

Figur 2-37 Aktsomhetskartet for flom-/jordskred over kartlagte områder (data fra NVE).

3 Skredfarevurdering

Krav til skredfareklasse for nytt anlegget er S3 (sannsynlighet < 1/5000 pr. år). Påvirkningsområdet har inkludert områder mot sør for å få med bekker som renner ned til kartleggingsområdene. Andre faretyper er vurdert basert på hva som kan ha retning mot kartleggingsområdene. Utredning av skredfare per vurderte skredtype er gitt i kapitlene under.

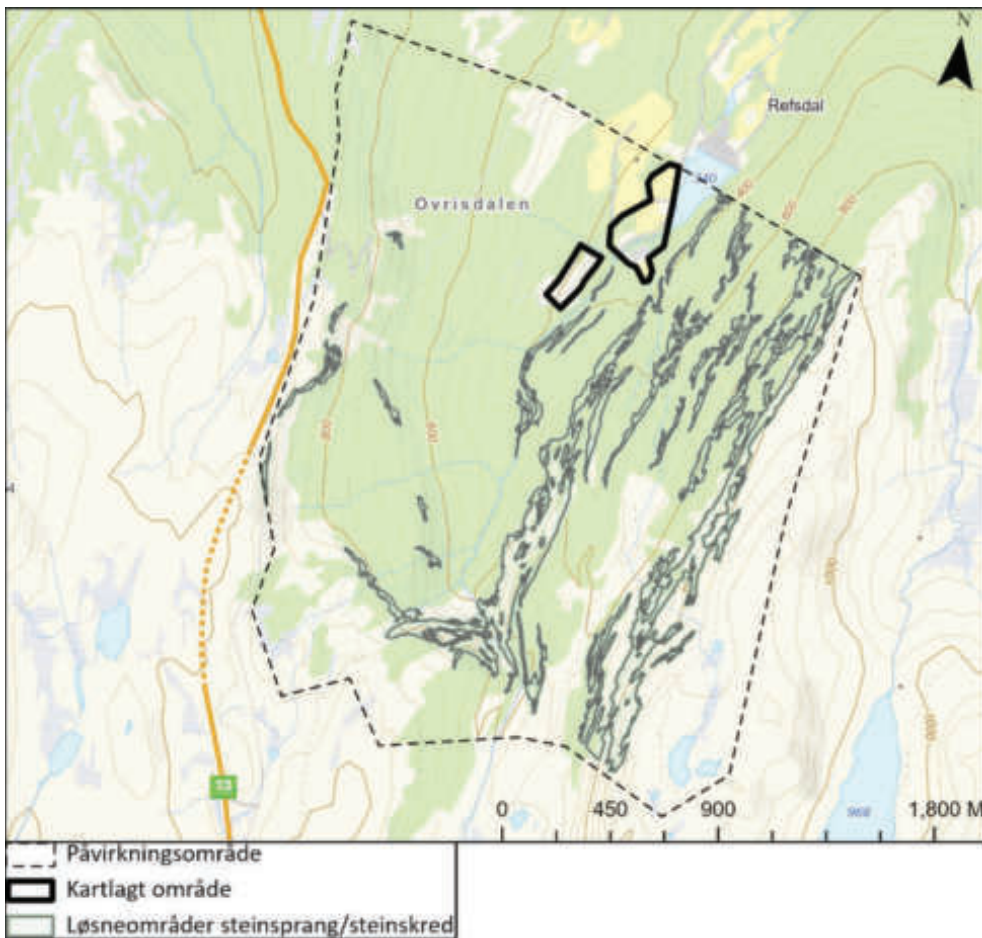
3.1 Steinsprang

3.1.1 Er steinsprang aktuell prosess i påvirkningsområdet?

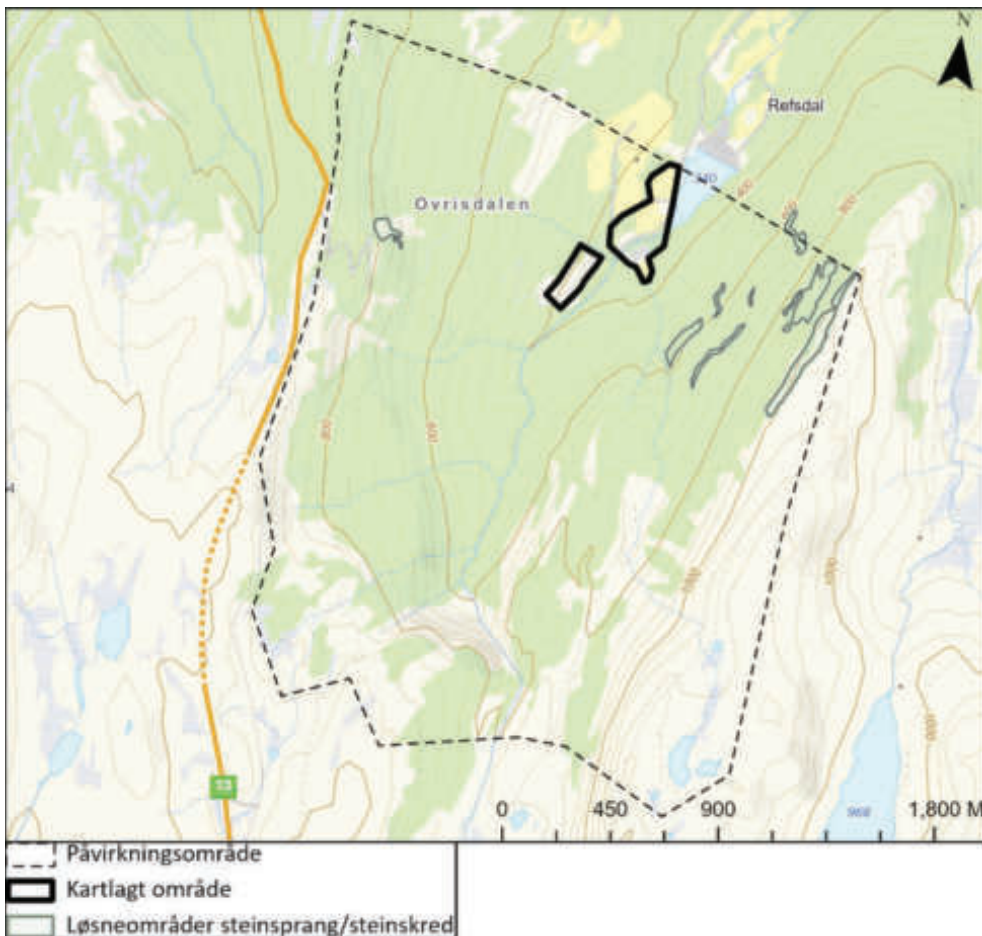
Det er bratte bergskrenter øst for Alternativ Nord (B) og vest for Alternativ Sør, med flere partier brattere enn 45° (Figur 2-5). Faren for steinsprang må derfor utredes.

3.1.2 Utredning av løsneområde og løsnesannsynlighet

I Statnett sin ROS-analyse for Refsdal stasjon er det beskrevet at steinsprang traff dagens koplingsstasjon i 1986/1987 (ELFA, 2014). Antatt løsneområde for denne hendelsen er øvre del av fjellsiden øst for stasjonen (Figur 3-1, Figur 3-5).



Figur 3-1 Potensielle utløsningsområder for steinsprang/-skred (< 100 m³) som kan ha direkte eller indirekte påvirkning på de kartlagte områdene. Alle potensielle løsneområder over 45° i påvirkningsområdet er inkludert i kartet.



Figur 3-2 Inntegnede polygoner er spesielt utsatte skrenter observert under befarung.

Bergartsskillet mellom gneis i øvre del og mykere fyllitt i nedre del er tydelig i fjellsiden øst for Alternativ Nord (B) (Figur 3-3).



Figur 3-3. Øvre brattskrent består av hardere og mer motstandsdyktig gneis. Nedenfor består berggrunnen av mykere fyllitt som stedvis stikker over det tynne løsmassedekket.

Den øvre steile skrenten består av gneis, en hardere bergart enn fyllitt (Figur 3-3). Gneisen er forholdsvis oppsprukket med minst tre sprekkesett, hvorav ett er overflateparallelt og gir mulighet for utglidning langs bratte glideplan (Figur 3-4, Figur 3-5). Skrenten kan gi både store og mindre utfall ut fra observasjoner i helikopter av partier med ulik oppsprekingsgrad. Mindre utfall er antatt å ha en årlig løsnings sannsynlighet på ca. 1/10, mens større utfall en årlig løsnings sannsynlighet på ca. 1/100. Sår fra tidligere utfall var synlig på befaring (31.05.2022), hvorav ett ferskt steinsprang under Fyrjaeggi noe lenger sør (ikke utløp mot kraftverket), men i samme skrent med lignende forhold (Figur 3-6).



Figur 3-4. Potensielt utløsningsområde for steinsprang i fjellsiden øst for dagens koplingsstasjon med årlig utløsningssannsynlighet 1/10 markert i rødt. Generelt er det høy oppsprekkingsgrad over hele skrenten.



Figur 3-5 Potensielle ustabile blokkpartier i øvre del av fjellsiden øst for Alternativ Nord (B).



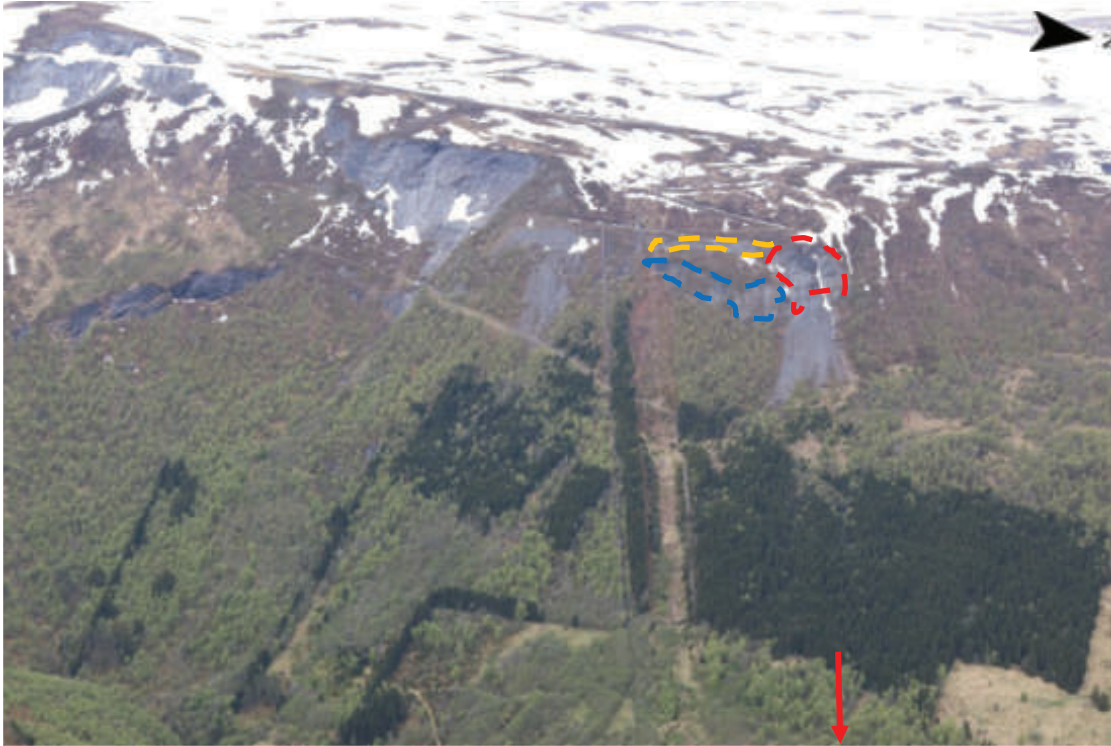
Figur 3-6. Et lite steinsprang har løsnet helt i toppen av skrenten øst for dagens koplingsstasjon (rød pil markerer løsneområdet). Skredet har gått i samme fjellside, men lenger sør enn dagens koplingsstasjon.

Resten av fjellsiden under den bratte toppskrenten består av fyllitt som er nederodert til nåværende helning av fjellsiden, med kun et svært tynt løsmassedekke over. Flere steder stikker bergpartier opp, med overflateparallele foliasjonsplan som gir utglidning av større og mindre flak (Figur 3-7). Hyppighet på utfall er anslått å være rundt hvert 10 – 100 år.

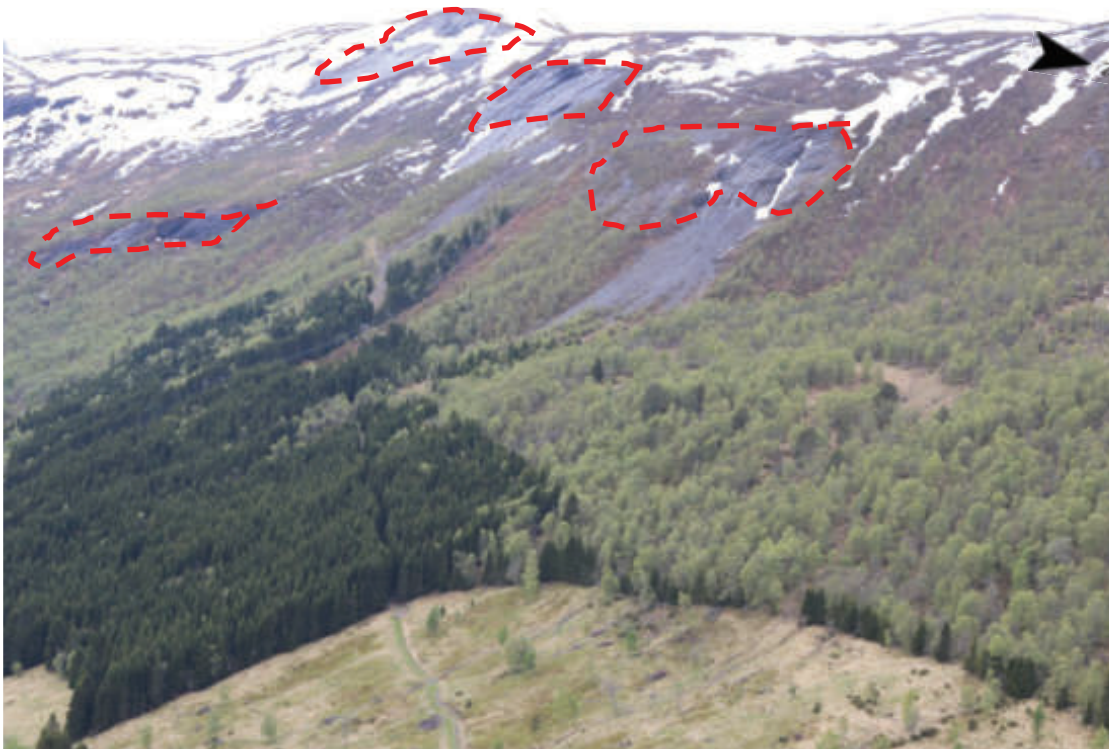


Figur 3-7. Fjellsiden i nedre del øst for dagens koplingsstasjon (her ca. 500-600 moh.) består av fyllitt. Berget har en skifrihet som gir tendens til å gli ut i flak slik som her er synlig fra tidligere utfall/sår.

Det er flere skurte bergpartier med tilhørende urdannelse også vest i påvirkningsområdet (Figur 3-8, Figur 3-9). Berggrunnen består av fyllitt og områdene er preget av eksfoliasjonsbrudd. De bratteste partiene er på ca. 55°.



Figur 3-8 Potensielle løснеområder for steinsprang med utløp mot kartleggingsområdene vest for Alternativ Sør markert. Rød pil peker mot Alternativ Sør. Ledningsnettet til koplingsstasjonen går igjennom løснеområdet.



Figur 3-9 Løsneområder for steinsprang vest for Alternativ Sør.

Vi antar at steinsprang løsner omtrent årlig i fjellsiden øst for dagens stasjonsområde med potensielle løsneområder hvor berget er oppsprukket. Løsneområdet vest for stasjonen har lavere utfallsvinkel og antas å være noe mindre utsatt for hyppige steinsprang enn fjellsiden øst for stasjonen. Mindre steinspranghendelser kan likevel antas å forekomme årlig i forbindelse med fryse- og tineprosesser. Veletablerte urer er også tegnet på aktive kildeområder. Større hendelser er her antatt å forekomme langt sjeldnere.

Ved planering av grunnen rundt Alternativ Sør antar vi at skrenten ned mot elva Vikja vil bli brattere og potensielt kunne gi steinsprang. Steinsprang herfra vil havne i elva og ikke påvirke kartleggingsområdet ovenfor.

