

Tussa Energi AS

► Skredfarevurdering

Nye Tussa kraftverk

Oppdragsnr.: 52406523 Dokumentnr.: RA-INGGEO-01 Versjon: 02 Dato: 2025-03-03



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

► 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. Området er delt inn i tre kartleggingsområder hvor skredfaren er kartlagt og vurdert.

Skredfarevurderingen tar utgangspunkt i NVE sin veileder for utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng, men er ikke utført på bakgrunn av bestemte retningslinjer eller styrende dokumenter. Rapporten er likevel utarbeidet på en slik måte at den på et senere tidspunkt kan tilpasses til en eventuell konsesjonssøknad hvor gjeldende retningslinjer eller styrende dokumenter legges til grunn. 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. I tillegg ble det 25. oktober 2024 gjennomført befaringsavtale av området.

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. Dersom påhugget plasseres i midtre eller nordlige del av kartleggingsområde anbefales det å vurdere permanent sikringstiltak for å øke sikkerheten mot skred. Dimensjonerende skredtype i dette området er snøskred og mest aktuelle sikringstiltak er fangvoll.

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.

02	2025-03-03	Oppdatert etter tilbakemeldinger fra oppdragsgiver	ErlAlv	GroSan	ebuku
01	2024-12-17	For bruk	ErlAlv	GroSan	ebuku
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

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.

Innhold

1	Innledning	5
1.1	Bakgrunn og hensikt	5
1.2	Utførte undersøkelser	7
1.3	Gjeldende retningslinjer og styrende dokumenter	7
1.4	Forutsetninger for skredfarevurderingen	8
1.5	Grunnlagsmateriale	8
2	Områdebeskrivelse	9
2.1	Topografi og helning	9
2.2	Skog	15
2.3	Vannveier	17
2.4	Berggrunn og løsmasser	18
2.5	Aktsomhetskart	19
2.6	Skredhistorikk	20
2.7	Eksisterende skredfarevurderinger	24
2.8	Klima	24
3	Observasjoner	29
3.1	Kartleggingsområde 1	29
3.2	Kartleggingsområde 2	36
3.3	Kartleggingsområde 3	41
4	Modellering	50
4.1	Simulering av snøskred	50
4.1.1	<i>Parametervalg og utført simulering</i>	50
4.1.2	<i>Resultater fra simuleringer</i>	51
4.2	Simulering av steinsprang	51
4.2.1	<i>Parametervalg og utført simulering</i>	52
4.2.2	<i>Resultater fra simuleringer</i>	52
5	Vurdering	54
5.1	Kartleggingsområde 1	54
5.2	Kartleggingsområde 2	57
5.3	Kartleggingsområde 3	59
6	Konklusjon - plassering av påhuggsområder og vegtraseer	62
6.1	Kartleggingsområde 1	62
6.2	Kartleggingsområde 2	62
6.3	Kartleggingsområde 3	62
7	Vurdering av permanent sikringstiltak	63
7.1	Valg av sikringstiltak	63

7.2	Nødvendig vollhøyde	63
7.3	Prosjektering av skredvoll	66
8	Referanser	67

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

1 Innledning

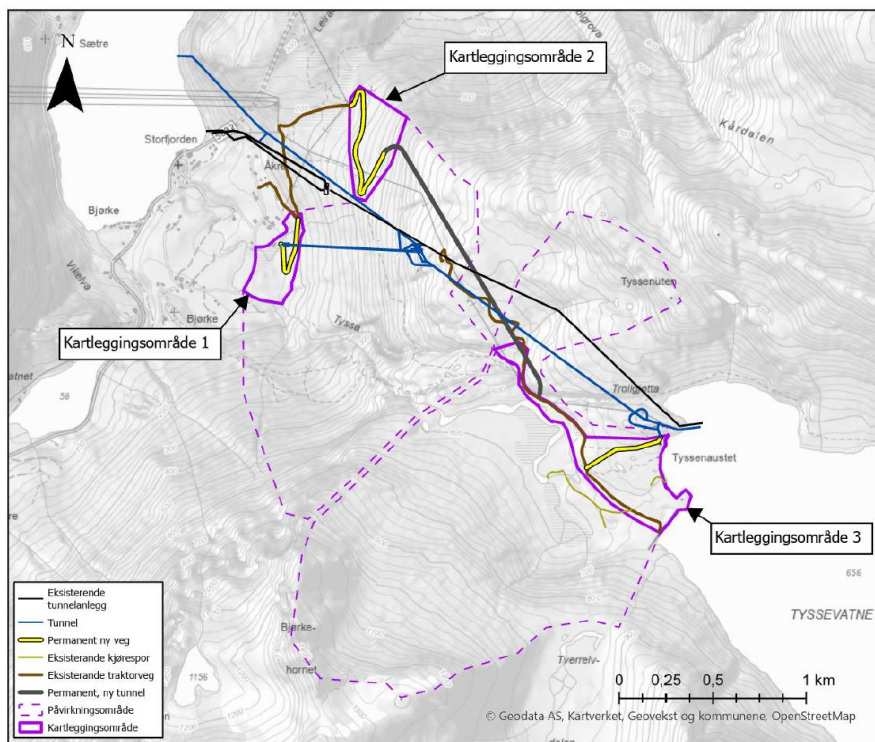
1.1 Bakgrunn og hensikt

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

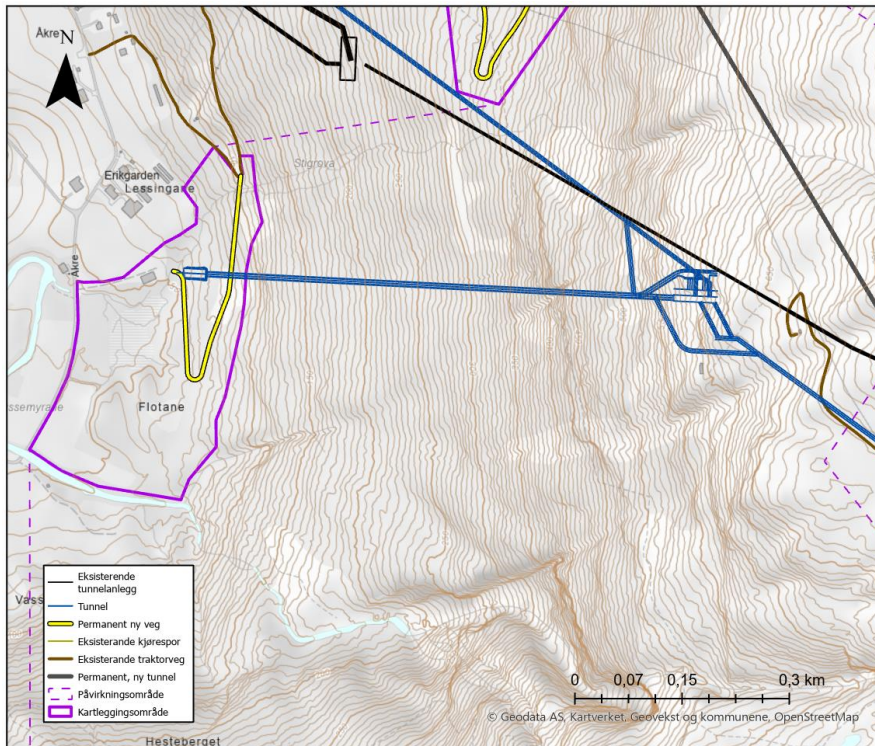
Tabell 1 De tre kartleggingsområdene hvor skredfaren er kartlagt og vurdert.

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

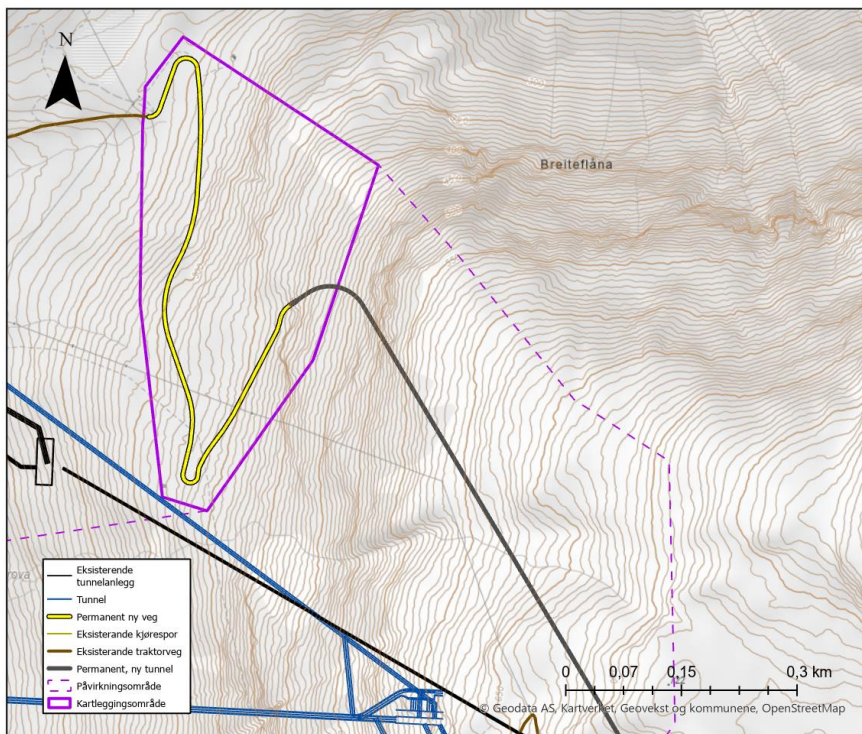
Figur 1 viser oversiktskart av de tre kartleggingsområdene med tilhørende påvirkningsområde. Figur 2, 3 og 4 viser detaljkart av henholdsvis kartleggingsområde 1, 2 og 3. Kartleggingsområdet er området hvor tiltaket skal etableres og den reelle skredfaren skal avklares, mens påvirkningsområdet er området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



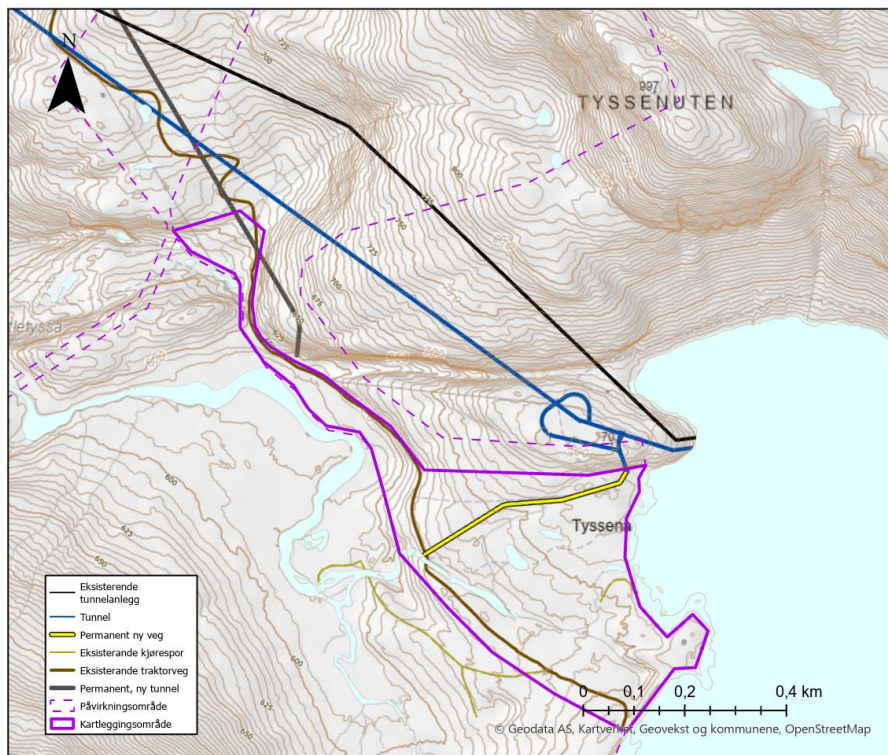
Figur 1 Oversiktskart som viser alle de tre kartleggingsområdene med tilhørende påvirkningsområder.



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 befaringsdag av hele området 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 °C nede ved Bjørke på ca. 50 moh. og ca. 6 °C opp ved Tyssevatnet på 660 moh.

1.3 Gjeldende retningslinjer og styrende dokumenter

Skredfarevurderingen tar utgangspunkt i NVE sin veileder for utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng [1], men er ikke utført på bakgrunn av bestemte retningslinjer eller styrende dokumenter (for eksempel TEK17 [2] eller håndbok N200 [3]).

Denne skredfarevurderingen vil gi grunnlag for nærmere fastsetting av plassering av blant annet tunnelpåhugg og vegtraseer, men er likevel utarbeidet på en slik måte at den på et senere tidspunkt kan tilpasses til en eventuell konsesjonssøknad hvor gjeldende retningslinjer eller styrende dokumenter legges til grunn og når plassering og (og eventuelt sikkerhetsklasse) av tunnelpåhugg og vegtraseer er endelig fastsatt.

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:

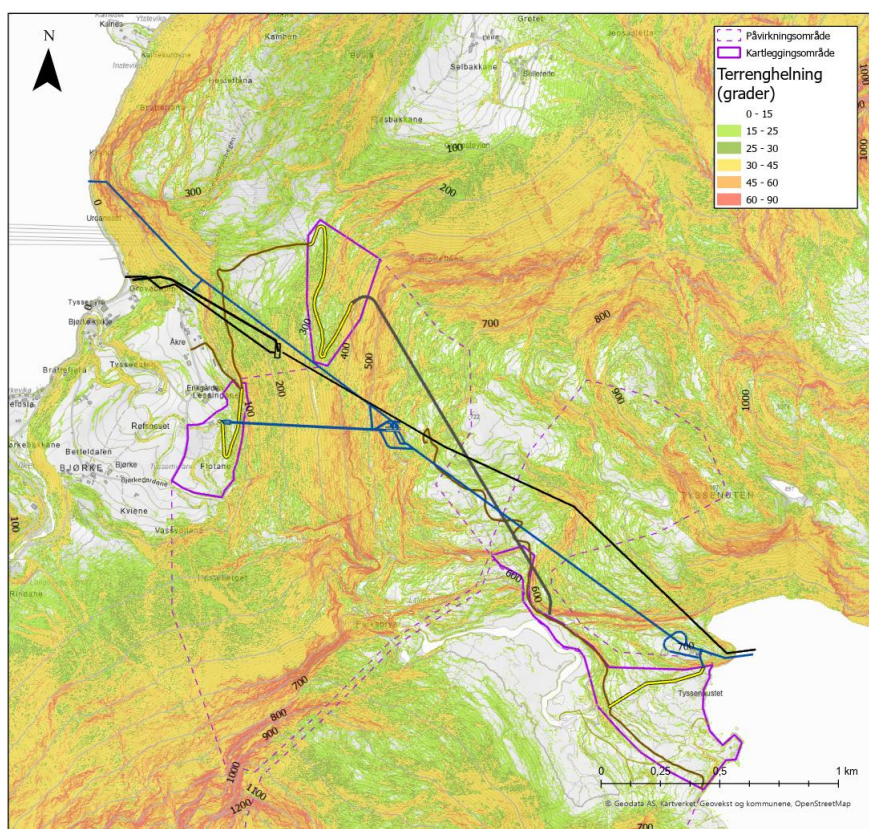
- Digital høydemodell med 1 m oppløsning (nasjonal høydemodell) [4].
- Tilgjengelige flybilder fra 1967 til og med 2022 [5].
- Berggrunnskart og kvartærgeologiske kart (løsmassekart) fra NGU [6].
- Faresoner for skred i bratt terreng og fjellskred, skredhendelser og aktsomhetskart for steinsprang, jord- 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 Tyssevatnet og ned til fjorden med utløp i Bjørke.

Figur 5 og vedlegg 2 viser terrenghelningsskart 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 flattere 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 flaterne 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.

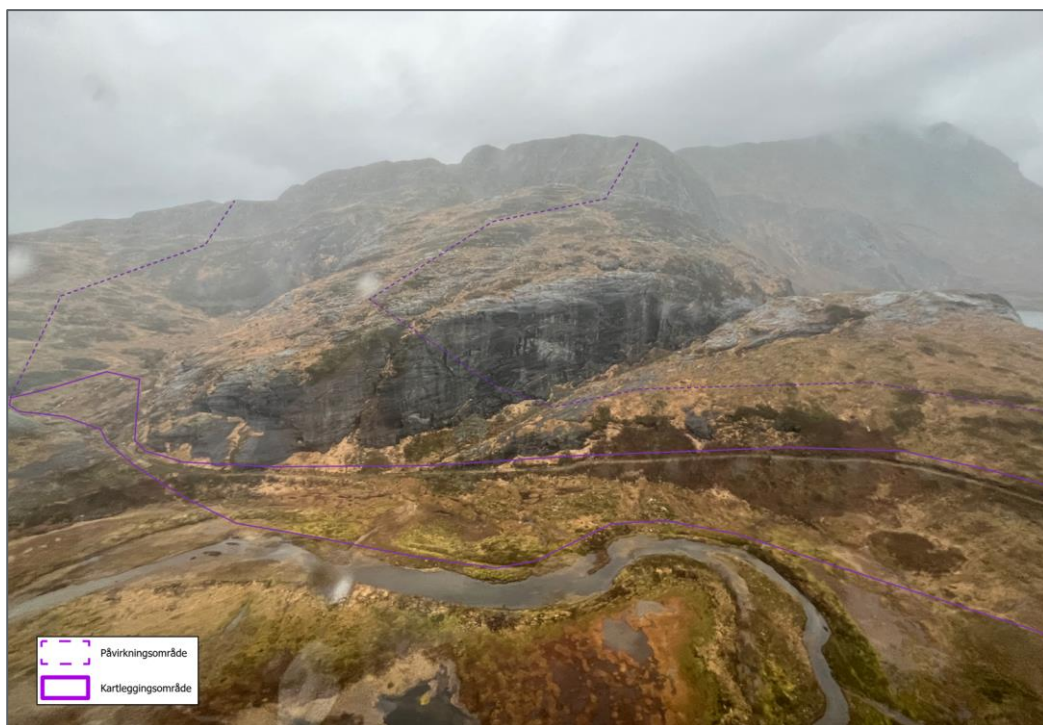
Midtre del av kartleggingsområdet (Figur 10) består av store flate områder, med en stor steil berghammer som er ca. 70-80 m høy. Berghammeren følger et definert gjel, Trollgjøtta, som går omtrent fra vest mot øst og ut av kartleggingsområdet og påvirkningsområdet. Lenger mot sør går det en skrent med 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 kupert 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.

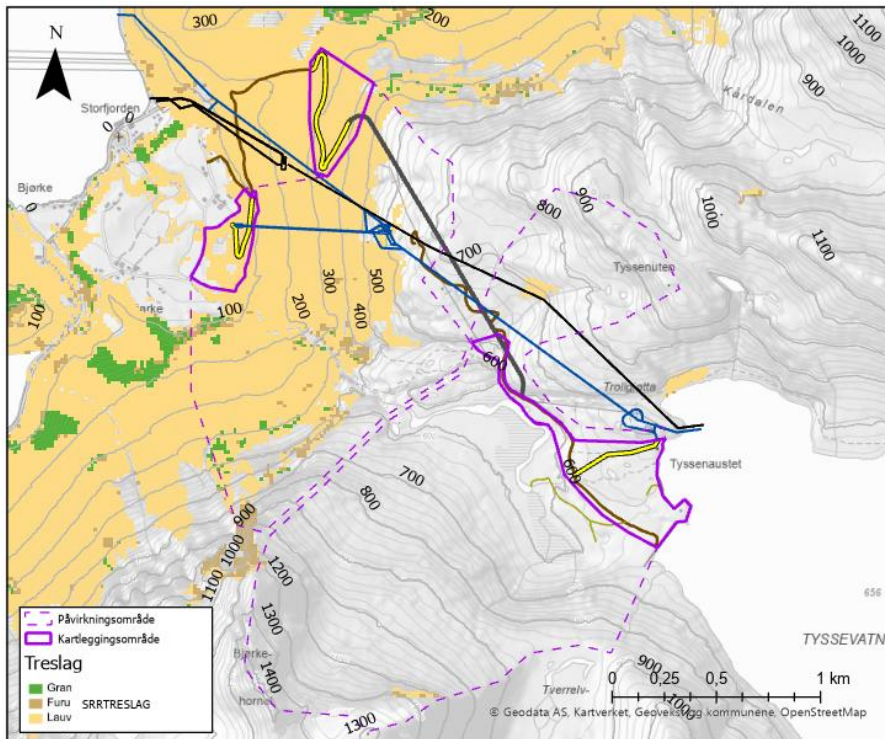
Kartleggingsområde 2:

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.

