være mindre enn 1/100.

4.3 Jordskred

Fjellsiden består av mange bratte/steile bergskrenter, og lite større sammenhengende områder med løsmasser. Nedre deler av fjellsiden består av steinur fra tidligere steinsprang. Steinuren er mange steder grov og består av veldrenerte masser, og potensiale for vannmetning og jordskred er lav. Det er enkelte steder mindre partier med tynt løsmassedekke, hvor det kan løsne jordskred. Disse partiene er imidlertid såpass små at det kun er potensiale for små jordskred. Det er ikke spor etter nylige utglidninger. Sannsynligheten for store jordskred som kan treffe kartleggingsområdet 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 nedbørstoppene 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 i området.

Det vurderes at vurdert område har tilstrekkelig sikkerhet mot jordskred for sikkerhetsklasse S1 da nominelle årlige sannsynlighet for jordskred vurderes å være mindre enn 1/100.

4.4 Flomskred

Det er lite forsenkninger og bekkeløp i fjellsiden, kun små forsenkninger og små bekkeløp/vannveier. Det kan ikke utelukkes at det går små flomskred eller kanaliserte jordskred i disse, men sannsynligheten for større flomskred som kan treffe kartleggingsområdet er svært lav. Det er ikke registrert flomskred i området, og det er ikke tydelige spor etter avsetninger.

Det vurderes at kartleggingsområde har tilstrekkelig sikkerhet mot flomskred for sikkerhetsklasse S1 da nominelle årlige sannsynlighet for flomskred vurderes å være mindre enn 1/100.

4.5 Snøskred

Det er identifisert terrengformasjoner i fjellsiden med en form og helning som kan gi potensiale for snøskred. Terrenget er imidlertid mange steder bratt og det er brå overganger mellom bratt og slakt terreng, noe som kun gir potensiale for mindre og hyppigere snøskred heller enn større og sjeldnere snøskred. Mindre og hyppigere snøskred vil i de fleste tilfeller ikke ha lange nok utløp til å treffe kartleggingsområdet. Det er noen isolerte områder med en terrengform og terrenghelning som kan akkumulere større mengder snø, og som dermed kan gi potensialet for snøskred med litt størrelse. Dette gjelder i øvre deler av fjellsiden, fra ca. 300 moh. og oppover.

Store deler av fjellsiden består av tett skog med høy kronedekning, i stor grad 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 smeltevann. Dette vil redusere sannsynligheten for lagdeling i snødekket som kan gi flakskred.

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. De potensielle løsneområdene ligger i le for vind fra vest og nordvest, som gir potensiale for at det akkumuleres større mengder vindtransportert snø inn potensielle løsneområder i fjellsiden.

Det er ikke observert spor etter snøskred i øvre deler av fjellsiden i flyfoto. Det er heller ikke registrert snøskred i området. Det vurderes som lite sannsynlig at det vi løsne snøskred som er store nok og har lange nok utløp til å treffe kartleggingsområdet. Skred med denne størrelsen vurderes som sjeldnere tilfeller, med sannsynlighet lavere enn 1/100.

Det vurderes at kartleggingsområde har tilstrekkelig sikkerhet mot snøskred for sikkerhetsklasse S1 da nominelle årlig sannsynlighet for snøskred vurderes å være mindre enn 1/100.

4.6 Sørpeskred

Det er i fjellsiden observert noen små terrengformasjoner som kan samle vann i snødekket og snødekket kan i sjeldnere tilfeller være tykt. Terrengformasjonene i fjellsiden er imidlertid små, og det er kun potensiale for opphopning av vann og vannmetning i begrensede 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 kartleggingsområdet vurderes som svært lav. Det er ikke registrert sørpeskred i området.

Det vurderes at kartleggingsområde har tilstrekkelig sikkerhet mot sørpeskred for sikkerhetsklasse S1 da nominelle årlige sannsynlighet for sørpeskred vurderes å være mindre enn 1/100.