3.1.3 Utredning av utløp

Ved befaring av Alternativ Nord (A) ble det observert både antatte steinsprangblokker og blokker med ukjent opprinnelse (Figur 3-10). Det er flere veletablerte urer nedenfor skrentene helt vest i påvirkningsområdet og enkelte steinsprangblokker (1-5 m³) ble observert ca. 50 m nedenfor urområdene. Området vest for karleggingsområdet består av både dyrket mark og innmarksbeiter, og det kan derfor antas at blokker har blitt fjernet. Det ble ikke observert steinsprangblokker innenfor Alternativ Nord (A).



Figur 3-10 Observerte blokker på innmarksbeite vest for Alternativ Nord (A) med ukjent opprinnelse. Blokkene er ca. 1 – 2 m³.

Ved befaring av Alternativ Nord (B) ble det observert gamle antatte steinsprangblokker i ytterkant av kartleggingsområdet (1-5 m³) (Figur 3-11). Blokkobservasjoner er vist i registreringskartet i Vedlegg E.



Figur 3-11 Mulige steinsprangblokker innenfor Alternativ Nord (B). Øvre bilde er tatt direkte øst for dagens koplingsstasjon. Nedre bilde, antatt steinsprangblokk til høyre for masten.

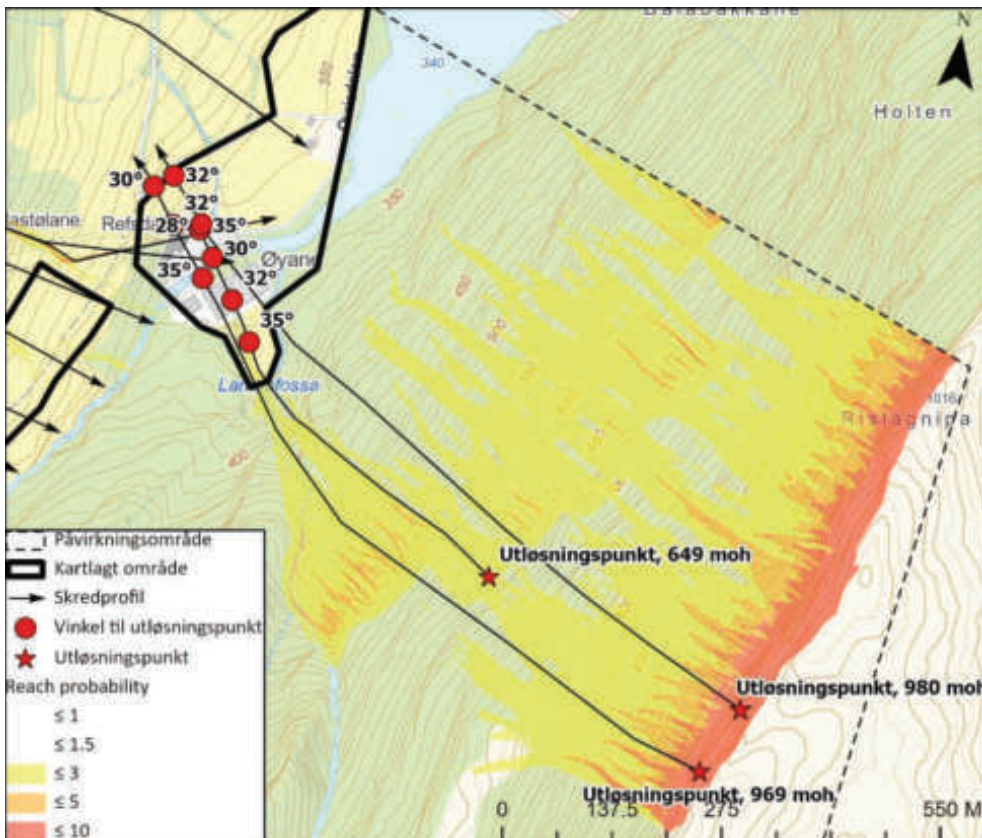
Ved befaring av Alternativ Sør ble det observert blokker (1-5 m³) både med antatt steinsprangopprikkelse samt blokker med usikker opprikkelse på jordene vest for kart-

leggingsområdene (se Vedlegg E for punkt). Området ved Alternativ Sør er brukt som innmarksbeite og det ligger rester etter gamle steingjerder og grunnmurer (Figur 3-12). Det er derfor rimelig å anta at blokker på innmarksbeitene kan være flyttet på.

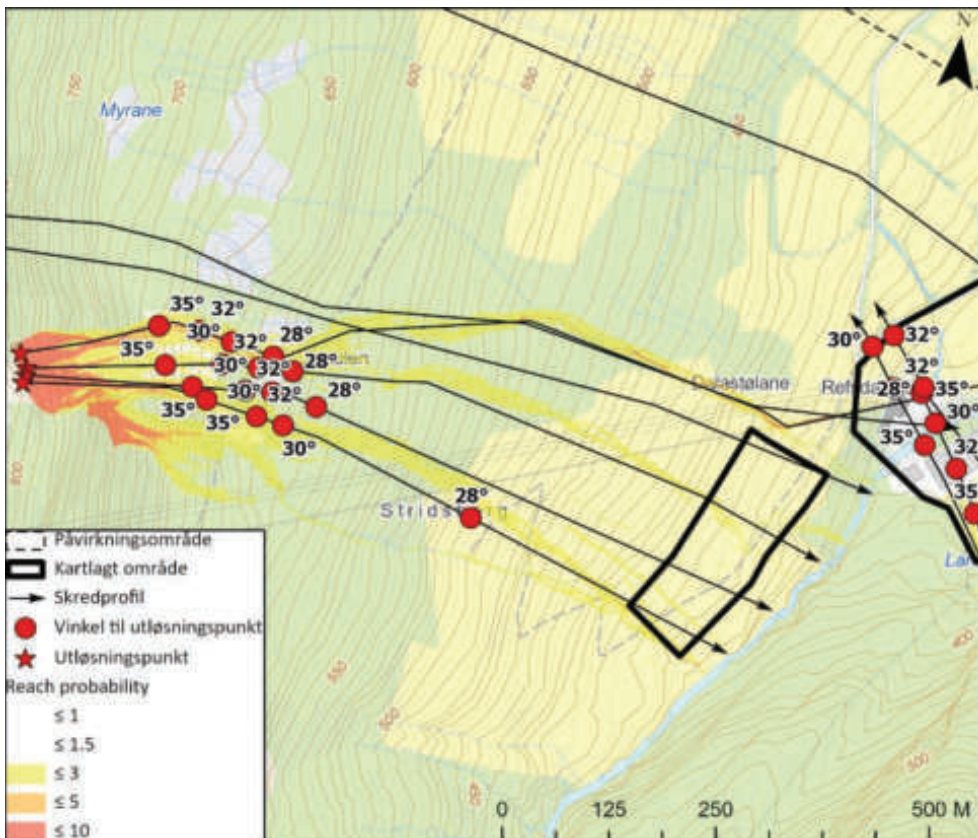


Figur 3-12 Gamle steingjerder ved Alternativ Sør.

Modellering av steinsprangutløp er gjort med verktøyet Rockyfor3D (se beskrivelse av modellen i Vedlegg B). Modellen er kjørt med 1 m terrengmodell og 5 m³ elliptiske blokker. Figur 3-13 og Figur 3-14 viser resultatet av simuleringen for begge kartleggingsområdene. Simuleringer med 1 m³ blokker er også utført (Vedlegg C). Simuleringene med mindre blokkvolum ga kortere utløp. I tillegg er siktevinkel fra toppen av mulige utløsningsområder undersøkt, da litteratur for empiriske sammenhenger fra tidligere steinsprang antyder at maksimale utløp kan være rundt 32°-35° fra topp løseområde (se Figur 3-14 samt Vedlegg C).



Figur 3-13 Resultat av utløpsberegninger for steinsprang med modellverktøyet Rockyfor3D og profil som beregner siktevinkel fra toppen av potensielle utløsningsområder for Alternativ Nord (A). Resultatet fra Rockyfor3D viser sannsynligheten for at en blokk havner i en gitt celle. Bedre oppløsning på modelleringsresultater er vist i Vedlegg C.



Figur 3-14 Resultat av utløpsberegninger for steinsprang med modellverktøyet Rockyfor3D og profil som beregner siktevinkel fra toppen av potensielle utløsningsområder for Alternativ Sør. Resultatet fra Rockyfor3D viser sannsynligheten for at en blokk havner i en gitt celle. Bedre oppløsning på modelleringsresultater er vist i Vedlegg C.

3.1.4 Når steinsprang inn i kartleggingsområdet?

Resultat fra simuleringer i Rockyfor3D og bruk av siktevinkler fra topp av mulige løsningsområder viser at Alternativ Nord (B) ligger innenfor forventede maksimale steinsprangutløp. Steinspranghendelsen mot dagens stasjon på 80-tallet som står omtalt i EFLA (2014) tyder på at dette ikke er svært sjeldne hendelser. Gamle skredblokker ble observert sørøst i Alternativ Nord (B), men rydding av blokker på dyrket og opparbeidet mark har antageligvis skjedd. Steinsprang mot Alternativ Nord (A) fra vest vurderes ikke å kunne nå kartleggingsområdet. NGI antar at årlig sannsynlighet for at steinsprang når ytre deler av Alternativ Nord (B) (nærmest fjellsiden mot øst) er større enn 1/100.

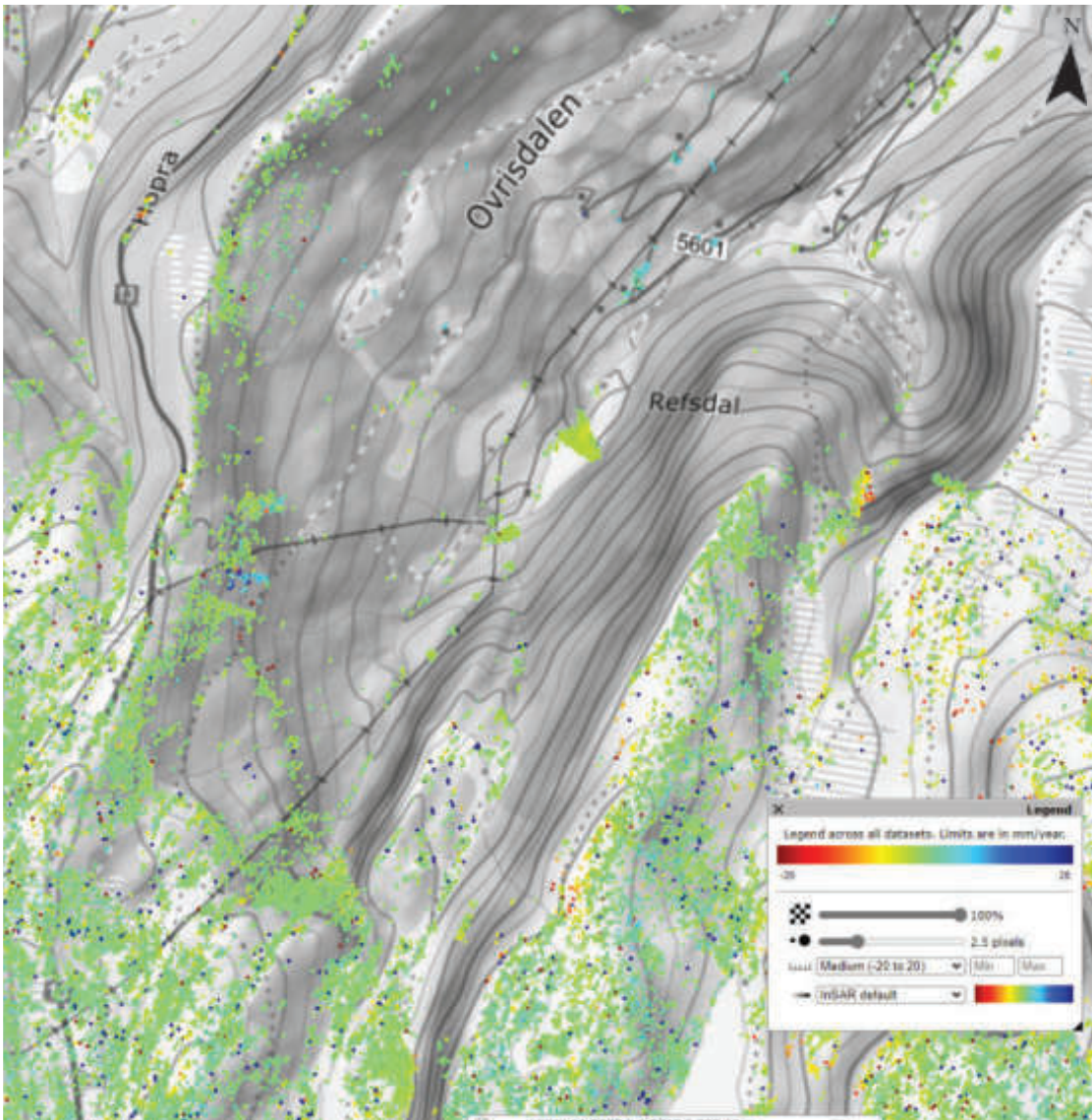
Simuleringsresultatene viser at Alternativ Sør også ligger innenfor forventede maksimale steinsprangutløp. De lengste utløpene følger raviner i terrenget i simuleringene, og det er lav sannsynlighet for at faktiske utløp vil ha så lange utløp. Derimot kan steinsprangblokker remobiliseres av andre skredtyper og føres mot kartleggingsområdet. NGI antar at årlig sannsynlighet for at steinsprang når Alternativ Sør er sjeldnere enn 1/5000.

3.2 Steinskred

3.2.1 Er steinskred aktuell prosess i påvirkningsområdet?

Det er berg brattere enn 45° i fjellssidene på begge sider av kartleggingsområdene. Den øvre skrenten øst for dagens koplingsstasjon hvor steinskred potensielt kan forekomme er ca. 60 m høy med høy grad av oppsprekking. Observasjoner under helikopterbefaring ga ikke indikasjoner på strukturer som gir opphav til store ustabile partier som er sannsynlig å komme ned i ett stykke som et steinskred.

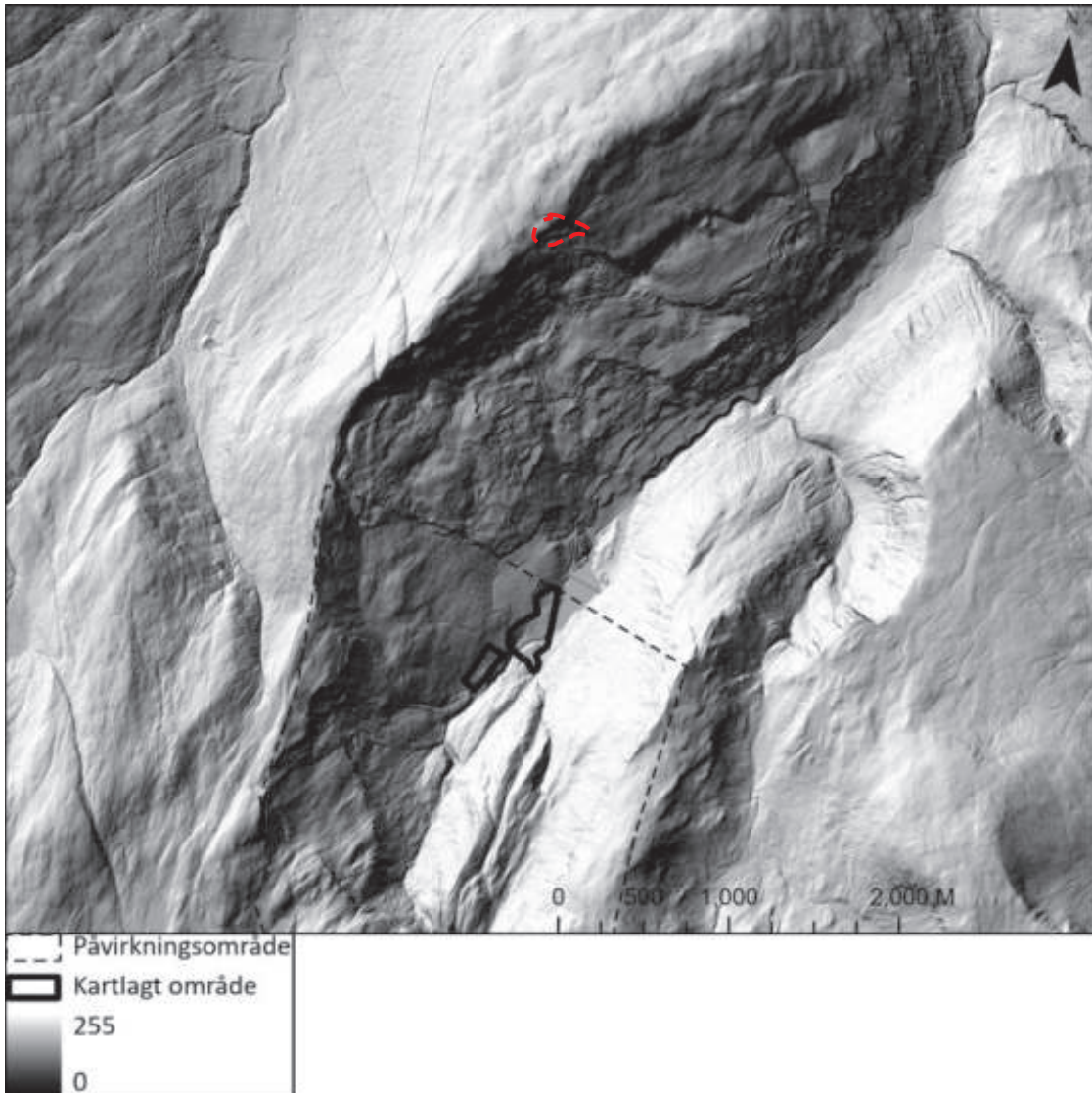
InSAR Norge tjenesten har ikke data for deler av det aktuelle området og gir heller ingen indikasjoner på steinskred (Figur 3-15). Figur 3-15 viser lite bevegelse, men noe bevegelse i åpen ur under skrenter, spesielt vest for Alternativ Sør. Det er heller ikke her observert åpne sprekker under helikopterbefaring. Bevegelsene kan skyldes sig i fyllitten som gjør at blokker beveger seg.