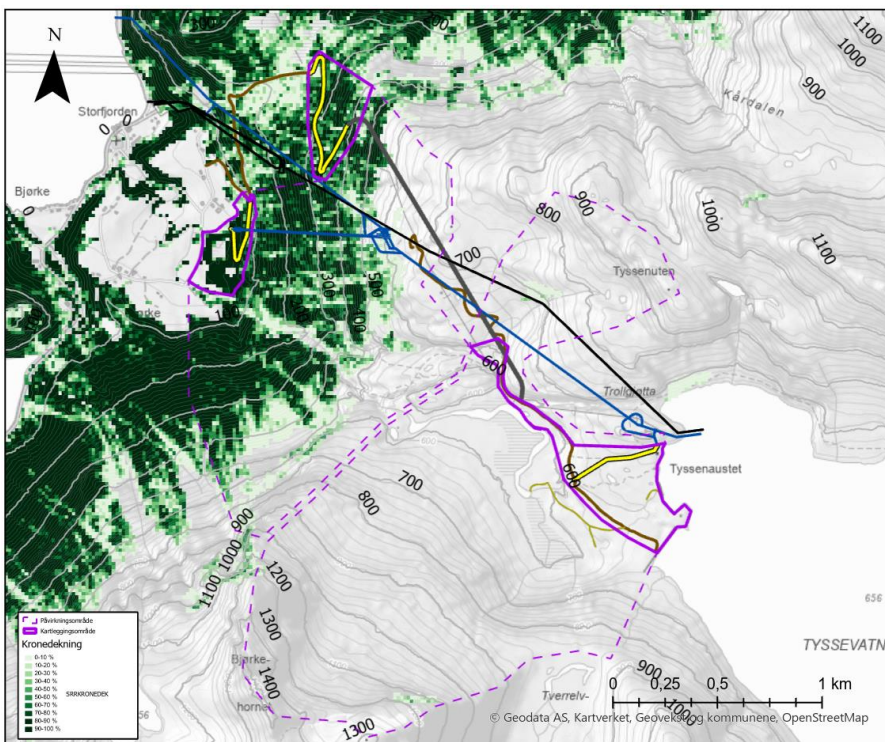
Kartleggingsområde 3:

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 treslag i området [8].

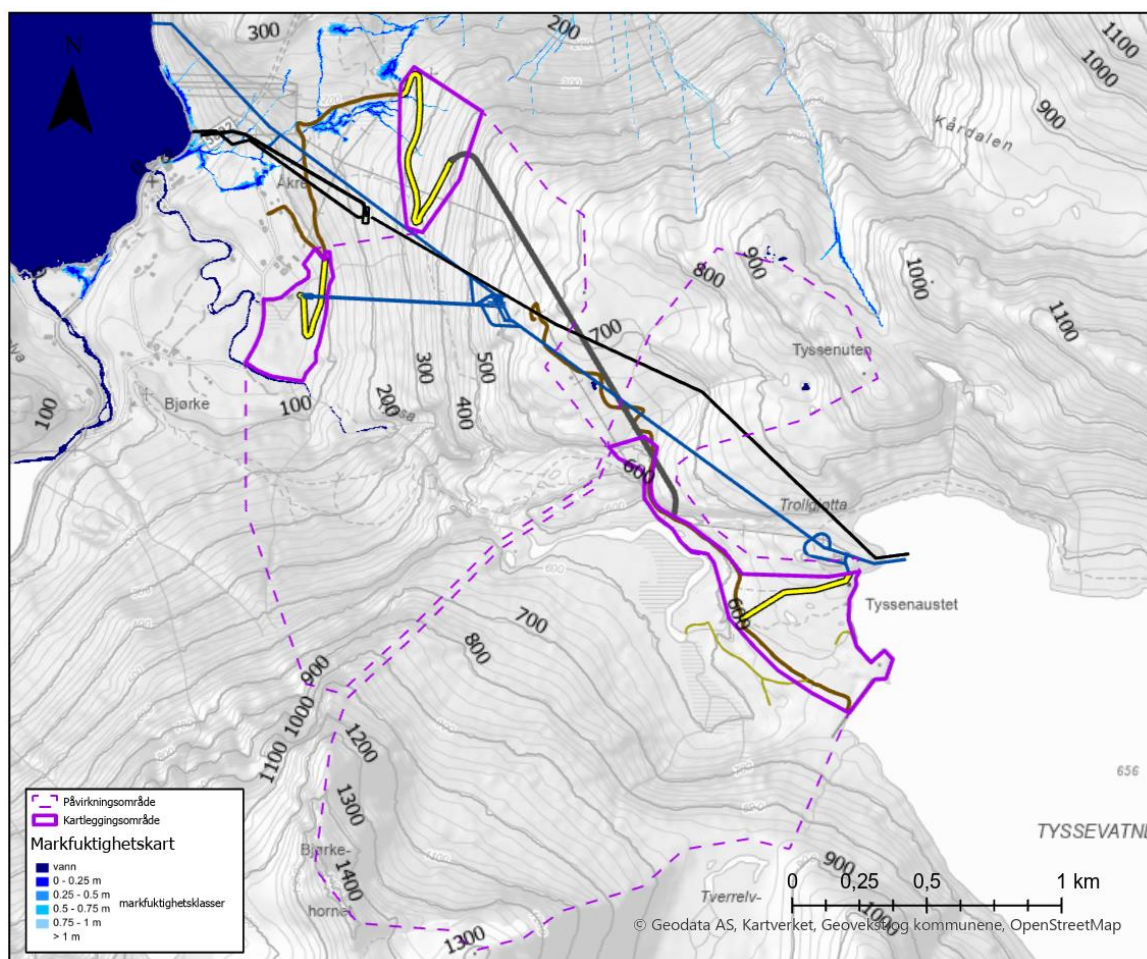


Figur 13 Kart fra NIBIO som viser kronedekning i området [8].

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 blant annet løsmassetype, stikkrenner eller klimadata.

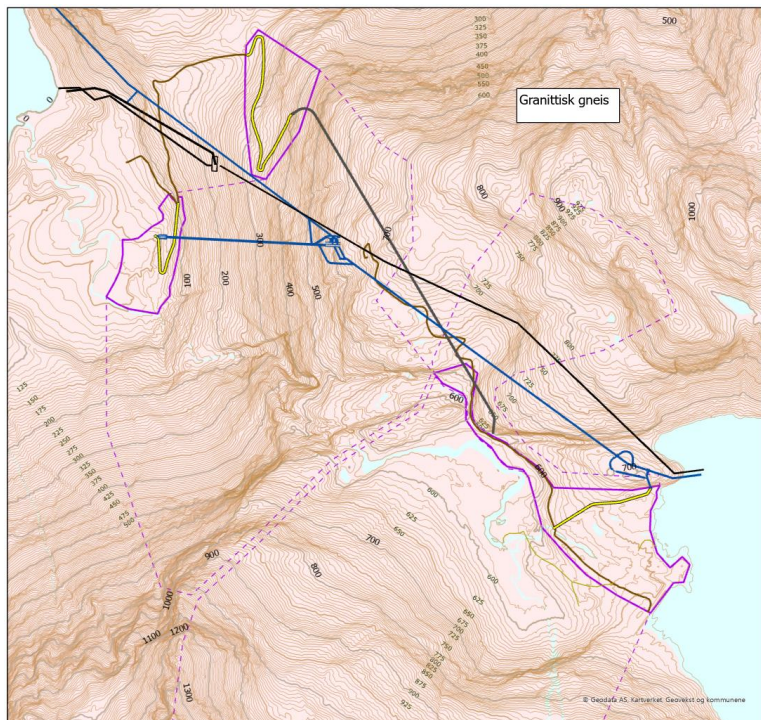
2.4 Berggrunn og løsmasser

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.

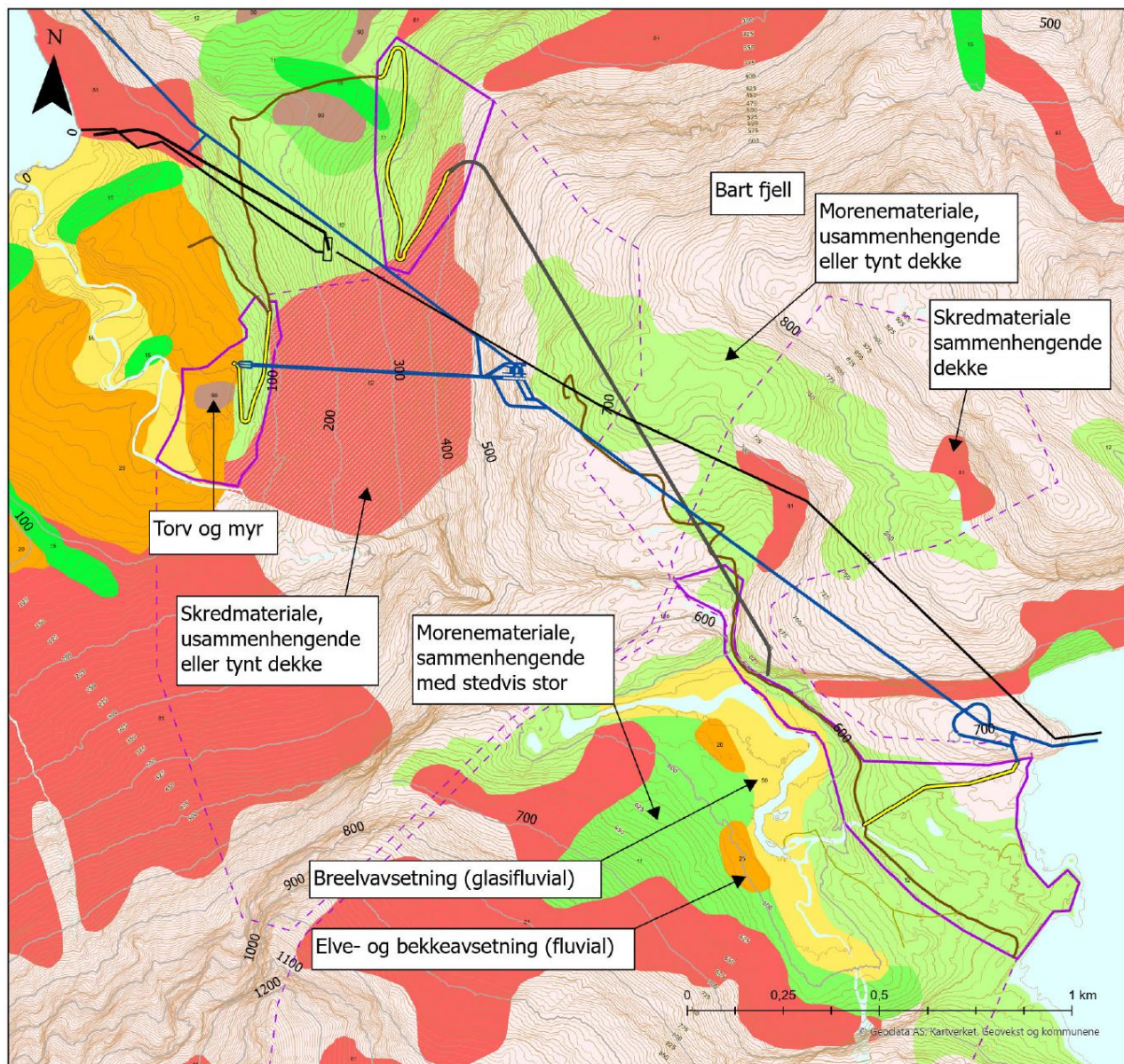
Figur 15 viser berggrunnskart over området, og antyder at hele området består av hovedbergarten granittisk gneis. Den granittiske gneisen består av bånd eller striper, noen steder migmatittisk og noen steder diorittisk til granittisk og noen steder øyegneis.

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 breelavsetning 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 befarings. 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.

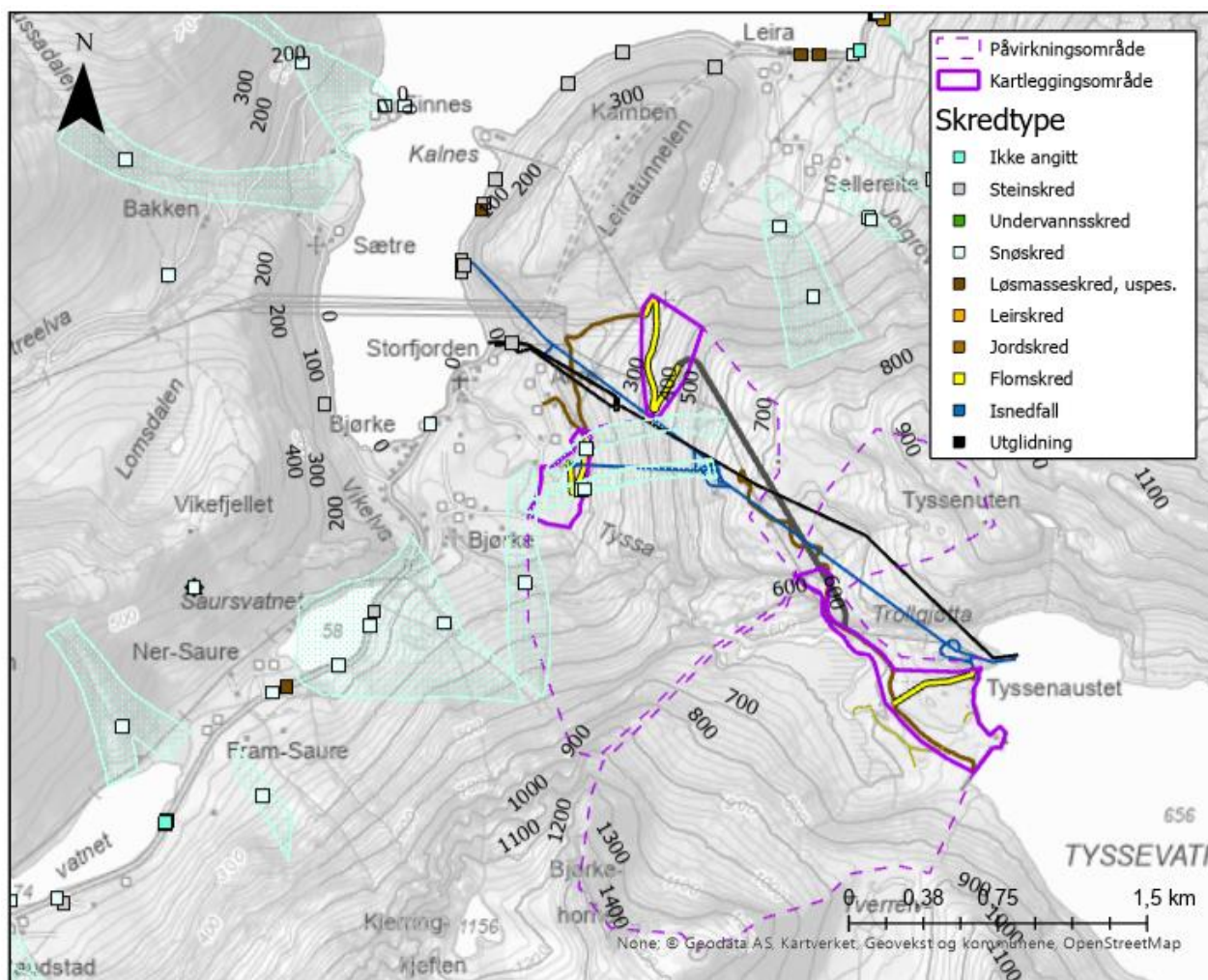
2.5 Aktsomhetskart

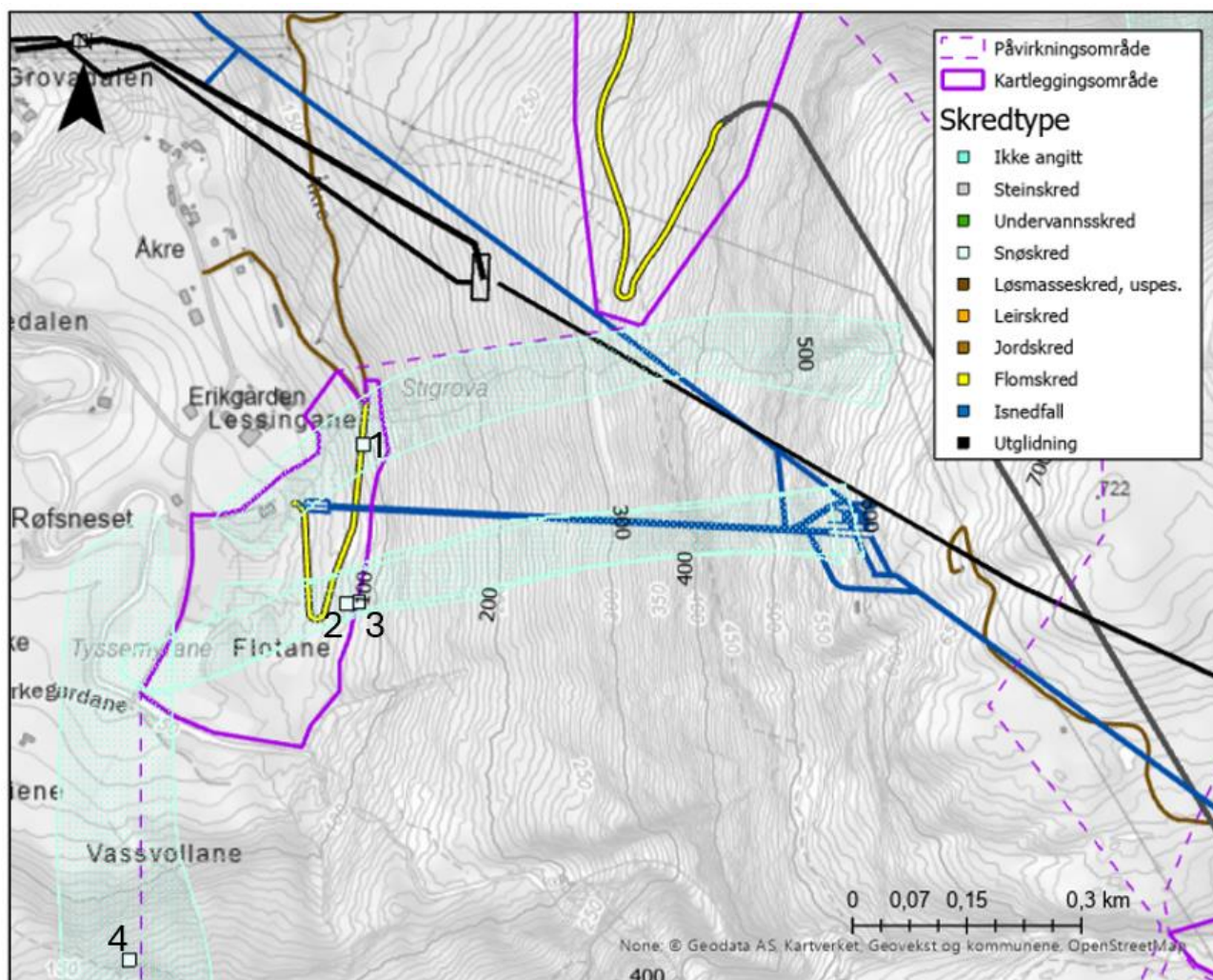
Vedlegg 3 viser aktsomhetskart (skred i bratt terreng) for jord- og flomskred, snøskred og steinsprang for hele området. Kartene antyder at stort sett hele kartleggingsområde 1 er innenfor aktsomhetsområder for alle skredtypene, og at hele kartleggingsområde 2 er innenfor aktsomhetsområder for snøskred 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 18 Kart som viser historiske skredhendelser som har gått ned mot kartleggingsområde 1 [7].

Tabell 2 Oppsummering av skredhendelser med nummerering angitt i Figur 9 og 10.