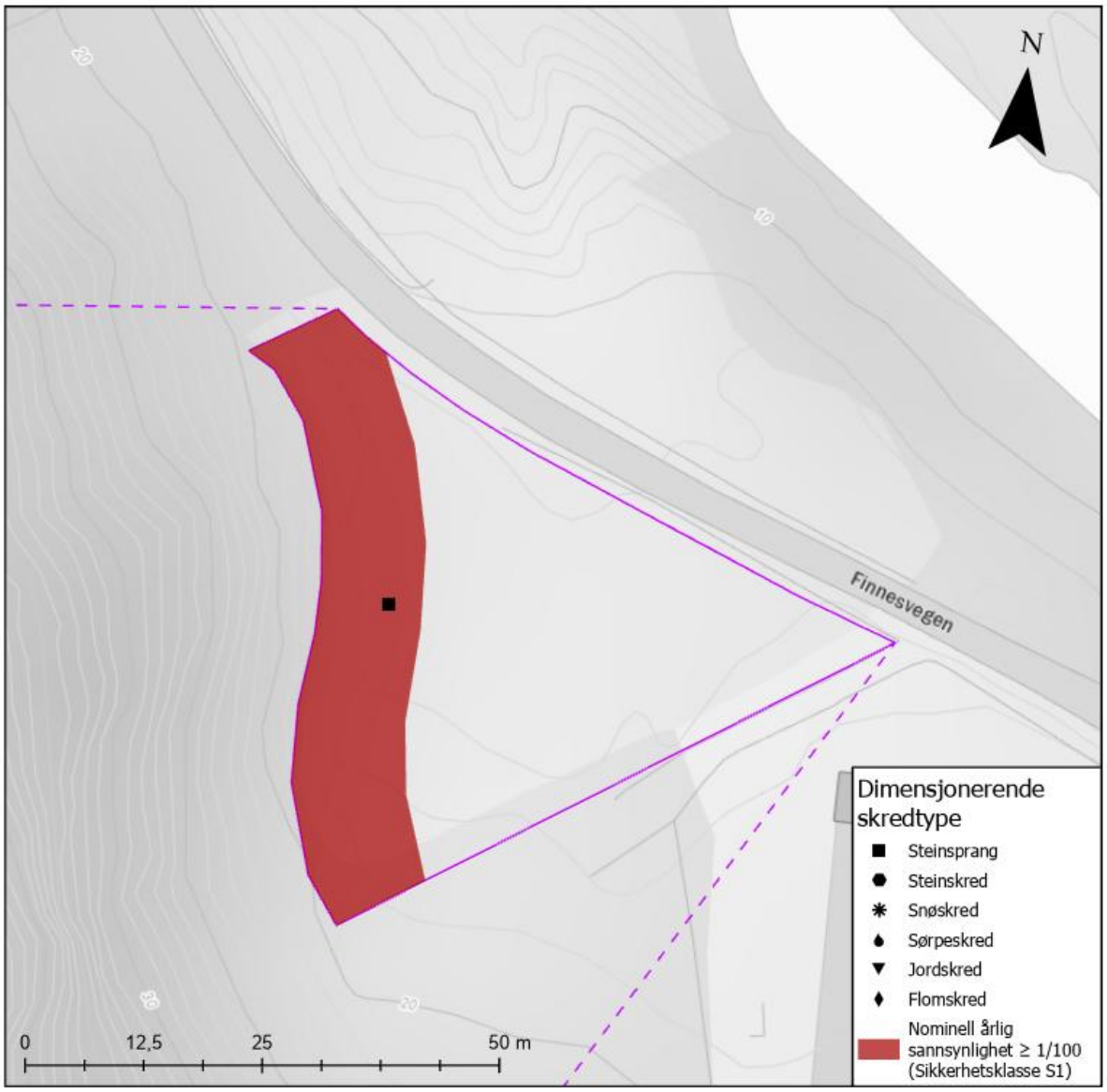
4.7 Samlet skredfare

Dimensjonerende skredtype i området er steinsprang. Det vurderes at deler av kartleggingsområdet ikke oppfyller krav til sikkerhet mot skred for sikkerhetsklasse S1 da nominelle årlige sannsynlighet for skred vurderes å være større enn 1/100.

5 Faresone for skred

Deler av kartleggingsområdet vurderes å ikke ha tilstrekkelig sikkerhet mot skred for sikkerhetsklasse S1 da nominell årlig sannsynlighet vurderes å være større enn 1/100. Dimensjonerende skredtype vurderes å være steinsprang.

Figur 19 og vedlegg 4 viser utarbeidet faresone for skred i kartleggingsområdet for sikkerhetsklasse S1, med største nominelle årlige sannsynlighet for skred på 1/100. Dimensjonerende skredtype for faresonen vurderes å være steinsprang. Det er ikke utarbeidet faresoner for skred for S2 og S3, med største nominelle årlige sannsynlighet for skred på henholdsvis 1/1000 og 1/5000.