Figur 3-15 Bakkebevegelser fra InSAR Norge (NGU, 2022).

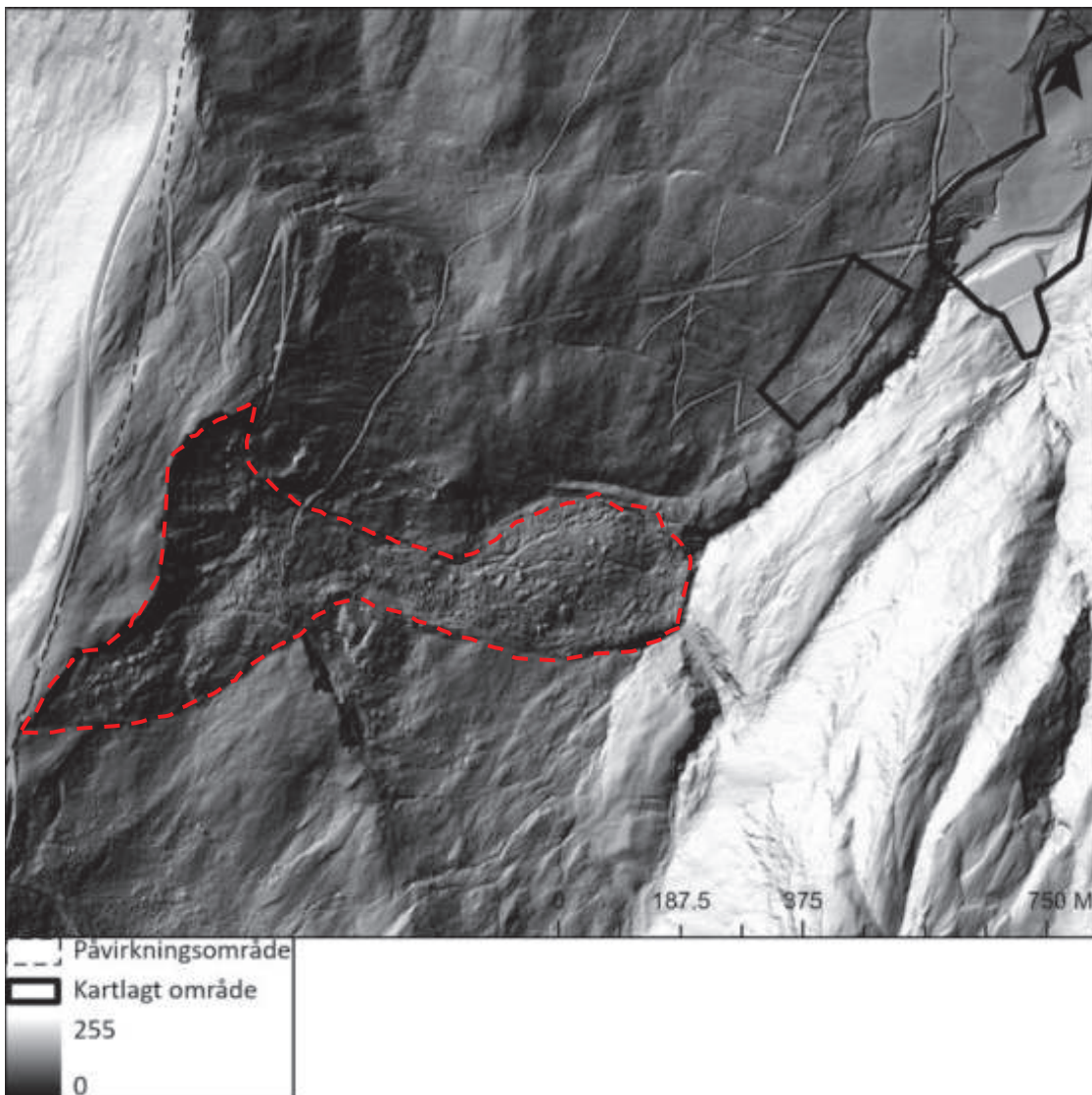
Fra fjellskyggekart er det observert sig fra fjellsiden nordvest for de kartlagte områdene (Figur 3-16). Fyllitt er en myk bergart og sig regnes som en typisk prosess. Med bakgrunn i tilsynelatende lite bakkebevegelse er ikke sig antatt å ha en spesiell innvirkning på kartleggingsområdene.

Figur 3-16 viser det ustabile fjellpartiet Ovriseggi (fjellskred) kartlagt av NGU (Hermanns m.fl., 2021). Ovriseggi er klassifisert med høy faregrad, men med lav risiko fordi det sannsynligvis ikke vil treffe noen bebyggelse.



Figur 3-16 Sig i fjellsiden nordvest for kartleggingsområdene med det ustabile fjellpartiet Ovriseggi (markert i rødt), (multidirectional hillshade, 1 m oppløsning).

Det er i tillegg avsetninger etter et historisk fjellskred sørvest for kartleggingsområdene (Figur 3-17).



Figur 3-17 Fjellskredavsetning sørvest for kartleggingsområdene (rødt stiptet område). Grovt anslått volum er ca. 2 000 000 m³, (multidirectional hillshade, 1 m oppløsning).

Videre utredning av steinskred er ikke utført basert på manglende løsneområder for steinskred ovenfor kartleggingsområdene.

3.3 Snøskred

3.3.1 Er snøskred aktuell prosess i påvirkningsområdet?

Fjellsiden øst for Alternativ Nord (B) er bratt helt fra dalbunnen og opp til toppen av Fyrjaeggi/Rislågnipa. Snøskred antas her å løsne hyppig, og en rekke smale renner og sår i vegetasjonen er synlige nedover fjellskråningen. Ved overgangen til dalbunnen flater terrenget brått ut.

Fjellsiden vest for Alternativ Sør har svaberg hvor snøskred potensielt kan løsne. Det er observert skader på trærne nedenfor svabergene.

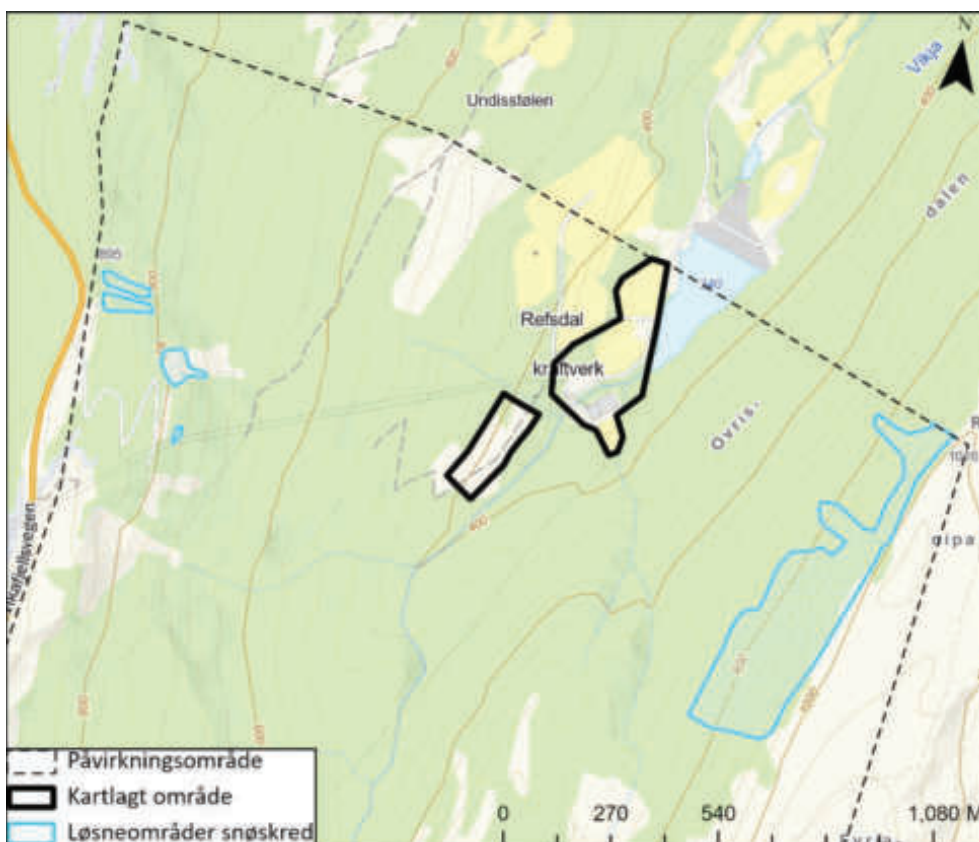
3.3.2 Utredning av løsneområde og løsnesannsynlighet

Klimaforhold viser gjennomsnittlig maksimal snøhøyde rundt 2 m med et maksimum i observasjonsperioden på rundt 3.7 m i høyde av det mest utsatte utløsningsområdet (Figur 2-31). Returverdier for 3-døgns nysnø tilvekst HNW med 100-års returperiode er rundt 135 cm. I tillegg er mest aktuelle utløsningsområder utsatt for fokksnøavsetninger fra østlige vindretninger (jfr. Figur 2-33). Basert på den relativt korte observasjonsperioden må man anta at data for lange returperioder kan være misvisende. Spor i skogen indikerer også skredaktivitet i fjellsiden øst for stasjonsområdet (se Figur 3-21).

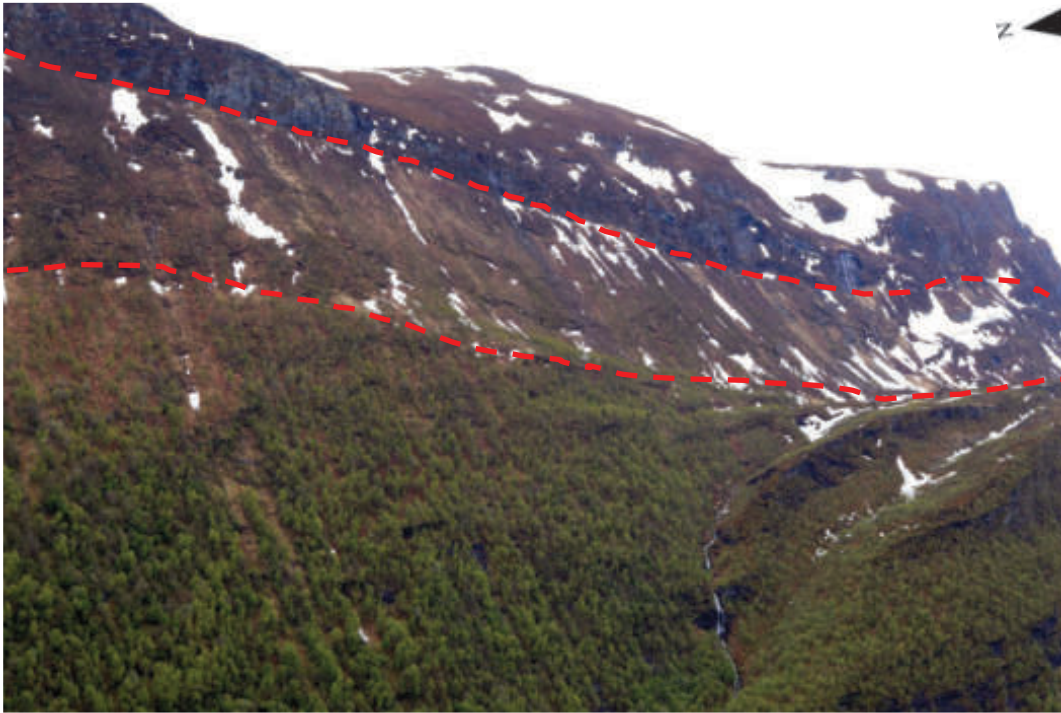
Figur 3-18 viser løsneområder som var spesielt fremtredende ved befarings. De inntegnede løsneområdene øst for Alternativ Nord (B) har relativt jevnt terreng fra øverste skrent (ca. 1000 moh.) og ca. 100 m ned. For disse løsneområdene har vi utført simuleringer. Løsneområdet "RA-av-004" (se Tabell 3-2) er avgrenset av topografien og utvidelsen av dette løsneområdet er begrenset. Snøskred fra resterende løsneområder kan ikke utelukkes, men trolig oppstå som sjeldnere hendelser.

Dagens vegetasjonsforhold i løsneområdene øst for Alternativ Nord (B) er ikke tett nok til å virke stabiliserende på snødekket øverst i løsneområdet.

Særlig i forhold til sikkerhetsklasse S3 (nominelle årlig sannsynlighet større enn 1/5000) er snøskred en aktuell prosess i området. Antatt sannsynlighet for utløsning av store snøskred (relative størrelse $\geq R4$, SWAG, 2016) er i størrelse av 1/1000 per år.



Figur 3-18 Inntegnede polygoner er spesielt fremtredende løsneområder observert under befarings. Vi har modellert basert på disse.



Figur 3-19 Potensielle utløsningsområder for snøskred under den øverste brattkanten øst for Alternativ Nord (B) markert i rødt.



Figur 3-20 Potensielt utløsningsområdet for snøskred under den øverste brattkanten øst for Alternativ Nord (B).



Figur 3-21 Skogskader indikerer snøskredaktivitet (øst for Alternativ Nord (B)).



Figur 3-22 Svabergene er potensielle løsneområder for snøskred. Nedenfor svaberget lengst nord i bildet ble det observert skader på trær etter snøskred. Rød stiplet linje angir løsneområde som kan gi snøskred med retning mot Alternativ Sør.

3.3.3 Utredning av utløp

For utredning av utløp er snøskred modellert fra fem potensielle løsneområder ovenfor kartleggingsområdene med modellverktøyet SAMOS-AT og RAMMS::AVALANCHE (RAMMS). Vi har brukt modifisert Coulomb friksjon inkl. medrivning i skredbanen for simuleringer i SAMOS-AT (Vedlegg B). Eksempler på brukte inngangsparametere for simuleringer er gitt i Tabell 3-1 og Tabell 3-2. I tillegg ble også en statistisk/topografisk modell kalt α/β -modellen som alternativt verktøy brukt for å vurdere utløpslengde (Lied & Bakkehøi, 1980).

Valgte bruddhøyder i løsneområdene er basert på interpolerte klimadata for området. Snøhøyder i løsneområdene vil variere basert på terreng- og værforhold. Fokksnø vil for eksempel kunne bidra til større snøhøyder og kan bidra til oppbygging av skavler. Vi har kjørt modeller med ulike bruddhøyder for å ta høyde for ulike scenarioer (1 m, 1,5 m, 2 m og 2,5 m). For et 1/5000 scenario kan vi anta en bruddhøyde på mellom 2 – 3 m basert på klimadata. Bruddkanten antas også å øke betydelig i utbredelse og kan inkludere større deler av fjellsiden, både vest og øst for kartleggingsområdene.

Skogtettheten varierer i utløpsområdet, men består hovedsakelig av plantet granskog. Det antas at slik skogen står i dag vil den ha en bremsende effekt på snøskred med sannsynlighet 1/100 og 1/1000. Dagens vegetasjonsforhold er brukt som inputparameter i modellene. For et 1/5000 scenario vil skog ha mindre betydning for rekkevidden.

Tabell 3-1 Parametere for modellkjøring snøskred, SAMOS-AT.