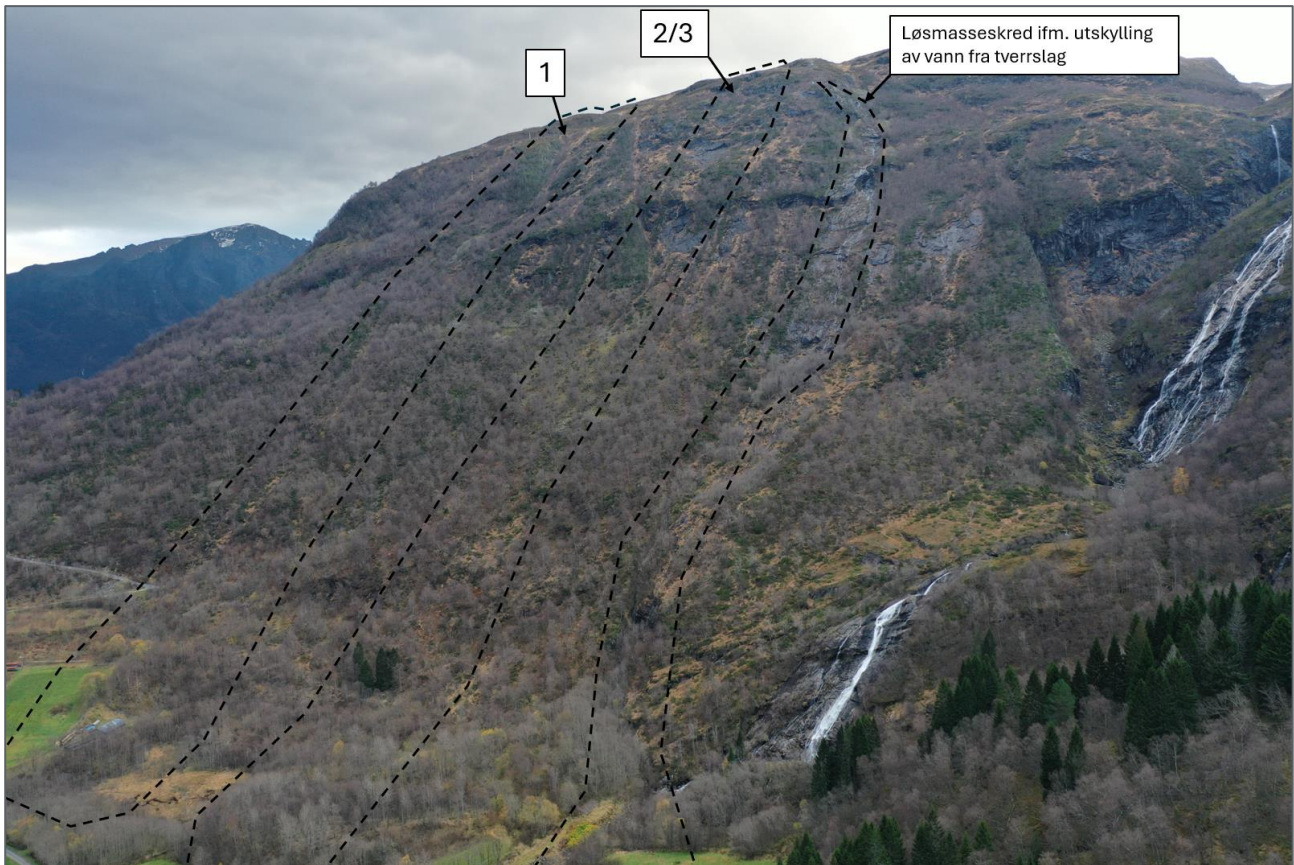
Nr.	Type skred	Dato	Kommentar
1	Snøskred	1870, eksakt dato usikker	Årstall og eksakt lokalisering usikkert
2	Snøskred	1870, eksakt dato usikker	Bredde ca. 75 m
3	Snøskred	1940, eksakt dato usikker	Årstall og eksakt lokalisering usikkert
4	Snøskred	1855, eksakt dato usikker	Bredde ca. 100 m

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

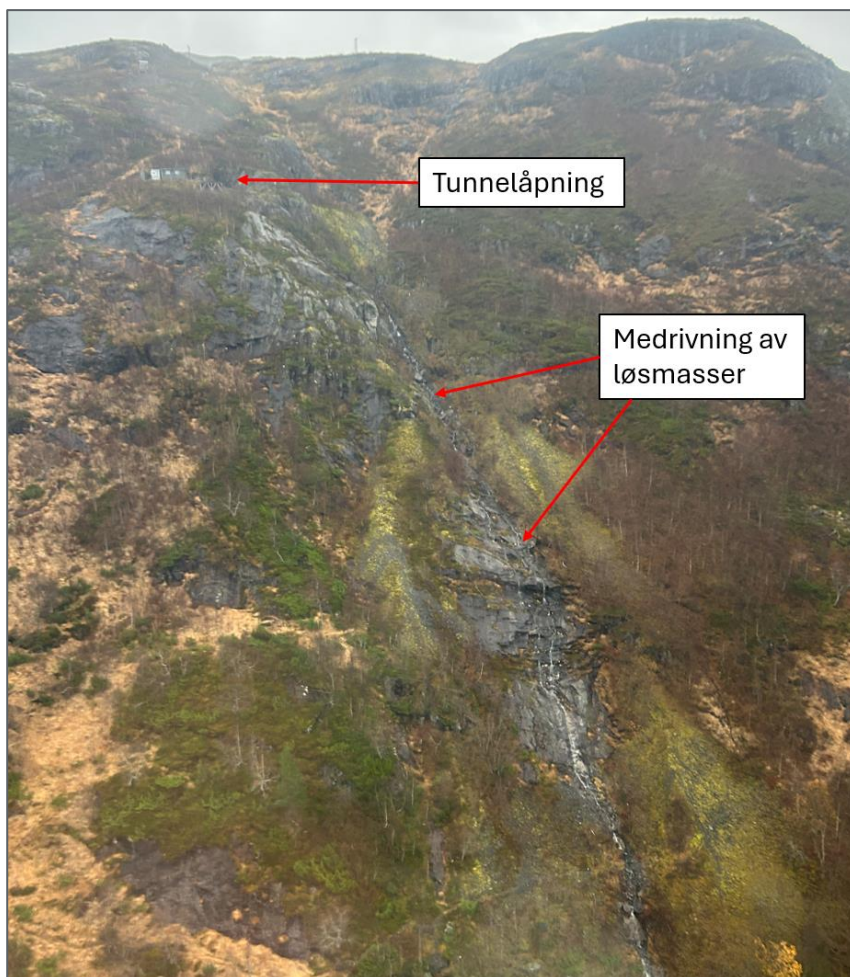
skred nr. 1, 2 og 3 i Tabell 2 og løsmasseskredet i Figur 19. Figur 21 viser tunnelåpningen og området hvor skredet løsnet. Skred nr. 4 antas å ha kommet fra sør, fra fjellsiden fra Bjørkehornet, men antas å ha truffet på vestsiden av kartleggingsområdet.



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 Klima

Figur 22 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.

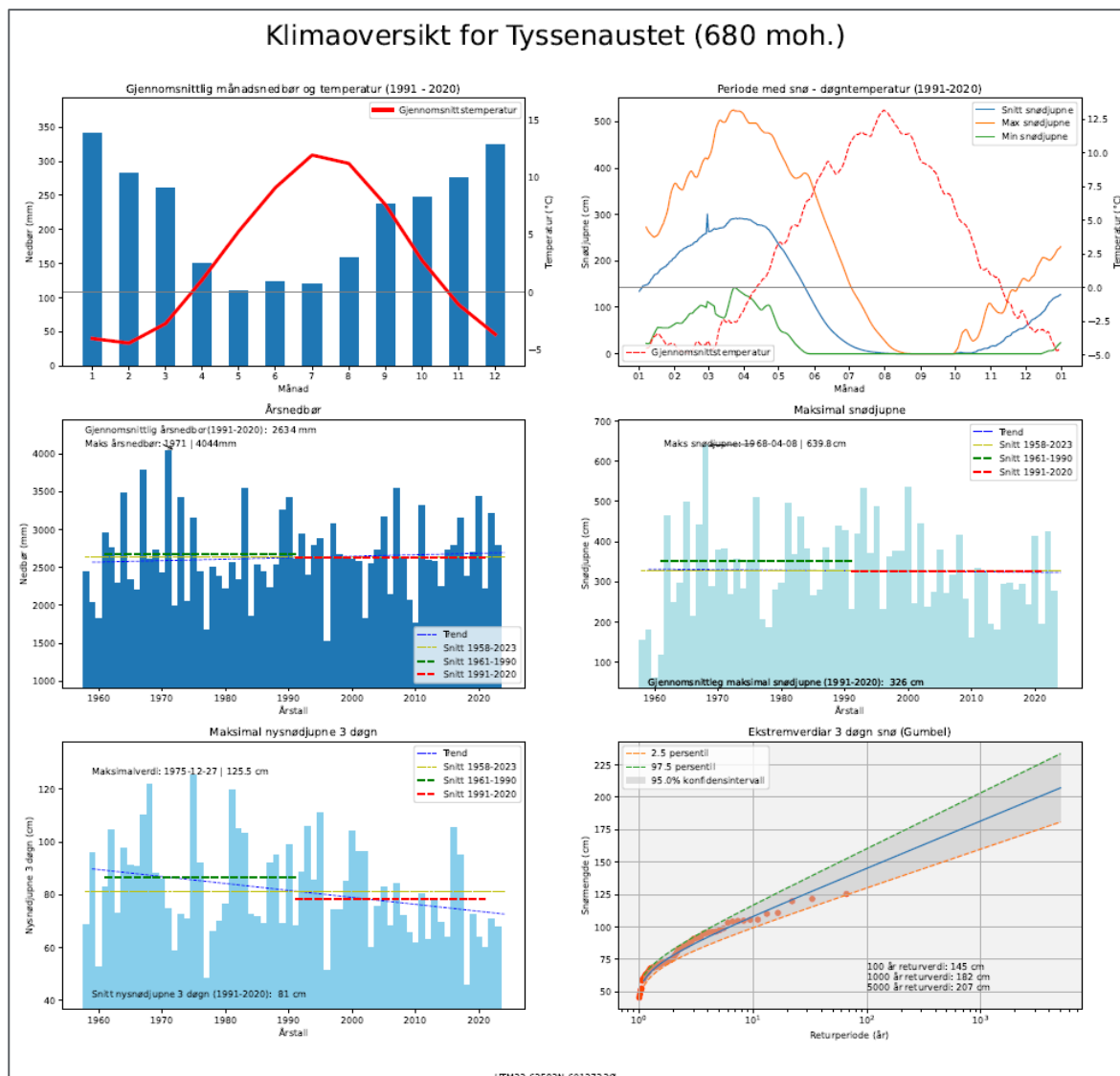
Gjennomsnittstemperaturer ved modellhøyden på 680 moh. i månedene fra og med november til og med april har ligget mellom +1,5 og -4,5°C i perioden 1991- 2020. Det er kun april av disse månedene hvor gjennomsnittstemperaturen er over 0°C. Mye av nedbøren som kommer i disse månedene vil dermed komme som 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).

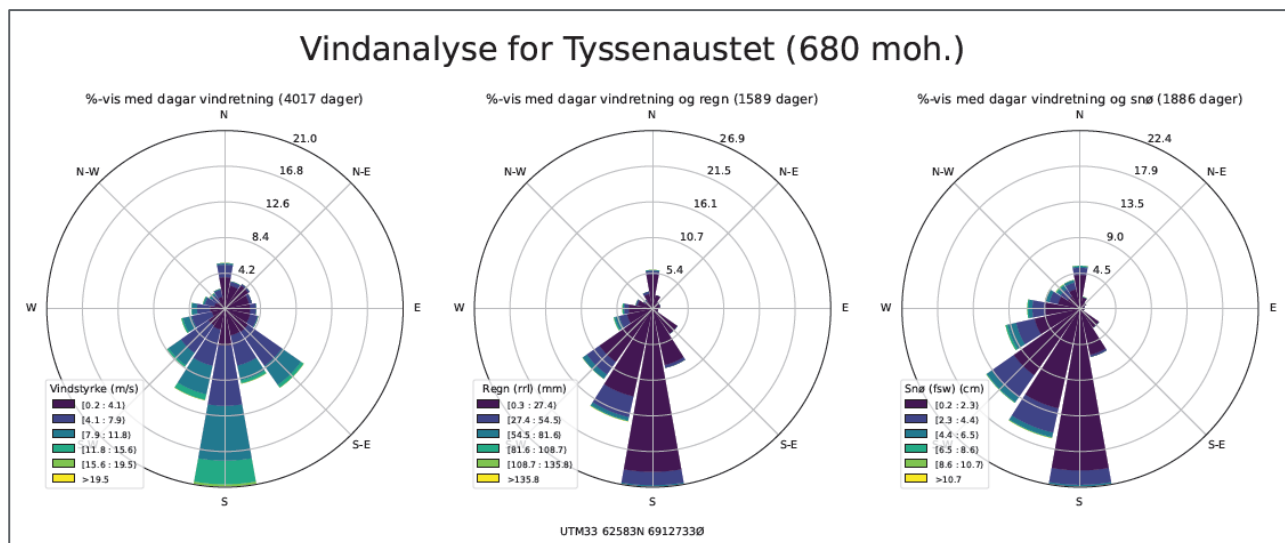
Figur 23 viser vindrose som er hentet fra AV-Klima og Figur 24 viser en vindrose som er hentet fra Norsk klimaservicesenter fra værstasjonen Eitrefjell på 690 moh. ved Ørsta [11], som er lokalisert ca. 17 km i retning nordvest. Vindrosen i Figur 24 er basert på vindmålinger fra og med november til og 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 25 viser et kart med gjennomsnittlig nedbørsmengde og Figur 26 et kart med gjennomsnittlig årlig snø-maksimum i perioden 1991-2020 [10], sammenlignet med en større del av Sør-Norge.

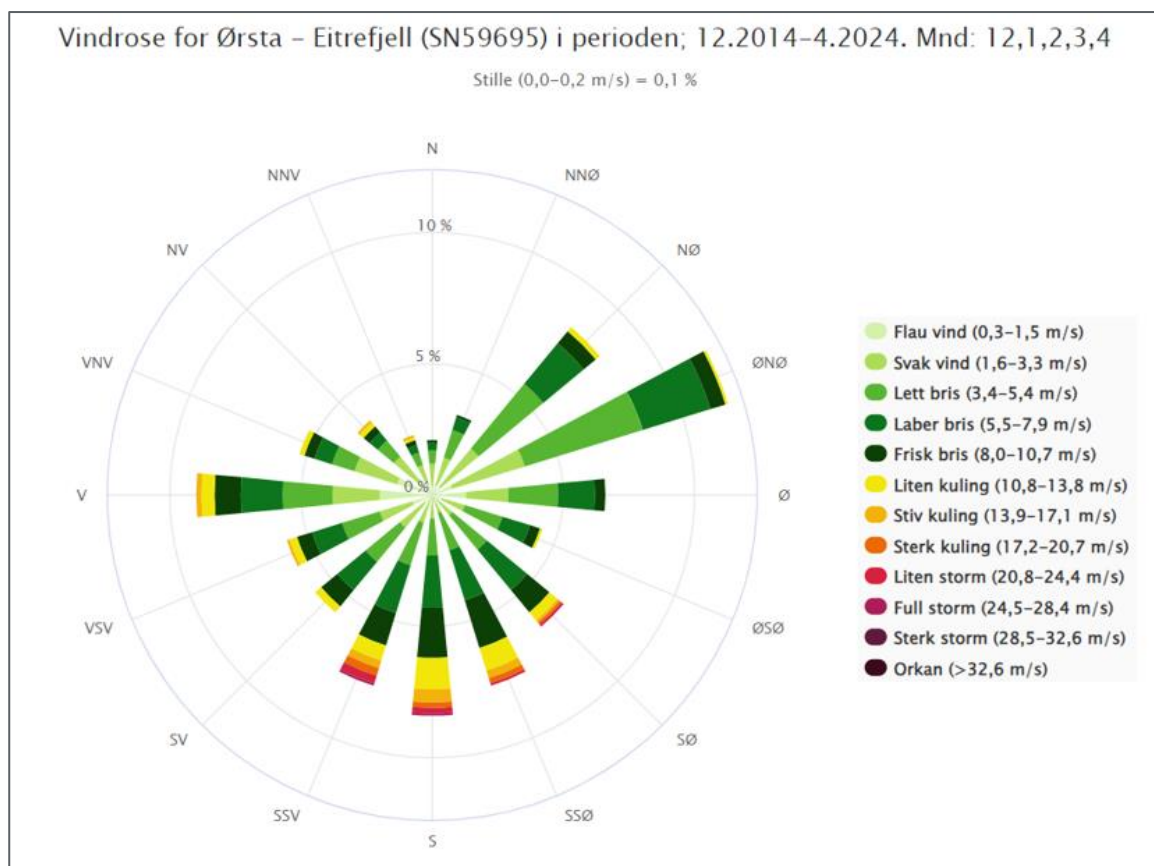
Klimaprofil for Møre og Romsdal [11] antyder endringer i klimaet fra perioden 2017-2100 sammenlignet med 1971-2000. Klimaprofilen antyder at middeltemperaturen i fylket er ventet å øke med rundt 4,0 °C, med en størst økning på vinteren, våren og høsten (4,0 °C) og minst for sommeren (3,5 °C). Årsnedbøren 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.



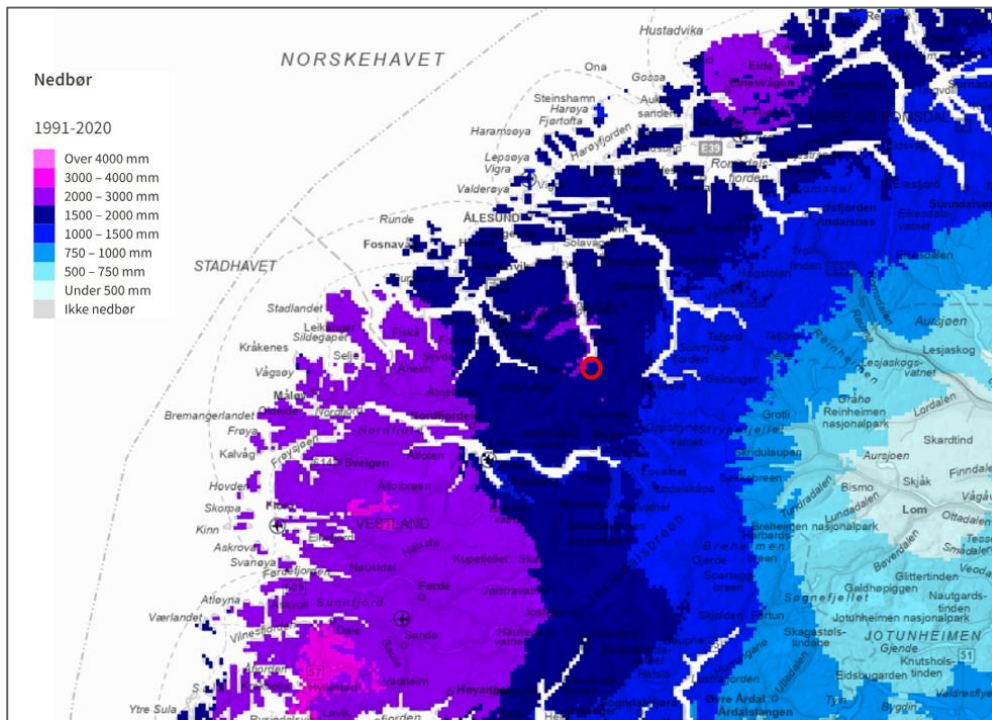
Figur 22 Klimaoversikt fra AV-klima som henter data fra NVE API griddede data. Datasettet tar utgangspunkt i snøkartene fra Xgeo (oppløsning 1 km x 1 km). Parametre som er benyttet er «Døgnsnedbør v2.0 – mm», «Døgntemperatur v2.0 - Celcius», «Snødybde v2.0.1 - cm», «Nysnø siste døgn - mm», «Nysnødybde 3 dager - cm», «Regn - mm», «Vindretning 10m døgn», «Vindhastighet 10m døgn - m/s». Modellhøyde for utvalgte klimaoversikt er 680 moh.



