



RAPPORT

Stasjonene Kollsnes, Steinsland, Modalen og Refsdal

SKREDFAREVURDERING FOR
TRANSFORMATORSTASJON REFSDAL
FREM TIL BP1

DOK.NR. 20210463-07-R
REV.NR. 1 / 2023-03-01

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.



Prosjekt

Prosjekttittel: Stasjonene Kollsnes, Steinsland, Modalen og Refsdal
Dokumenttittel: Skredfarevurdering for transformatorstasjon Refsdal frem til BP1
Dokumentnr.: 20210463-07-R
Dato: 2022-12-09
Rev.nr. / Rev.dato: 1 / 2023-03-01

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Statnett
Kontaktperson: Dan Pedersen
Kontraktreferanse: IO751002

for NGI

Prosjektleder: Vidar Kveldsvik
Utarbeidet av: Vidar Kveldsvik, Peter Gauer, Håkon Heyerdahl, Øyvind A Høydal,
Heidi Hefre, Elise Morken, Ulrik Domaas
Kontrollert av: Frode Sandersen

Forord

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

Denne utredningen er utført av fagkyndig personell og følger NVEs veileder Sikkerhet mot skred i bratt terreng - Kartlegging av skredfare i reguleringsplan og byggesak¹, og vil dermed kunne dokumentere om sikkerhetskravene er oppfylt. Skredfarevurderingen er utført basert på dagens vegetasjonsforhold.

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

Om oppdraget

Oppdragsgiver: Statnett

Utførende foretak: NGI

Skredfareutredning for del/deler av eiendommen med gårdsnummer: Vik kommune, 21 bruksnummer 2 og 23 (spesifisert i kartutsnitt)

Følgende tiltak og sikkerhetsklasse(r) er planlagt på eiendommen/planområdet: S3

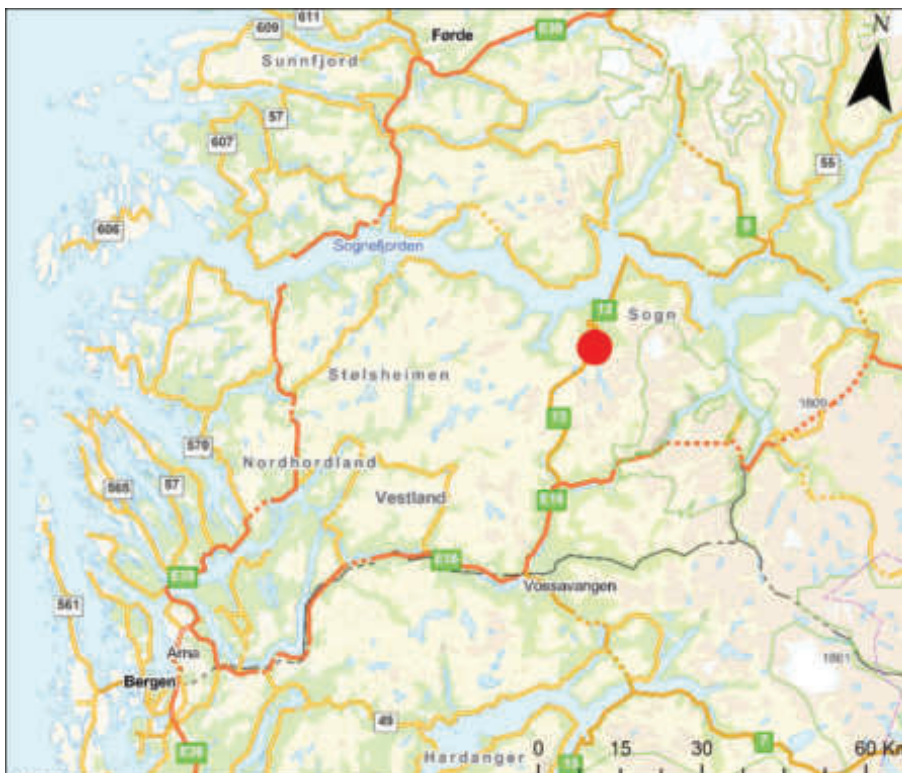
Befaring gjennomført: Vidar Kveldsvik (NGI) 29.07.2021 bakkebefaring. Peter Gauer og Heidi Hefre (NGI) 2022-05-31 med bruk av helikopter og bakkebefaring. Ulrik Domaas og Elise Morken (NGI) 07.11.2022 bakkebefaring.

¹ <https://www.nve.no/veileder-skredfareutredning-bratt-terreng>

Sammendrag

I forbindelse med oppgradering av spenningen i nettet i Kollsnes – Steinsland – Modalen og Refsdal stasjoner til 420 kV er det planlagt å oppgradere eller bygge nye transformatorstasjoner i disse områdene. I den anledning har Statnett bedt NGI om å avklare fare fra skred i bratt terreng for Refsdal stasjon i forhold til sikkerhetsklasse S3 (Figur 1).

Denne rapporten er en sammenstilling av tre tidligere rapporter samt nye vurderinger for deler av området. Rapporten sammenstiller skredvurderinger for begge kartleggingsområdene i Refsdal (Alternativ Nord og Alternativ Sør). Alternativ Nord inkluderer området nordvest for elva Vikja samt dagens koplingsstasjon og er vurdert i NGI-rapport 20210463-04-R fra 18.02.2022 (NGI, 2022a) og i NGI-rapport 20210463-06-R fra 08.07.2022 (NGI, 2022c). For området nordvest for elva Vikja er det også utført grunnundersøkelser (Multiconsult, 2021). Kartleggingsområdet sør for Alternativ Nord, Alternativ Sør, er vurdert i NGI-rapport 20210463-05-R fra 18.03.2022 (NGI, 2022b) samt utredet videre i denne rapporten.



Figur 1 Oversiktskart som viser Refsdal stasjon i Vik kommune er markert med rød sirkel.

Hovedfunn

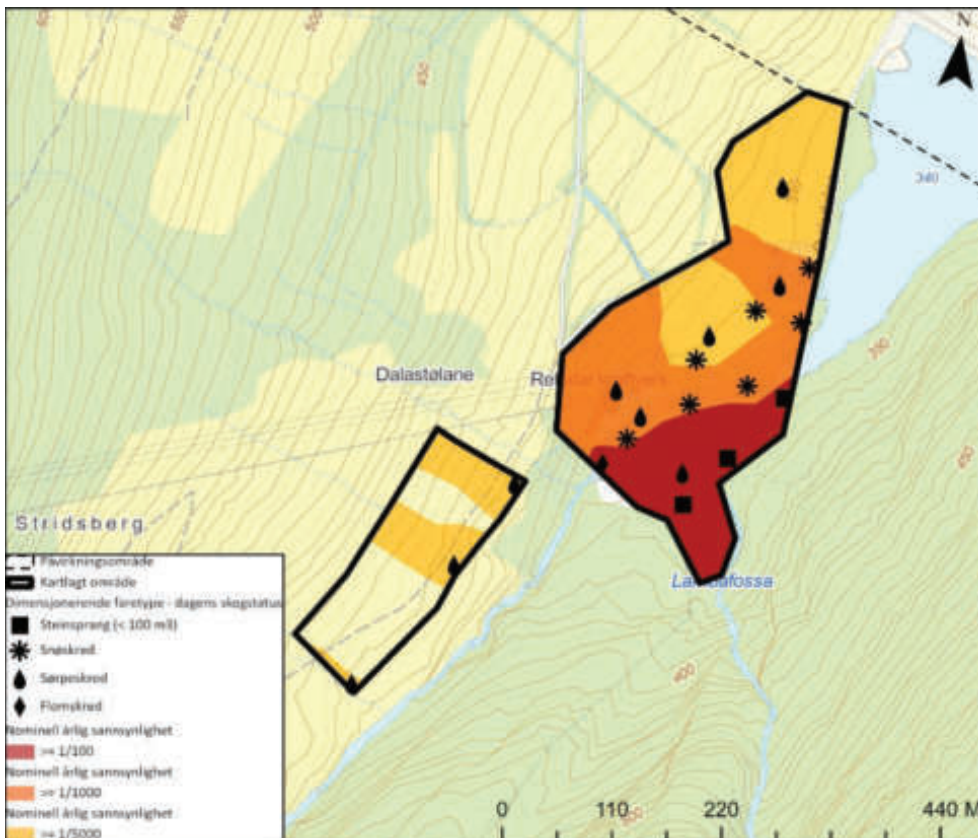
Kartleggingsområdet Alternativ Nord ved Refsdal transformatorstasjon, Vik kommune, er vurdert til å befinne seg innenfor faresone 1/100 med anslått årlig sannsynlighet større enn 1/100 samlet for flom-/sørpeskred og steinsprang fra sørøstlig fjellside. Snøskred vurderes å kunne ramme området med en nominell 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 faresonene 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.

Tabell 1 og Figur 2 gir en oversikt over faresonene i kartleggingsområdene.