Figur 19 Faresonekart for kartleggingsområdet, med faresone for største nominelle årlige sannsynlighet 1/100 (sikkerhetsklasse S1). Dimensjonerende skredtype vurderes å være steinsprang.

5.1 Stedsspesifikk usikkerhet

Det vurderes at det er lite usikkerhet til vurderingene i foreliggende rapport.

6 Vurdering av sikringstiltak

For å oppnå tilstrekkelig sikkerhet mot skred må tiltaket (parkeringsplassen) enten plasseres utenfor faresone for skred eller det må bygges sikringstiltak.

Aktuelle sikringstiltak vil enten være å sikre i utløpsområdet (for eksempel skredvoll eller fanggjerde) eller i løsneområdet (fjellsikring fra taulag). Sikringstiltak i løsneområdet vil trolig ha såpass stort omfang at det vil være mer hensiktsmessig å sikre i utløpsområdet.

7 Referanser

[1] «Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift) - TEK17,» 2017. [Internett]. Available: https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840.

[2] NVE, «Flaum- og skredfare i arealplanar.,» Norges vassdrags- og energidirektorat, 2014.

[3] NVE, «Veileder for utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng. Utredning av skredfare i reguleringsplan og byggesak. Versjonsdato 12.11.2020,» 2020. [Internett]. Available: https://veileder-skredfareutredning-bratt-terreng.nve.no/.

[4] Kartverket, «Høydedata,» [Internett]. Available: https://hoydedata.no/LaserInnsyn2/.

[5] Statens kartverk, «Norge i Bilder,» [Internett]. Available: https://norgeibilder.no/.

[6] NGU, «Kart på nett,» [Internett]. Available: https://www.ngu.no/emne/kart-pa-nett.

[7] NVE, «NVE Atlas,» [Internett]. Available: https://atlas.nve.no/Html5Viewer/index.html?viewer=nveatlas#.

[8] NIBIO, «Kilden,» [Internett]. Available: https://kilden.nibio.no/.

[9] N. A. Viak, «"AV-Klima",» 2022. [Internett]. Available: https://nve-av-klima.azurewebsites.net/.

[10] Skred AS, «Skredfarevurdering for GBnr 235/28 og 235/29, skulen på Bjørke,» 2023.

[11] «Norsk klimaservice senter Seklima,» [Internett]. Available: https://seklima.met.no/.

[12] «RAMMS::Rockfall,» SLF, [Internett]. Available: https://ramms.ch/ramms-rockfall/.

Revisjon

Revisjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent
J01	2026-04-20	For bruk	ErlAlv	KatMo	OeyRoe

Vedlegg 1: Bilder fra befaringen
Skredfarevurdering parkeringsplass riggområde
Nye Tussa kraftverk (Tussa II)

Tabell 1 Beskrivelse og bilde av infopunktene fra befaringen. Tommestokk på bildene er 1 m.

Infopkt nr.:	Beskrivelse:	Bilde:
1	Oversikt over parkeringsplass og fjellsiden over. Høye bergskrenter/berghammere med høydeforskjell inntil ca. 100 m.	
2	Flere mindre blokker i terrenget, ca. 0.5 m^3.	

3	Markant kant til terrasse (elve- og bekkeavsetning) ned mot Vikelva.	
4	Bilde 1-2: Bekkeløp fra fjellsiden, som ledes under skoleområdet og vegen med rør/stikkrenner, dimensjon ca. 40-50 cm. Bilde 3: Tørrlagt bekk med stikkrenne under vegen, dimensjon ca. 40 cm.	 

		
5	Flere blokker inntil ca. 2-3 m^3 som er avsatt i foten av fjellsiden, flere godt skjult under vegetasjon. Avskjæringsgrøft langs foten av fjellsiden.	 

		 
6	Lite blokk < 0,1 m^3.	

7	Liten blokk, ca. 0.5 m^3.	
8	Blokk med ukjent volum, som er delvis gravd ned i bakken.	

9	Blokkoppstabling i foten av fjellsiden, med blokker inntil 4-5 m^3.	 
10	Bergskrent med grov oppsprekking og rennende vann. Ingen synlige avløste blokker, men mye av berget er dekt av vegetasjon og mose. Vannet renner nedover i et lite bekkeløp nedover i en svak forsenkning ned mot kartleggingsområdet.	 