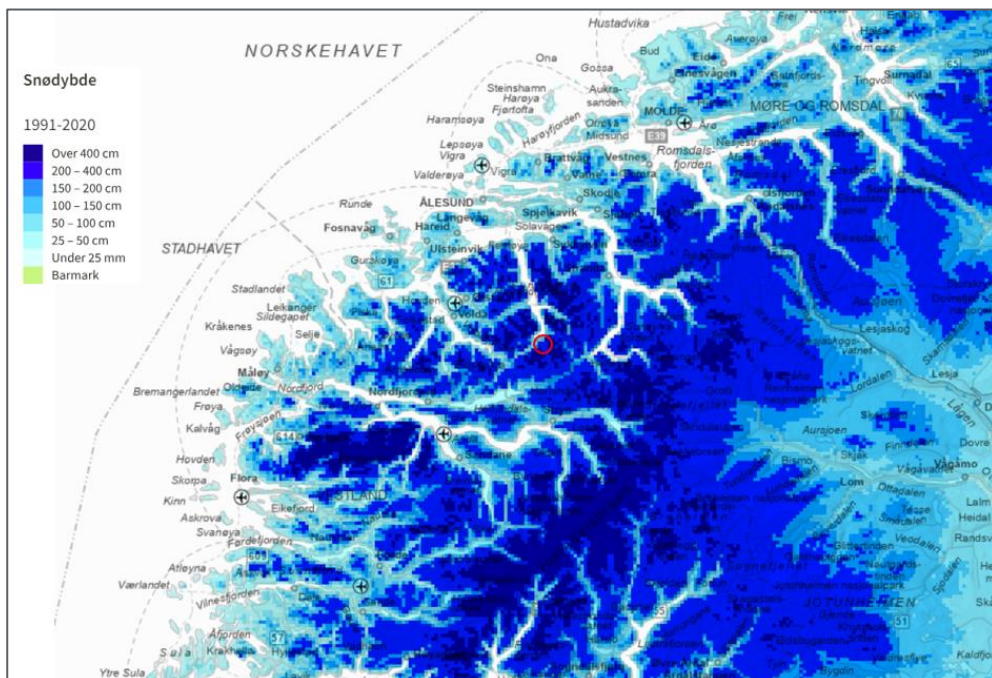
Figur 23 Vindrose innhentet fra AV-Klima fra området på ca. 680 moh. Vindrosen viser dominerende vindretninger, vindretninger med regn og vindretninger med snø.



Figur 24 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 25 Kart som viser gjennomsnittlig nedbørsmengde i perioden 1991-2020 [10]. Rød sirkel viser området ved Nye Tussa kraftverk.



Figur 26 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.

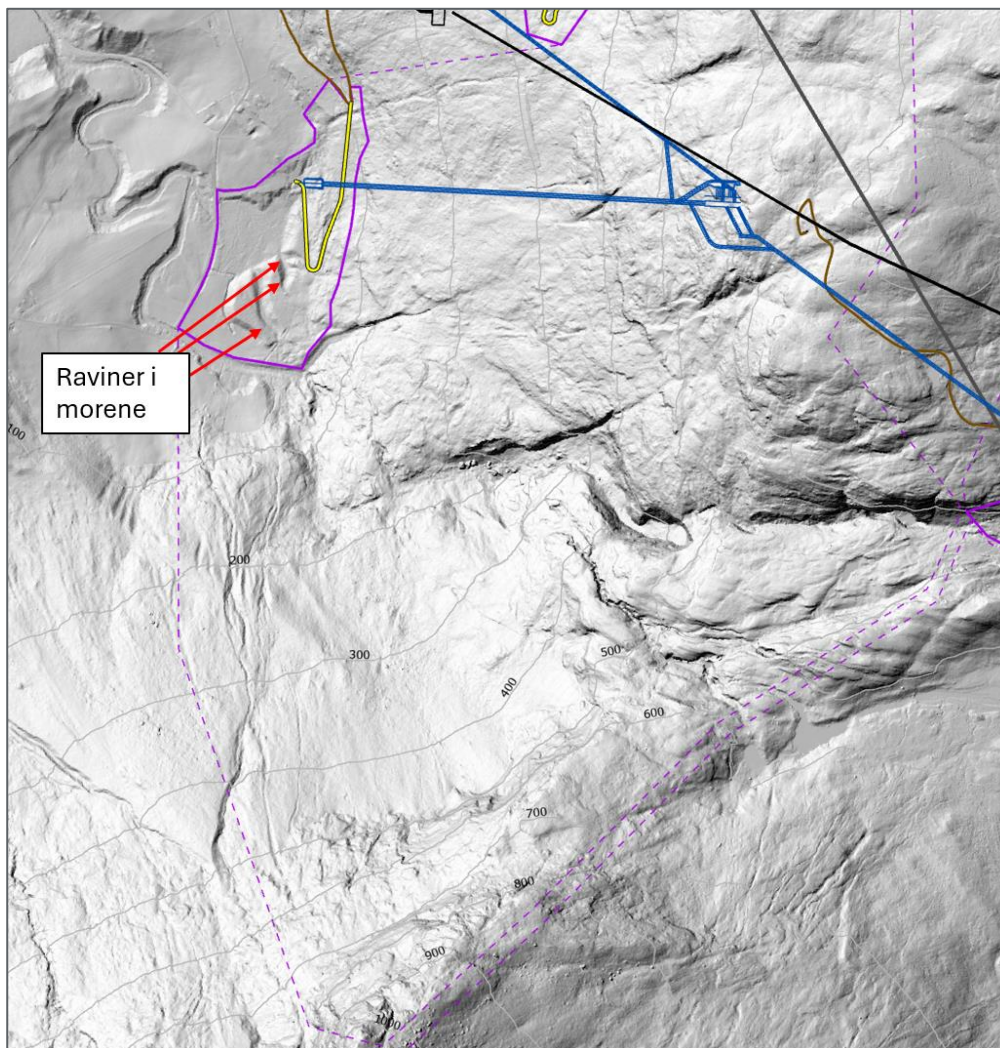
Det observeres steinblokker av ulik størrelse i nedre del og i foten av fjellsiden sør for kartleggingsområdet, fra små steinblokker og inntil 3-4 m³ i volum. Mange av disse steinblokkene stammer trolig fra steinsprang som har løsnet i fjellsiden, og noen antas å være moreneblokker. Det er observert 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 28 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 m³, 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 sprekkese sett går omtrent parallelt med fjellsiden, i tillegg til at det observeres flere steile sprekkese sett. 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 m³. 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 flattere området i foten av fjellsiden som består av myr og torv, eller ut i elva Tyssa (Figur 29). De mest definerte er markert i registreringskartet i vedlegg 4, og eksempler vises i Figur 30, 31 og 32. Bekkeløpene har gravd seg ned i morenemassene i foten av fjellsiden og dannet små ravier, se skyggerelieff i Figur 27. 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.

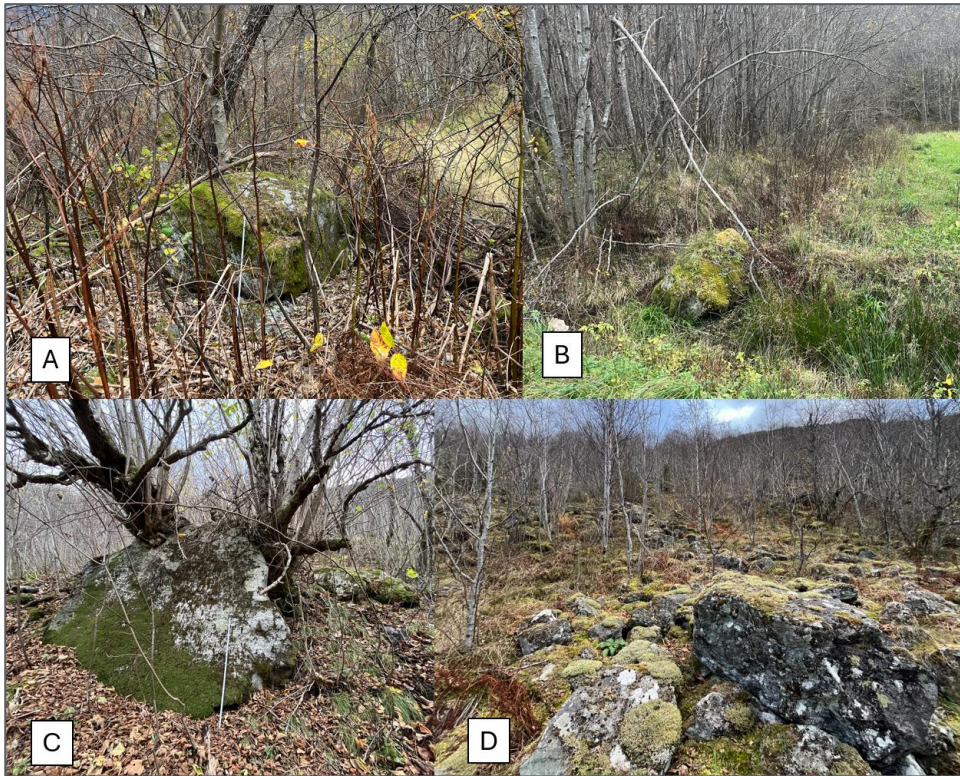
Det observeres lite skredskadet skog eller andre tegn til snøskredaktivitet i nedre del av fjellsiden. Fra ca. 200-250 moh. og oppover er det imidlertid åpne partier med lite eller ingen skog, som vitner om jevnlig snøskred- og steinsprangaktivitet. Flere steder i fjellsiden er berget eksponert, med 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 33 viser et oversiktsbilde av kartleggingsområdet. Figur 34, 35 og 36 viser dronebilder av fjellsiden øst for kartleggingsområdet. Figur 37 og 38 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.



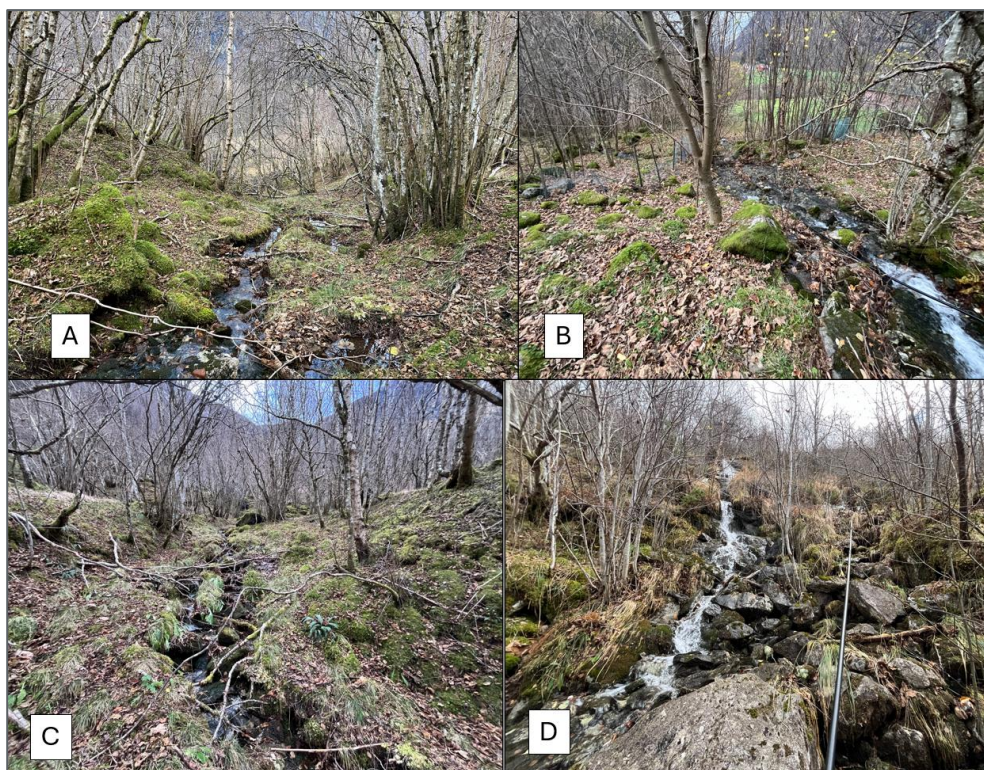
Figur 27 Skyggerelieff av kartleggingsområde 1 og påvirkningsområdet. Anvist hvor det er observert bekkeløp har gravd ut raviner i morene.



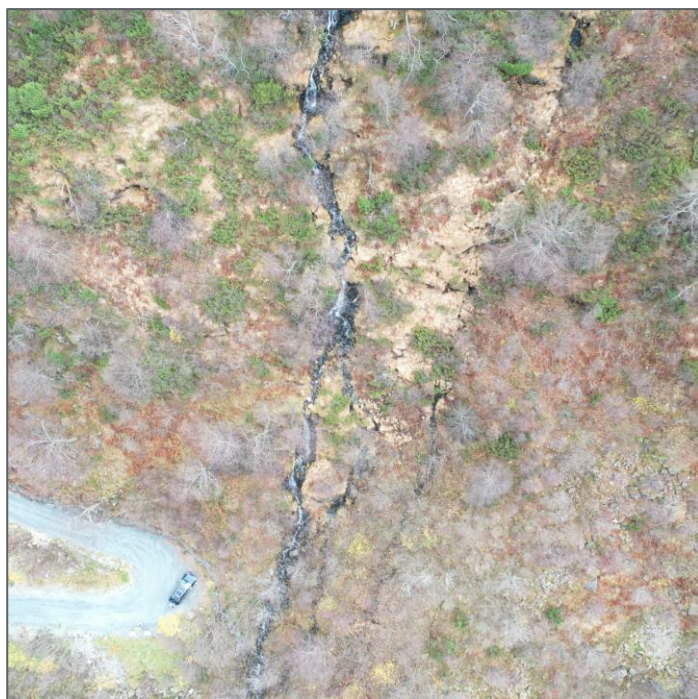
Figur 28 Observerte steinblokker som trolig stammer fra steinsprang fra fjellsiden. A) ved infopunkt 2, B) ved infopunkt 5, C) ved infopunkt 9, D) ved infopunkt 9. Opprinnelsen til blokk B er imidlertid usikker, da det kan være en moreneblokk.



Figur 29 Elva Tyssa sett fra infopunkt 1 og oppover fjellet mot øst.



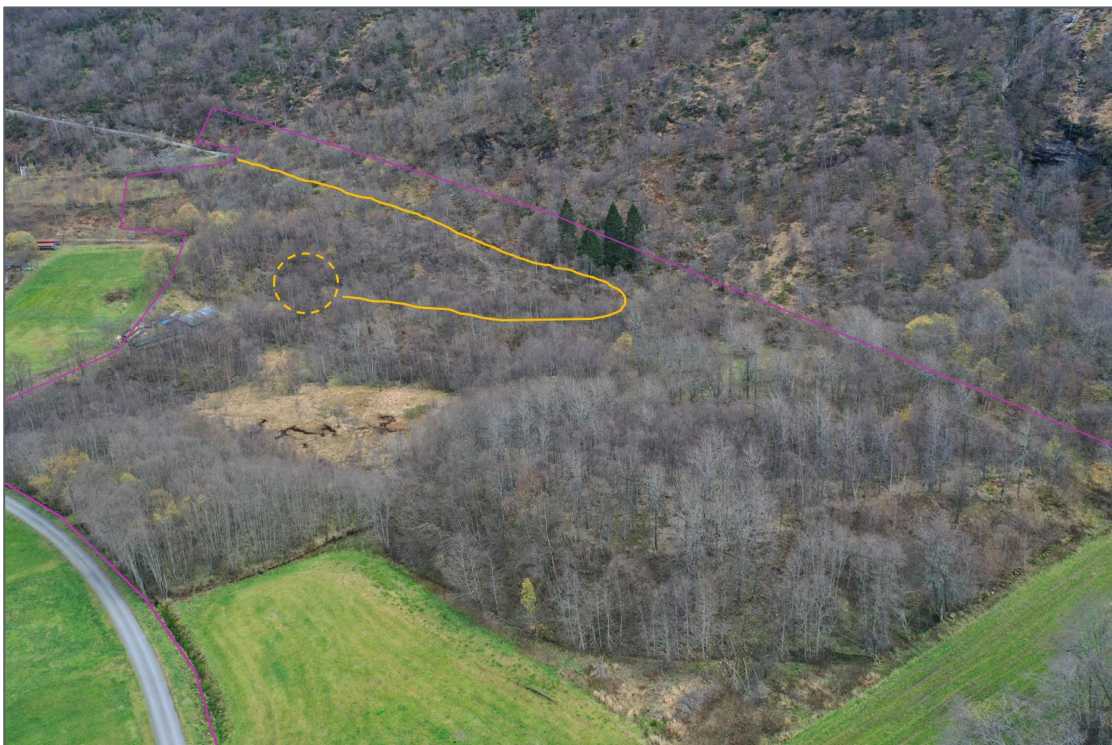
Figur 30 Raviner som er gravd ut av bekkeløp i morenemasser. A) Infopunkt 3, B) infopunkt 8, C) infopunkt 4, D) infopunkt 10. Bekkeløp A og C renner på morenemasser, B og D renner på stort sett bart fjell eller lite løsmasser.



Figur 31 Dronebilde av bekken som renner mot nordsiden av kartleggingsområdet. Bilde tatt ovenfra, ved infopunkt 10.



Figur 32 Dronebilde av bekken som renner mot nordsiden av kartleggingsområdet. Bilde tatt mot vest, ved infopunkt 10.



Figur 33 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 34 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 35 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 36 Dronebilde av øvre del av fjellsiden, av løснеområder for steinsprang og snøskred. Bilde tatt mot sørøst.



Figur 37 Potensielt løснеområde for snøskred sett fra helikopter, ved infopunkt 20. Bilde tatt mot øst.



Figur 38 Potensielt løснеområde for snøskred sett fra helikopter, ved infopunkt 20. Bilde tatt mot øst.

3.2 Kartleggingsområde 2

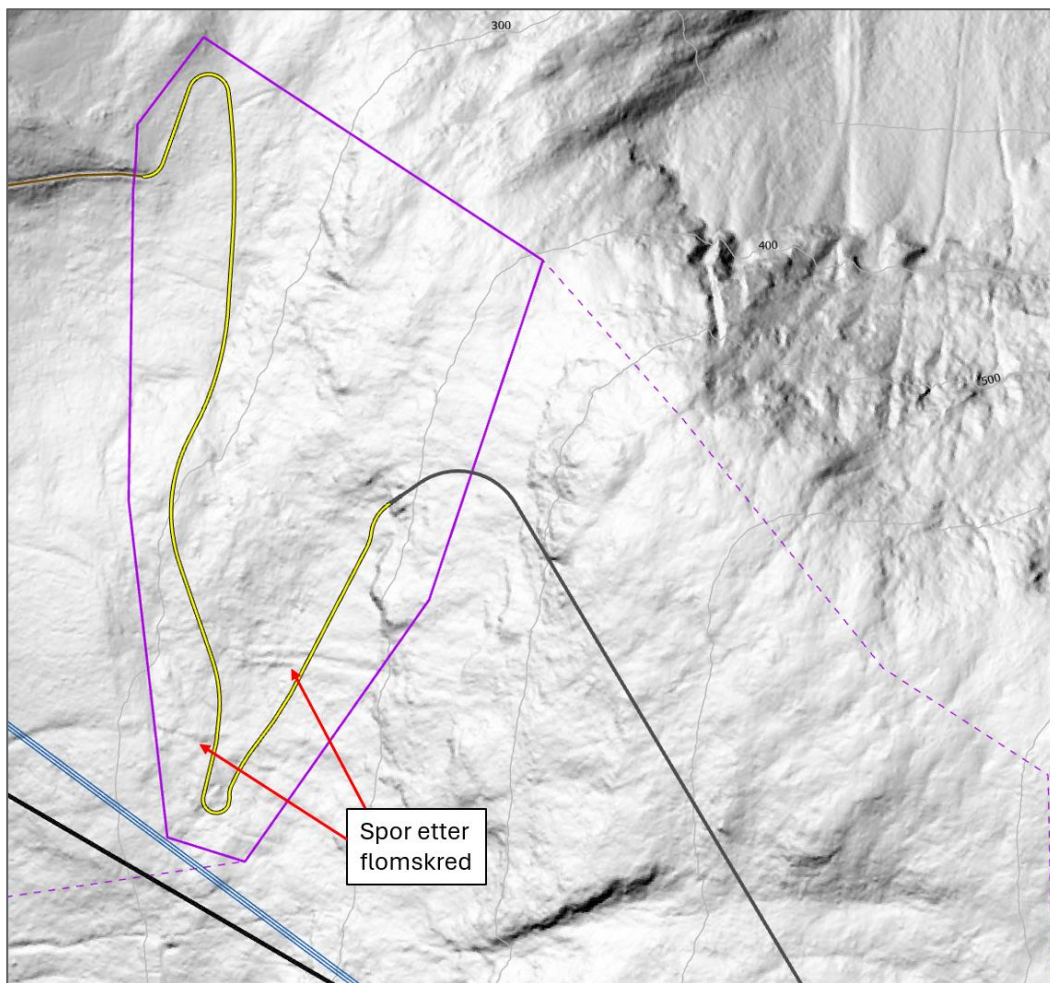
Det observeres steinblokker i øvre del av kartleggingsområdet og i påvirkningsområdet. Mange av disse steinblokkene stammer trolig fra steinsprang som har løsnet i fjellsiden, og noen antas å være moreneblokker. Steinblokkene har trolig løsnet i bergskrentene med eksponert berg som observeres i fjellsiden. Typisk observert blokkform er avlang og rektangulær og de fleste steinblokkene er rundt 1-1,5 m³, 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 flattere 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 løsmassedecke. I nedre del av kartleggingsområdet, i det flattere 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 39 viser observert spor i skyggerelieff og Figur 45 fra dronebilde.