Tabell 1 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 2 Faresoner med dimensjonerende skredtyper for samtlige aktuelle skredtyper.

Flomsoner, samt videre vurdering av faren for fjellskred, er ikke inkludert i denne rapporten.

Dagens forhold tilfredsstillende ikke sikkerhetsklasse S3, S2 eller S1.

Sikring av området med sikkerhetsmål S3 er utfordrende.

Innhold

1	Innledning	9
1.1	Sikkerhetsklasse for skred	10
1.2	Metodikk	10
1.3	Forbehold	13
2	Bakgrunn og grunnlagsmateriale	14
2.1	Topografi, grunnforhold, vegetasjon og klima	14
2.2	Tidligere utredninger / kartlegginger i området	46
2.3	Historiske skredhendelser	46
2.4	Eksisterende sikringstiltak	47
2.5	Eksisterende aktsomhetskart	47
3	Skredfarevurdering	51
3.1	Steinsprang	51
3.2	Steinskred	65
3.3	Snøskred	68
3.4	Jordskred	79
3.5	Flomskred	84
3.6	Sørpeskred	89
3.7	Hva er den samlede skredfaren?	98
3.8	Avvik fra tidligere skredfareutredninger	101
3.9	Stedsspesifikk usikkerhet	102
4	Konklusjon	103
5	Referanser	104

Vedlegg

Vedlegg A	Metode for fastsetting av faresoner
Vedlegg B	Modellbeskrivelse
Vedlegg C	Modelleringskart
Vedlegg D	Egenerklærings skjema
Vedlegg E	Registreringskart
Vedlegg F	Faresonekart
Vedlegg G	Helningskart, dreneringskart
Vedlegg H	Skog med betydning for skredfaren
Vedlegg I	UAK

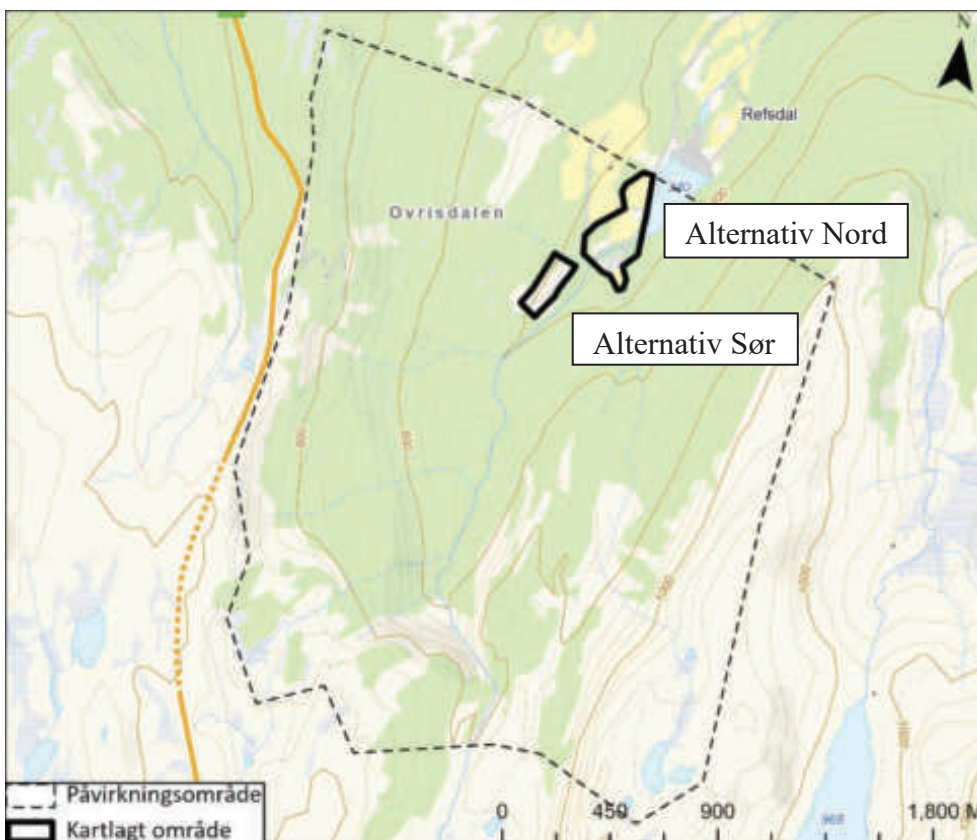
Kontroll- og referanseside

1 Innledning

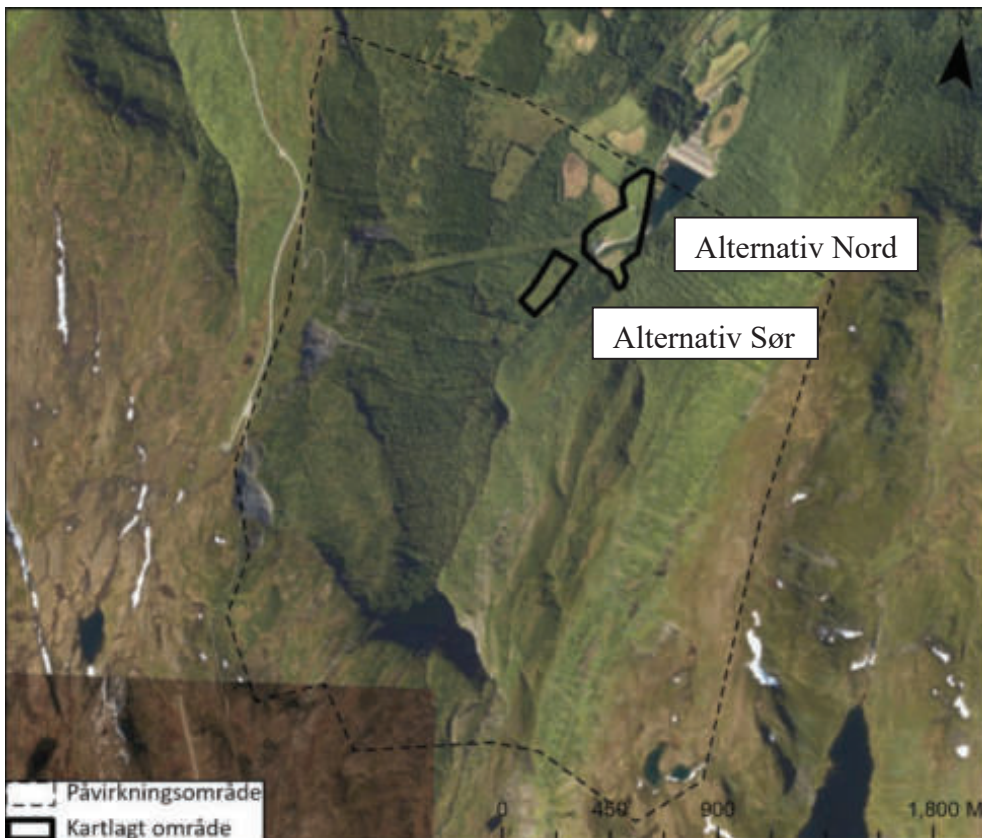
I forbindelse med oppgradering av spenningen i nettet i Kollsnes – Steinsland – Modalen og Refsdal stasjoner til 420 kV er det planlagt å oppgradere eller bygge nye transformatorstasjoner i disse områdene. I den anledning har Statnett bedt NGI om å avklare fare fra skred i bratt terreng for Refsdal stasjon i forhold til sikkerhetsklasse S3. Figur 1-1 og Figur 1-2 viser oversikt over området.

Denne rapporten er en sammenstilling av tre tidligere rapporter samt nye vurderinger for deler av området. Rapporten sammenstiller skredvurderinger for begge kartleggingsområdene i Refsdal (Alternativ Nord og Alternativ Sør). Alternativ Nord inkluderer området nordvest for elva Vikja samt dagens koplingsstasjon og er vurdert i NGI-rapport 20210463-04-R fra 18.02.2022 (NGI, 2022a) og i NGI-rapport 20210463-06-R fra 08.07.2022 (NGI, 2022c). For området nordvest for elva Vikja er det også utført grunnundersøkelser (Multiconsult, 2021). Kartleggingsområdet sør for Alternativ Nord, Alternativ Sør, er vurdert i NGI-rapport 20210463-05-R fra 18.03.2022 (NGI, 2022b) samt utredet videre i denne rapporten.

Egenerklæringskjema er gitt i Vedlegg D.



Figur 1-1 Oversiktskart over kartlagte områder med tilhørende påvirkningsområde.



Figur 1-2 Flybilde som viser kartlagte områder med tilhørende påvirkningsområde.

1.1 Sikkerhetsklasse for skred

Statnett har opplyst at nominell årlig sannsynlighet for skred som når inn i planlagt mulig utbyggingsområde ikke skal være større enn 1/5000. Det tilsvarer sikkerhetsklasse S3 i TEK17.