11	Flere blokker med volum inntil ca. 8-10 m^3.	
12	Foten av sammenhengende steinur som går oppover fjellsiden. Nedenfor er blokkene avsatt noe mer mer spredt, stedvis med noe blokk-oppstablinger.	
13	Svak forsenkning (oransje stiplet linje), kan muligens lede steinsprang noe mer mot nordøst og bort fra parkeringsplassen. Denne effekten gjelder nok bare steinsprang med lav energi.	
14	Lite mosegrodd blokk på ca. 1-1.5 m^3. Kan indikere at blokken er noe ferskere enn omkringliggende blokker.	

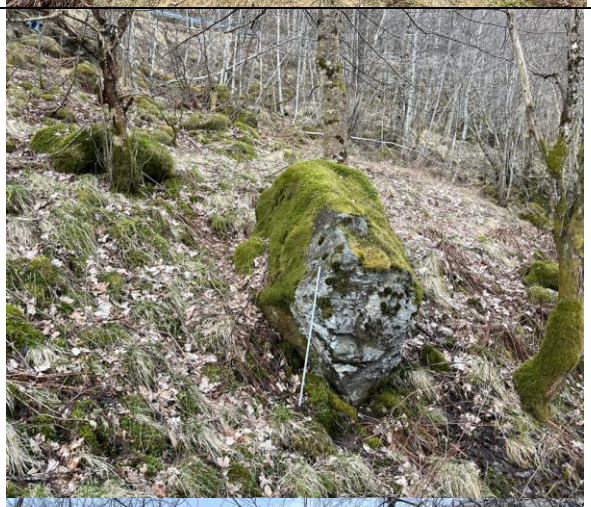
15	Bilde 1: Lite bekkeløp med rennende vann. Bilde 2-3: Sammenhengene steinur, stedvis vegetert.	  

16	Steinblokk med mindre mose enn omkringliggende blokker, på ca. 0.7-0.8 m^3. Kan indikere noe ferskere blokk. Det observeres ikke synlige spor etter steinsprang oppover.	  

17	Blokk på < 0,1 m^3 fra antatt relativt ferskt steinsprang uten mose. Mulig noe spor etter steinsprang oppover. Noe småstein/fragmenter like ved.	 

18	Sammenhengende ur med mindre vegetasjon enn rundt. Ingen skog i dette området. Høye bergskrenter over og bortenfor. Bilde 2 viser bergskrenter under Haukåsen, bilde 3 bergskrenter over kartleggingsområdet (nedenfor Vikefjellet).	  

19	Liten blokk på ca. 0,1-0,2 m^3.	
20	Blokk på ca. 0,4-0,5 m^3.	
21	Steinblokk på ca. 5-7 m^3. Skoleområdet bak.	

22	Steinblokker inntil ca. 3-4 m^3.	
23	Steinblokk på ca. 6-7 m3. En steinblokk med omtrent samme volum ca. 7-8 m lenger opp mot vegen.	 

24	Steinblokk på ca. 3-4 m^3.	
25	Flere steinblokker nedover langs elva som delvis er gravd ned i vegetasjon og er dekt med mose.	

Vedlegg 2 – Generell beskrivelse av ulike skredtyper

Under følger en kort beskrivelse av de ulike skredtypene. Se NVEs oppdaterte veileder [1] for ytterligere beskrivelse.

Steinsprang og steinskred

Steinsprang og steinskred løsner vanligvis i fjellskråninger som er brattere enn 45° [1]. Stabiliteten i bergmassene påvirkes av blant annet bergartstype, oppsprekkingsgrad, sprekkeforhold og foliasjon, vanntilgang og tilstedeværelse av trær og røtter (rotsprengning). Steinsprang består av enkeltblokker som beveger seg hovedsakelig uavhengig av hverandre, og det mest vesentlige energitapet skjer i kontakt med terrengoverflaten. Et steinskred er en massebevegelse av et større bergparti. Partiklene i steinskredet splittes oftest i mindre deler nedover skredbanen. Energien til et steinskred avtar ved støt mellom blokkene i skredet og ved kontakt med terrengunderlaget [1] .