Figur 40, 41, 42, 43 og 44 viser oversiktsbilder av kartleggingsområdet og påvirkningsområdet. Ca. plassering av mulig vegtrase og påhuggsområde er markert i bildene.



Figur 39 Skyggerelieff av kartleggingsområde 2 med påvirkningsområdet. Spor etter antatt flomskred anvist.



Figur 40 Fjellsiden som utgjør kartleggingsområde 2 og påvirkningsområdet. Bilde tatt ved infopunkt 11, mot sørøst.



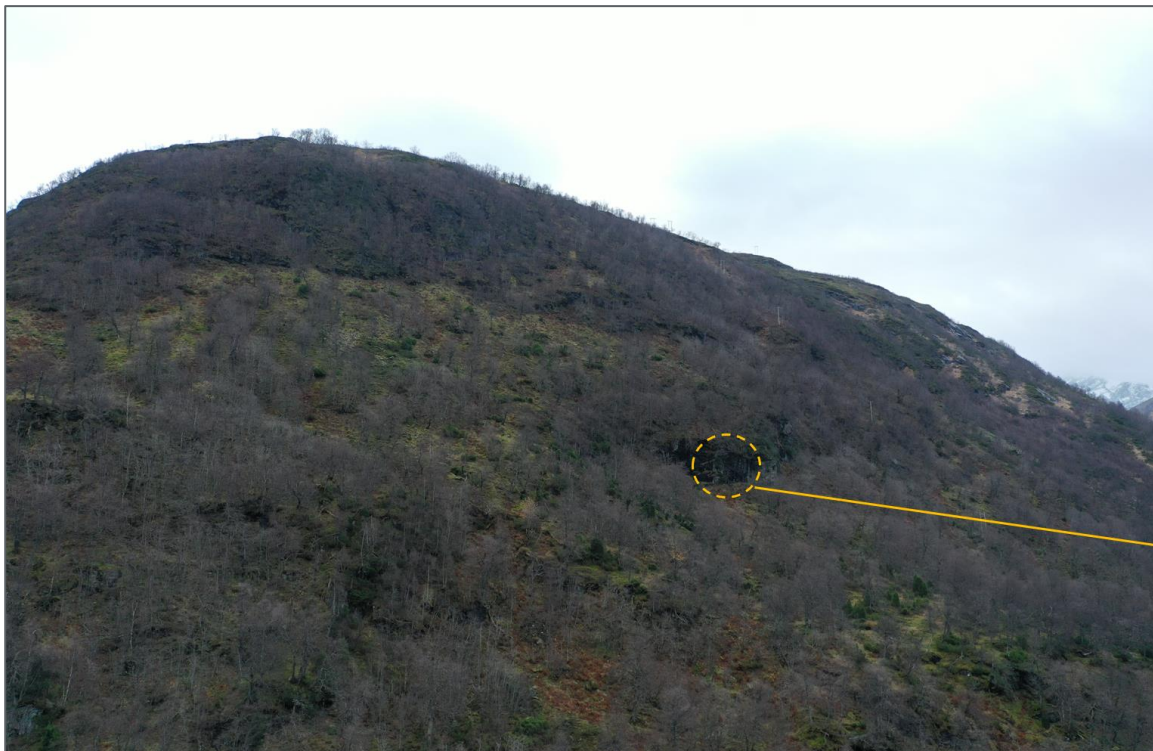
Figur 41 Dronebilde av fjellsiden. Ca. plassering av mulig påhuggsområde for tunnel vises med oransje stiplest sirkel og planlagt vegtrase med oransje linje. Bilde tatt mot sørøst.



Figur 42 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 43 Mulig påhuggsområde for tunnel. Bilde tatt mot øst.



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 sørøst.



Figur 45 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

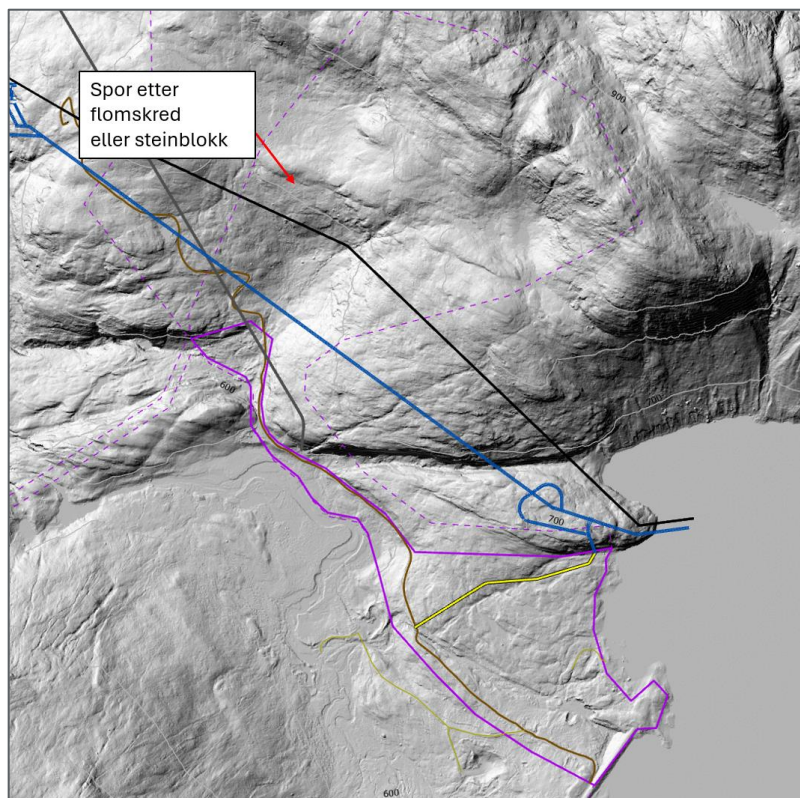
Nordlig del av kartleggingsområdet består av et kupert terreng, mange steder med bratte skrenter med eksponert berg. Nedenfor bergskrentene er det avsatt steinblokker som trolig stammer fra steinsprang. Berget er generelt kompetent og grovt oppsprukket, som gir potensiale for utfall av større steinblokker over 1 m³. 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 52 og 53 (infopunkt 15). Skrentene er ca. 5-40 m høye og består av eksponert berg, med en glatt overflate. Figur 49 og 50 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 47 og 48 (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 46). 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 49. 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 54, 55 og 56. Skrenten består av et tynt løsmassedecke 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 57 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 59 og 60. 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 46 Skyggerelieff av kartleggingsområde 3 og påvirkningsområdet. Spor etter lite flomskred eller steinblokk anvist.



Figur 47 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 48 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 49 Bratte bergskrenter på sidene langs dalføret helt nord i kartleggingsområdet ved infopunkt 16. Bilde tatt mot øst.



Figur 50 Lave bergskrenter helt nord i kartleggingsområdet ved infopunkt 17. Bilde tatt mot vest/nordvest.



Figur 51 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 52 Eksisterende veg som går gjennom et smalt juv, ved infopunkt 15. Bilde tatt mot sør.



Figur 53 Eksisterende veg som går gjennom et smalt juv, ved infopunkt 15. Bilde tatt mot sør.



Figur 54 Lav skrent langs eksisterende veg, ved infopunkt 12. Bilde tatt mot nord.



Figur 55 Lav skrent langs eksisterende veg, ved infopunkt 13. Bilde tatt mot sørøst.



Figur 56 Lav bergskrent langs eksisterende veg, ved infopunkt 13. Bilde tatt mot nordvest.



Figur 57 Høy og steil berghammer ved infopunkt 14 som går langs det definerte gjelet Trollgjøtta. Bilde tatt mot øst.



Figur 58 Høy og steil berghammer langs eksisterende veg ved infopunkt 14. Bilde tatt mot nordvest.



Figur 59 Bratt bergskrent hvor det er planlagt påhugg helt øst i kartleggingsområdet ved Tyssevatnet, ved infopunkt 18. Bilde tatt mot nord.



Figur 60 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 et snøskred som kan forventes med et gjentakintervall på 1/100.

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 gjentakintervall 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. Simuleringen antas å gi et noe konservativt men samtidig realistisk scenario for et snøskred med et gjentakintervall på 1/100, det vil si et snøskred som statistisk sett forekommer hvert 100. år.

For fastsetting av gjennomsnittlig bruddhøyde er det tatt utgangspunkt i maksimal nysnødybde på 3 døgn (145 cm) med et gjentakintervall på 100 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. Fjellsideparallele 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. Snødybden er høydekorrigert med ca. 3-5 cm, 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. Bruddhøyden er dermed fastsatt til 0,8 m, med en korreksjonsfaktor for gjennomsnittlig helning i løsneområdet på ca. 0,7. For enkelhets skyld er det 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 overens med kjente historiske skred.

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 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 3 gir en oppsummering av løsnevolum, høyde, bredde og lengde for de tre løsneområdene. Tabell 4 gir en oppsummering av valgte input-parametere som er benyttet for simuleringen.

Tabell 3 Løsnevolum, høyde, bredde og lengde for de tre løsneområdene. Det er benyttet en bruddhøyde på 0,8 meter for alle løsneområdene. Det henvises til vedlegg 5 for plassering av løsneområdene.

Løsneområde	Løsnevolum	Høyde	Bredde x lengde
1 (lengst nord)	7 315 m ³	Ca. 510 - 580 moh.	Ca. 70 x 110 m
2	6 518 m ³	Ca. 530 - 600 moh.	Ca. 110 x 60 m
3 (lengst sør)	10 807 m ³	Ca. 480 - 550 moh.	Ca. 130 x 90 m

Tabell 4 Valg av input-parametere benyttet for simulering av snøskred i RAMMS Avalanche for et skredscenario med antatt nominell sannsynlighet på 1/100.

Inputdata:	Verdi:	Merknad:
Oppløsning, terrengmodell	5 m	
Antall løsneområder	3	Simulert separat, ikke samtidig.
Bruddhøyde	0,8 m	
Løsnevolum	Se Tabell 3	
Skog	Nei	
Gjentaksintervall	100 år	1/100
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. 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. Simuleringene antyder at hastigheten til skredene vil bremse fort når de når kartleggingsområdet og går ut i det flatere området.

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 5 oppsummerer input-parameter som er benyttet for simuleringen.

Tabell 5 Input-parameter til steinsprangsimuleringen i RAMMS Rockfall.

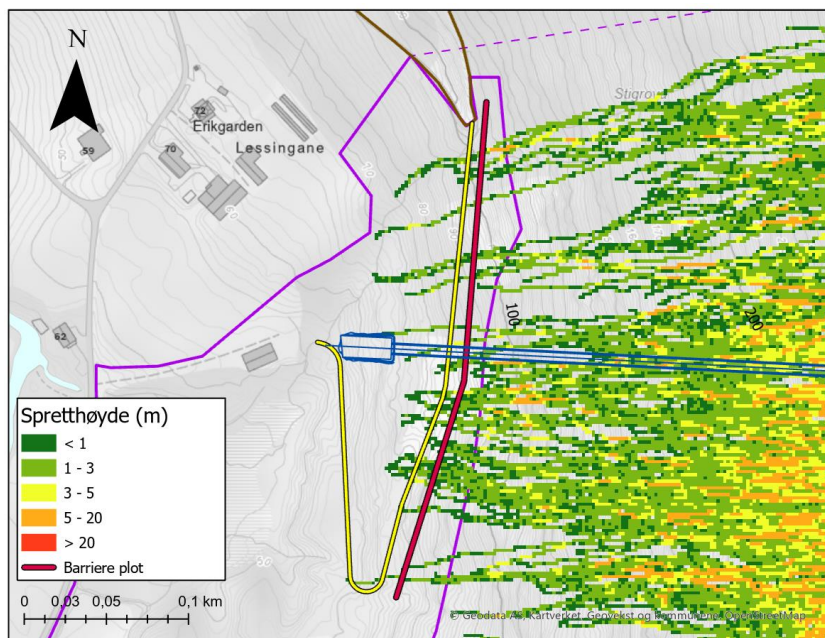
Inputdata:	Verdi:	Merknad:
Oppløsning, terrengmodell	2 m	
Terrengparameter	Øvre del av fjellside: Hard Nedre del av fjellside: Medium Flate nedenfor fjellside: Medium soft	
Blokkform	Real_Flat_1.8.pts	Rektangulær, lang form. Vanlig observert blokkform.
Blokkvolum	1,29 m ³	Vanlig observert blokkvolum.
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

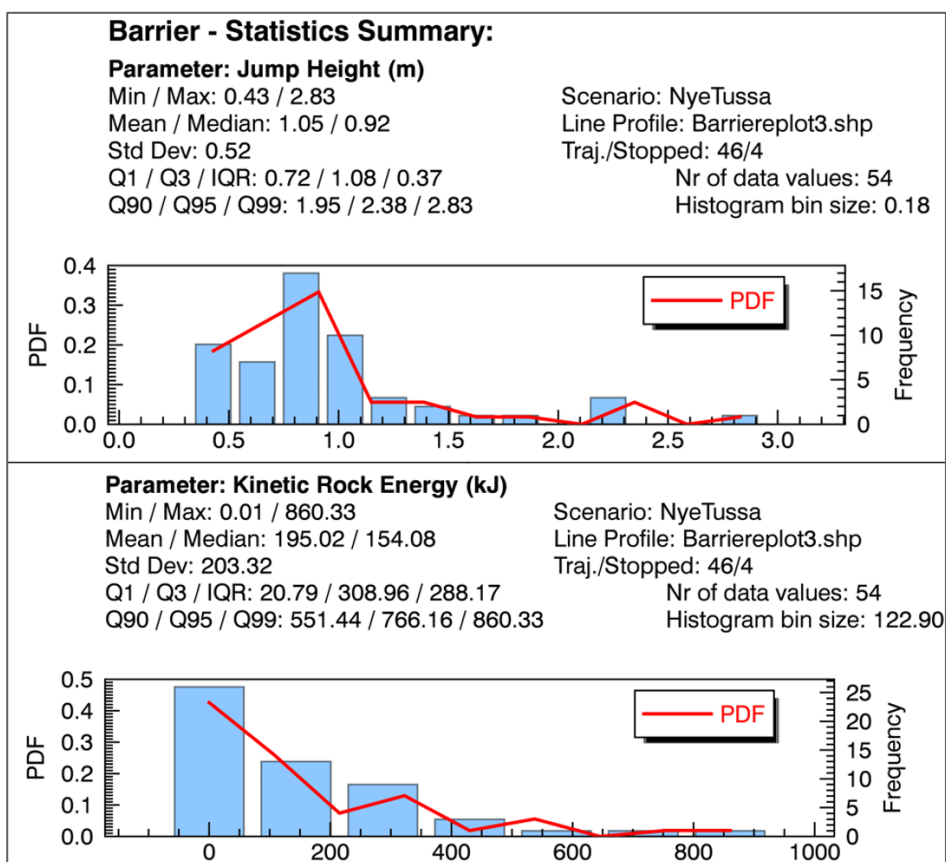
Vedlegg 6 viser resultater av simuleringene av steinsprang med antall steinblokker, antall avsatte steinblokker, kinetisk energi og spretthøyde. Resultatene fra simuleringene antyder at mange av de totalt 1680 simuleringene vil stoppe før de når kartleggingsområdet, og at de som når kartleggingsområdet 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 på samme måte som resultatet fra snøskredsimuleringen i kapittel 4.1 antyder. Dette gjør at færre steinsprang vil treffe sørlig del av kartleggingsområdet.

Figur 61 viser plassering av et barriere plot hvor det er hentet inn statistikk på spretthøyde og kinetisk energi for de simulerte steinsprangene. Figur 62 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 61 Plassering av barriere-plot hvor det er tatt ut statistikk om spretthøyde på steinsprang.



Figur 62 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. 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.

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 løснеområdene 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. 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 løśnieområdene. Vind fra nordvest vil komme inn fra siden i fjellsiden, så det kan likevel transporteres noe snø inn i løøgneområdene 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 løøgneområder enn det nedbørsførende vindretninger gjør. Dette skjer i sjeldnere værhendelser, og det kan ikke utelukkes at det likevel akkumuleres store mengder snø inn i løøgneområdet fra østlig vindsektor og at dette kan resultere i store flakskred.

Resultat fra simulering av snøskred med antatt gjentakintervall 1/100 antyder at snøskred som løsner fra potensielle løøgneområder 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 63 illustrerer hvordan skredmasser i større grad vil kanaliseres mot sørvest i den sørlige delen.

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 °C, 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.

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 løснеområder 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 løснеområder 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 63). 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.



Figur 63 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). Resultater av snøskred og steinsprang bekrefter dette. Bilde tatt mot nordøst.

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. Terrengnet like over skoggrensen består av et område med en konveks terrengformasjon mellom det flatere terrengnet 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. Observerte utløpslengde for tidligere steinsprang som har løsnet fra bergskrentene er kort. Foruten bergskrentene er terrengnet 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 veggen 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 steinsprang. 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 høyere liggende 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 veggen og tilkomst, da det tidvis kan være omfattende snøfokk i området og gå små snøskred som blokkerer veggen.

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.

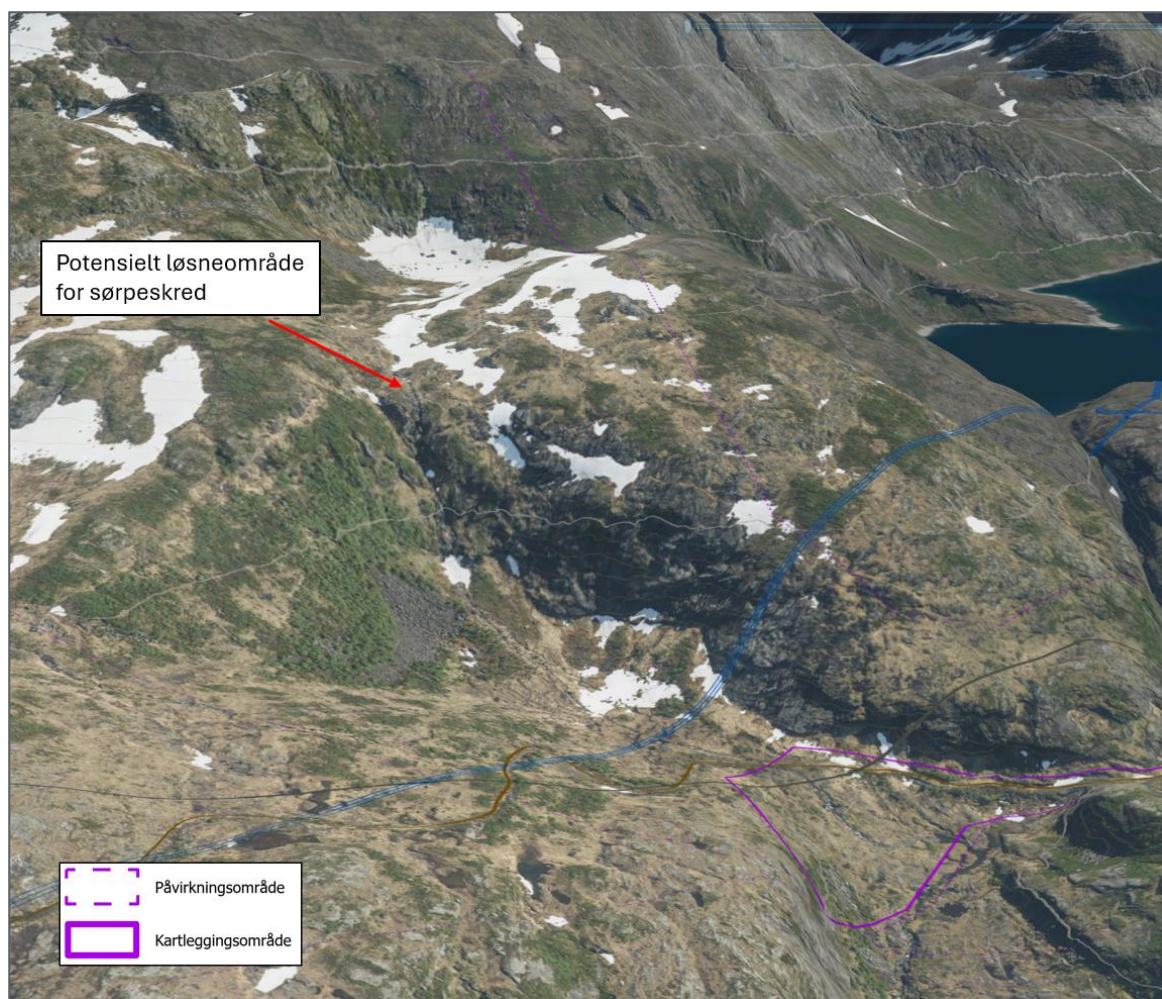
Sørpeskred:

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 64 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 hengt 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 løsesannsynlighet 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 $\geq 1/1000$), 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 64 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. Det vurderes at det er høyest sannsynlighet for at snøskred og steinsprang 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, og at sannsynligheten er lavere for at skredmasser treffer dette området med betydelig skadepotensiale.