1.2 Metodikk

Denne utredningen følger NVEs veileder Sikkerhet mot skred i bratt terreng – Kartlegging av skredfare i reguleringsplan og byggesak. Skredtypene snø-, jord-, flom-, sørpe-, steinsprang og steinskred er utredet. Utredning av faresoner for kvikkeleireskred og fjellskred er ikke en del av denne kartleggingen.

Kartleggingen er basert på feltbefaringer, modelleringsarbeid og skredfaglige vurderinger som tar i betraktning lokale forhold (Vedlegg A). Skredfare skyldes generelt en kombinasjon av forskjellige påvirkende parametere, for eksempel:

- ↗ Terreng (helning, eksponering, ...)
- ↗ Grunnforhold
- ↗ Vegetasjon (bunndekke, tetthet av skog, ...)
- ↗ Nedbør (frekvens, mengde, snø eller regn, ...)

- ↷ Vindens innflytelse (drivsnøavlagring, intensitet av pålagring, eller skavl-oppbygning)
- ↷ Snødekkeegenskaper (maritimt - kontinentalt klima, mulighet for dannelse av svake lag...)
- ↷ Utløpslengde for skred eller steinsprang
- ↷ Osv.

Alle disse parameterne har en variasjon som kan beskrives av sannsynlighetsfordelinger. En vanlig forenkling for å kvantifisere skredfare H på et bestemt sted er tilnærmingen:

$$H = P_R \cdot P_s \quad (1)$$

der P_R betegner årlige utløsningssannsynlighet (frekvensen av et skred med en viss størrelse) og P_s betegner sannsynligheten for at skredet også når et bestemt punkt. Dette betyr at den nominelle årlige skredsannsynligheten skyldes en kombinasjon av hendelser (dvs. skredscenarier). Høyere ønsket sikkerhetsnivå (minkende nominell årlig sannsynlighet), betinger at mer uvanlige scenarier må vurderes. Resulterende dimensjonerende skred vil da også bli større og/eller få lengre utløp.

Dette betyr også at utløsningssannsynlighet ikke er det samme som treffsannsynlighet.

Metodikken for å bestemme skredfasesoner omfatter til dels kvalitative kunnskapsbaserte vurderinger i tillegg til kvantitative beregningsmetoder og kan generelt ikke oppfattes som endelige, men kan bli endret i lys av nye opplysninger og kunnskap. Farevurderingen er basert på en vekting av tilgjengelig eller ikke-eksisterende informasjon.

I områder som kan utsettes for flere typer skred er det den samlede nominelle årlige sannsynligheten for skred som skal legges til grunn. Faresoner for den samlede skredfaren fastsettes ut fra skredtype med lengst skredrekkevidde (dimensjonerende skredtype) for henholdsvis 100-, 1000-, og 5000-årsskred, og er utarbeidet i henhold til sikkerhetskravene i TEK17. Generelt har alle faresoner en iboende usikkerhet. En kort diskusjon av usikkerhet som kan relateres til faresoner finnes i Gauer & Kristensen (2022).

1.2.1 Kartlegging av historiske skredhendelser

En viktig basis for faresonekartlegging er å skaffe seg oversikt over tidligere skredhendelser. Dette er nyttig informasjon for å vurdere frekvens og hvor lang rekkevidde skred kan oppnå.

Følgende kilder er benyttet ved kartlegging av tidligere skredhendelser:

- ↷ NVEs nasjonale skredatabase
- ↷ Tidligere skredrapporter fra området
- ↷ Observasjoner fra befaring og flybildestudier

1.2.2 Digitale terrengmodeller (DTM)

Som grunnlag for terrenganalyser i denne rapporten er det benyttet LiDAR-basert terrengmodell kartlagt mellom 2017 og 2021 med 1x1 m oppløsning (hoydedata.no). Punkttettheten er 2 pkt/m². Helning og skyggekart er generert på bakgrunn fra terrengmodellen, og benyttet i videre analyser. I noen tilfeller ble det også brukt re-sampled data for å jevne ut terrenget, noe som bedre tilsvare vinterlige forhold. Disse dataene ble re-samlet fra 1x1 m oppløsning til 5x5 m oppløsning.

Helningskart benyttes til å identifisere mulige kildeområder for ulike skredtyper, ettersom snøskred gjerne løsner fra terrenghelninger fra 25 til 55°, steinsprang og steinskred fra helninger >45°. For jordskred vurderes alle skråninger med helning >20°, og for flomskred bekkeløp med helning >15°.

Terrengmodellen er også benyttet som grunnlag for kjøring av beregningsmodeller.

1.2.3 Andre datakilder benyttet i vurderingen

I tillegg til analyser av detaljert terrengmodell, observasjoner fra befaring og historiske skredhendelser, er følgende andre datakilder benyttet i skredfarevurderingen:

- 7 Serier av historiske flyfoto
- 7 Løsmassekart (1:20000 til 1:250 000) og berggrunnskart (1:50 000 eller 1:250 000)
- 7 NVEs database for potensielt ustabile fjellparti
 - o Nær kartleggingsområdene finnes Ovriegga/Gluvrene (2.5 km nord)
 - Bergart Fyllitt, glimmerskifer
 - Volum 0.38 millioner m³
 - Fallhøyde 650 m
 - Bevegelseshastighet mellom 1-4 cm/år
- 7 Nasjonale kart over permafrostutbredelse
- 7 Aktsomhetskart for snøskred, steinsprang, jord- og flomskred,
- 7 Skogsdata: AR50, SR16 og SAT-SKOG fra NIBIO

1.2.4 Bruk av modeller

Beregningsmodeller er et viktig supplement når endelig utstrekning av faregrensene skal bestemmes. Viktigste kilde til fastsettelse av faregrenser vil være faglig skjønn basert på erfaring og observasjoner gjort under befaringen og opplysninger om tidligere skredhendelser. Modellkjøringer vil være et hjelpemiddel for å vurdere om det er behov for justering av grensene.

Valgte modeller er anerkjent internasjonalt, og det er modeller vi har lang erfaring med å bruke ifm. rådgivnings- og forskningsprosjekter.

Benyttede modeller er angitt i Tabell 1-1. Nærmere beskrivelse av modellene er gitt i Vedlegg B. Beregningsparametere og resultat for modellkjøringer er beskrevet under kapittel for hvert delområde og hver skredtype.

Tabell 1-1 Oversikt over modellverktøy anvendt for skredsimuleringer i denne rapporten.

Skredtype	Dynamiske modeller	Topografiske/statistiske modeller
Snøskred	SamosAT tilpasset	Alfa-Betamodellen
	(RAMM::AVALANCHE)	
Steinsprang	Rockyfor3D	Forhold mellom maks. utløp og løsnepunkt, topp av ur og høyde av fjellside
Flomskred	RAMMS::DEBRISFLOW tilpasset flomskred	
Sørpeskred	SAMOS-solver tilpasset sørpeskred	
	RAMMS::DEBRISFLOW tilpasset sørpeskred	

1.3 Forbehold

Vurderingen er gjort på bakgrunn av dagens terreng- og vegetasjonsforhold. Klimaendringer og menneskelige inngrep i terreng og vegetasjon i det tilgrensende området til planområdet, for eksempel etablering av skogsveg, snauhogst og skogplanting, kan endre forutsetningene for vurderingene. Dette gjelder særlig i områder brattere enn 30°.

Metodikken for å bestemme skredfaresoner omfatter til dels kvalitative vurderinger i tillegg til kvantitative beregningsmetoder og kan generelt ikke oppfattes som endelige, men kan bli endret i lys av nye opplysninger og kunnskap.