Jordskred

Jordskred er utglidning av løsmasser i terreng brattere enn 20°. De starter med en plutselig utglidning, eller vedvarende sig i terrenget, i vannmettede løsmasser [1]. Røtter fra vegetasjon vil kunne bidra til at løsmassedekket får økt styrke, samtidig som det vil kunne øke permeabiliteten i jorden. Løsmassetype og tykkelse spiller også en viktig rolle, samt menneskelige inngrep som kan endre naturlige dreneringsveier for vann. Ifølge NVEs veileder er skog stabiliserende for jordskred siden røtter og vegetasjon reduserer faren for erosjon og utglidning. I tillegg bidrar skogen høyere opp i dreneringsfeltet til å dempe vannføringen ved intens nedbør [1]. De viktigste utløsningsfaktorene er oppbygging av vanntrykk som følge av langvarig nedbør, intense regnskyll og/eller sterk snøsmelting.

Flomskred

Flomskred er hurtige vannrike skred som opptrer typisk langs bratte elver/bekkeløp, eller i raviner, hvor det er eroderbare løsmasser til stede. Oftest er helningen i løsneområdet mellom 25 – 45°, men kan også oppstå i slakere terreng helt ned mot 15° [1]. Flomskred opptrer også der det vanligvis ikke er permanent vannføring. Vannmassene kan rive løs og transportere store mengder løsmasser, større blokker, trær og annen vegetasjon i og langs løpet. I flomsituasjoner eller ved høy vannføring kan det oppstå erosjon langs bekkeløp som over tid kan føre til ustabile masser. Ifølge NVEs veileder er skog stabiliserende for flomskred siden røtter og vegetasjon reduserer faren for erosjon og utglidning. I tillegg bidrar skogen høyere opp i dreneringsfeltet til å dempe vannføringen ved intens nedbør [1].

Snøskred

Snøskred løsner vanligvis der terrenget er mellom 25° - 55° bratt [1]. I slake skråninger (30° - 35°) må det komme 1-2 meter snø i løpet av tre døgn før det oppstår ustabile forhold. Forsenkninger som skålformasjoner, gjel og skar er vanlige terrengformasjoner der det kan løsne skred. Store flate områder/platåer over løsneområdene vil ofte bidra til økt akkumulering av snø inn i løsneområdene, noe som kan gi økt snøskredfare. Tett skog i fjellsiden vil ofte hindre utløsning av snøskred. Forutsetningen er at trærne er så høye at de ikke snør ned [2].

Sørpeskred

For at et sørpeskred skal utløses kreves et snødekke av en viss tykkelse og en terrengformasjon som muliggjør en vannmetting av snødekket. Typiske løsneområder for sørpeskred er langs elve- og bekkeløp og andre større forsenkninger i terrenget med tilgang til vann i kombinasjon med terrengformasjoner som tillater akkumulasjon av snø. Sørpeskred kan løsne i slake partier (helt ned mot 5°) hvor det kan bli store vannansamlinger i snødekket. Erfaringer fra tidligere hendelser viser at snøskred som demmer opp en trang elvedal er en vanlig årsak til å få utløst sørpeskred. Når snøen er mettet med vann vil snødemningen fra snøskredet brytes som et sørpeskred. I slike tilfeller vil et sørpeskred kunne løses ut, selv om værforholdene ikke tilsier det. Sørpeskredene kan derfor forekomme i ulike terrengtyper og kan være vanskelig å forutsi. Sørpeskredene kan få lange utløp spesielt når de følger bekk – eller elveleier. Det er per i dag lite kunnskap på hvilken morfologisk og sedimentologisk signatur som kan knyttes til sørpeskred. Det er også mulig at sørpeskred kan være vanskelig å identifisere sikkert ut fra avsetninger alene siden skredene gjerne eroderer løsmasser langs løpet og kan ligne flomskred i avsetningsområdene [3].

Referanser

[1] NVE, «Sikkerhet mot skred i bratt terreng. Utredning av skredfare i reguleringsplan og byggesak.,» 2020. [Internett]. Available: https://www.nve.no/skredfarekartlegging.

[2] NVE, «NVE-veileder nr.8-2014. Sikkerhet mot skred i bratt terreng. Kartlegging av skredfare i arealplanlegging og byggesak.,» Norges vassdrags og energidirektorat (NVE), Oslo, 2014b.

[3] NGU, «Komplekse skredvifter: monitorering og karakterisering av skredavsetninger fra ulike prosesser. NGU rapport 2020.21.,» Norges geologiske undersøkelse (NGU), Trondheim, 2020.