Dersom påhugget plasseres i midtre eller nordlig del av kartleggingsområdet anbefales det å vurdere permanent sikringstiltak for å øke sikkerheten mot skred. Sikringstiltak er nærmere omtalt i kapittel 7.

Behovet for sikringstiltak vil være mindre dersom påhugget flyttes til den sørlige delen av kartleggingsområdet. Dette må imidlertid vurderes nærmere når sikkerhetsklasse (største nominelle årlige sannsynlighet) er fastsatt, da strengere sikkerhetsklasse enn S1 vil medføre større og mer konservative skred enn det som er simulert og vurdert i denne rapporten.

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 Vurdering av permanent sikringstiltak

Dersom påhugget plasseres i den nordlige eller midtre delen av kartleggingsområde 1 anbefales det å vurdere permanent sikringstiltak for å øke sikkerheten mot skred. Dimensjonerende skredtype i dette området er snøskred, og sikringstiltaket må derfor dimensjoneres for denne skredtypen.

Behovet for sikringstiltak må vurderes nærmere når sikkerhetsklasse (største nominelle årlige sannsynlighet) er fastsatt, da strengere sikkerhetsklasse enn S1 vil medføre større og mer konservative skred enn det som er simulert og vurdert i denne rapporten. Under er en overordnet vurdering.

7.1 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 66). 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 skredvullen 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 67 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.

7.2 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 flyte høyde og volum
- Skredtype; Sørpe, vått eller tørt

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

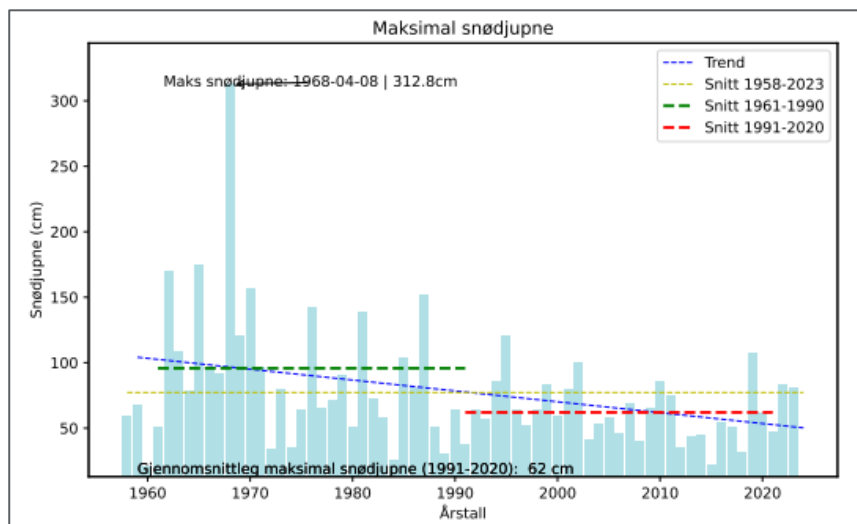
$$H_{voll} = \frac{kv^2}{2g} + H_{skred} + H_{snø}$$

Hvor:

- H_{voll} = nødvendig vollhøyde
- v = skredets hastighet
- k = konstant, varierer mellom 0,6 og 1,0
- H_{skred} = skredets flyte høyde
- $H_{snø}$ = 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 flyte høyde 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 flyte høyden inntil 0,5 m. Figur 65 viser et utdrag fra en klimaanalyse fra AV-klima [9] fra området med modell høyde 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 snø høyde i fronten av vollen på 1-1,5 m.

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



Figur 65 Utdrag fra klimaanalyse fra AV-klima [9] fra Bjørkegardane i området med modell høyde på 44 moh. som viser maksimal snødybde.



Figur 66 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 67 Eksempel på plassering av en fangvoll (markert i blått) for å øke sikkerheten mot snøskred for et påhuggsområde. I dette tilfellet er fangvollen plassert på nedsiden av vegtraseen, og like over (øst for) påhuggsområdet. Lilla linje viser ca. plassering av kartleggingsområdet, oransje stiplet sirkel planlagt påhuggsområde og oransje linje planlagt ny vegtrase. Bilde tatt mot nordøst.

7.3 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 er fastsatt, og når endelig sikkerhetsklasse (største nominelle årlige sannsynlighet) er fastsatt.

Vurderingen i dette tilfellet er basert på skredsimuleringer med antatt gjentakintervall på 100 år (nominell årlig sannsynlighet 1/100), noe som tilsvarer sikkerhetsklasse S1. Sikkerhetsklasse S2 og S3 vil medføre mer konservative simuleringer, noe som vil ha innvirkning på dimensjoneringen av sikringstiltak. 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.

8 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] S. vegvesen, «Håndbok N200 Vegbygging,» 2022. [Internett]. Available: https://store.vegnorm.vegvesen.no/n200_2022.
- [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 Manual 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] NVE, «Flaum- og skredfare i arealplanar,» Norges vassdrags- og energidirektorat, 2014.

► 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, oppsprekingsgrad, 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. Løsmasstype 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 regnskyl 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/plataer 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].

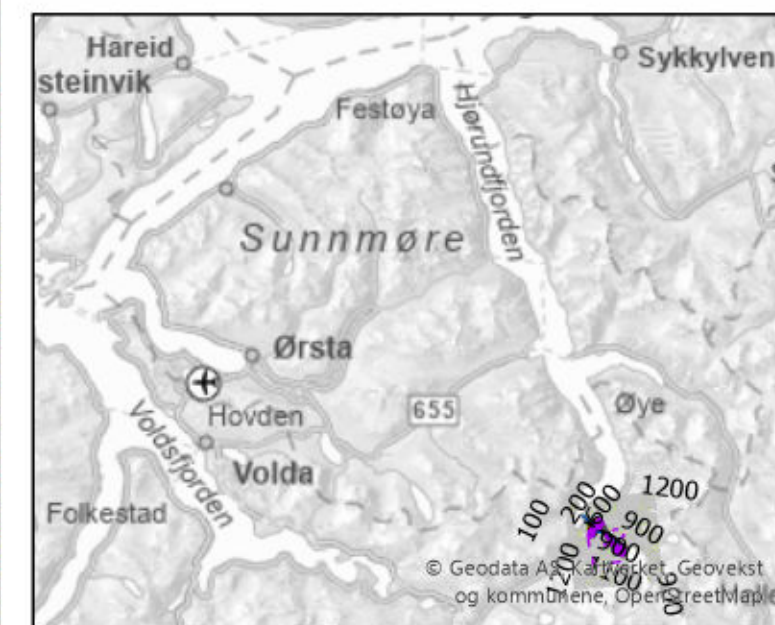
Sørpeskred

For at et sørpeskred skal utløses kreves et snødekke av en viss tykkelse og en terrengformasjon som muliggjør en vannmetting av snødekket. Typiske løснеområder 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.

Karttype



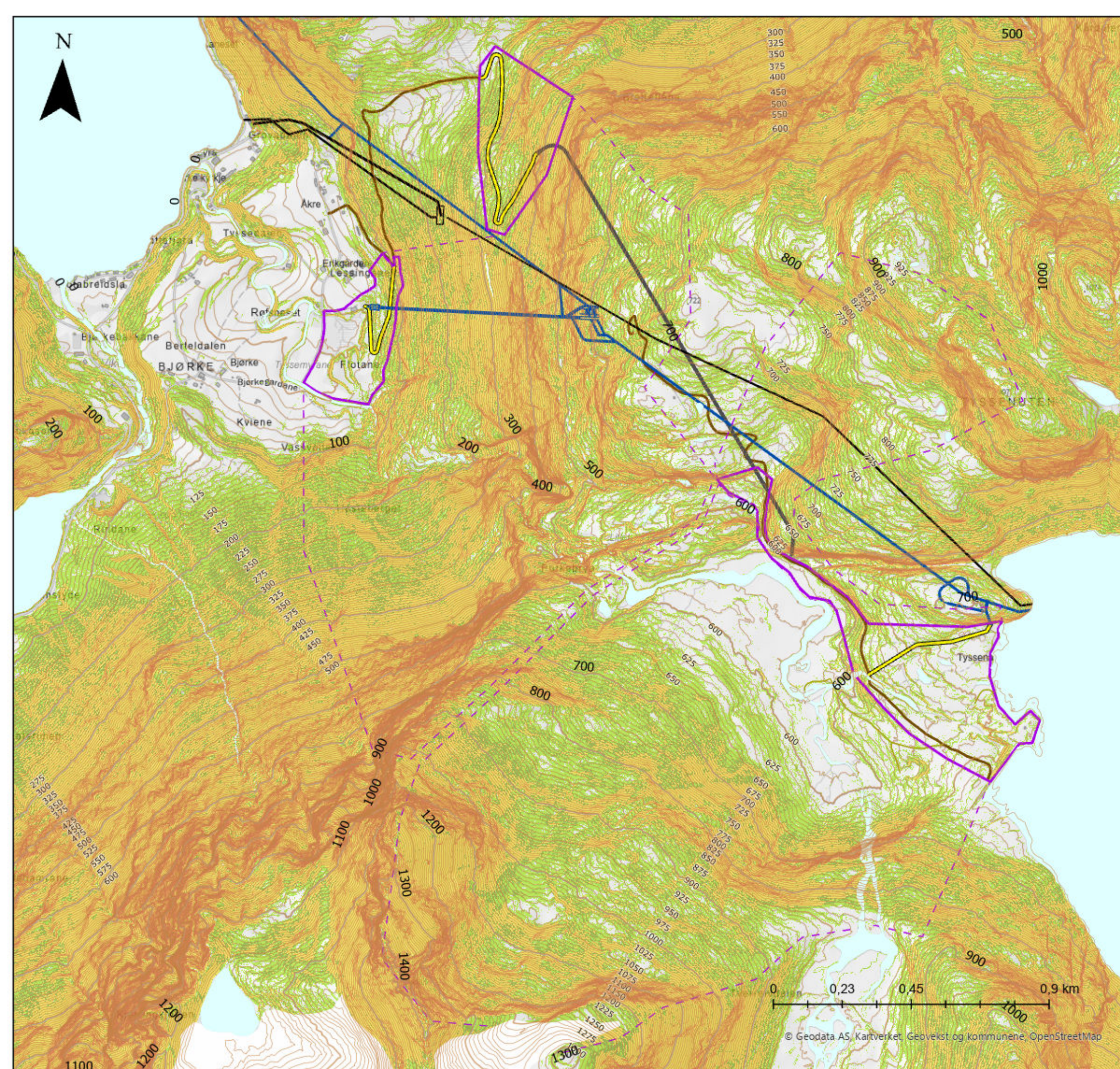
- Påvirkningsområde
- Kartleggingsområde
- Eksisterende tunnelanlegg
- Tunnel
- Permanent ny veg
- Eksisterende kjørespor
- Eksisterende traktorveg
- Permanent, ny tunnel
- Permanent ny veg
- Eksisterende kjørespor
- Eksisterende traktorveg
- Permanent, ny tunnel

Terrenghelning (grader)

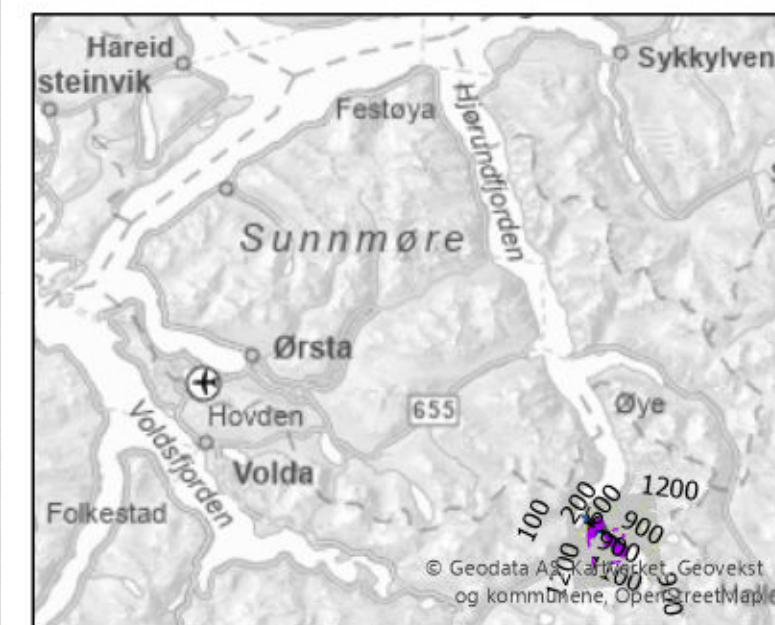
- 0 - 15
- 15 - 25
- 25 - 30
- 30 - 45
- 45 - 60
- 60 - 90

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	



Karttype



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

Terrenghelning (grader)

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

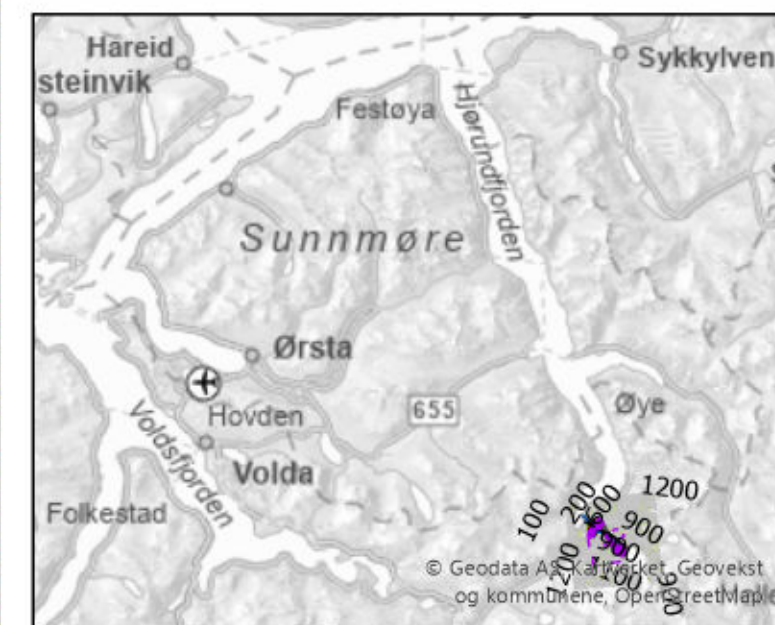
Vedlegg 2: Terrenghelningskart kartleggingsområde 1 og 2

Prosjektnr. : 52406523		Rev: 01	
Dato: 22.11.2024	Utført: Erl Alv	Kontrollert: GroSan	Godkjent: ebuku
Format: A3	Målestokk: 1:5000	Kartprojeksjon: UTM32	
Kartet er utarbeidet for: Tussa Energi AS		Kartet er utarbeidet av: Norconsult	

0 0.1 0.2 0.4 km

© Geodata AS, Kartverket, Geovekst og kommunene, OpenStreetMap

Karttype



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

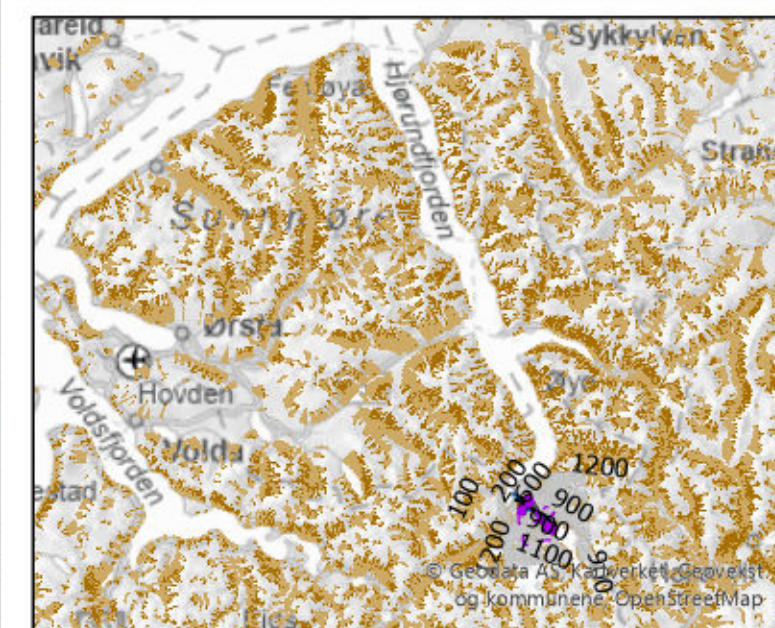
Terrenghelning (grader)

- 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	

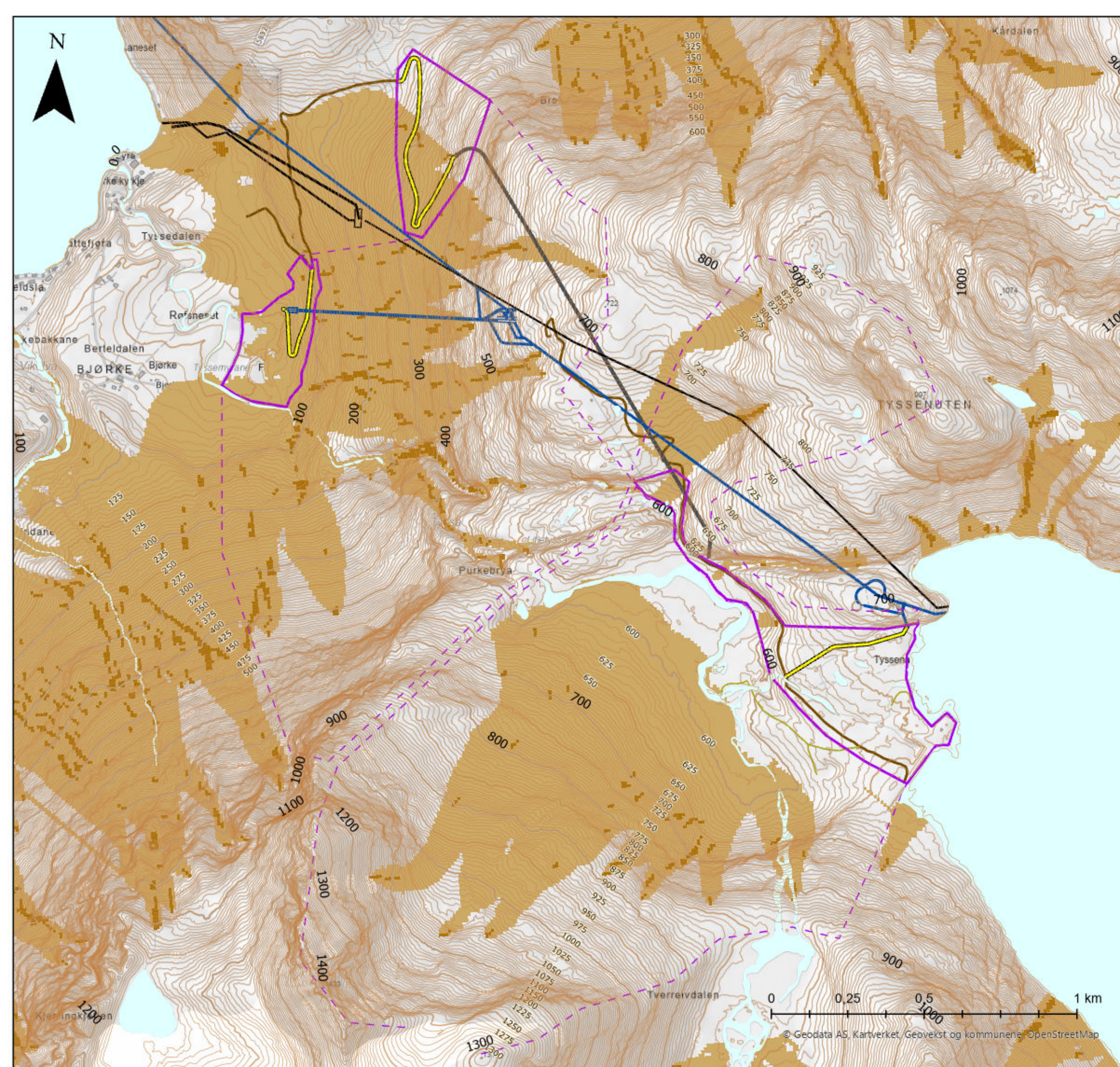
Karttype



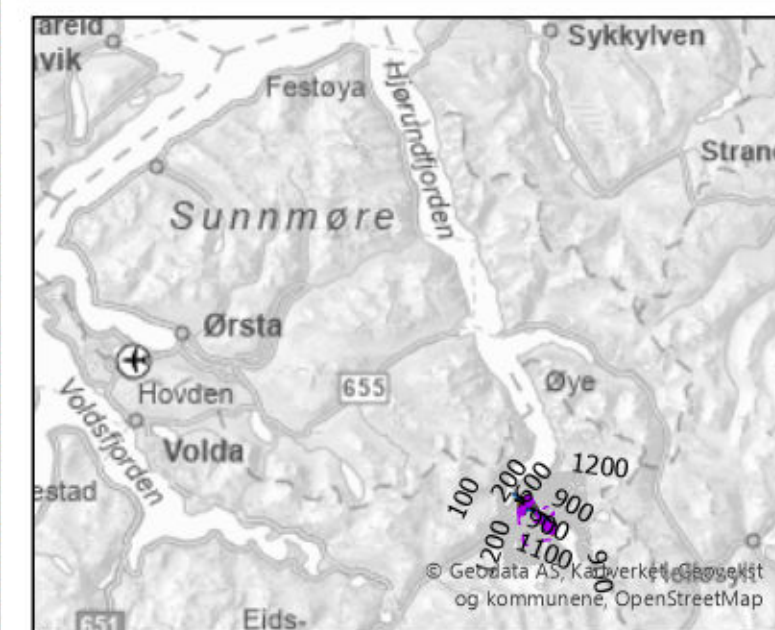
- Påvirkningsområde
- Kartleggingsområde
- Eksisterende tunnelanlegg
- Tunnel
- Permanent ny veg
- Eksisterende kjørespor
- Eksisterende traktorveg
- Permanent, ny tunnel
- Utlåsningsområde for jord- og flomskred
- Utlåpsområde for jord- og flomskred
- Jord_flomskredaktsomh
- Jord_flomskredaktsomh