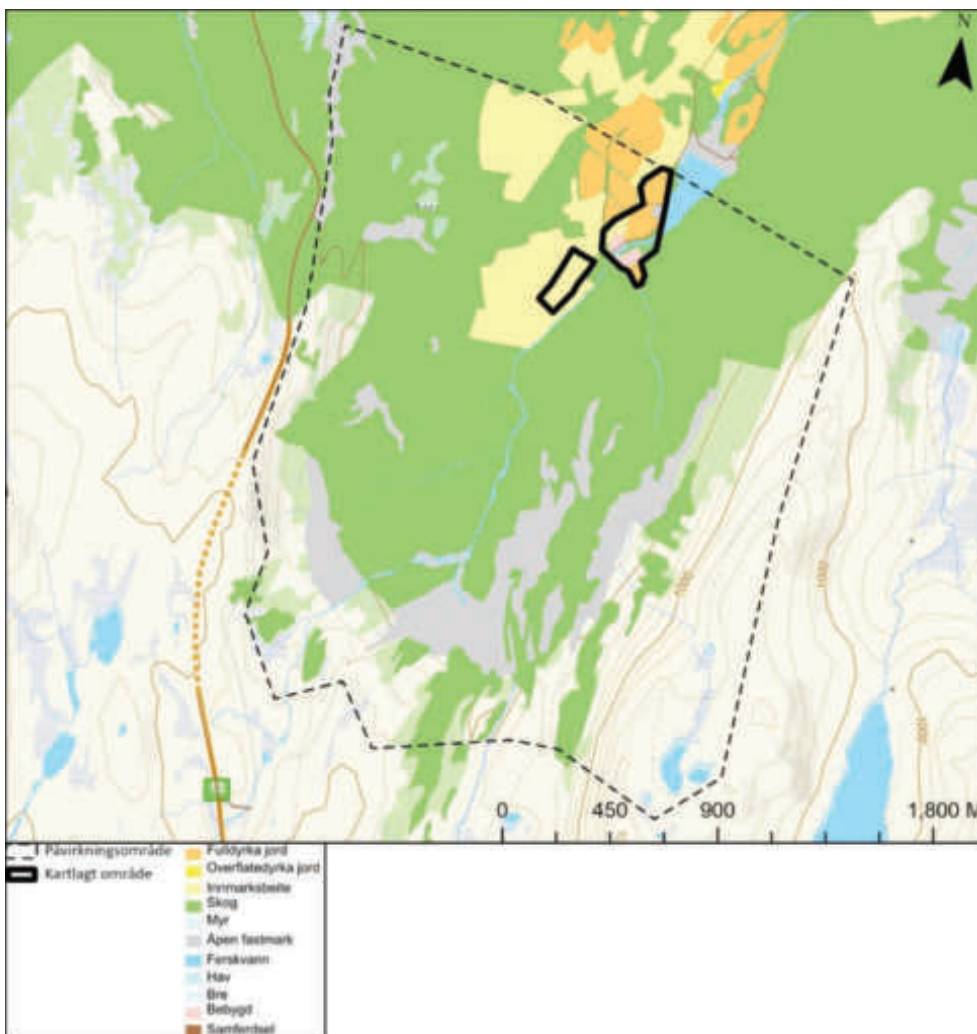
2 Bakgrunn og grunnlagsmateriale

2.1 Topografi, grunnforhold, vegetasjon og klima

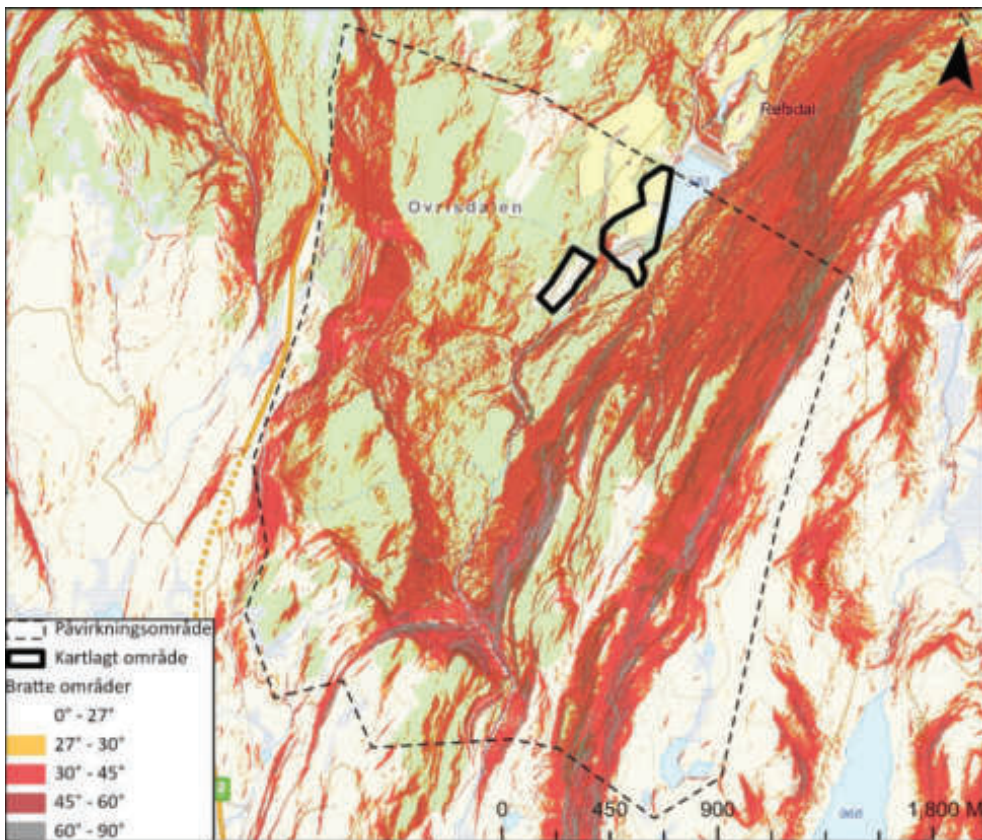
Relevante kartlag, samt helikopter for deler av Alternativ Nord, er brukt som hjelpemiddel for å kartlegge terreng- og vegetasjonsforholdene i de øvre delene av fjellsidene da befaring til fots kun er utført for de nedre delene. Registreringskart med registreringer fra befaring er vedlagt i Vedlegg E.

2.1.1 Terreng og dreneringsforhold

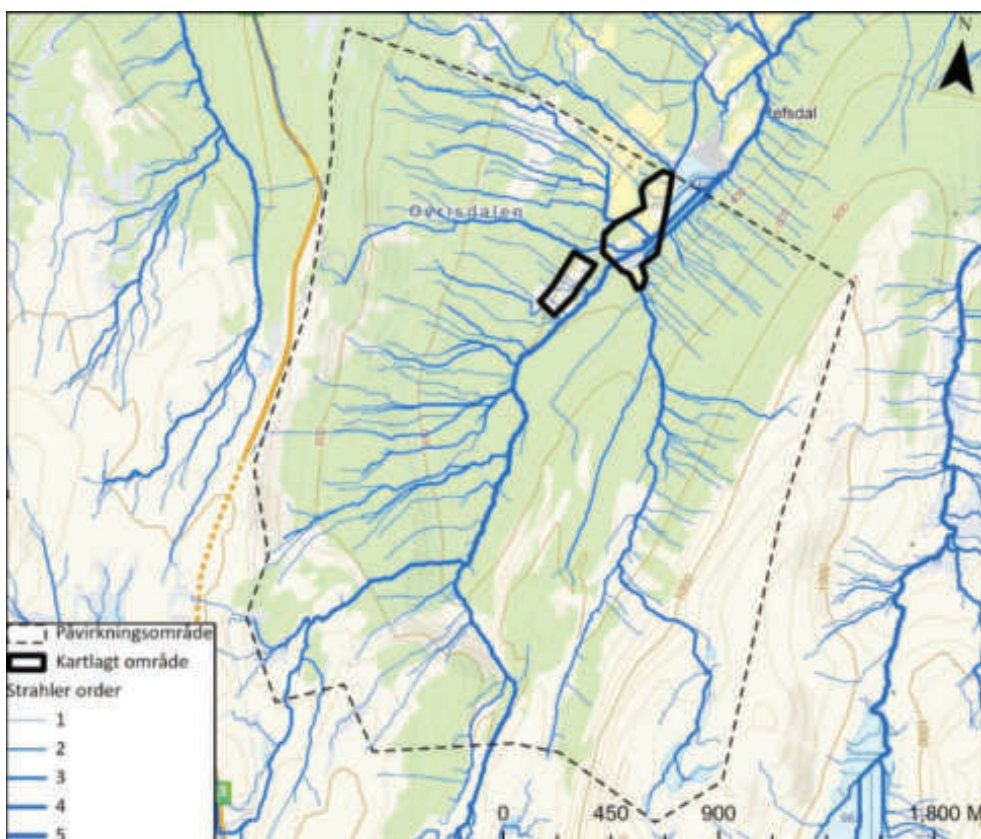
Arealtype, terrenghelning og dreneringsløp for de kartlagte områdene er vist i Figur 2-1, Figur 2-2 og Figur 2-3. Kartleggingsområdene består hovedsakelig av dyrket jord eller innmarksbeiter, mens påvirkningsområdet består av skog, åpen fastmark eller bart fjell.



Figur 2-1 Oversikt over areal typer i kartleggingsområdene og tilhørende påvirkningsområde (NIBIO, 2016).