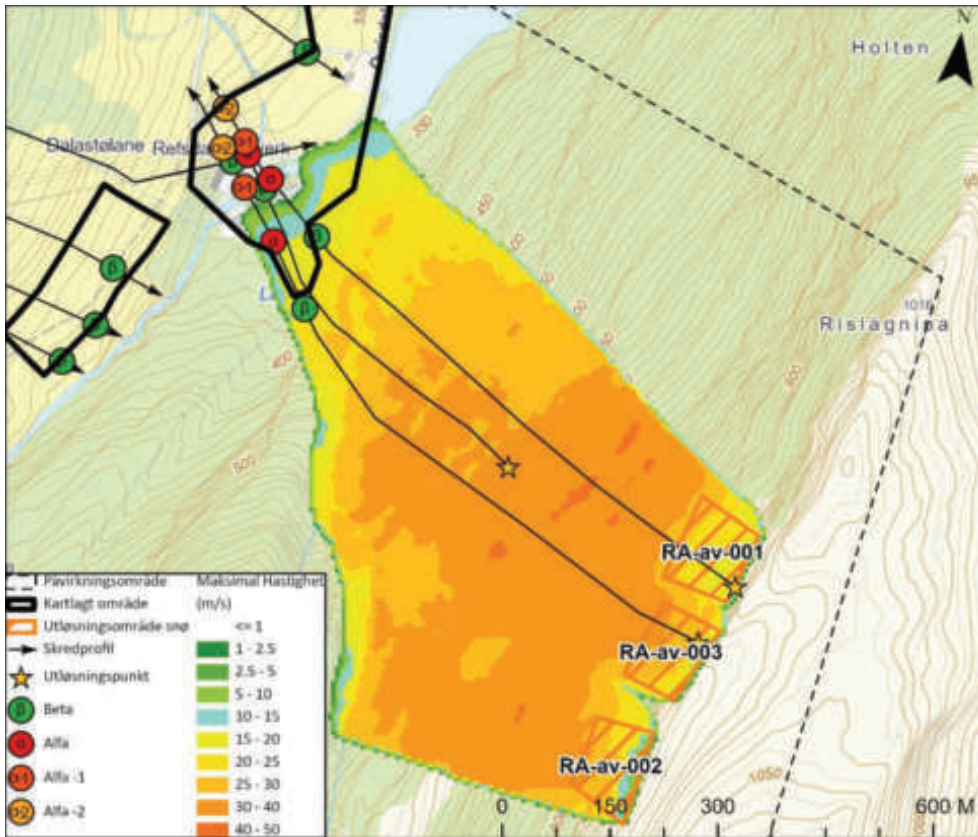
Modell	Utløsnings-område	Coulomb friksjonsparametere μ	Brudd høyde (m)	Volum (1000 m ³)	Maks erosjonsdybde (m)	dN (m ⁻¹)
SAMOS-AT	RA-av-001	0,3	1,5	24,3	0,25	0,008
	RA-av-002	0,3	1,5	24,5	0,25	0,008
	RA-av-003	0,3	1,5	24,4	0,25	0,008

Tabell 3-2 Parametere for modellkjøring snøskred, RAMMS. Friksjonsparametere ble produsert automatisk i RAMMS basert på terrengmodellen og valgte globale parametere.

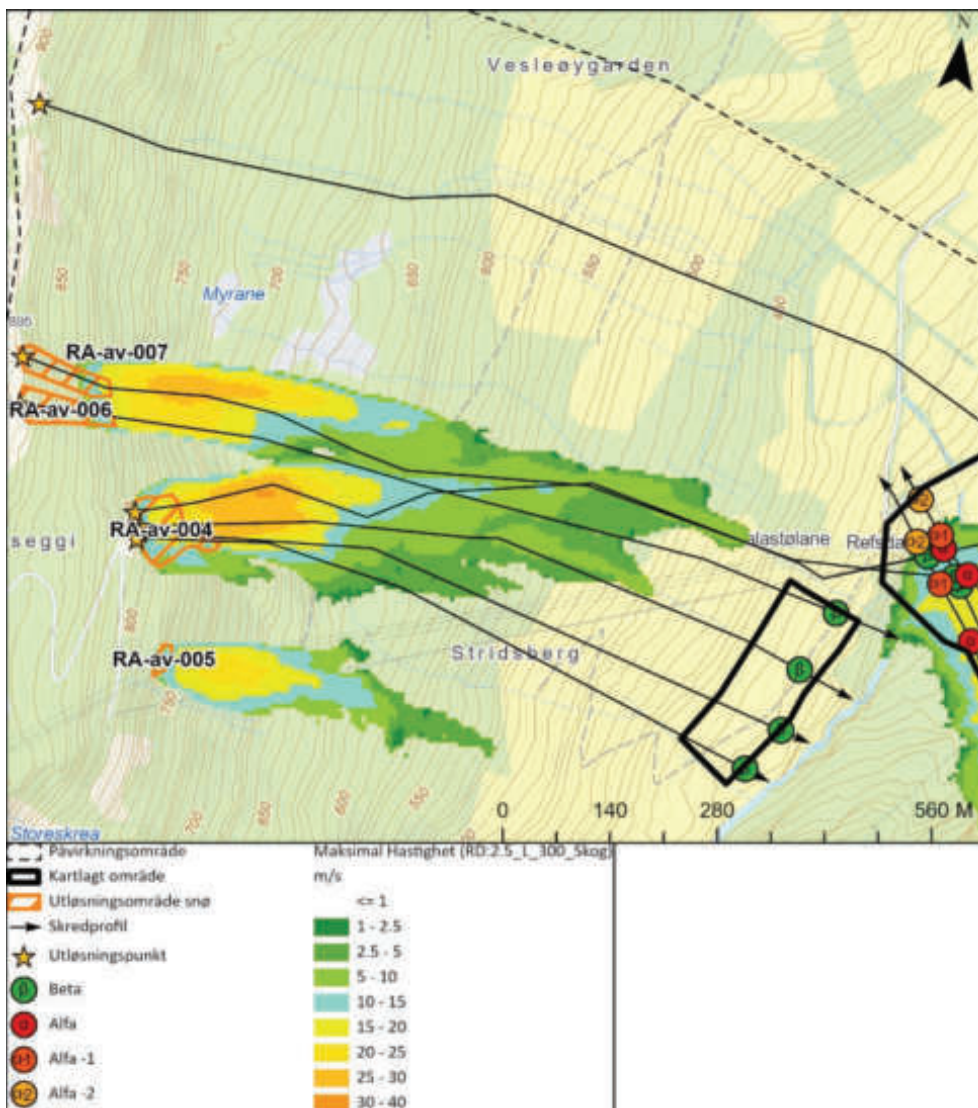
Modell	Utløsnings-område	Globale parametere		Bruddhøyde (m)	Volum (1000 m ³)
		Returperiode	Volumkat.		
RAMMS	RA-av-007	300	Large	2,5	9,5
	RA-av-006	300	Large	2,5	9,3
	RA-av-004	300	Large	2,5	18,5
	RA-av-005	300	Large	2,5	1,6

Figur 3-23 og Figur 3-24 viser eksempler på snøskredsimuleringer. Figurene viser samlinger av tre (Figur 3-23) og to (Figur 3-24) individuelle simuleringer. Simulerings-

resultater for Simulering 2 og 3, samt bedre oppløsning på resultatene fra SAMOS og Simulering 1 i RAMMS er gitt i Vedlegg C.



Figur 3-23 Eksempel på resultat av simulering av tre snøskred i SAMOS-AT (kun den tette delen av skredet). Antatt årlig sannsynlighet i respektive simulasjoner er i størrelse 1/300 per år. Utløpslengder er også kalkulert fra α/β -modellen. Bedre oppløsning på modelleringsresultater er vist i Vedlegg C.



Figur 3-24 Eksempel på resultat av simulering av to snøskred i RAMMS. Antatt årlig sannsynlighet i respektive simulasjoner er i størrelse 1/300 per år. Globale parametere: 300 y, Large (se Tabell 3-2, Simulering 1). Utløpslengder er også vurdert fra α/β -modellen. Bedre oppløsning på modelleringsresultater er vist i Vedlegg C.

Modellerte utløpsberegninger for de ulike sannsynlighetsscenarioene baserer seg på beregninger vi har utført med inputparametere for sjeldne skred. Hyppigere hendelser (1/100) vurderer vi at vil få noe kortere utløpslengder enn de modellerte basert på spor i terrenget. Sjeldnere hendelser (1/5000) er mer krevende å vurdere blant annet på grunn av begrensede dataserier for værdata. Derimot er det erfaringsmessig forventet at sjeldne hendelser har større rekkevidde enn hyppigere hendelser som betyr at utløpslengder i et 1/5000-scenario vil være større enn for årlige sannsynligheter på 1/100 og 1/1000.

Trykkklaster fra snøskred beregnes fra skredets hastighet. I beregninger defineres dynamisk trykk som:

$$P = \rho v^2,$$

hvor v er skredhastighet og ρ er tetthet. I beregningene er det brukt en tetthet på ca. 300 kg/m³ for den tette delen av skredet.

Tabell 3-3 viser beregningsparametere samt resultater for den tette delen av skredet. Vi har tatt utgangspunkt i hastigheter fra snøskredsimuleringene i RAMMS og SAMOS.

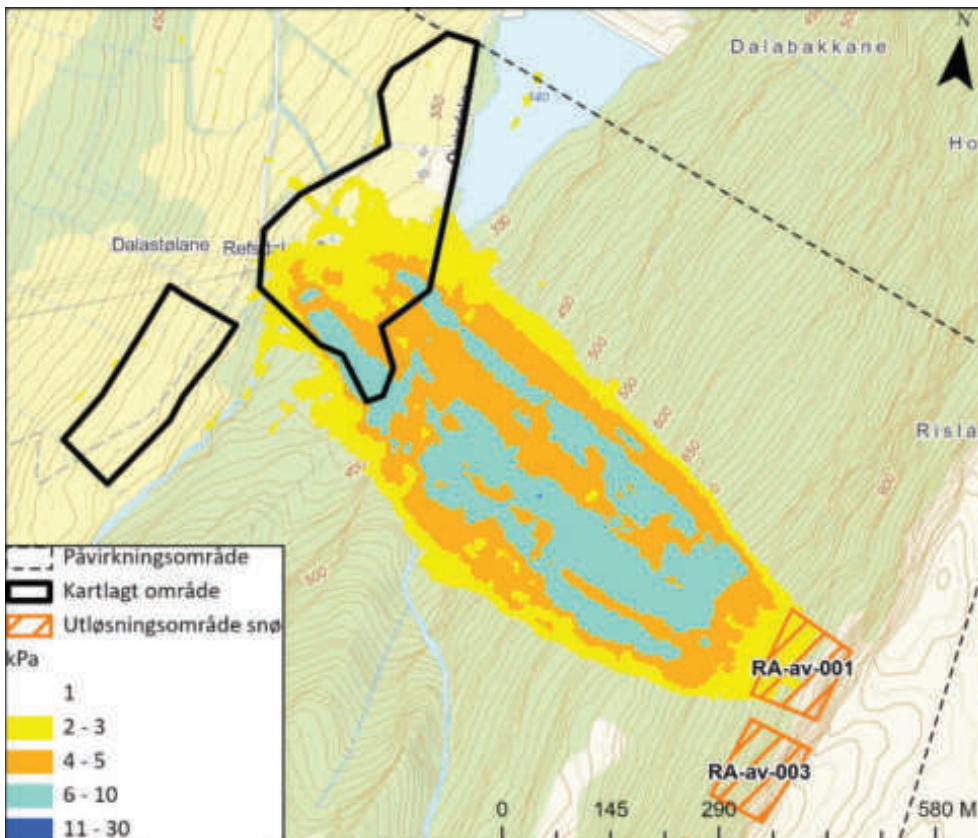
Tabell 3-3 Anslått dynamisk trykk mot kartleggingsområdene fra snøskred fra øst (faste skredmasser).

Kartleggingsområde	Skredhastighet, v [m/s]	Tetthet, ρ [kg/m ³]	Dynamisk trykk, P [kPa]
Alternativ Nord (A)	5 - 10	300	7,5 - 30
Alternativ Nord (B)	20	300	120
Alternativ Sør	-	-	-

Mindre våtsnøskred kan løsne i fjellssidene og følge forsenkninger i terrenget. Skredene kan dra med seg materiale ned til kartleggingsområdene. Vi antar at slike skred følger flom- og sørpeskredbaner som vi beskriver nærmere i respektive kapitler. Slike skred er ikke dimensjonerende for faresonene.

Ved tørre og store snøskred kan lufttrykket nær skredbanen bli så stort at det oppstår en snøsky. Snøskya er den suspenderte delen av snøskredet. Lav tetthet gjør at snøskyer følger terrenget i mindre grad enn den tette delen av skredet (samt delvis den fluide delen). Snøskyens tetthet varierer med avstanden til den tette delen av skredet, men typisk opptil 10 kg/m³.

Figur 3-25 viser et eksempel fra en simulering av skredvind fra et løsneområde nedenfor Rislågnipa som vi anser som mest aktuelt basert på terrenget. Skred kan raskt få stor hastighet pga. stor fallhøyde (~ 700 m) og lite vegetasjon i løsneområdet. I situasjoner hvor det kommer stor snøpålaging over potente lag kan snøskyer bli betydelige, spesielt hvis snødekket er sammenhengende langs fjellside. Trykk fra skredvind er beregnet til å være mellom 1 – 10 kPa, hvor trykket minker med utløpsdistansen.



Figur 3-25 Beregninger for skredvind modellert i SAMOS-AT. Antatt nominell årlig sannsynlighet er i størrelse 1/1000.

Tabell 3-4 gir en grov oversikt over forventet skadevirkning avhengig av trykk fra skredvind. De enkelte verdier i tabellen må anses som tilnærmet størrelsesorden.

Tabell 3-4 Skredtrykk fra snøskred og potensielle materielle bygningsskader (Sovilla, 2015).

Skredtrykk [kPa]	Skadevirkninger på
2 – 4	Vinduer eller svake dører
3 – 6	Vegger og tak
12 – 24	Trekonstruksjoner
25 – 45	Murverk
Rundt 100	Fullt utviklet skog
> 200	Flytter store steinblokker

Påvirkninger av trykk på mer enn 1 kPa kan generelt betraktes som farlige for menneskers liv og helse utendørs uten annen beskyttelse. Erfaringsgrunnlaget mht. sårbarhet av personer innendørs er lite, men sårbarheten avhenger i stor grad fra bygningsstruktur.

3.3.4 Når snøskred inn i kartleggingsområdet?

Snøskred mot Alternativ Nord (A) fra vest anser vi som lite sannsynlig slik vegetasjonen står i dag, samt avstand fra løsneområder. Snøskred fra Rislågnipa i øst mot Alternativ Nord (A) vil hovedsakelig stoppe i Vikja, men basert på beregninger samt tilfeller hvor snøskred har hatt lange utløp også på vann, kan vi ikke i dette tilfellet utelukke at en kombinasjon av faste skredmasser (men også medrevet vegetasjon) og skredvind kan krysse elva i sjeldne tilfeller. Vi vurderer derfor at nominell årlig sannsynlighet for at snøskred kan nå Alternativ Nord (A) er 1/1000 for en kombinasjon av faste og fluide masser. Kombinasjonen av faste og fluide masser kan potensielt nå områder på høyde med Ovrisdalsveien med et dynamisk trykk på opptil 30 kPa. På grunn av mindre friksjon fra terrenget kan snøskyer få høyere hastigheter enn de tette delene av skredet og snøskyer kan forventes å nå frem til jordbruksområdene på vestsiden av Vikja (Alternativ Nord (A)) med en årlig sannsynlighet større enn 1/5000 med et dynamisk trykk på opptil 10 kPa. Snøskyers utløpslengder er avhengig av egenskaper til den faste delen av skredet.

Resultatet fra snøskredsimuleringer og rekkeviddeberegninger med α/β -modellen indikerer at den tette delen av snøskred som løsner i fjellsiden øst for Alternativ Nord (B) kan treffe kartleggingsområdet. Forholdene ligger til rette for oppsamling av snø i de øverste klippene. Skogen viser tydelige tegn på skredbaner, og det er få tegn til nytilvekst av trær nedenfor de bratteste skrentene noe som tyder på hyppige hendelser. Antatt årlig sannsynlighet for at den tette delen av snøskred kan nå Alternativ Nord (B) er i størrelse 1/1000, og forventet dynamisk trykk er på ca. 120 kPa. Ved oppbygging av en snøsky vurderer vi at nominell årlig sannsynlighet for treff er 1/5000 med et dynamisk trykk som kan overstige 10 kPa avhengig av egenskapene til den tette delen av skredet.

Resultatet fra snøskredsimuleringer, rekkeviddeberegninger med α/β -modellen samt observasjoner for Alternativ Sør viser at den tette delen av snøskred som løsner i fjellsiden ovenfor kartleggingsområdet ikke vil nå Alternativ Sør slik skogen står i dag. Skredmassene forventes å stanse på den slake myren nedenfor løsneområdet (RA-av-004). Trolig vil skred i et 1/1000 scenario ha rekkevidde til ca. kote 600 og for et 1/5000 scenario til ca. kote 550. Alternativ Sør har lavere årlig sannsynlighet enn 1/5000 for å treffes av den suspenderte delen av et snøskred (Tabell 3-3). Snøskyer fra vest er lite aktuelt for kartleggingsområdene.