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	



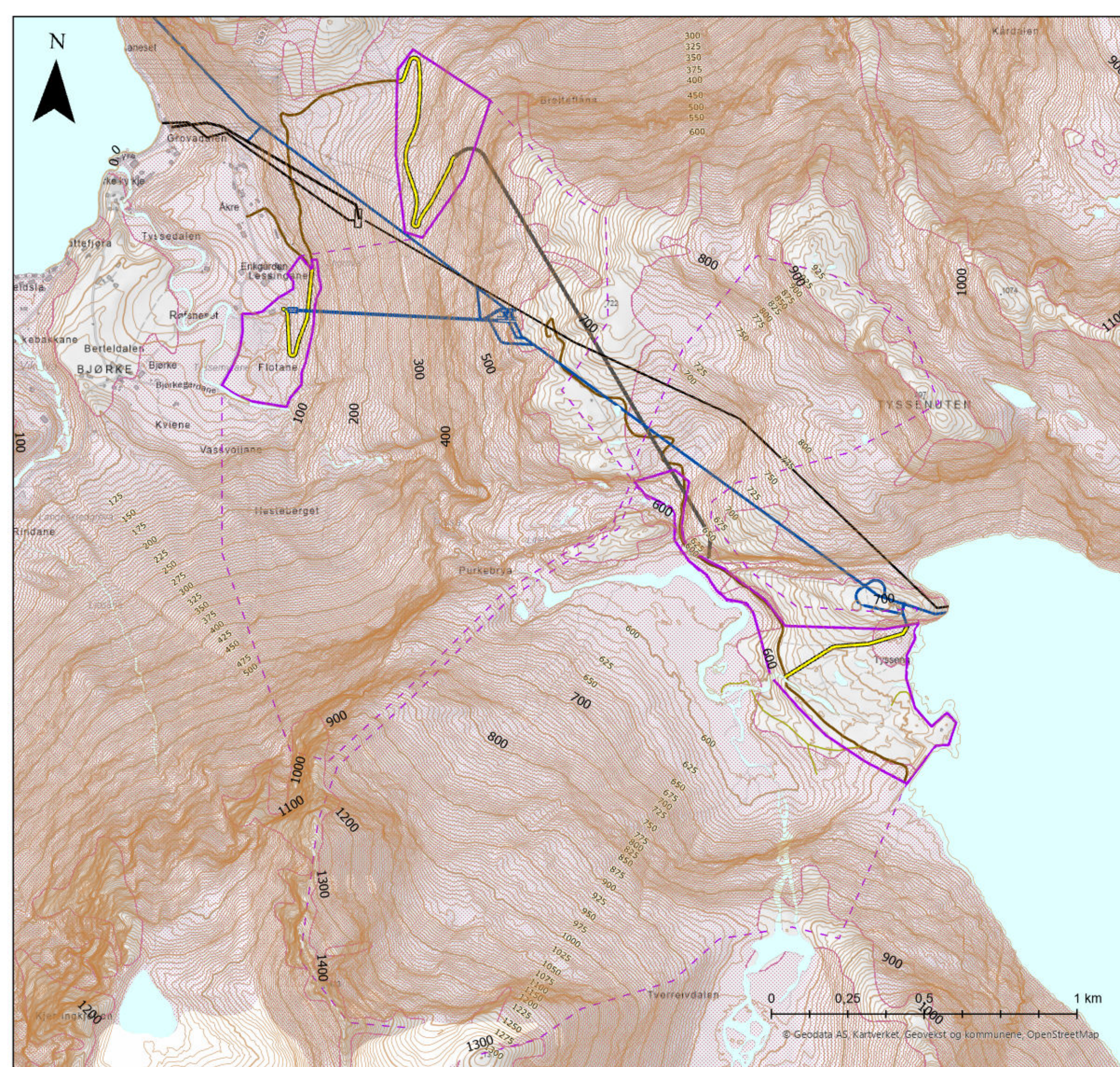
Karttype



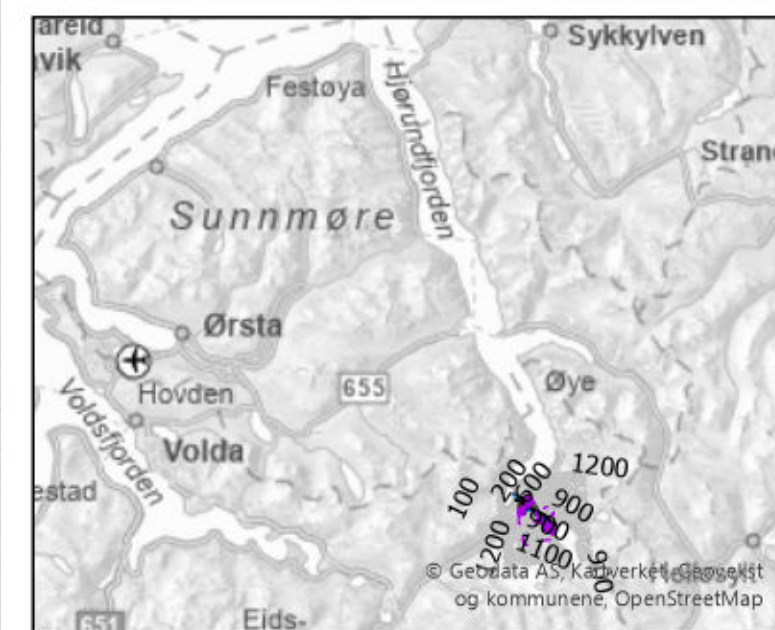
- Påvirkningsområde
- Kartleggingsområde
- Eksisterende tunnelanlegg
- Tunnel
- Permanent ny veg
- Eksisterende kjørespor
- Eksisterende traktorveg
- Permanent, ny tunnel
- S2_snoskred_u_skogeff

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	



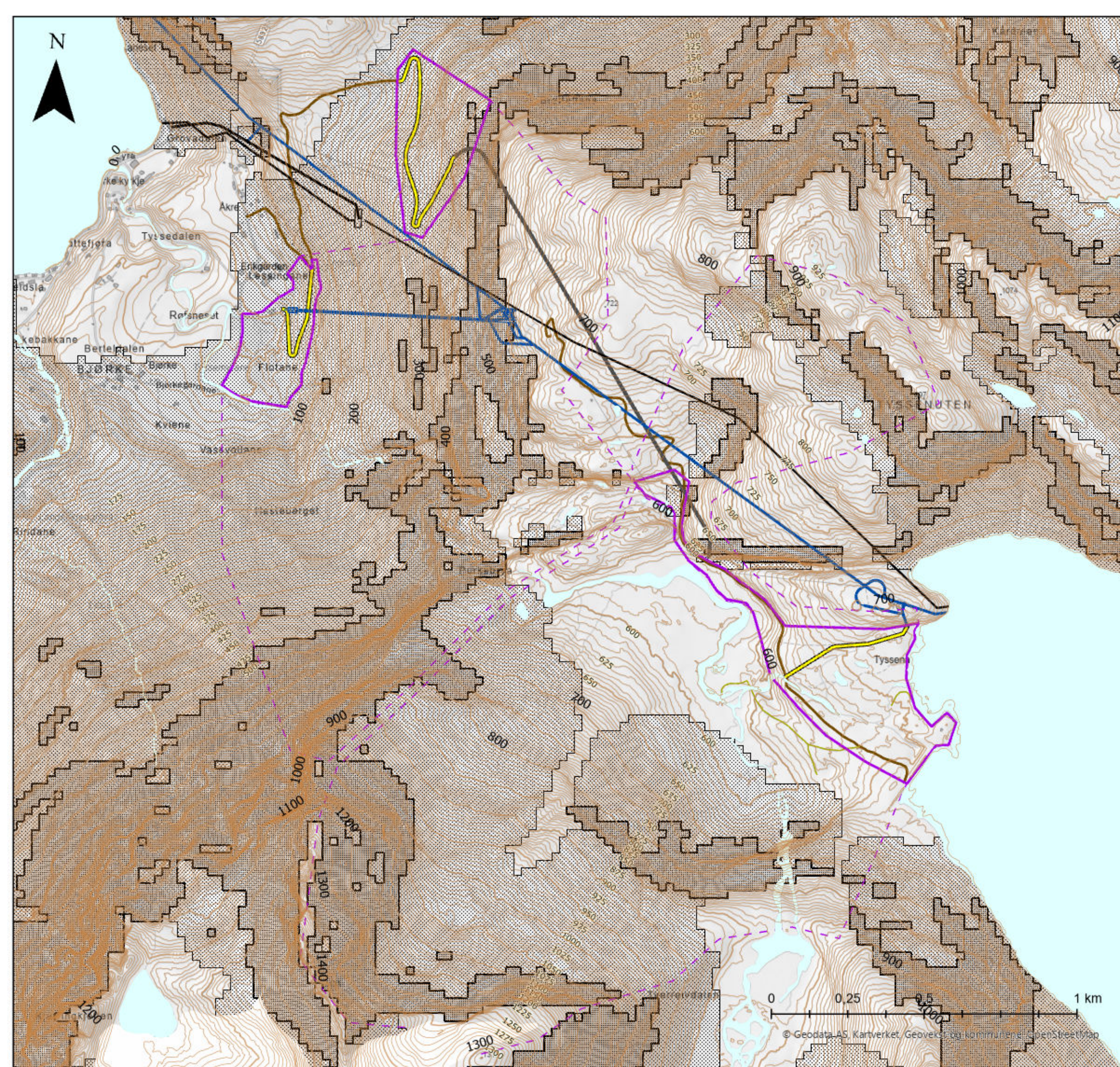
Karttype



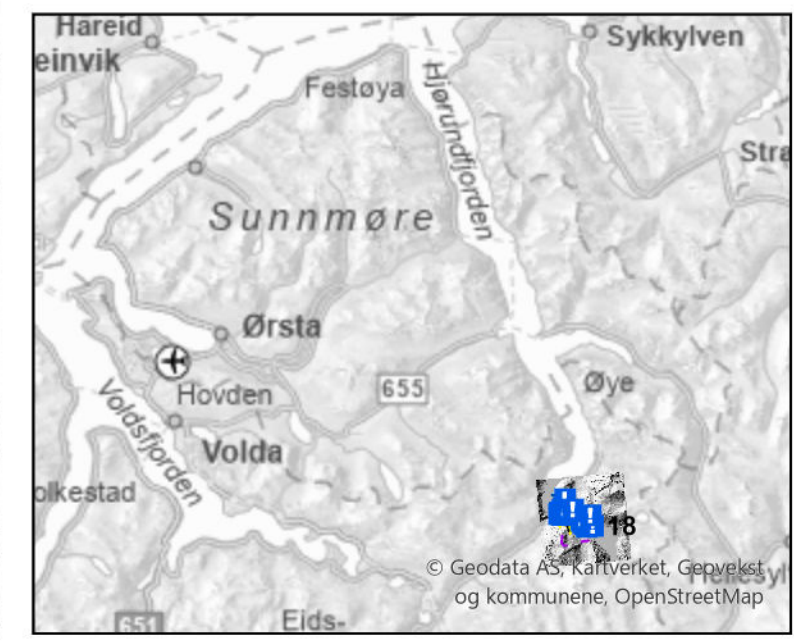
- Påvirkningsområde
- Kartleggingsområde
- Eksisterende tunnelanlegg
- Tunnel
- Permanent ny veg
- Eksisterende kjørespor
- Eksisterende traktorveg
- Permanent, ny tunnel
- UtlosningOmr Utlosningsområde
- UtlopOmr Utlopsområde

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	

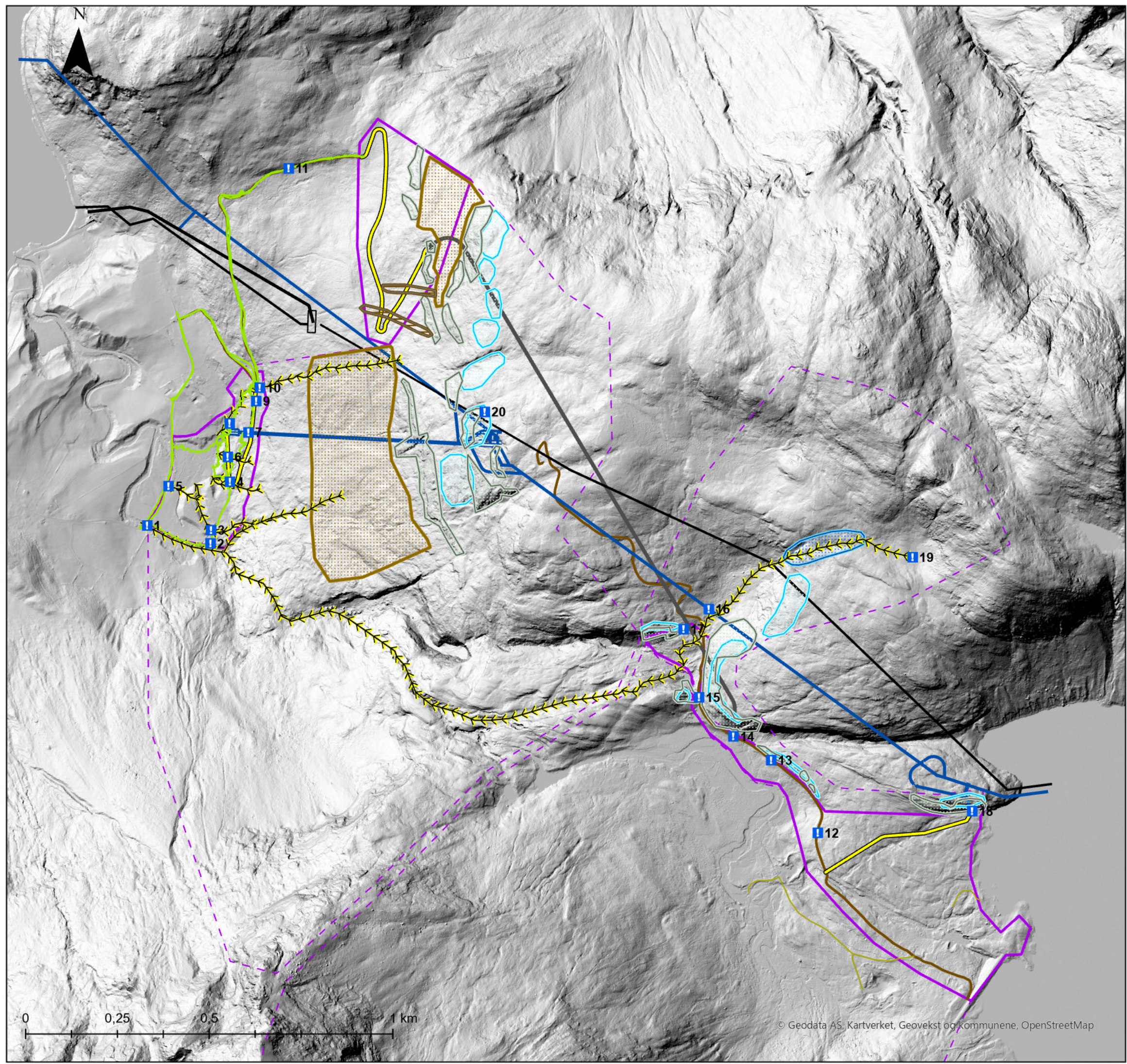


Karttype

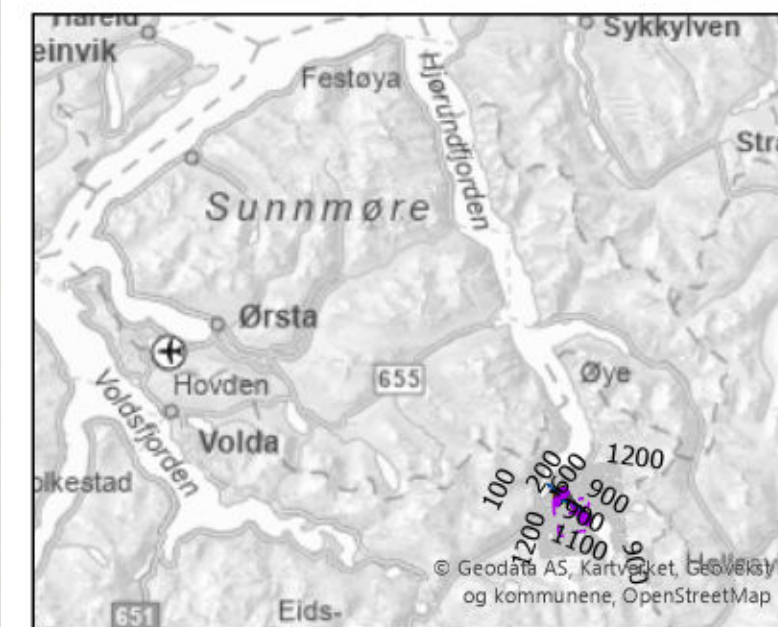


- Eksisterende tunnelanlegg
- Tunnel
- Permanent ny veg
- Eksisterende kjørespor
- Eksisterende traktorveg
- Permanent, ny tunnel
- - - Påvirkningsområde
- Kartleggingsområde
- ! Infopunkt
- Sporlogg bakke
- Ravine/bekkenedskjæring
- Jord og flomskredavsetning
- Løsneområder jordskred
- Løsneområde steinsprang/steinskred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