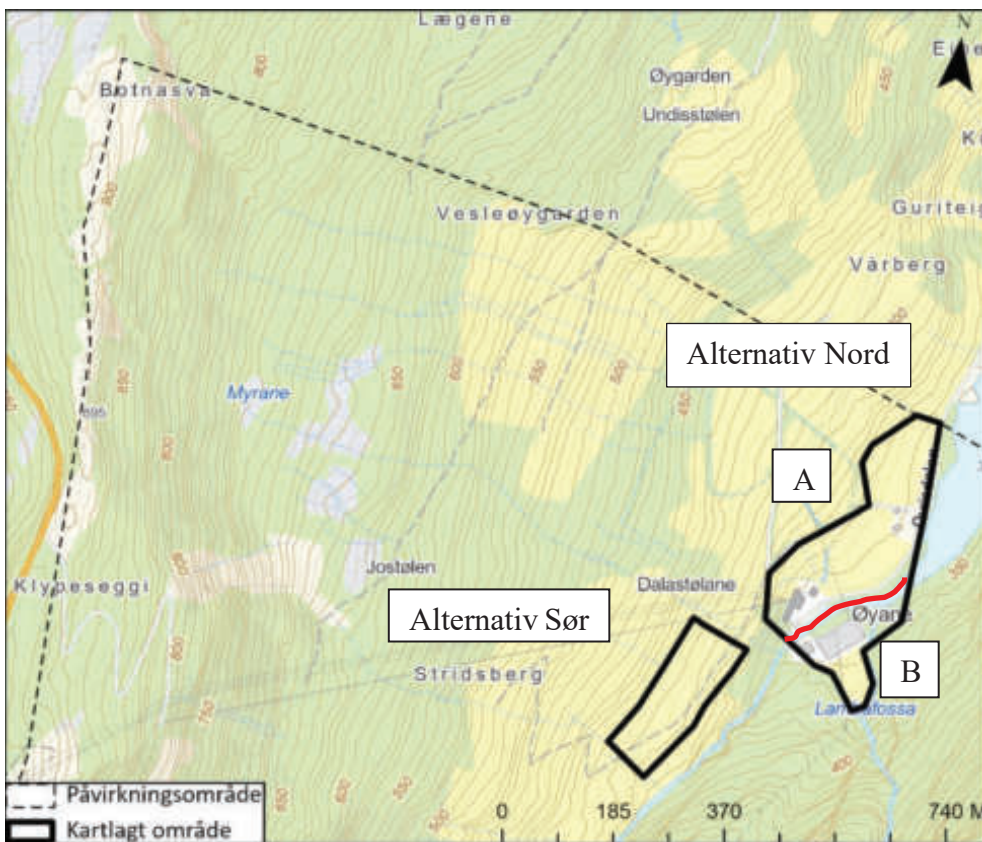
Figur 2-2 Oversikt over kartleggingsområder og terrenghelning. Helningskart med bedre oppløsning er vist i Vedlegg G.



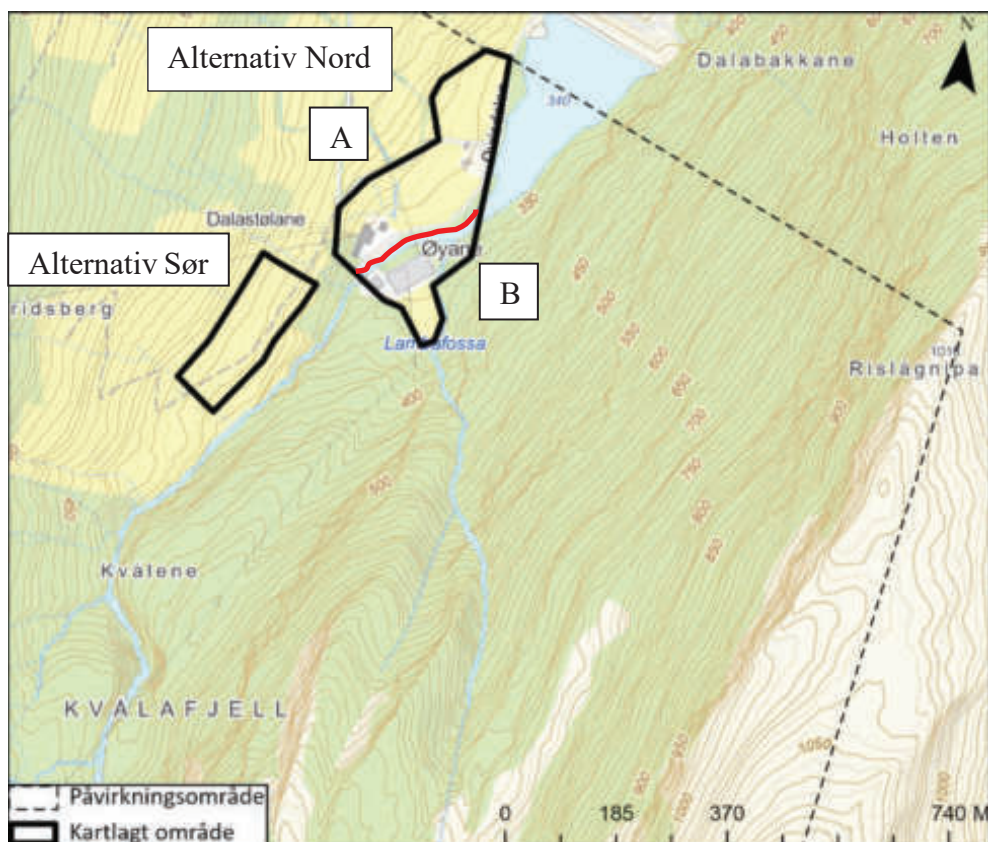
Figur 2-3 Dreneringsmønster i påvirkningsområdet. Dreneringskart med bedre oppløsning er vist i Vedlegg G.

2.1.1.1 Alternativ Nord

For å enklere beskrive kartleggingsområdet deles det inn i Alternativ Nord (A) og Alternativ Nord (B). Alternativ Nord (A) inkluderer området nord for elva Vikja, mens Alternativ Nord (B) inkluderer området sør for elva (Figur 2-4, Figur 2-5).



Figur 2-4 Oppdeling av kartleggingsområder fra påvirkningsområdet fra vest. Rød markering i Alternativ Nord viser skille mellom Alternativ Nord (A) vest for elva og Alternativ Nord (B) øst for elva.



Figur 2-5 Oppdeling av kartleggingsområder med påvirkningsområdet fra øst. Rød markering i Alternativ Nord viser skille mellom Alternativ Nord (A) vest for elva og Alternativ Nord (B) øst for elva.

Alternativ Nord (A) ligger ved foten av den sørøstvendte kammen Botnasva (ca. 900 moh.) (Figur 2-4, Figur 2-6). Fjellsiden er hovedsakelig slakere enn 30° under 700 moh., med noen lokalt brattere områder lavere i terrenget. Mellom 700 – 950 moh. er terrenget brattere enn 30° opp mot toppryggen. Nedenfor toppryggen er det et åpent myrområde. Ned mot Alternativ Nord (A) består fjellsiden av innmarksbeiter og dyrket jord med flere kryssende stier og skogsveier. Deler av fjellsiden har plantet granskog. Flere mindre bekkeløp renner ned mot kartleggingsområdet (se også oversikt av dreneringsmønster i Figur 2-3).



Figur 2-6 Oversikt over fjell- og dalsiden nordvest for kartleggingsområdene (www.norgei3d.no, 2022). Kartleggingsområdene er tegnet inn omtrentlig i sort.

Figur 2-7 viser deler av dalsiden ved mot kartleggingsområdene. På befaringen (07.11.22) var bakken vannmettet (Figur 2-8). Blokker (1-3 m³) med ukjent opprinnelse lå usammenhengende på jordene.



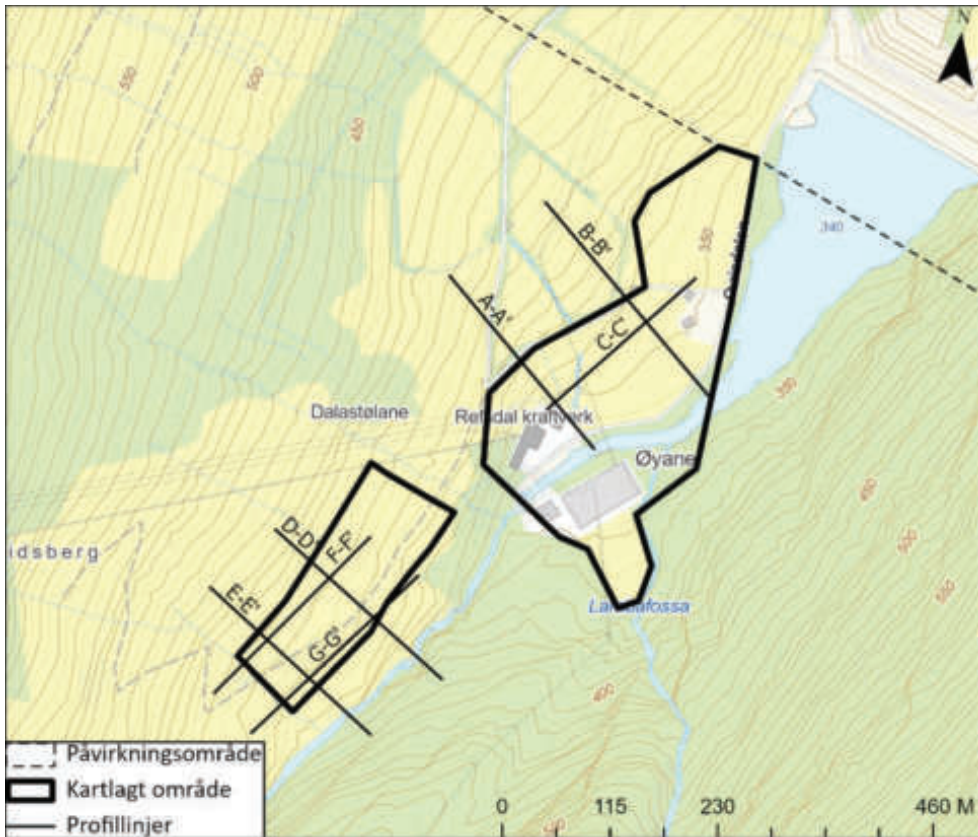
Figur 2-7 Bilde tatt fra innmarksbeite nordvest i påvirkningsområdet mot sørøst (ca. 610 moh.).