Faren for snøskred til Alternativ Sør fra øst for elva Vikja er også utredet. Det er hovedsakelig tett skog ned til elva, med unntak av en åpen strømlinjetrase som går langs elva og ned til dagens koplingsstasjon. Snøansamling kan oppstå her, men pga. helningen vil skred ha begrenset rekkevidde og vil ikke krysse elva.

3.4 Jordskred

3.4.1 Er jordskred aktuell prosess i påvirkningsområdet?

Ut ifra detaljert terrengmodell er det identifisert potensielle utløsningsområder for jordskred, dvs. områder som har løsmasser og er brattere enn 20°.

3.4.2 Utredning av løsneområde og løsnesannsynlighet

I skråningen øst for Alternativ Nord (B) er det i hovedsak berg i dagen eller liten løsmasseoverdekning. Løsmassedekket er trolig tynt pga. bratt helning. En kombinasjon av en del store trær på tynt jordsmonn kan gi økt sannsynlighet for utløsning (mer labile forhold) av jordskred.

En grunn utglidning i løsmassedekket kunne observeres i fjellsiden øst for Alternativ Nord (B) på befaring (Figur 3-26). Mindre jordskred kan også skje i sammenheng med våte snøskred og steinsprang (Figur 3-27).



Figur 3-26 Grunn utglidning i det tynne løsmassedekket i den østlige fjellsiden.



Figur 3-27 Mindre jordskred utløst av steinsprang øst for Alternativ Nord (B).

Også fjellsiden vest for Alternativ Nord (A) og Alternativ Sør har tynt løsmassedekke (Figur 3-28). I tillegg er åpne jorder med bratt helning erfaringsmessig potensielle løsne-områder for jordskred.



Figur 3-28 Eksempel på tynt løsmassedekke vest for Alternativ Sør.

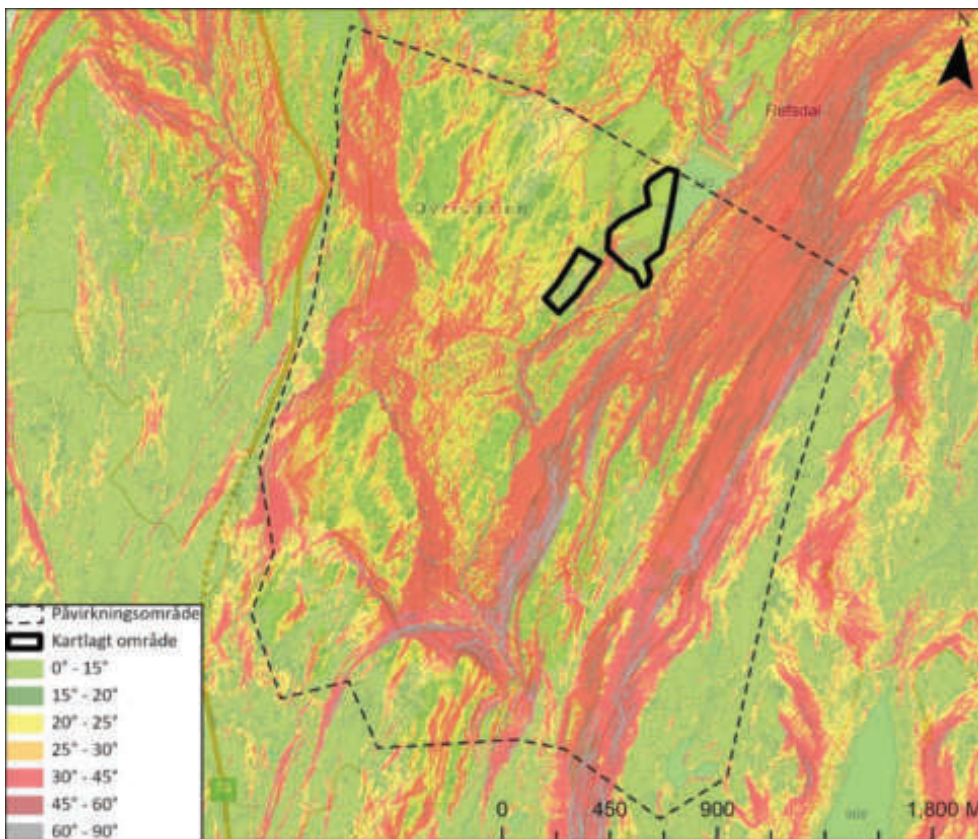
NGI antar at årlig sannsynlighet for utløsning av jordskred er større enn 1/50 for fjellsiden øst for Alternativ Nord (B) og større enn 1/100 for fjellsiden vest for Alternativ Nord (A) og Alternativ Sør.

3.4.3 Utredning av utløp

På grunn av det tynne løsmassedekket i fjellsiden øst for Alternativ Nord (B) vil jordskred trolig ikke oppnå store volum, og ikke få utløp forbi/over bekken som går langs oversiden av jordet sør for eksisterende koblingsanlegg.

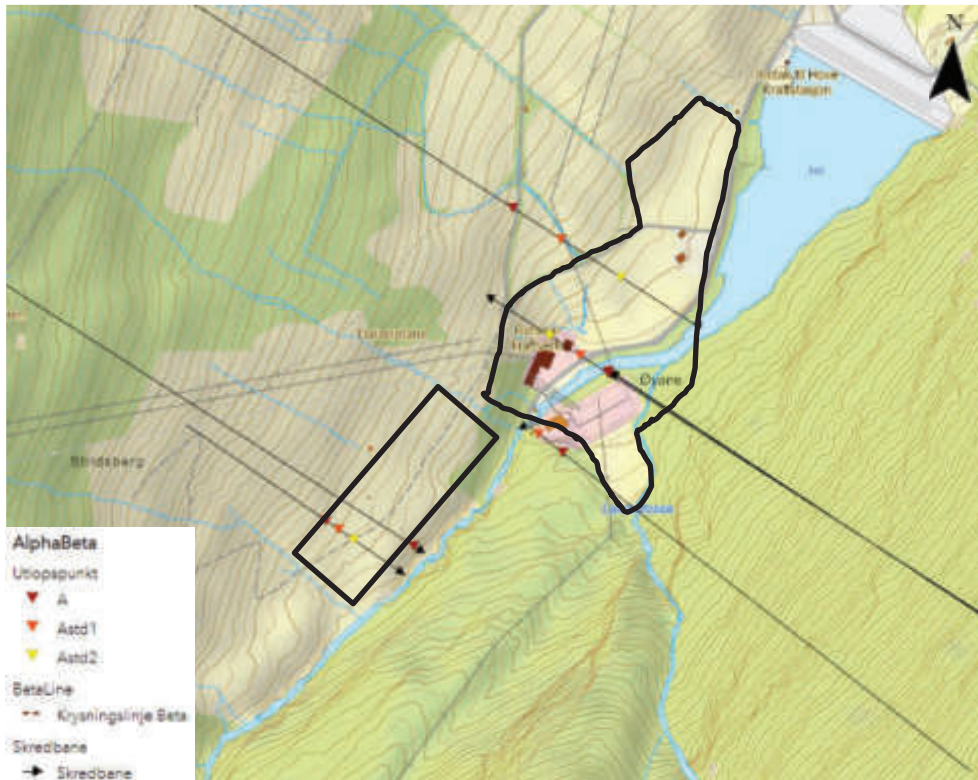
I fjellsiden vest for Alternativ Sør er løsmassedekket hovedsakelig tynt med områder med bart fjell. Lokale utglidninger kan oppstå nedenfor myrområdene mellom 600 – 650 moh. Her er løsmassedekket noe tykkere, men helningen er lav og potensielle jordskred vil ha begrenset rekkevidde (Figur 3-29). Lokale utglidninger i innmarksbeitene kan oppstå, men vil også her ha begrenset rekkevidde pga. lav helning.

Skog i områder med tynt løsmassedekke kan forårsake ustabile forhold. Dette er spesielt gjeldende for løsneområdene øst for Alternativ Nord (B). Skog i områder med tykkere løsmassedekke virker forankrende og vil bidra til å stabilisere løsmassene. Skogen mellom kote 600 – 650 vest for kartleggingsområdene vil derfor trolig bidra til å stabilisere dekket.



Figur 3-29 Oversikt over terrenghelning i kartleggings- og påvirkningsområdet.

De observerte konvekse landformene i Alternativ Sør kan potensielt stamme fra jordskred. Utløp er derfor beregnet med α/β -modellen for jordskred (Figur 3-30).



Figur 3-30 Beregnede utløp fra α/β -modellen for jordskred (utført i NVEs beregningsverktøy). Kartleggingsområdene er inntegnet omtrentlig.

3.4.4 Når jordskred inn i kartleggingsområdet?

Ut ifra observasjoner og tolkninger av skyggekart anser vi faren for jordskred ned til kartleggingsområdene som liten. Løsmassedekket i fjellsidene vest og øst for de kartlagte områdene varierer i tykkelse, men det er hovedsakelig tynt i områder med aktuell helning slik at potensielle jordskred blir grunne med begrenset rekkevidde. Observerte avsetningsformer er trolig fra kort tid etter siste istid. Sjeldne hendelser vil ha lenger rekkevidde enn lokale utglidninger, men vi anser trykkvirkningene/lastene fra et slikt scenario til å være små og ikke ha betydning for eventuell bebyggelse. Beregnede utløp fra α/β -modellen er konservative. Vestlig dalside har undulerende topografi rundt 20° noe som slår inn med lange utløp i α/β -modellen.

For Alternativ Nord (A) og Alternativ Sør kan mindre lokale utglidninger i forsenkninger trolig forekomme hyppigere enn hvert 100. år, men større utglidninger med lang rekkevidde ned til kartleggingsområdene er vurdert å ha årlig sannsynlighet lavere enn 1/5000. For Alternativ Nord (B) er det vurdert at jordskred med årlig sannsynlighet 1/5000 kan nå kartleggingsområdet.

Erfaringsmessig vil menneskelige inngrep som for eksempel utfyllinger kunne gi opphav til lokale utglidninger.

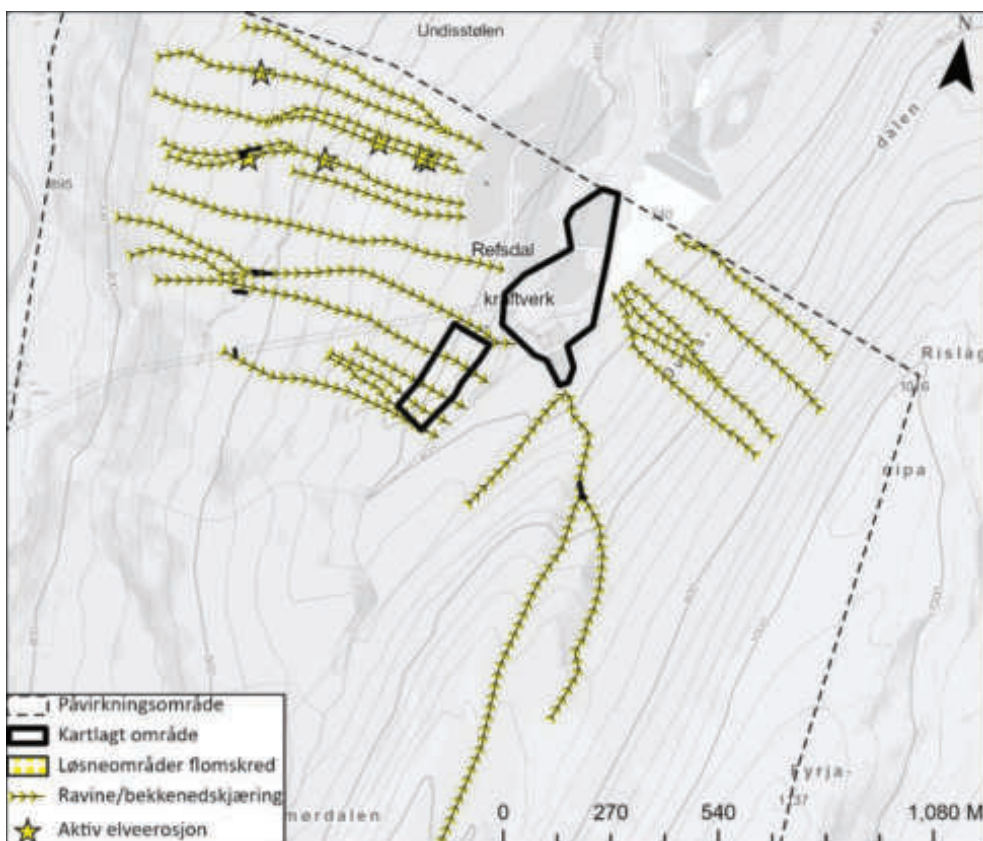
3.5 Flomskred

3.5.1 Er flomskred aktuell prosess i påvirkningsområdet?

Terreng brattere enn rundt 15° med løsmasser og som kan gi opphav til overflateavrenning er potensielle løsneområder for flomskred. De klimatiske forholdene med mye nedbør og perioder med intens snøsmelting indikerer mulighet for skredaktivitet der terrengforholdene ligger til rette for det.

3.5.2 Utredning av løsneområde og løsnesannsynlighet

Det er generelt vanskelig å definere nøyaktig plassering av løsneområder for flomskred, men flomskred starter først og fremst i aktive bekkeløp og raviner (markert i registreringskart). Det renner flere bekker i dalsidene ovenfor kartleggingsområdene som kan rive med seg løsmasser i flomsituasjoner og som derfor er potensielle flomskredbekker (Figur 3-31).



Figur 3-31 Potensielle baner / utløsningsområder for flomskred. Dreneringsløp er potensielle flomskredbaner og flomskred kan starte i disse.

Det er flere myrområder ovenfor Alternativ Nord (A) hvor knekkpunkter til brattere terreng kan bli løsneområder for flomskred. Det er flere raviner i dalsiden og under befaring ble det observert vannføring i disse. Studier av flybilder og dreneringsanalyser

viser også dreneringsveier over jordene ned mot Alternativ Nord (A). Ved kraftig nedbør kan øvre del av jordsmonnet på jordene raskere bli vannmettet enn terrenget rundt pga. lite vegetasjon. Dette kan føre til at vannføring utenom eksisterende løp, men vil trolig ha lav masseførende kapasitet. Det er kun en bekk som renner inn i og gjennom Alternativ Nord (A) (Figur 3-32). Denne må nødvendigvis håndteres innenfor planområdet når dette skal bearbeides til en sammenhengende flate. Oppstrøms planområdet anbefales bekken vurdert mht. erosjonsforhold, som grunnlag for å vurdere behov for erosjonssikring. Det også tas hensyn til eventuell omlegging av veier. Vi vurderer årlig sannsynlighet for utløsning av flomskred i bekkeløp vest for Alternativ Nord (A) til å være 1/100.





Figur 3-32 Bekk som renner inn i og gjennom Alternativ Nord (A). Øverst til venstre: sett oppstrøms. Øverst til høyre: sett nedstrøms. Nederst til venstre: sett nedstrøms. Nederst til høyre: sett nedstrøms, hvor vann fra bekkene ledes ut i elven gjennom et rør.

Ut ifra dreneringsanalyser i ArcGIS og observasjoner gjort under befaring er det spesielt Lambafossen som peker seg ut som skredutsatt for Alternativ Nord (B) (Figur 2-3, Figur 2-37). Her vil det kunne være kombinasjonsskred og overganger mellom flom- og sørpeskred. Vi vurderer årlig sannsynlighet for utløsning av flomskred er større enn 1/50 for Lambafossen.

Videre er det flere bekkeløp som renner ned mot Alternativ Sør med potensiale for skredaktivitet. Alle bekkeløpene renner for en stor del på berg, og det synes å være begrenset mulighet for medrivning av løsmasser. I flomsituasjoner som inntreffer flere ganger hvert år vil begrensede masser kunne transporteres ned langs løpene og inn i Alternativ Sør, men om dette kan defineres som flomskred kan diskuteres. Større flommer med typisk returperiode 100-1000 år vil ha større kapasitet til å kunne dra med seg løsmasser.