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	



Karttype

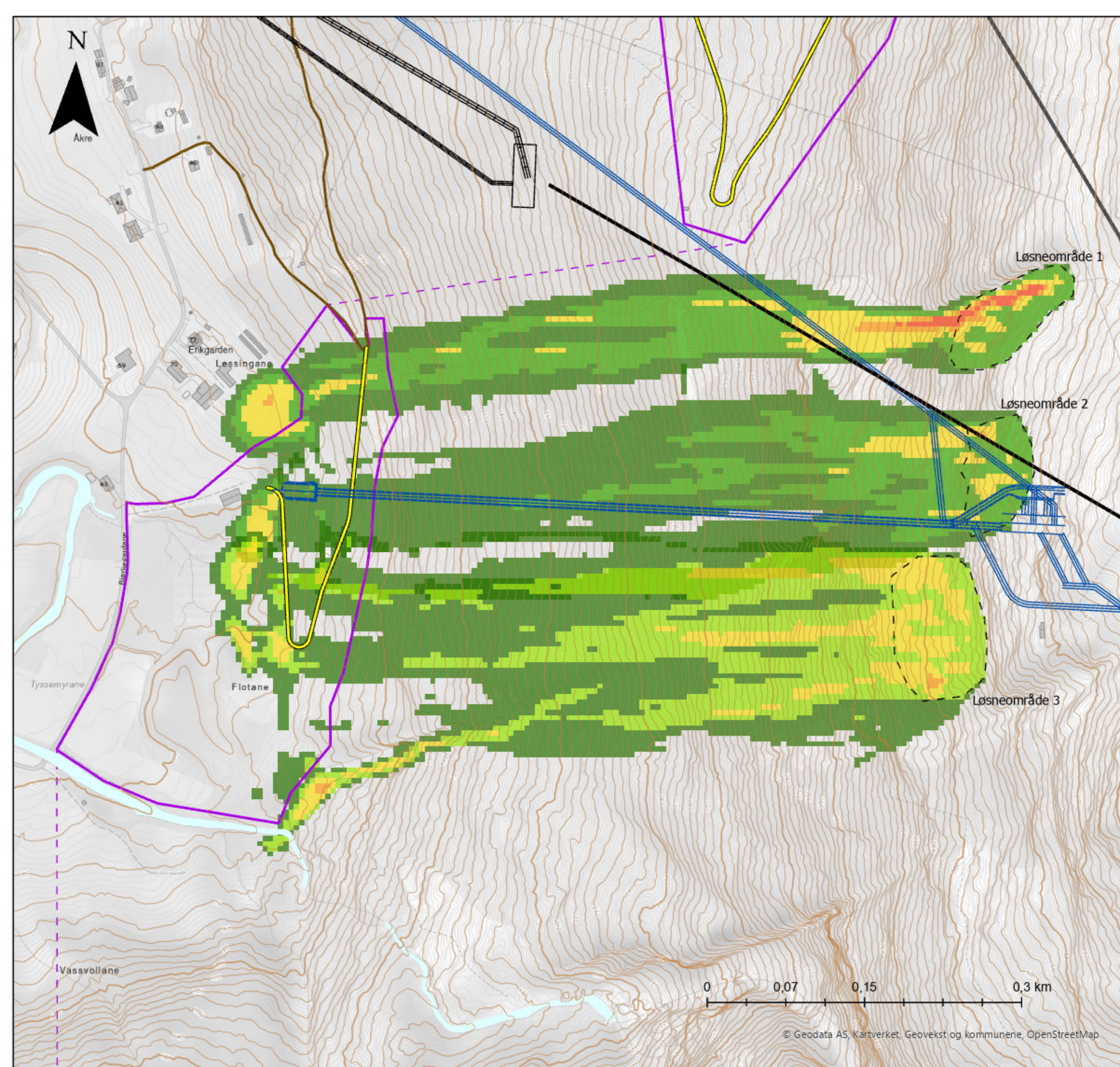


- Eksisterende tunnelanlegg
 - Tunnel
 - Permanent ny veg
 - Eksisterende kjørespor
 - Eksisterende traktorveg
 - Permanent, ny tunnel
 - - - Påvirkningsområde
 - Kartleggingsområde
 - - - Løsneområde
- Maks høyde (m)

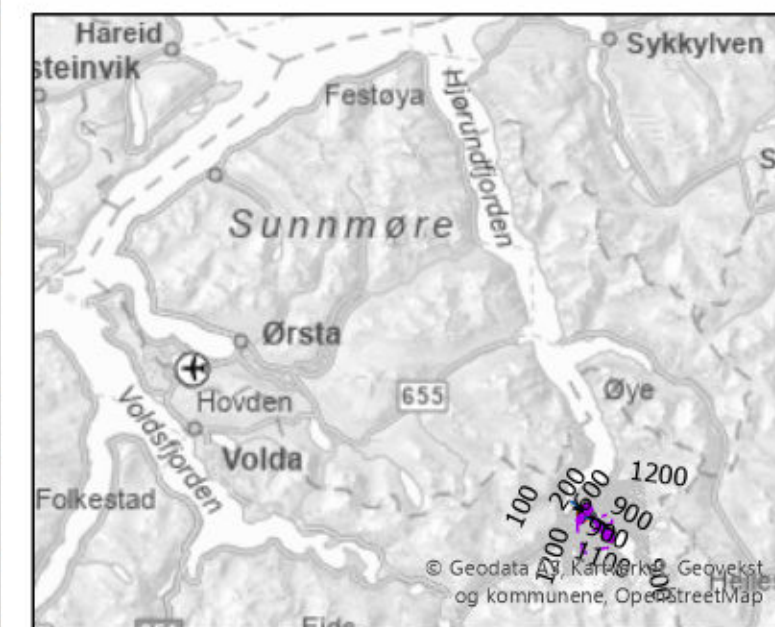
- 0,1 - 0,5
- 0,5 - 1
- 1 - 2
- 2 - 3
- > 3

Vedlegg 5: Simulering RAMMS Avalanche, maks høyde

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	



Karttype



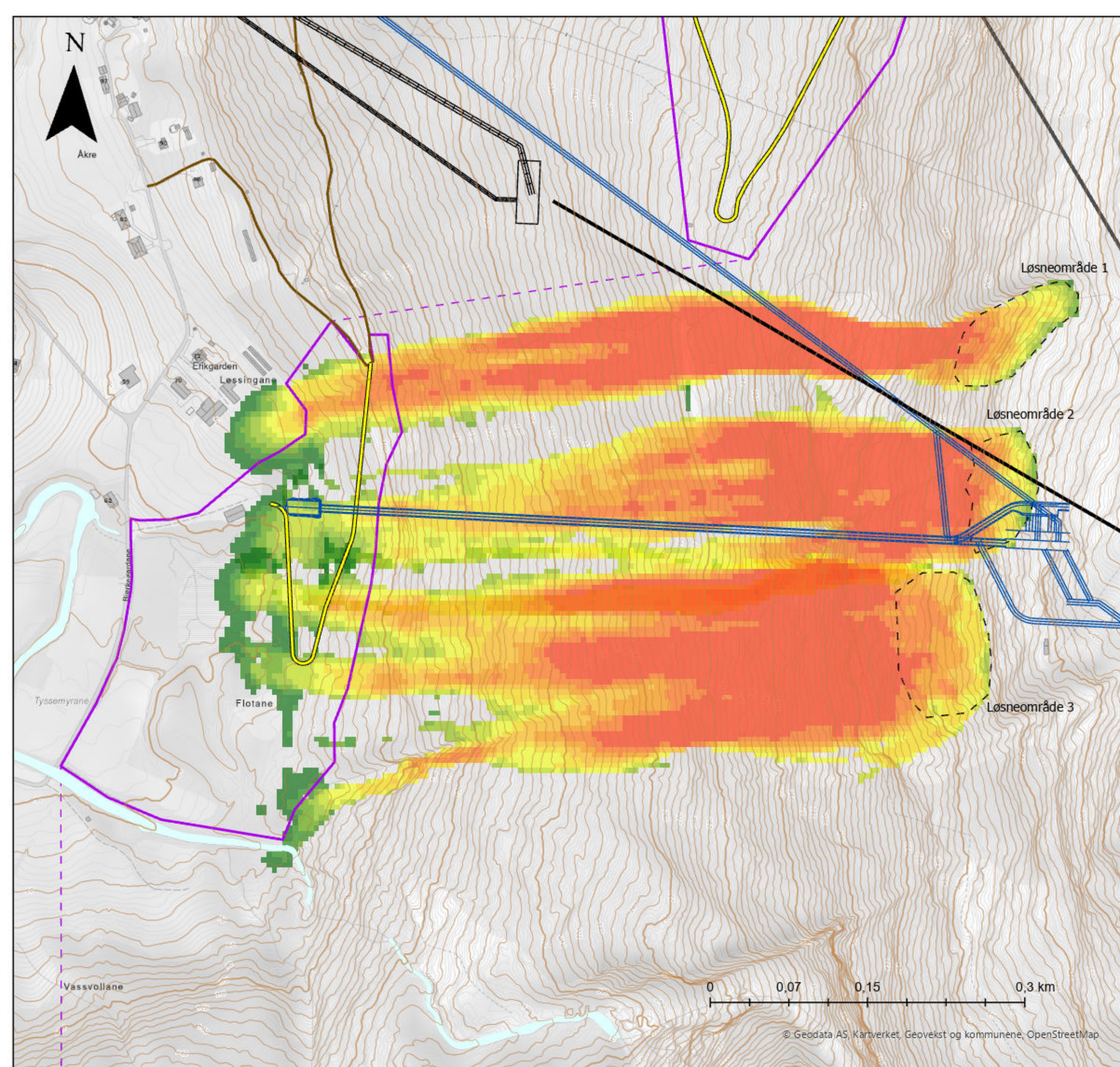
- Eksisterende tunnelanlegg
- Tunnel
- Permanent ny veg
- Eksisterende kjørespor
- Eksisterende traktorveg
- Permanent, ny tunnel
- - - Påvirkningsområde
- Kartleggingsområde
- - - Løsneområde
- Permanent ny veg
- Eksisterende kjørespor
- Eksisterende traktorveg
- Permanent, ny tunnel

Maks hastighet (m/s)

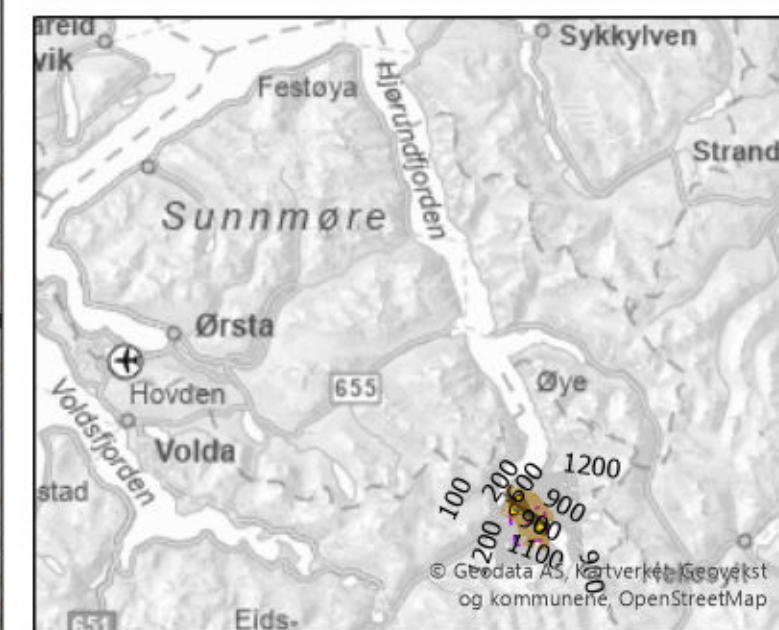
- < 2
- 2 - 4
- 4 - 6
- 6 - 8
- 8 - 10
- 10 - 12
- 12 - 14
- 14 - 16
- 16 - 18
- 18 - 20
- > 20

Vedlegg 5: Simulering RAMMS Avalanche, maks hastighet

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	



Karttype



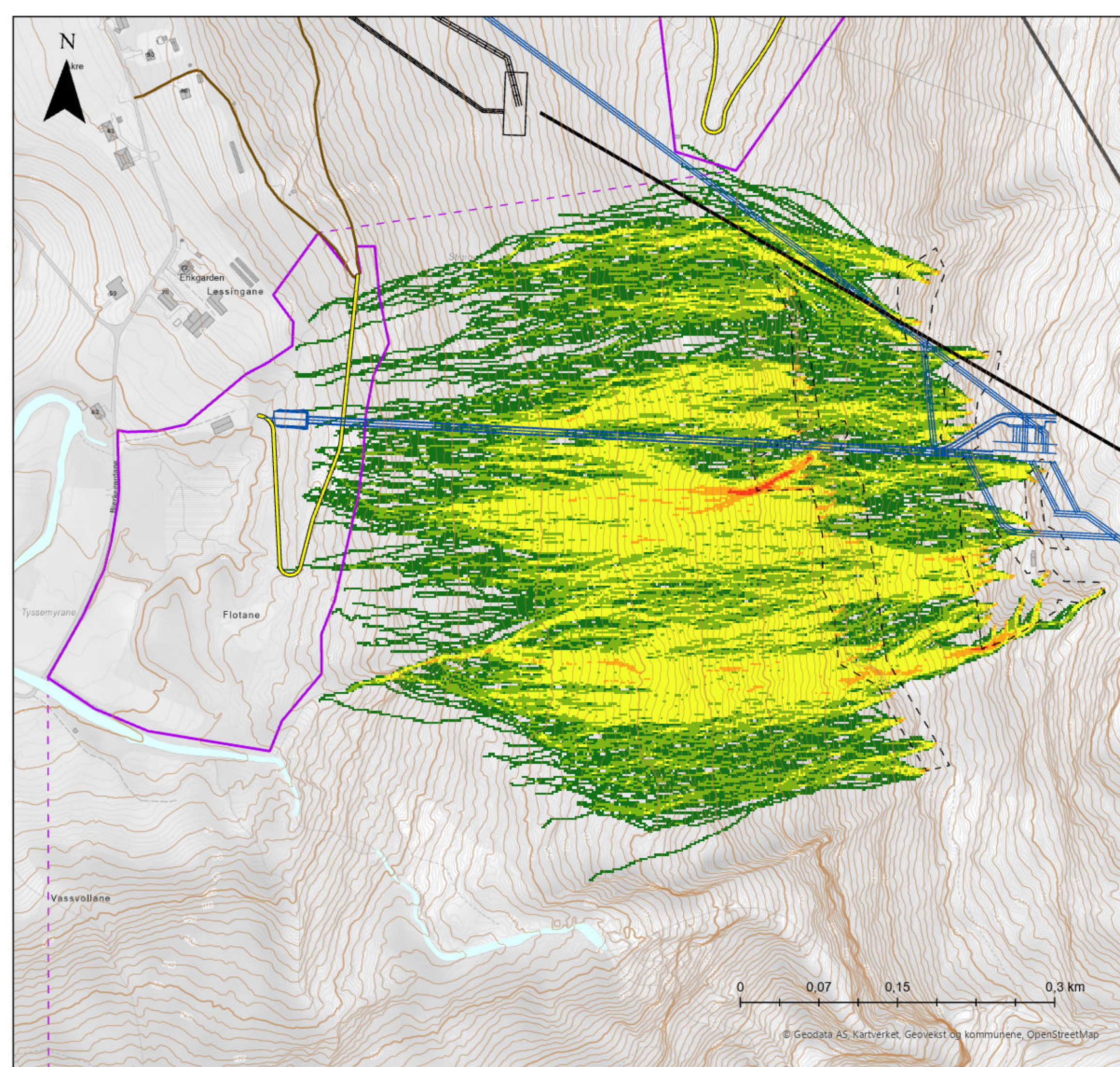
- Eksisterende tunnelanlegg
- Tunnel
- Permanent ny veg
- Eksisterende kjørespor
- Eksisterende traktorveg
- Permanent, ny tunnel
- - - Påvirkningsområde
- Kartleggingsområde
- - - Løseområde

Antall steinblokker

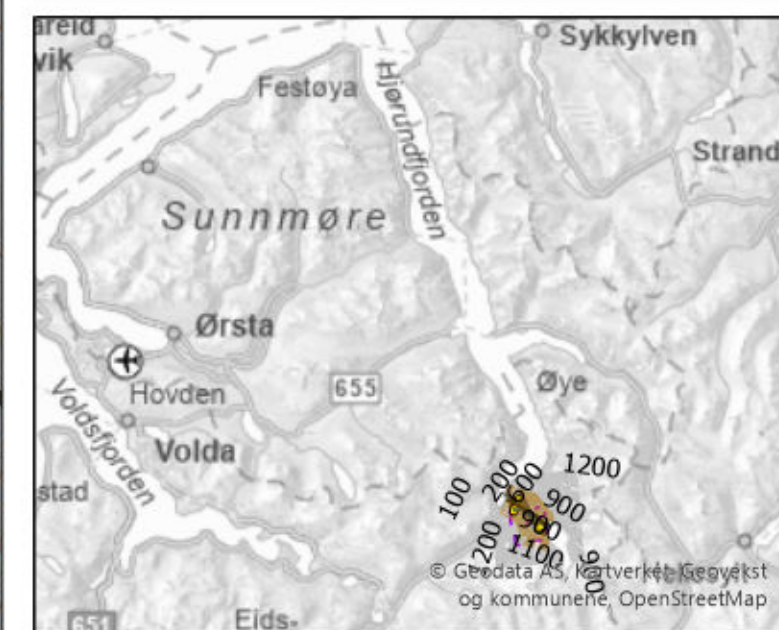
- 1 - 2
- 2 - 5
- 5 - 20
- 20 - 50
- 50 - 81

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	



Karttype



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

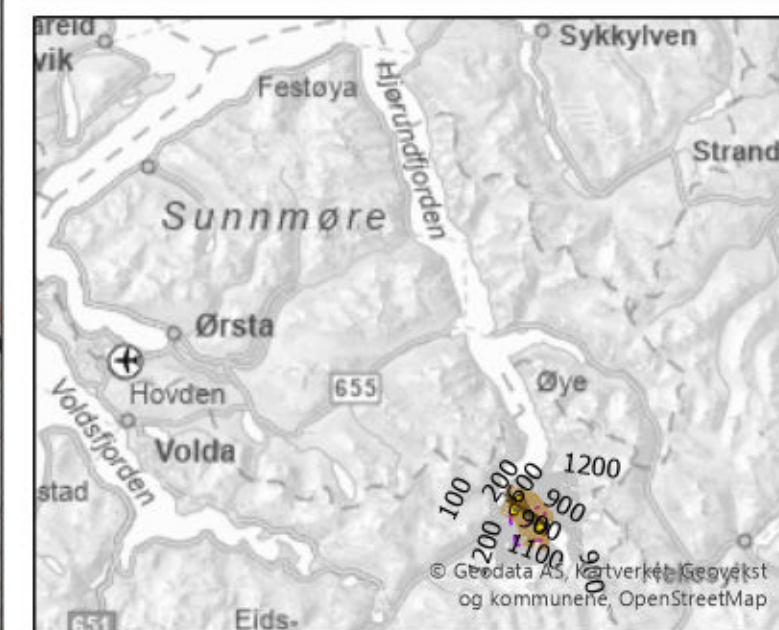
Antall avsatte steinblokker

- 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	

Karttype



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

Kinetisk energi (kJ)

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

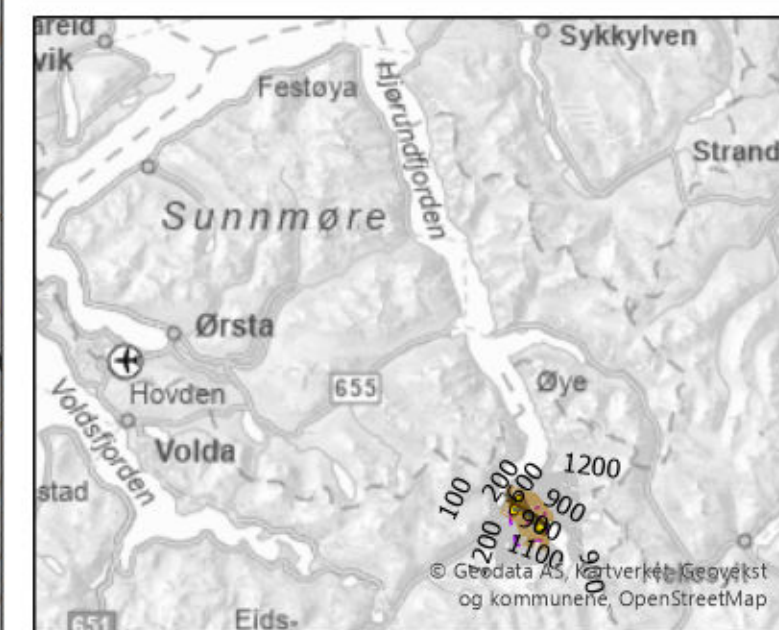
Vedlegg 6: Simulering RAMMS Rockfall, kinetisk energi

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	

0 0,07 0,15 0,3 km

© Geodata AS, Kartverket, Geovekst og kommunene, OpenStreetMap

Karttype



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

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	