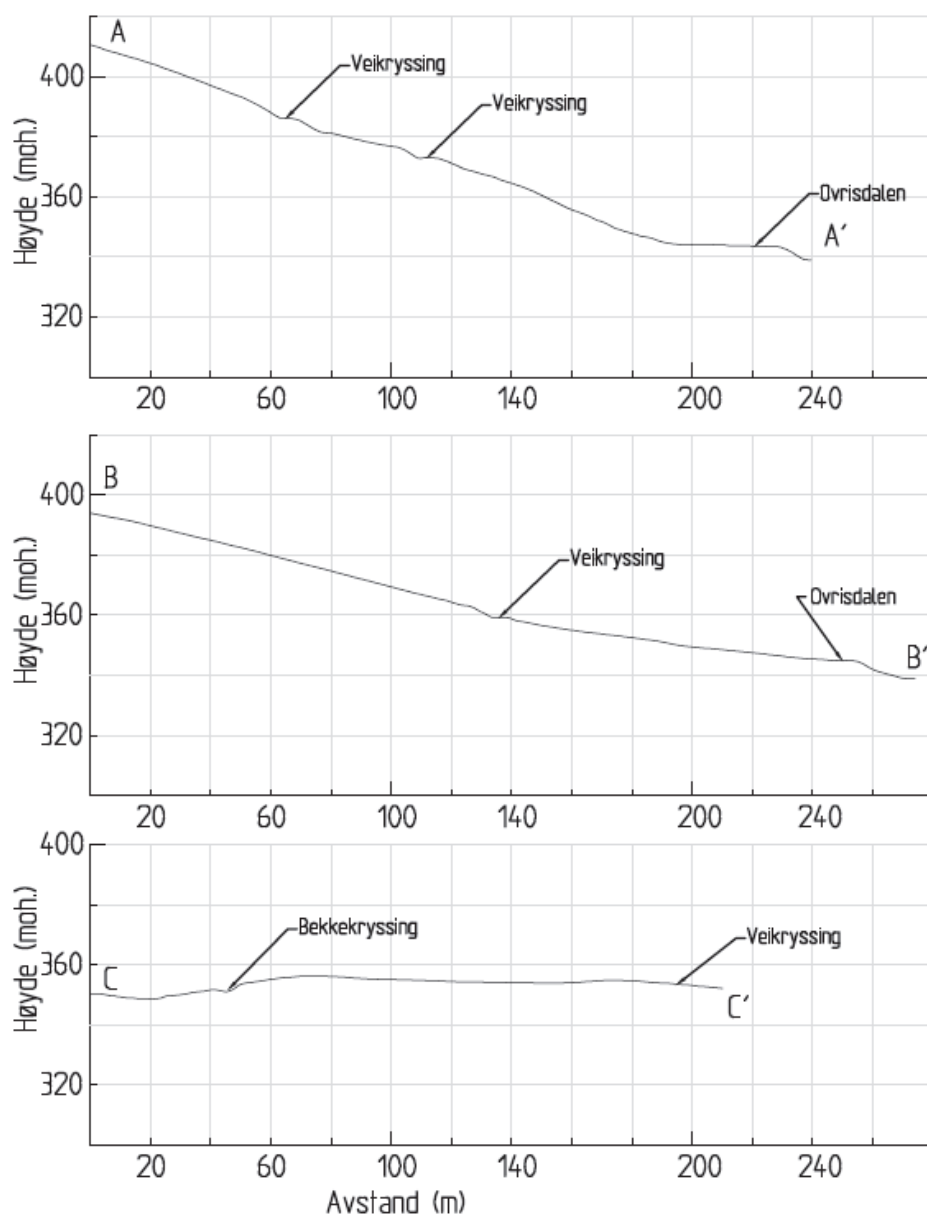
Figur 2-8 Fuktig mark i innmarksbeite. Bildet tatt fra nordvest over Alternativ Nord (A) mot sør (ca. 585 moh.).

Terrenget har tilnærmet jevn helning på rundt 10-20° fra nordvest mot sørøst (ned mot elven) og har små høydevariasjoner i retning sørvest-nordøst (Figur 2-9, Figur 2-10).

Under befaring 07.11.2022 var bakken vannmettet og overflatevann var synlig på traktorveier og stier.



Figur 2-9 Plassering av profilene A-C for Alternativ Nord (A) og D-G for Alternativ Sør.



Figur 2-10 Profilene A-C for Alternativ Nord (A).

Alternativ Nord (B), ved dagens koplingsstasjon (350 moh.), ligger ved foten av den nordvestvendte fjellsiden mellom Rislågnipa (1016 moh.) og Fyrjaeggi (1137 moh.) (Figur 2-5). Fjellsiden er i stor grad over 30° opp til ca. 900 moh. Mellom 900 og 1000 moh. blir terrenget markant brattere (>45°). Deretter flater terrenget noe ut opp til toppryggen. Lambafossa, som drenerer Skadvatnet (1130 moh.), kommer ned like ovenfor dagens koplingsstasjon (Figur 2-18). I tillegg krysser noen mindre bekkeløp fjellsiden (se også oversikt av dreneringsmønster i Figur 2-3).

Figur 2-11 og Figur 2-12 viser fjellsiden øst for Alternativ Nord (B).



Figur 2-11 Oversikt over fjellsiden sørøst for kartleggingsområdene (www.norgei3d.no).

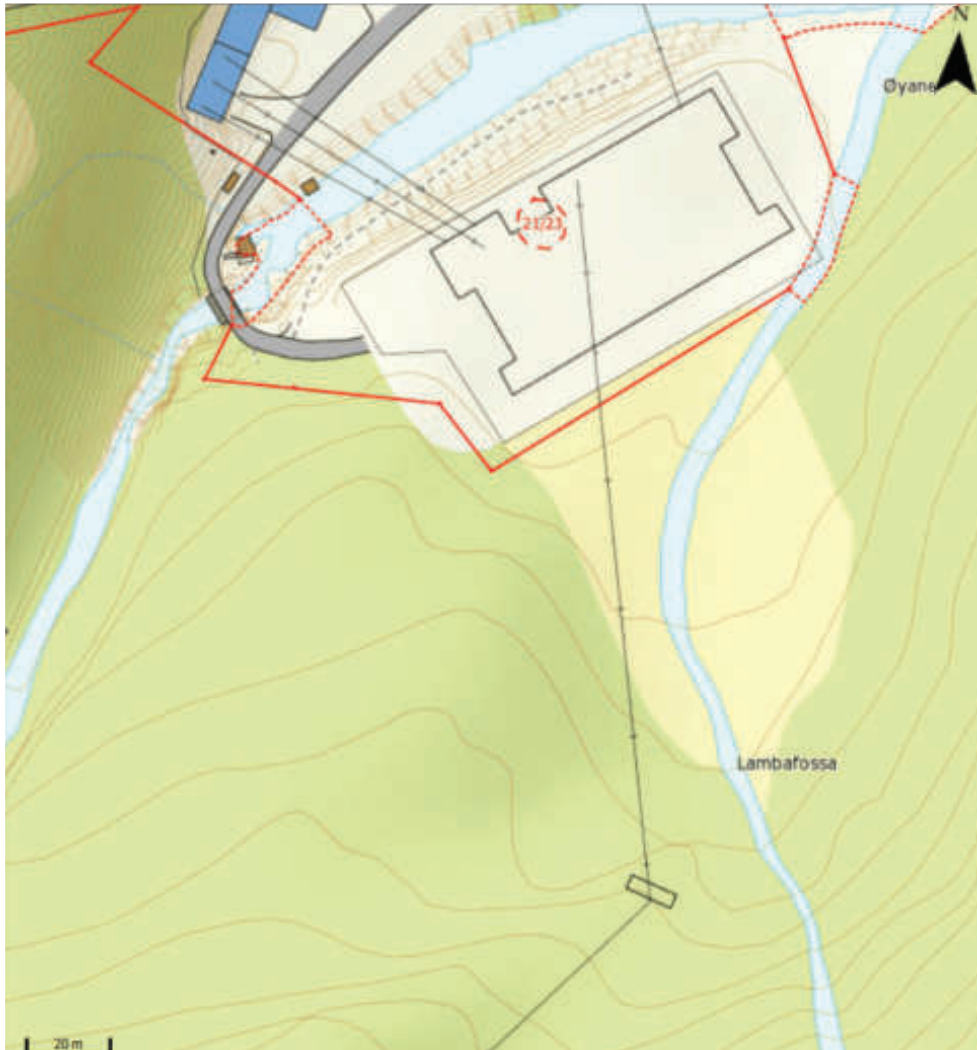
Figur 2-12 viser Lambafossa fra sør ned mot kartleggingsområdene. Fyrjaeggi (1137 moh.) ligger sørøst for dagens stasjon, rett frem på bildet. Rislågnipa (1016 moh.) ligger rett utenfor bildet mot nord. Bildet viser flere nye skredbaner ned mot stasjonen fra fjellsiden i øst, samt raviner i sør.