3.5.3 Utredning av utløp

I skråningene vest og øst for kartleggingsområdene er det mulig å identifisere raviner på skyggekartet som kan være spor etter bekker som har erodert i løsmassene. I Alternativ Sør ble det under befaring i tillegg observert konvekse avsetningsformer antatt å være moreneavsetninger erodert av flomskred, mest sannsynlig i forbindelse med smelting av innlandsisen for ca. 10.000 år siden. Det var ikke spor etter aktiv erosjon i avsetningsformene, men sannsynligheten for nye flomskred er størst i tidligere flomskredløp. Derimot kan vi anta at løsmassetykkelsen i dag er langt mindre enn den var rett etter isen

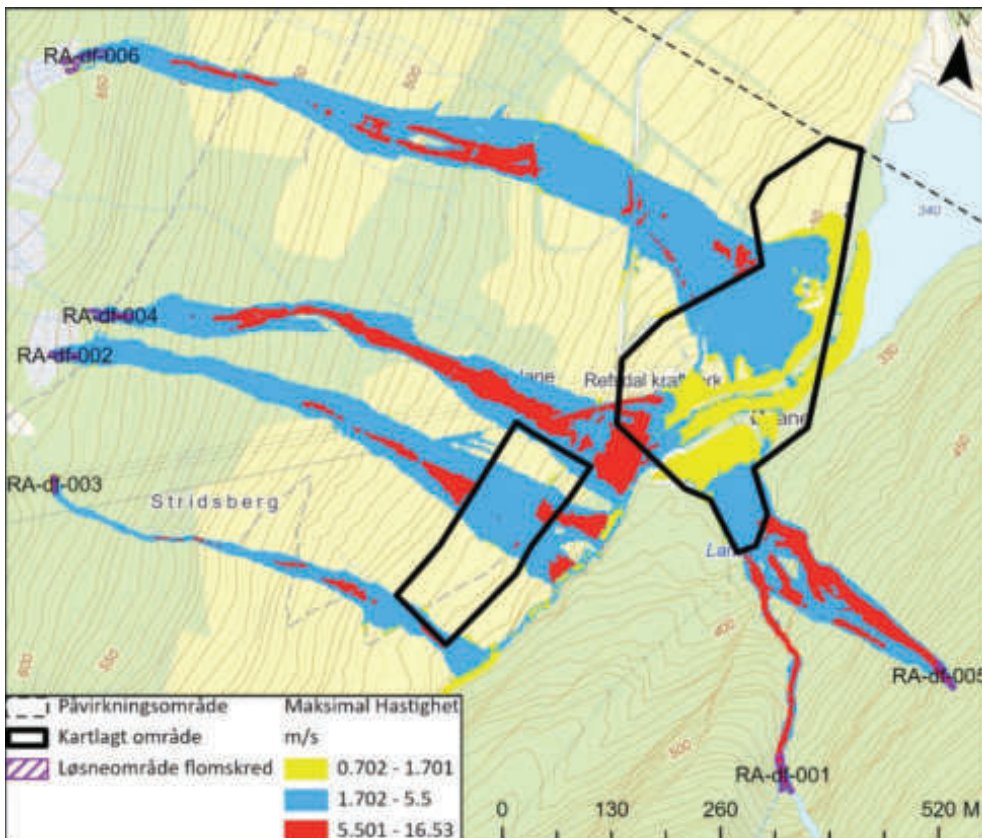
trakk seg tilbake. Det var få spor etter kraftig erosjon eller andre store avsetninger i øvrige dreneringsløp ned til kartleggingsområdene. Vi antar derfor at det er lav årlig sannsynlighet for større skred i disse.

For utredning av utløp er flomskred modellert fra seks potensielle løsneområder ovenfor kartleggingsområdene med modellverktøyet RAMMS::DEBRISFLOW (Vedlegg B). Inngangsparametere for simuleringene er gitt i Tabell 3-5. Medrivning/erosjon er inkludert.

Tabell 3-5 Parametere for modellkjøring av flomskred i RAMMS::DEBRISFLOW. Simuleringene er modellert med 2 m oppløsning på terrengmodellen.

Modell	Utløsnings- område	Tetthet (kg/m ³)	Coulomb friksjons- parametere μ	Viscous - turbulent friksjon ϵ	Brudd høyde (m)	Volum (1000 m ³)
RAMMS	RA-df-001	2000,0	0.1	200,0	1,0	0,33
	RA-df-002	2000,0	0.1	200,0	1,0	0,094
	RA-af-003	2000,0	0.1	200,0	1,0	0,22
	RA-df-004	2000,0	0.1	200,0	1,0	0,25
	RA-df-005	2000,0	0.1	200,0	1,0	0,37
	RA-df-006	2000,0	0.1	200,0	1,0	0,38

Figur 3-33 viser eksempler på flomskredsimuleringer. Figuren viser en samling av seks individuelle simuleringer. RAMMS inkluderer ikke sideveis friksjon og sideveis-utbredelse i simuleringene er derfor antatt å være overdreven. Simuleringen er basert på sjeldne hendelser, typisk med nominell årlig sannsynlighet på 1/5000. Simuleringen gir lave hastigheter slik at masseføringen er forventet å være lav, spesielt på jordene i Alternativ Nord (A). Helningen, samt fraværet av vegetasjon, gjør jordene utsatt for større utbredelse av potensielle flomskred enn tilstøtende terreng. Terrengforholdene gjør at det hovedsakelig er avsetningsprosesser som vil være gjeldende på jordene.



Figur 3-33 Eksempel på resultat av simulering av flomskred i RAMMS::DEBRISFLOW i størrelsesorden 1/5000. Bedre oppløsning på modelleringsresultater er vist i Vedlegg C.

Det er stort sett ikke fare for at observerte bekkeløp vil ta nye løp. Flomskred vil hovedsakelig følge eksisterende bekkeløp og forsengkninger, men det kan oppstå utbredelse utenfor løpene der områder flater ut, som på jordene. Her vil trolig masseføringen være begrenset pga. lav helning.

3.5.4 Når flomskred inn i kartleggingsområdet?

Basert på simuleringsresultater kan bla. flomskred ved Vikjælva, Lambafossen og bekkene ved Dalastølene og Stridsberg nå inn i kartleggingsområdene. Bekkeløpet fra det nordligste myrområdet mot Alternativ Nord (A) fra vest kan også potensielt nå Alternativ Nord (A). Sideveis utbredelse vist i modelleringsresultatet er derimot antatt å være konservativ. Masseføringen fra flomskred fra vest er antatt å være lav ved Alternativ Nord (A), og vi vurderer at kartleggingsområdet kan nås av flomskred i sjeldne tilfeller, typisk hendelser med nominell årlig sannsynlighet 1/5000, men da også med lav intensitet. Flomskred fra Lambafossen kan nå Alternativ Nord (B) oftere enn hvert 100. år, men utstrekningen av faresonene antas å være avhengig av sørpeskred som er dominerende skredtype. Flomskred fra Vikjælva er utredet i NGI-rapport 20210463-04-R og er vurdert til å ikke gi større oppskylling enn ved et potensielt dambrudd, altså ca. 341 moh.

Avsetningsformene observert i Alternativ Sør har trolig oppstått kort tid etter siste istid basert på nåværende løsmassetykkelse i dalsiden. Dersom det er flomskredavsetninger, vil trolig tilsvarende store flomskred være sjeldne med dagens løsmassetykkelse. Det er krevende å stadfeste eksakt løsneområde for flomskred, da disse kan løsne langs hele dreneringsløpet der det er løsmasser. Det er derfor ikke mulig å utelukke sjeldne hendelser med lengre utløp. Vi antar derfor at flomskred kan nå Alternativ Sør med en årlig sannsynlighet 1/5000.

3.6 Sørpeskred

3.6.1 Er sørpeskred aktuell prosess i påvirkningsområdet?

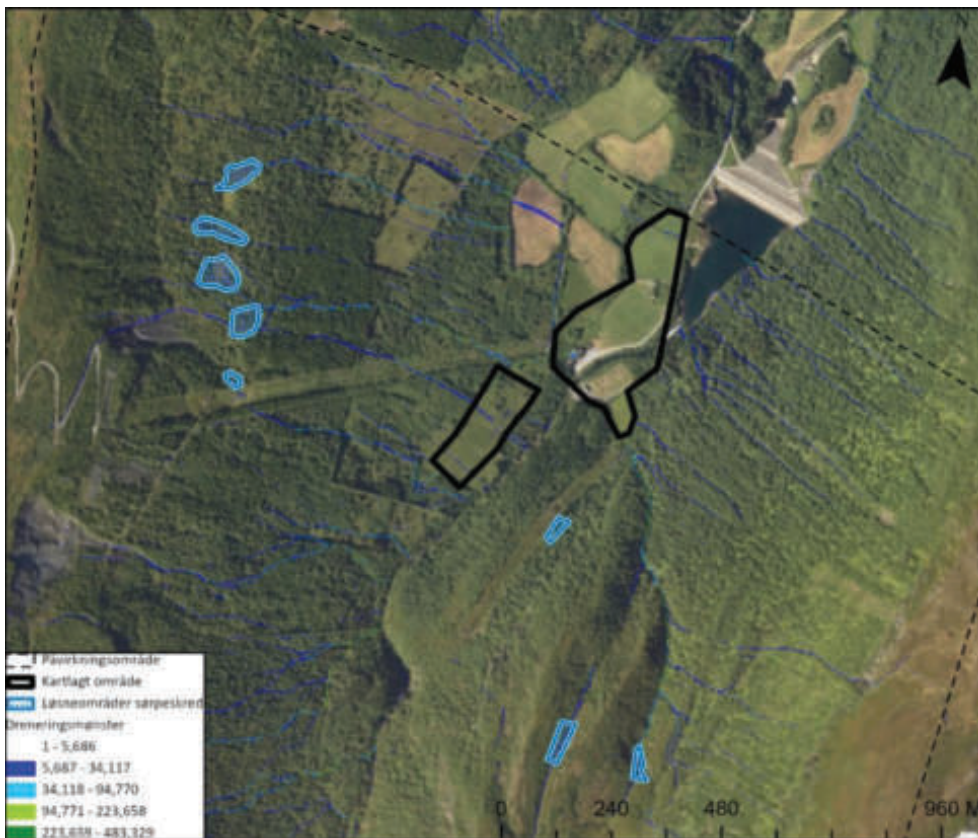
Sørpeskred anses å være aktuell skredtype i dette området (NGI, 2015). Terrenget tilsier at sørpeskred under visse forhold vil kunne oppstå i terrenget vest og øst for kartleggingsområdene, særlig dersom større snøfall blir etterfulgt av mildvær og regn.

3.6.2 Utredning av løsneområde og løsnesannsynlighet

Sørpeskred har mange potensielle utløsningsområder. Typisk løsner sørpeskred nedenfor myrområder der helningen går over i brattere terreng, i bekkeløp med snødekke eller i åpne områder med vannmettet snø som for eksempel jorder (NVE, 2021b). Dette er typisk for påvirkningsområdet. Området ligger i et klima med typisk raske vekslinger mellom snøfall og mildvær med regn i området (regn på snø). Dette øker sannsynligheten for sørpeskred. Klimaforhold i området, terrengforhold og tidligere hendelser i nærområdet (kap. 2.1.4) tilsier at sørpeskred er en potensiell faretype.

For Alternativ Nord vil sørpeskred kunne følge bekkedragene ned mot kraftverket fra høyereliggende fjellpartier mot sør samt bekkeløp fra fjellpartiene mot vest. Særlig mener vi bekkeløpet ned Lambafossa mot Alternativ Nord (B) er utsatt for denne skredtypen (Figur 3-34). Figur 3-35, Figur 3-36, Figur 3-37 viser potensielle utløsningsområder og baner. Jordene ovenfor Alternativ Nord (A) er også aktuelle løsneområder i tilfeller hvor snødekket er svært vannmettet. Vi vurderer årlig sannsynlighet for utløsning av sørpeskred i fjellsiden vest for Alternativ Nord (A) til 1/100 og for Alternativ Nord (B) 1/30.

For Alternativ Sør vil sørpeskred kunne løsne i myrområdene vest i påvirkningsområdene der det kan magasineres mye vann i snødekket (Figur 3-34). Det er flere dreneringsløp fra myrområdene som kan dra med seg masser ned mot kartleggingsområdene. Sørpeskred kan også løsne fra åpne jorder, noe som gjør store deler av dalsiden vest for Alternativ Nord (A) og Alternativ Sør til potensielle løsneområder (Figur 3-38). Vi vurderer årlig sannsynlighet for utløsning av sørpeskred i fjellsiden vest for Alternativ Sør til 1/100.



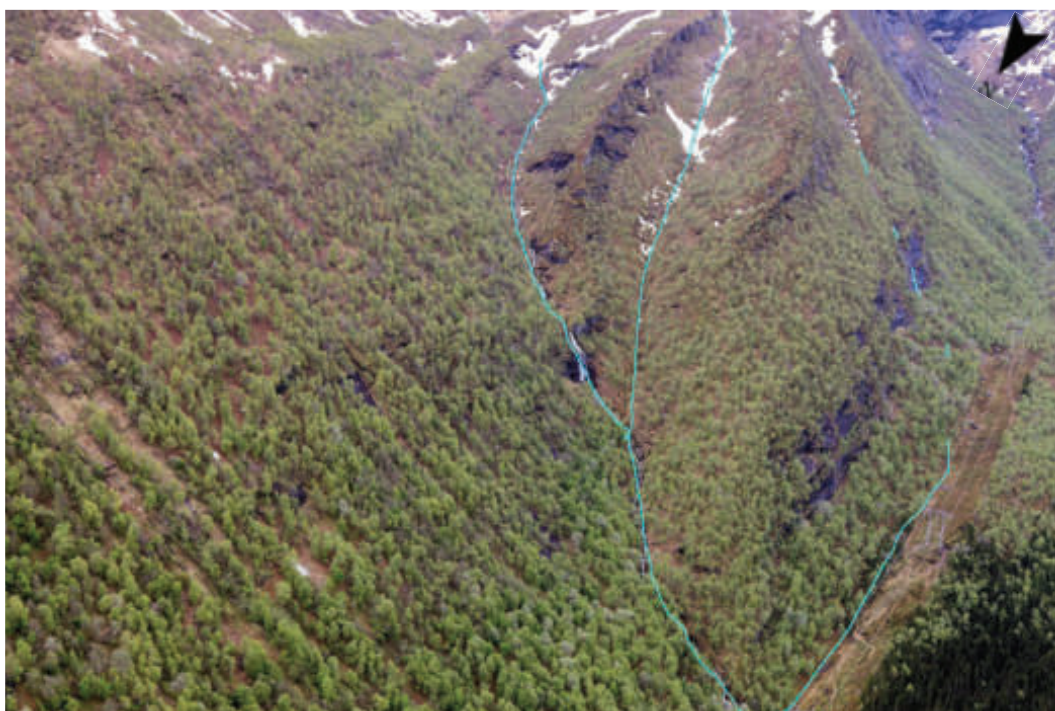
Figur 3-34 Potensielle baner / utløsningsområder for sørpeskred. Dreneringsløp er potensielle sørpeskredbaner.



Figur 3-35 Potensiell utløsningsområdet for sørpeskred i øvre del av Lambafossa (oppe på fjellet). Her er det en utflating hvor vann i snødekket kan bygge seg opp før bekkeløpet faller bratt ned mot Alternativ Nord (B). Det er også bratte sidedaler som kan gi snøskred som kan tette bekkeløpet.



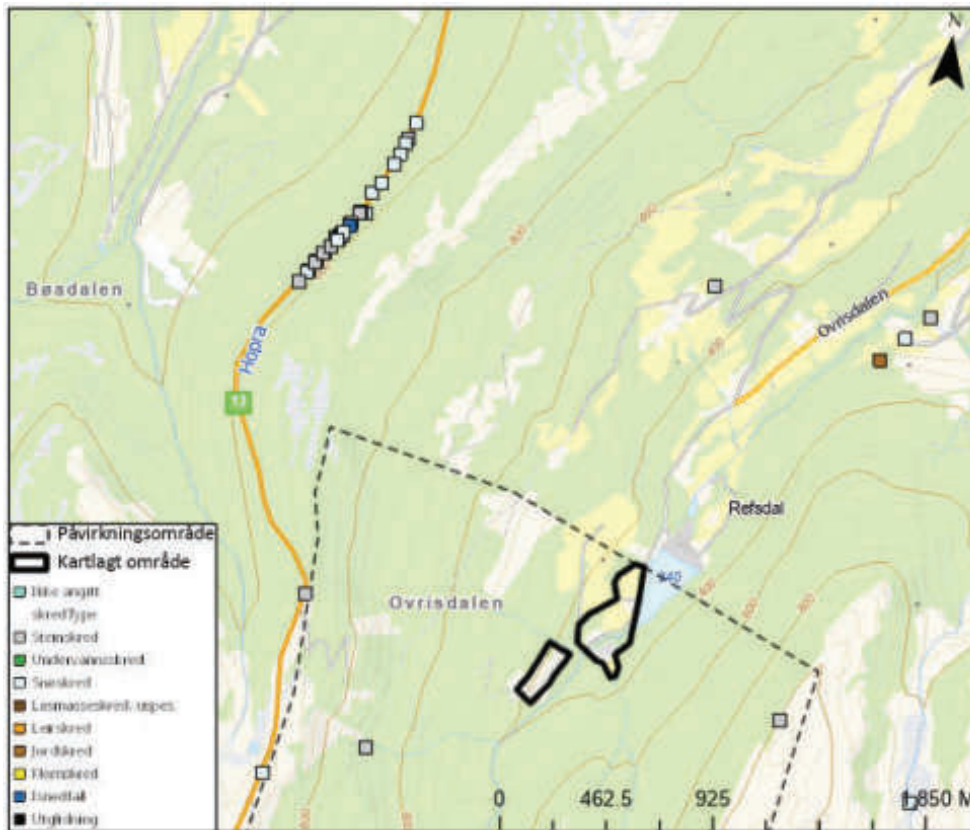
Figur 3-36 Potensielt utløsningsområde og bane for sørpeskred.