Dato:
2026-03-02

Norconsult

Egenerklæringsskjema for kompetanse – Kartlegging av skredfare.

iht. veileder Sikkerhet mot skred i bratt terreng – Kartlegging av skredfare i reguleringsplan og byggesak.

Norconsult Norge AS vil med utfylling av dette egenerklæringsskjema erklære seg skikket til å utføre utredning av skredfare i bratt terreng og at utførende fagpersoner innehar nødvendig kompetanse i henhold til veilederen.

Egenerklæring om utførende foretaks kompetanse	JA	NEI	Kommentar
Ansvarlig for å utføre skredfaglige utredninger er godt kjent med gjeldende forskrifter[1], veiledere[2], retningslinjer[3] og fagnormer som gjelder for å utføre skredfareutredninger.	☑	☐	
Minst to kvalifiserte fagpersoner blir benyttet i oppdraget, en som utførende og en som sidemannskontrollør. De to påkrevde fagpersonene må ha minst 3 og 5 års netto erfaring med tilsvarende oppdrag, samt relevant utdannelse som definert i veilederen. Personell med mindre enn 3 års erfaring kan benyttes i oppdraget i tillegg til de to med påkrevd erfaring.	☑	☐	
Foretaket har kunnskap om og tilgang på dynamiske skredmodeller der slike er kommersielt tilgjengelig.	☑	☐	
Foretaket har ansvarsforsikring som minst tilsvarer krav i NS 8401/8402 (prosjekterings- og rådgivningsoppdrag).	☑	☐	

Vennlig hilsen
Norconsult Norge AS

Trondheim 02.03.2026

Faglig leder, Ingeniørgeologi — Sted og dato

[1] Byggteknisk forskrift (TEK17) og Plan- og bygningsloven (pbl)

[2] NVE veileder Sikkerhet mot skred i bratt terreng - Kartlegging av skredfare i reguleringsplan og byggesak

[3] NVE retninslinjer Flaum- og skredfare i arealplanar – Revidert 22.mai 2014

Document ID 09222115557571547250 Signert IT2

Verifikasjon

Document ID 09222115557571547250

Dokument

Egenerklæringsskjema 2026
Hoveddokument
1 side
Initiert 2026-03-03 13:22:42 CET (+0100) av Ingvar Tyssekvam (IT1)
Ferdigstilt 2026-03-03 13:23:12 CET (+0100)

Initiativtaker

Ingvar Tyssekvam (IT1)
Norconsult Norge AS
Organisasjonsnr. 962 392 687
ingvar.tyssekvam@norconsult.com

Underskriverne

Ingvar Tyssekvam (IT2)
Norconsult
ingvar.tyssekvam@norconsult.com
+4745404634
Signert 2026-03-03 13:23:12 CET (+0100)

Denne verifiseringen ble utstedt av Scrive. For mer informasjon/bevis som angår dette dokumentet, se de skjulte vedleggene. Bruk en PDF-leser, som Adobe Reader, som kan vise skjulte vedlegg for å se vedleggene. Vennligst merk at hvis du skriver ut dokumentet, kan ikke en utskrevet kopi verifiseres som original i henhold til bestemmelsene nedenfor, og at en enkel utskrift vil være uten innholdet i de skjulte vedleggene. Den digitale signeringsprosessen (elektronisk forsegling) garanterer at dokumentet og de skjulte vedleggene er originale, og dette kan dokumenteres matematisk og uavhengig av Scrive. Scrive tilbyr også en tjeneste som lar deg automatisk verifisere at dokumentet er originalt på: https://scrive.com/verify

N

Finnesvegen

0 12,5 25 50 m

Dimensjonerende skredtype

- Steinsprang
- Steinskred
- Snøskred
- Sørpeskred
- Jordskred
- Flomskred
- Nominell årlig sannsynlighet ≥ 1/100 (Sikkerhetsklasse S1)
- Påvirkningsområde
- Kartleggingsområde

Vedlegg 4: Faresone for skred

Oppdragsnr. : 52406523		Rev: 01	
Dato: 20.04.2026	Utført: ErlAlv	Kontrollert: KatMo	Godkjent: OeyRoe
Format: A3	Målestokk: 1:350	Kartprojeksjon: UTM33	
Kartet er utarbeidet for: Tussa Energi AS		Kartet er utarbeidet av: Norconsult	