Figur 2-12 Bilde fra helikopter viser eksisterende Refsdal stasjon (bidet tatt mot sørøst).

Figur 2-13 viser kart over dagens stasjonsområde og elveløp mot stasjonen. Bekken over jordet sør for eksisterende koblingsanlegg på østsiden av elva, nedenfor Lambafossa, er lagt om (eksakt tidspunkt for dette er ikke kjent). Bekkeløpet følger nå skogkanten øst

for jordet og har et lite tverrsnitt (1-2 m²; Figur 2-14). Forbi sørøstre hjørne av koblingsanlegget går bekken i rør gjennom en mindre fylling (Figur 2-15). Jordet var svært vått ved befaringen 2022-05-31 (Figur 2-16). Det er etablert en dreneringsgrøft langs eksisterende anlegg, hvilket indikerer at jordet ovenfor anlegget er fuktig (Figur 2-17). Bekken som er lagt om utgjør ikke tilstrekkelig sikring mot naturfare.



Figur 2-13 Kart over Alternativ Nord (B) med stasjonsområde og elveløp mot stasjon. Figuren viser gammelt elveløp samt omlagt løp og etablert grøft (figur fra NGI, 2015).



Figur 2-14 Eksisterende bekkeløp (omlagt) har lite tverrsnitt (ca. 1-2 m²) (Alternativ Nord (B)).



Figur 2-15 Bekk er ledet gjennom rør under sørøstre hjørne av dagens stasjonsområde (Alternativ Nord (B)).



Figur 2-16 Fuktig mark langs opprinnelig bekkeløp (Alternativ Nord (B)).



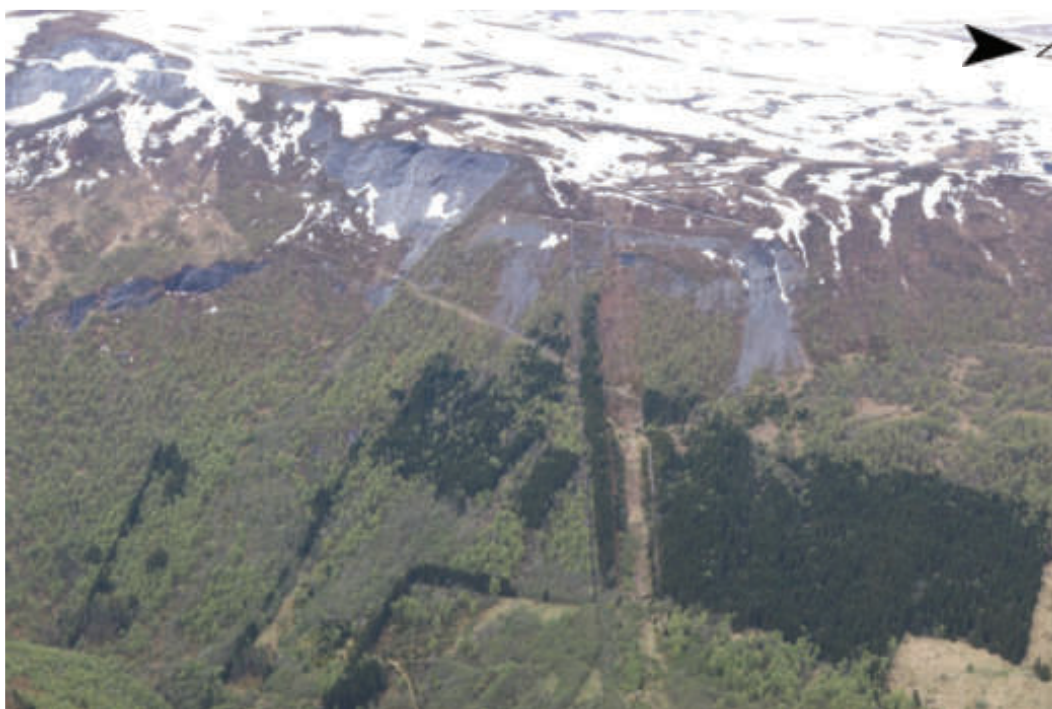
Figur 2-17 Grøft langs anlegget nederst på jordet (Alternativ Nord (B)).



Figur 2-18 Området rundt Lambafossen, sørøst for Alternativ Nord (B).

2.1.1.2 Alternativ Sør

Kartleggingsområdet ligger på en utflating på rundt 390 moh. (Figur 2-2). På nedsiden av området bikker terrenget bratt ned 30-40 høydemeter, til elven Vikja, som ligger i et trangt juv. Vest for Alternativ Sør ligger en østvendt fjellside, som ender i en smal rygg på rundt 950 moh. (Figur 2-4). Fjellsiden er i stor grad under 30° opp til ca. 650-700 moh., bortsett fra enkelte områder med helling mellom 27-45°. Over 650-700 moh. blir terrenget markant brattere (>30°) opp til toppryggen. Flere bekker renner ned mot Alternativ Sør.



Figur 2-19 Deler av fjellsiden vest for Alternativ Sør.



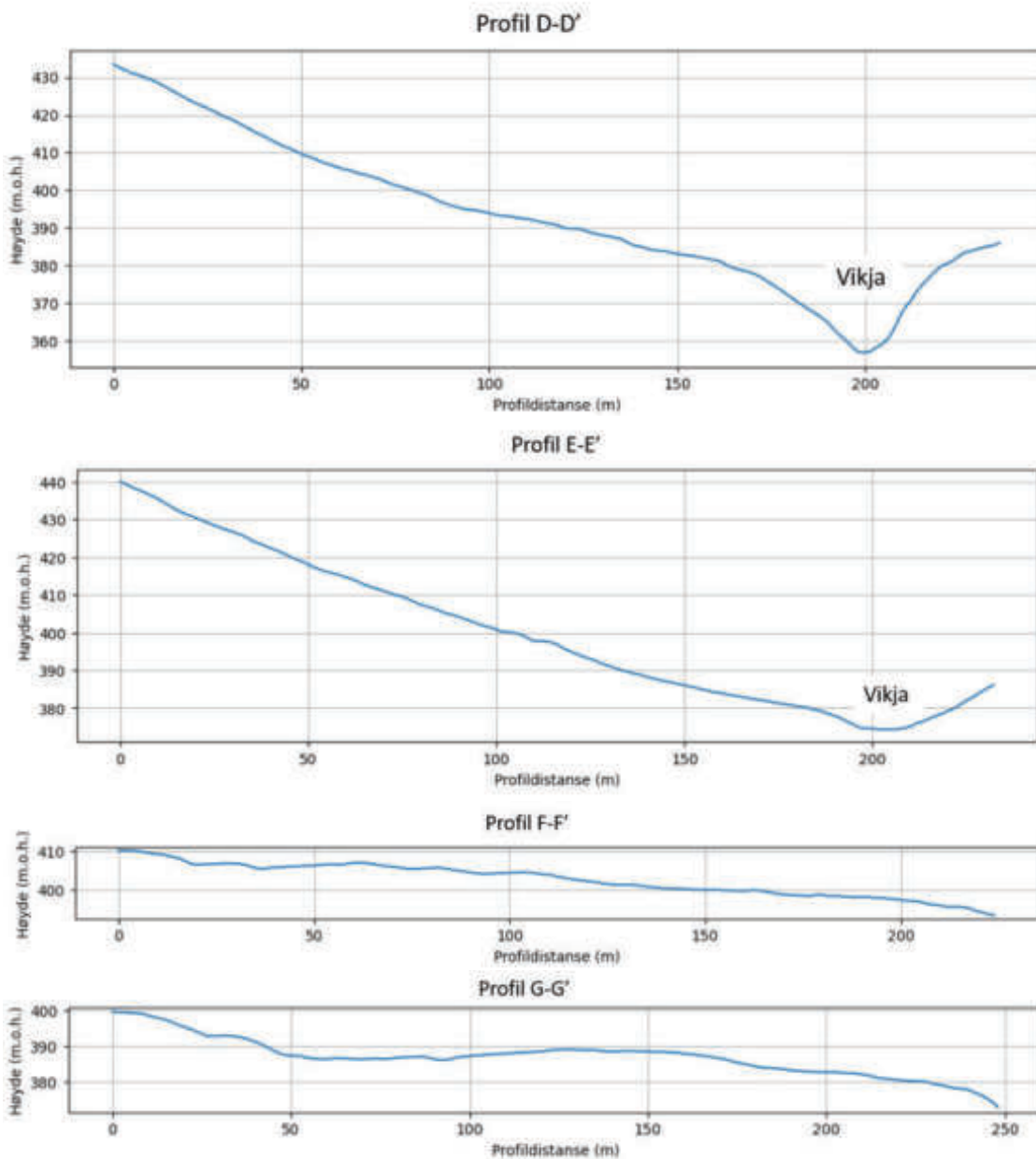
Figur 2-20 Bilde tatt fra Alternativ Sør mot nordvest. Løvtrærne er anslått å være ca. 40 år gamle basert på kart fra NIBIO og feltmålinger.