Figur 3-37 Potensielle baner / utløsningsområder for sørpe-/flomskred sørøst for Alternativ Nord (B).



Figur 3-38 Potensielle utløsningsområder for sørpeskred på åpne jorder.



Figur 3-39 Registrerte skred fra NVEs skredatabase (www.skredregistrering.no).

Sørpeskred i området kan typisk starte på dyrket mark der vann konsentreres i snødekket, eller oppe på myrene omkring 670 moh. På motsatt side av ryggen mot Rv. 13, er det registrert sørpeskred i bekkene som krysser veien (Figur 3-39). Det er ingen registrerte hendelser mot de to aktuelle kartleggingsområdene. Dette kan skyldes lite aktivitet i området. Sørpeskred er en heller vanlig skredtype i midtre deler av Sognefjorden og i Sunnfjord der mange skred har løsnet på åpne områder som jorder. Med den årlige sannsynligheten som skal legges til grunn for trafostasjonen (1/5000), er det påregnelig at det også kan gå sørpeskred i dalsidene ovenfor kartleggingsområdene.

3.6.3 Utredning av utløp

For de utvalgte utløsningsområdene ble representative modellkjøringer gjort med SAMOS-solver med modifisert Bingham-Coulomb friksjon med medrivning samt i RAMMS::DEBRISFLOW (Vedlegg B). Inngangsparametere for simuleringene er gitt i Tabell 3-6 og Tabell 3-7. Parametervalget i RAMMS er basert på etterregning fra hendelser, rapport fra Skred AS (NVE, 2021a) samt rapport fra NGI (NGI, 2016). μ angir bakkefriksjon og styrer primært hastighet i utløpsområdet samt utløpslengde. ϵ angir intern friksjon og styrer primært den maksimale hastighet i den modellerte skredbevegelsen. Medrivning av snø og skog er inkludert i beregningene.

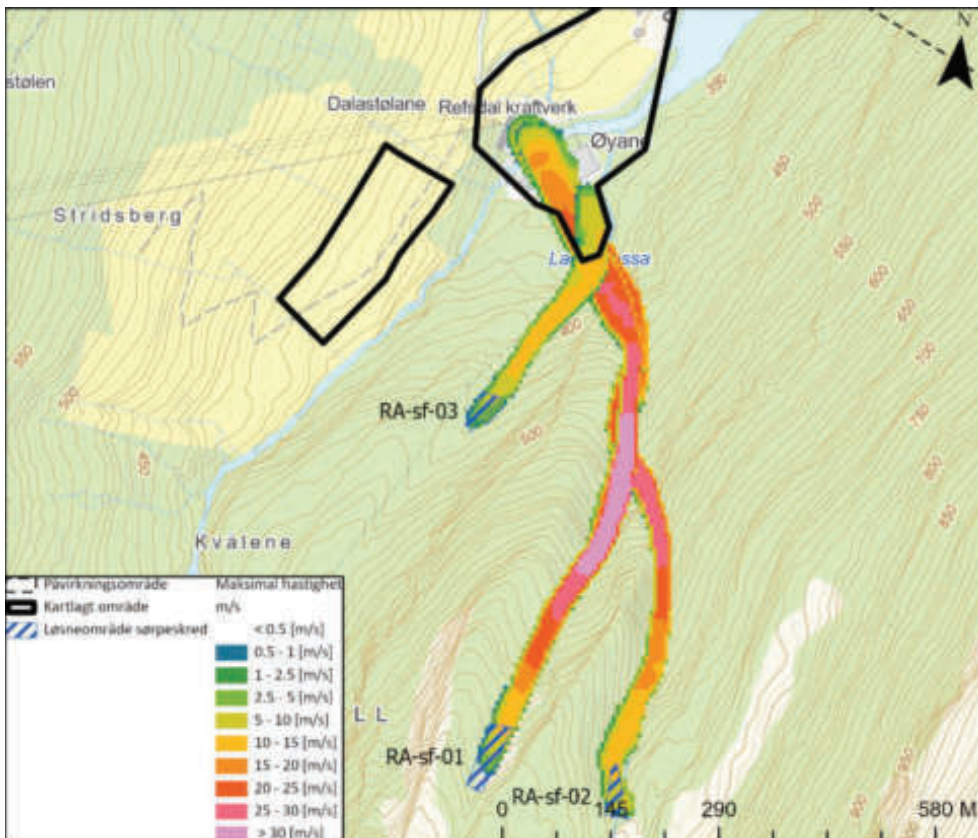
Tabell 3-6 Parametere for modellkjøring sørpeskred i SAMOS-solver.

Modell	Utløsnings- område	Skjær- styrke (Pa)	Bingham viskositet (Pa s)	Coulomb friksjons- parametere μ	Volum (1000 m^3)	Maks erosjons- dybde (m)	dN (m^{-1})
SAMOS- solver	RA-sf-01	100	3	0,1	3,4	0,5	0,008
	RA-sf-02	100	3	0,1	2,3	0,5	0,008
	RA-sf-03	100	3	0,1	1,5	0,5	0,008

Tabell 3-7 Parametere for modellkjøring av sørpeskred i RAMMS::DEBRISFLOW. Anbefalte inputparametere for friksjon er brukt.

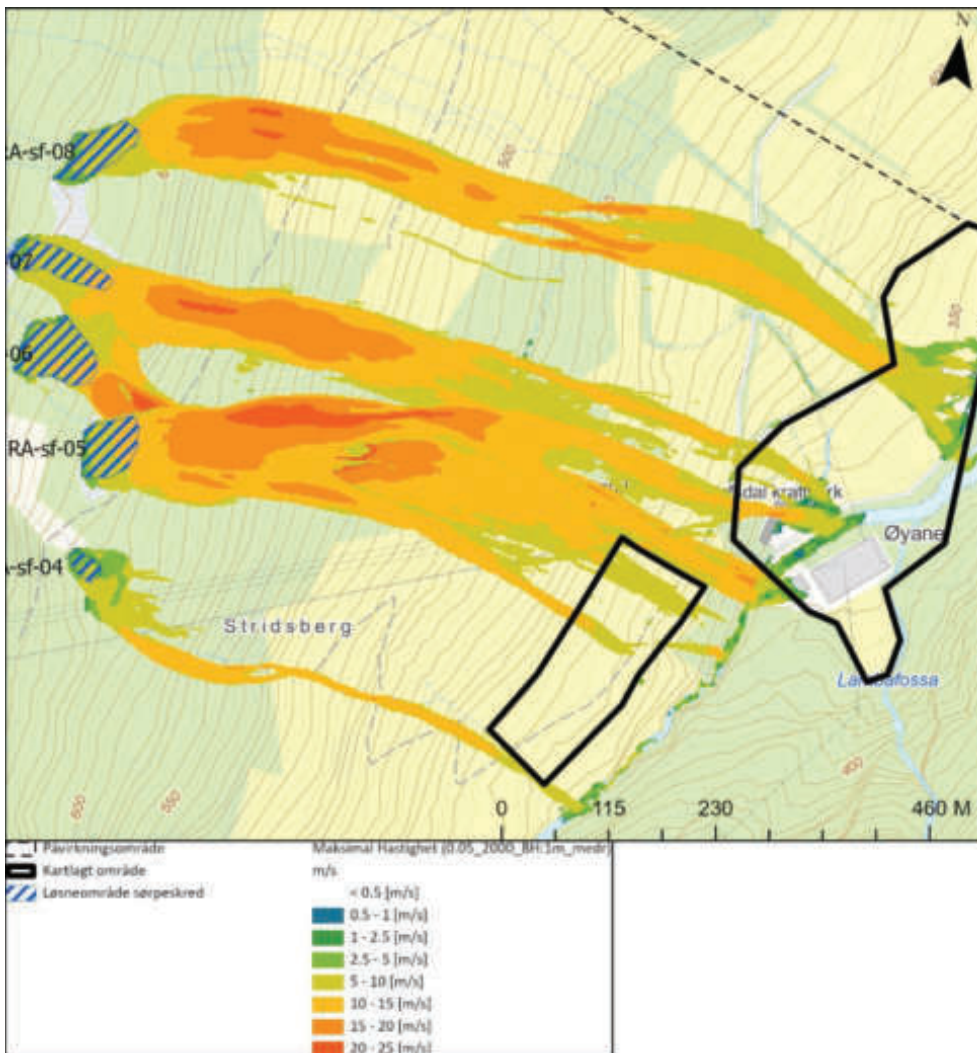
Modell	Utløsnings- område	Coulomb friksjons- parametere μ	Viscous - turbulent friksjon ϵ	Brudd høyde (m)	Volum (1000 m^3)	Tetthet (kg/m^3)	Maks erosjons- dybde (m)
RAMMS	RA-sf-04	0,05	2000,0	1,0	0,8	1000,0	0,5
	RA-sf-05	0,05	2000,0	1,0	3,3	1000,0	0,5
	RA-sf-06	0,05	2000,0	1,0	4,7	1000,0	0,5
	RA-sf-07	0,05	2000,0	1,0	3,2	1000,0	0,5
	RA-sf-08	0,05	2000,0	1,0	3,0	1000,0	0,5

Sørpeskred blir i mindre grad styrt av veier og grøfter enn dreneveiene. Figur 3-40 viser eksempel på sørpeskredsimulering for tre ulike løseområder øst for Alternativ Nord (B). Simulerte løseområdene er aktive bekkeløp.



Figur 3-40 Eksempel på tre sørpeskred simulert i SAMOS-solver. Antatt sannsynlighet i vist simulasjon er i størrelse 1/100 per år. Bedre oppløsning på modelleringsresultater er vist i Vedlegg C.

Figur 3-41 viser eksempel på sørpeskredsimuleringer for fem ulike løsneområder vest for Alternativ Nord (A) og Alternativ Sør. Simulerte løsneområder inkluderer bekker nedenfor myrområder som potensielt kan samle mye vann når forholdene ligger til rette for dette. Under befaringen 07.11.2022 ble det observert masseføring i disse bekkene.



Figur 3-41 Eksempel på fem sørpeskred simulert i RAMMS::DEBRISFLOW. Antatt sannsynlighet i respektiv simulasjon er i størrelse 1/1000 per år. Bedre oppløsning på modelleringsresultater er vist i Vedlegg C.

Figur 3-34 viser hvordan terrenget drenerer vann både med kanalisering og spredning. Som en ser av figuren er det både veier og terreng som påvirker strømningsretning. Modelleringsresultatene viser samme trend. Sørpeskred vil hovedsakelig følge bekkeløp. Dette gjør at alle bekkeløp ned til kartleggingsområdene er potensielt utsatt for sørpeskred. Derimot bør man ikke utelukke at skredmasser følger veier dersom stikkrenner ikke har god nok kapasitet. Det er ikke utført simulering av sørpeskred på jordene, men sørpeskred kan typisk løsne i forsenkninger med høyt vanninnhold.

En ser at det er relativt lite vannsig mot deler av Alternativ Nord (A), dette skyldes en svak ryggform opp for planområdet på vestsiden, samt at veier leder vann sidelengs på jordene. Stikkrenner i vei er ikke lagt inn i modellen. I dag er mye av vannet som føres med grøfter langs veien, ført ned i ei samlegrøft, en bekk som dels er lukket midt i Alternativ Nord (A). Sørpeskred mot Alternativ Nord (B) er aktuelt langs Lambafossa

samt ravinen vest for Lambafossa. For Alternativ Sør er det flere potensielle utløp som kan føre masser ned mot kartleggingsområdet.

Simuleringsresultater viser at massene har hastigheter på rundt 10 m/s (70 kPa ($\rho = 700$)) ved Alternativ Nord (A) og Alternativ Sør. Massetransporten vil trolig være begrenset nede ved kartleggingsområdene. Trolig vil en stor del av avsetningene avsettes før de når kartleggingsområdene og snø med høyt vanninnhold/vann vil gi de lengste utløpene. Ved Alternativ Nord (B) er hastigheten høyere og sørpeskred kan nå kartleggingsområdet med hastigheter opp mot 30 m/s (~630 kPa ($\rho = 700$)). Her vil skredene ha større intensitet med større potensiale for massetransport.

Det er stor usikkerhet rundt skadepotensialet til sørpeskred fra vest mot Alternativ Nord (A) og Alternativ Sør. Trolig vil det være tilstrekkelig å sørge for god kapasitet på grøfter for å gi tilstrekkelig drenering. For Alternativ Nord (B) vurderes skadepotensialet fra sørpeskred i Lambafossa til å kreve større tiltak (for eksempel wirenett over bekkeløp).

3.6.4 Når sørpeskred inn i kartleggingsområdet?

Modellene viser store forskjeller med små parameterendringer samt kjøring med uten medrivning/erosjon. RAMMS inkluderer ikke sideveis friksjon og sideveis-utbredelse i simuleringene er derfor antatt å være overdreven. De lengste modellerte utløpene består trolig hovedsakelig av vann, hvor snøen stort sett blir avsatt i områder med skog og vannet renner videre ned mot elva. Trenden viser likevel at de høyeste hastighetene og lengste utløpene følger bekkeløp.

Sørpeskred gir ikke nødvendigvis tydelige spor i terrenget dersom de ikke har vært spesielt masseførende. Videre er løseområder og utløpområder krevende å identifisere eksakt da sørpeskred kan løsne i områder med lav helning og bevege seg langt ut på flater dersom vanninnholdet er tilstrekkelig. Basert på antall registrerte hendelser på Rv. 13, samt klima- og terrengindikasjonene vurderer vi at sørpeskred kan nå kartleggingsområdene langs dreneringskanaler.

For Alternativ Nord (A) vurderer vi at sørpeskred fra sør (langs Lambafossen) ikke vil slå høyt nok opp til at planområdet blir liggende innenfor faresonen med nominell årlig sannsynlighet $\geq 1/1000$. Det finnes også kildeområder for sørpeskred oppstrøms i elven som strømmer mot nordøst (Vikja). Vi vurderer at det meste av de faste massene vil bli avsatt før det nærmer seg Alternativ Nord (A) og hovedsakelig kun vann vil nå helt fram. Vi vurderer nominell årlig sannsynlighet for at denne flommen vil slå inn i planområdet til å være mindre enn $1/1000$. Videre vurderer vi at sørpeskred kan nå Alternativ Nord (A) med en årlig sannsynlighet på $1/1000$ fra vest. Fjellsiden har mange dreneringsløp ned mot kartleggingsområdet samt åpne jorder uten skog.

For Alternativ Nord (B) vurderer vi at sørpeskred kan nå kartleggingsområdet med en årlig sannsynlighet i størrelsesorden $1/100$ fra Lambafossa. For Alternativ Sør vurderer vi at sørpeskred kan nå kartleggingsområdet med en årlig sannsynlighet $1/5000$ langs

dagens dreneringsløp. Sørpeskred kan også her potensielt løsne i forsenkninger på jordene over kartleggingsområdet.

3.7 Hva er den samlede skredfaren?

Basert på tilgjengelig grunnlagsdata, observasjoner, modelleringsresultater og faglig skjønn vurderer vi kartleggingsområdene som skredutsatte. Se Vedlegg E for registreringer fra befaring (registreringskart).

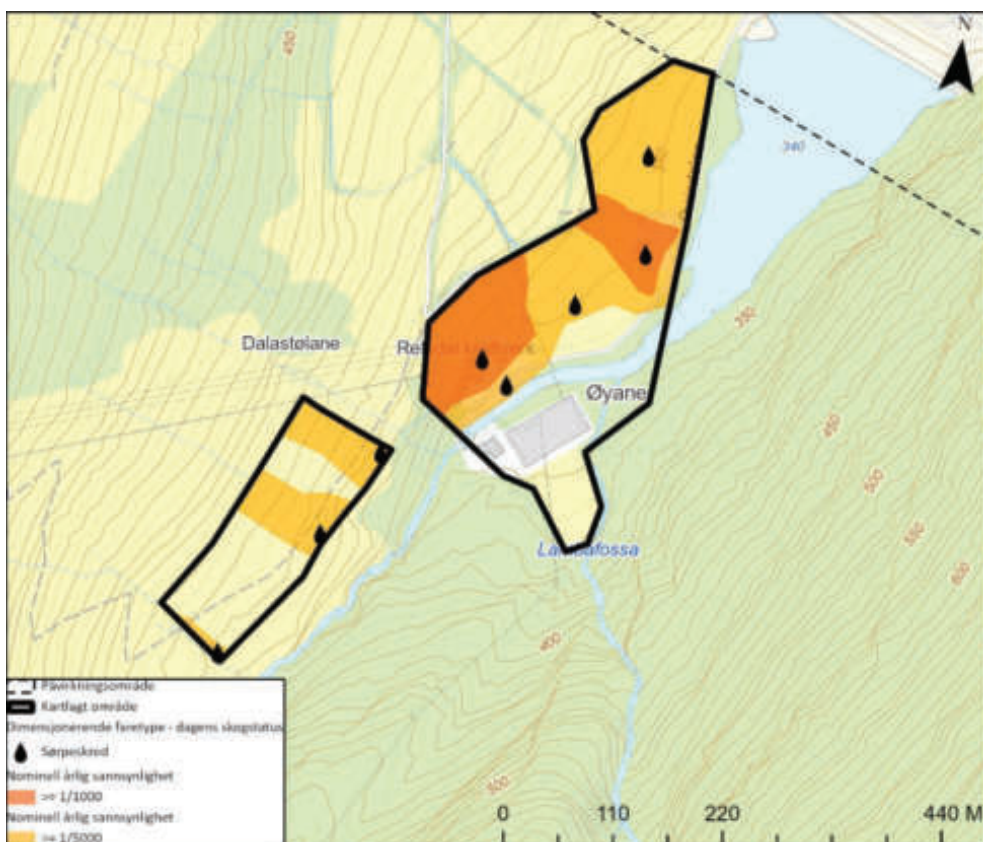
- Alternativ Nord (A), nordvest for elva Vikja, er utsatt for flom-, sørpe- og snøskred hvor sørpeskred er dimensjonerende skredtype med årlig sannsynlighet 1/1000.
- Alternativ Nord (B), sørøst for elva Vikja ved eksisterende 300 kV bryterfelt, er utsatt for steinsprang, snø-, jord-, flom- og sørpeskred med årlig sannsynlighet 1/100. Steinsprang og sørpeskred er dimensjonerende for årlig sannsynlighet 1/100, samt flomskred fra Vikjaelva. Snøskred er dimensjonerende for årlig sannsynlighet 1/1000 og 1/5000.
- Alternativ Sør er utsatt for flom- og sørpeskred. Sørpeskred er dimensjonerende for årlig sannsynlighet 1/5000.

Tabell 3-8 gir en oversikt over hvilke kartleggingsområder som er utsatt for skredfare.

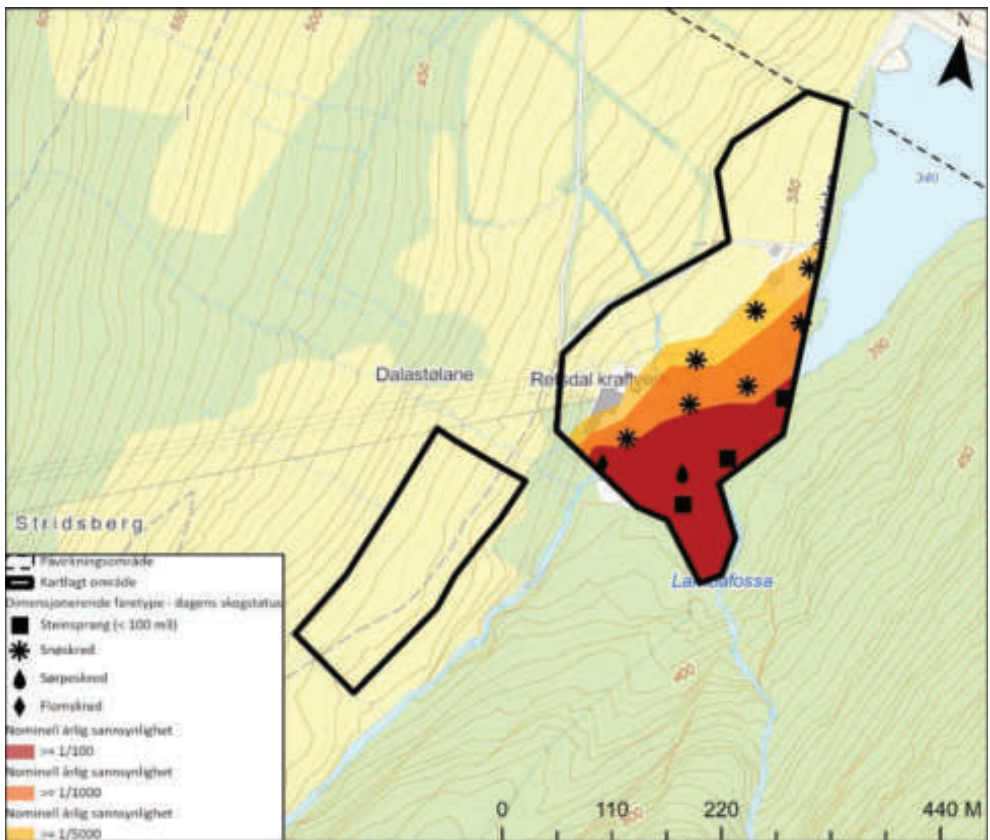
Tabell 3-8 Oversikt over faresoner som påvirker kartleggingsområdene.

Kartleggingsområder	Faresoner som påvirker kartleggingsområdet		
	1/100	1/1000	1/5000
Alternativ Nord (A)		x	x
Alternativ Nord (B)	x	x	x
Alternativ Sør			x

Figur 3-42 og Figur 3-43 viser samlede faresoner for skred fra bratt terreng fra henholdsvis vest og øst med dimensjonerende faretyper indikert med symbol. Vurderingene baserer seg på dagens skogforhold. Faresonekart med bedre oppløsning er gitt i Vedlegg F.

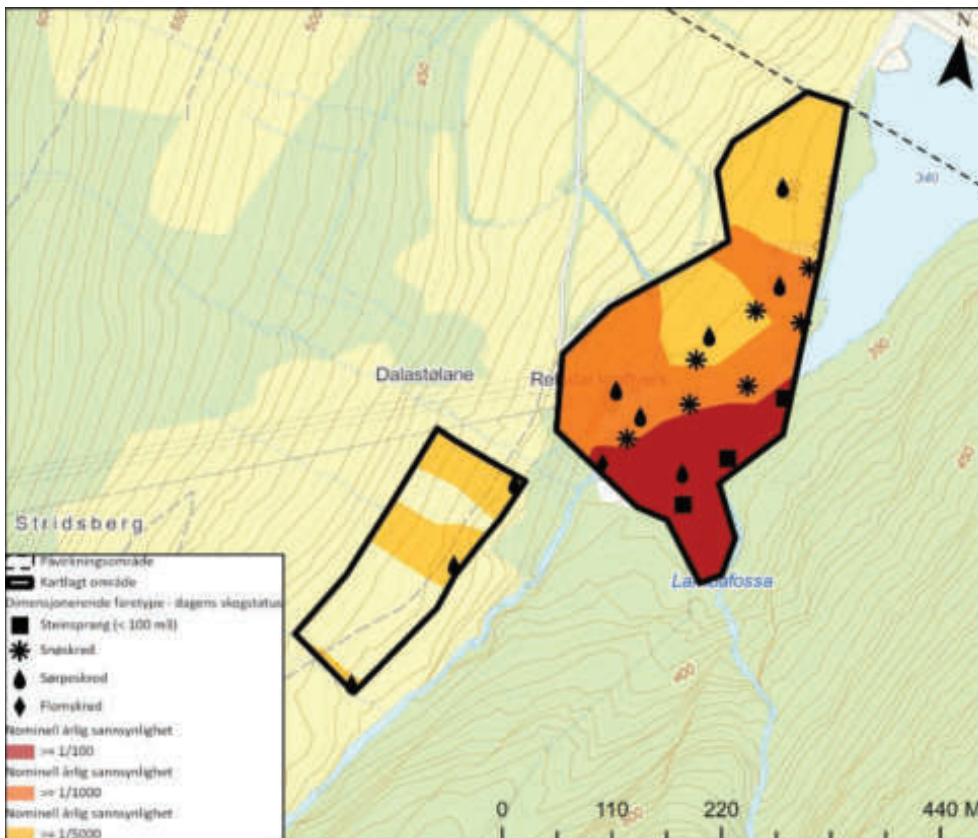


Figur 3-42 Faresoner med dimensjonerende skredtyper fra vest for samtlige aktuelle skredtyper.



Figur 3-43 Faresoner med dimensjonerende skredtyper fra øst for samtlige aktuelle skredtyper.

Figur 3-44 viser samlede faresoner for skred fra bratt terreng samlet fra vest og øst med dimensjonerende faretyper indikert med symbol. Vurderingene baserer seg på dagens skogforhold. Faresonekart med bedre oppløsning er gitt i Vedlegg F.



Figur 3-44 Faresoner med dimensjonerende skredtyper for samtlige aktuelle skredtyper.

For å hindre utløp ned til kartleggingsområdene for å tilfredsstille sikkerhetsklasse S3 kreves det sikringstiltak.

3.8 Avvik fra tidligere skredfareutredninger

Gjeldene skredfarevurdering er i samsvar med tidligere skredfarevurderinger for området:

- ↗ Den utvidede risikovurderingen på S3 tilsvarer den forrige fra vurderingen i *Efla AS (2014) Refsdal koblingsstasjon, Rasvurdering, juni 2014*
- ↗ Faresoner for nordvestlig del er vurdert i NGI (2015). *Ingeniørgeologisk bistand til småkraftverkprosjekter på Vestlandet. Refsdal kraftstasjon, Vik – Befaringsrapport. Dokument nr. 20140342-05-TN, rev. 0, datert 26.03.2015.*
- ↗ Faresoner for Alternativ Nord (B) er vurdert i NGI (2022c). *Stasjonene Kollsnes, Steinsland, Modalen og Refsdal. Skredfarevurdering Refsdal stasjon i henhold sikkerhetsklasse S3. Dokument nr. 20210463-06-R, rev. 1, datert 27.07.2022.*

Gjeldene skredfarevurdering er ikke i samsvar med tidligere skredfarevurderinger for området:

- 7 Skredfare for alternativ Nord (B) er vurdert i NGI (2022a). *Transformatorstasjonene Kollsnes, Steinsland, Modalen og Refsdal Vurdering av naturfarer og grunnforhold for transformatorstasjon Refsdal frem til BP1. Dokument nr. 20210463-04-R, rev. 0, datert 18.02.2022.*
- 7 Skredfare for Alternativ Sør er vurdert i NGI (2022b). *4 trafostasjoner på Vestlandet vurdering av naturfarer og grunnforhold for transformatorstasjon Refsdal sør for Refsdal kraftverk frem til BP1. Dokument nr. 20210463-05-R, rev. 0, datert 18.03.2022.*

Vi har justert faresonen for sørpeskred for S2-scenario for Alternativ Nord (A) fra NGI-rapport 20210463-04-R. Nyere beregninger, dreneringsanalyser og observasjoner fra befaring samsvarer ikke med beregningene til 04-R og vi forskyver derfor deler av faresonen med årlig sannsynlighet 1/1000 ca. 20 m sør. Vi antar at tidligere simuleringer er utført med grovere terrengmodell.

NGI-rapport 20210463-05-R var en ren skrivebordsstudie. Etter ny vurdering med befaring av Alternativ Sør er konklusjonen endret. Store deler av Alternativ Sør tilfredsstillende ikke kravene for S3.

3.9 Stedsspesifikk usikkerhet

Anslag for størrelse og utløsningssannsynlighet for jordskred er krevende. Effekten av skog er vanskelig å kvantifisere. Skog i fjellsiden øst for koplingsstasjon har noen betydning enten for frekvens og spredning av snøskred. Men store deler av utløsningsområdene for snøskred ligger over skoggrensen. Skog har mindre betydning for steinsprang. Rotvelting kan til og med føre til en økning i frekvensen av steinsprang. Kombinasjon av en del store trær på tynt jordsmonn kan være en indikasjon på økt sannsynlighet for utløsning (mer labile forhold) av jordskred.

4 Konklusjon

Kartleggingsområdet Alternativ Nord ved Refsdal transformatorstasjon, Vik kommune, er vurdert til å befinne seg innenfor faresone 1/100 med anslått årlig sannsynlighet større enn 1/100 samlet for flom-/sørpeskred og steinsprang fra sørøstlig fjellside. Snøskred vurderes å kunne ramme området med en nominell årlig sannsynlighet større enn 1/1000 fra øst. Faren for at jordskred kan nå Alternativ Nord fra øst vurderes å være i størrelsesorden 1/5000. Snøskred og sørpeskred er dimensjonerende for faresone 1/1000 og 1/5000.

Kartleggingsområdet Alternativ Sør, sør for Alternativ Nord, er vurdert til å befinne seg innenfor faresone med anslått årlig sannsynlighet større enn 1/5000 samlet for flom- og sørpeskred. Sørpeskred er dimensjonerende faretyper for årlig sannsynlighet 1/5000 fra vestlig fjellside.

Kartleggingsområdene tilfredsstiller ikke kravene til sikkerhetsklasse S1, S2 eller S3 under dagens forhold.

Noen mulige sikringskonsepter er diskutert i NGI 20210463-06-R, rev. 1.

Faresoner for skred vises i Vedlegg F.

5 Referanser

Dorren, L.; Zuanon, N.; Ginzler, C. & Monnet, J.-M. (2017) FINT – Find Individual Trees, ecorisQ – International association for natural hazard risk management.

Efla AS (2014) Refsdal koblingsstasjon, Rasvurdering, Juni 2014.

Gauer, P. & Kristensen, K. (2022). Remarks on the uncertainty in the delimitation of hazard zones based on historical observations Norwegian Geotechnical Institute Technical Note 20200017-09-TN.

Gauer, P. (2020) Considerations on scaling behavior in avalanche flow: Implementation in a simple mass block model Cold Regions Science and Technology, 2020, 180, 103165.

Gauer, P. (2018) Avalanche Probability: Slab Release and the Effect of Forest Cover Proceedings of the International Snow Science Workshop 2018, Innsbruck, Austria, 2018, 76-83.

Hermanns, R.L., Yugsi, F., Penna, I., (2021) Fare- og risikoklassifisering av det ustabile fjellpartiet Ovriseggi i Vik, Vestland. Norges geologiske undersøkelse (NGU).

Hanssen-Bauer, I., Førland, E.J., Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer S., Nesje, A., Nilsen, J.E.Ø., Sandven, S., Sandø, A.B., Sorteberg, A. & Ådlandsvik B. (Red.) (2015). Klima i Norge 2100. Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015. NCCS report no. 2/2015.

Lied, K. og Bakkehøi, S. (1980). Empirical Calculations of Snow-Avalanche Run-Out Distance Based on Topographic Parametres. Journal of Glaciology, 26 (94), 165-177.

Lussana C., Tveito O.E. & Uboldi F. (2016). seNorge v2.0: an observational gridded dataset of temperature for Norway. MET-report 14/2016.

Magnin, F., Etzelmüller, B., Westermann, S., Isaksen, K., Hilger, P., and Hermanns, R. L.: Permafrost distribution in steep rock slopes in Norway: measurements, statistical modelling and implications for geomorphological processes, Earth Surf. Dynam., 7, 1019–1040, <https://doi.org/10.5194/esurf-7-1019-2019>, 2019.

Multiconsult AS (2021). Statnett – Geotekniske grunnundersøkelser Refsdal kraftverk. Geotekniske grunnundersøkelser. Datarapport. Dokument nr. 10227671-RIG-RAP-002, datert 02.11.2021.

NIBIO (2022) Skogressurskart (SR16). WMS-tjeneste. Hentet 15.12.2022.

NIBIO (2016) FKB-AR5. Kartdatabase. Hentet 15.12.2022.

NGI (2022a) 20210463-04-R Transformatorstasjonene Kollsnes, Steinsland, Modalen og Refsdal Vurdering av naturfarer og grunnforhold for transformatorstasjon Refsdal frem til BP1, Norges Geoteknisk Institutt, datert 18.02.2022.

NGI (2022b) 20210463-05-R 4 trafostasjoner på Vestlandet vurdering av naturfarer og grunnforhold for transformatorstasjon Refsdal sør for Refsdal kraftverk frem til BP1. Norges Geoteknisk Institutt, datert 18.03.2022.

NGI (2022c) 20210463-06-R Stasjonene Kollsnes, Steinsland, Modalen og Refsdal Skredfarevurdering Refsdal stasjon i henhold sikkerhetsklasse S3. Norges Geoteknisk Institutt, datert 08.07.2022.

NGI (2016) 20140053-400. Slushflows (SP 4 FoU Snøskred: Work Package 3 – Slushflows). Norges Geotekniske Institutt, datert 29.01.2016.

NGI (2015). Ingeniørgeologisk bistand til småkraftverkprosjekter på Vestlandet. Refsdal kraftstasjon, Vik – Befaringsrapport. Dokument nr. 20140342-05-TN, rev. 0, Norges Geoteknisk Institutt, datert 26.03.2015.

NGU (2016) Produktark: Løsmasser N50/N250, 2012-09.