Under befaring 07.11.2022 var bakken svært vannmettet og overflatevann var synlig på traktorveier og stier (Figur 2-21).



Figur 2-21 Fuktig mark i Alternativ Sør.

Figur 2-9 og Figur 2-22 viser terrengprofiler for Alternativ Sør.

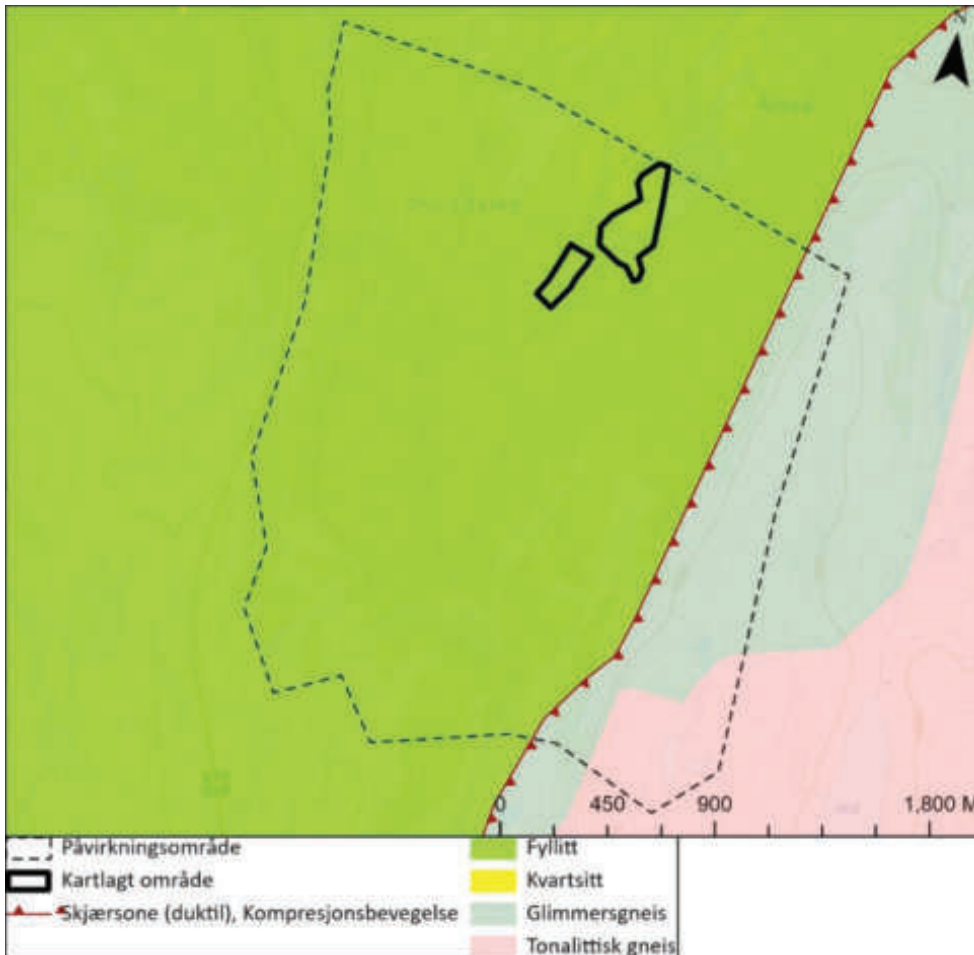


Figur 2-22 Terrengprofil D-G for Alternativ Sør.

2.1.2 Grunnforhold

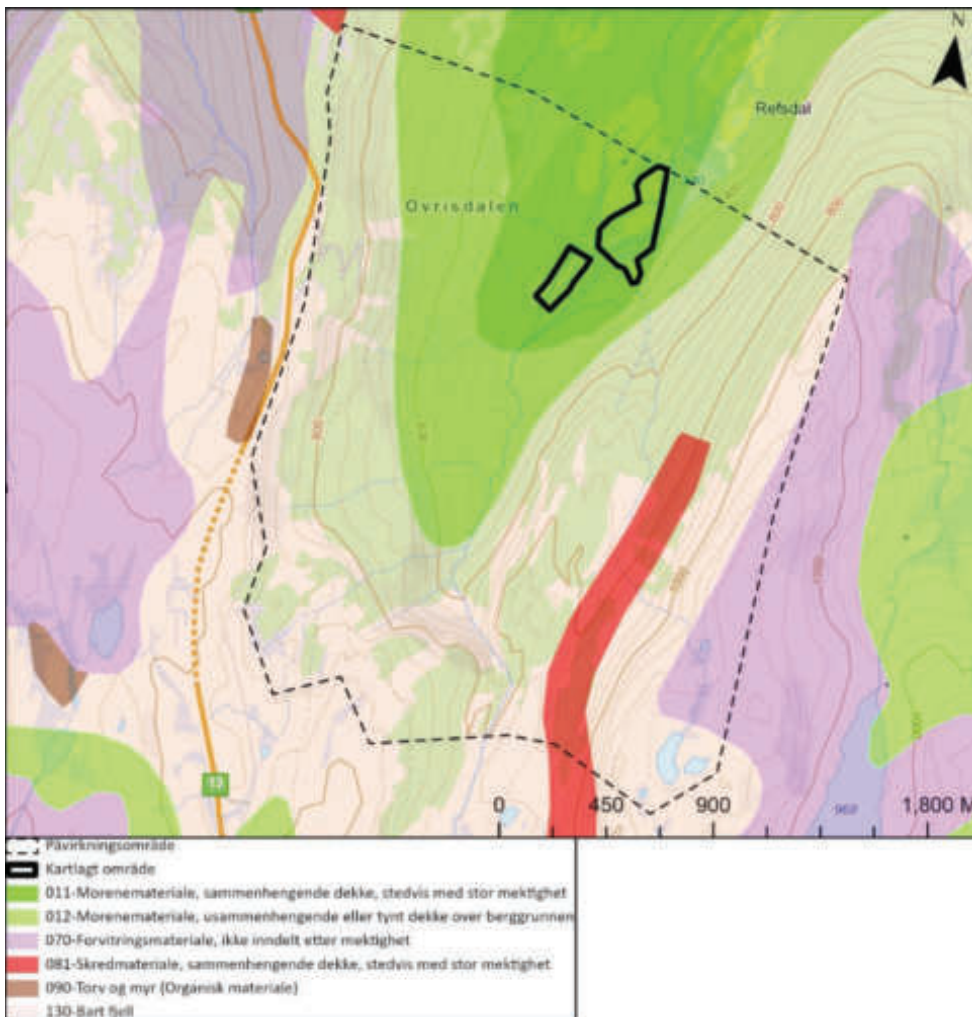
Berggrunnen i planområdet er i berggrunnskart fra NGU angitt å bestå av fyllitt (berggrunnsgeologisk kart, målestokk 1:250 000). Fyllitt er omdannet fra leirskifer og har mikroskopiske mineralkorn (ikke mulig å se uten mikroskop). Den skiller seg fra leirskifer ved fløyelsaktig glans og større seighet. At berggrunnen består av fyllitt ble også påvist i dagen ved feltarbeid i forbindelse med utredning av Alternativ Nord (NGI, 2022).

Figur 2-23 viser berggrunnskart N250 fra NGU (NGU, 2022). Kartet viser skjæringssonen mellom en sone av fyllitt og en sone av glimmergneis.



Figur 2-23 Berggrunnskart for kartleggingsområdene (data fra NGU BerggrunnB250).

Løsmassene i de kartlagte områdene består av morenemateriale (løsmassekart, målestokk 1:250 000) (Figur 2-24). Løsmassekartet foreligger kun i målestokk 1:250 000 og er derfor kontrollert med grunnundersøkelser for Alternativ Nord (A) samt under befaring (Multiconsult, 2021). I skråningene vest og øst for Alternativ Nord, samt vest for Alternativ Sør, er det først tynn morene, og deretter bart fjell med stedvis tynt løsmassedekke av forvittringsmateriale. Marin grense ligger på rundt 125 moh. og begge kartleggingsområdene ligger godt over dette. Følgelig finnes ikke marine avsetninger i kartleggingsområdene.

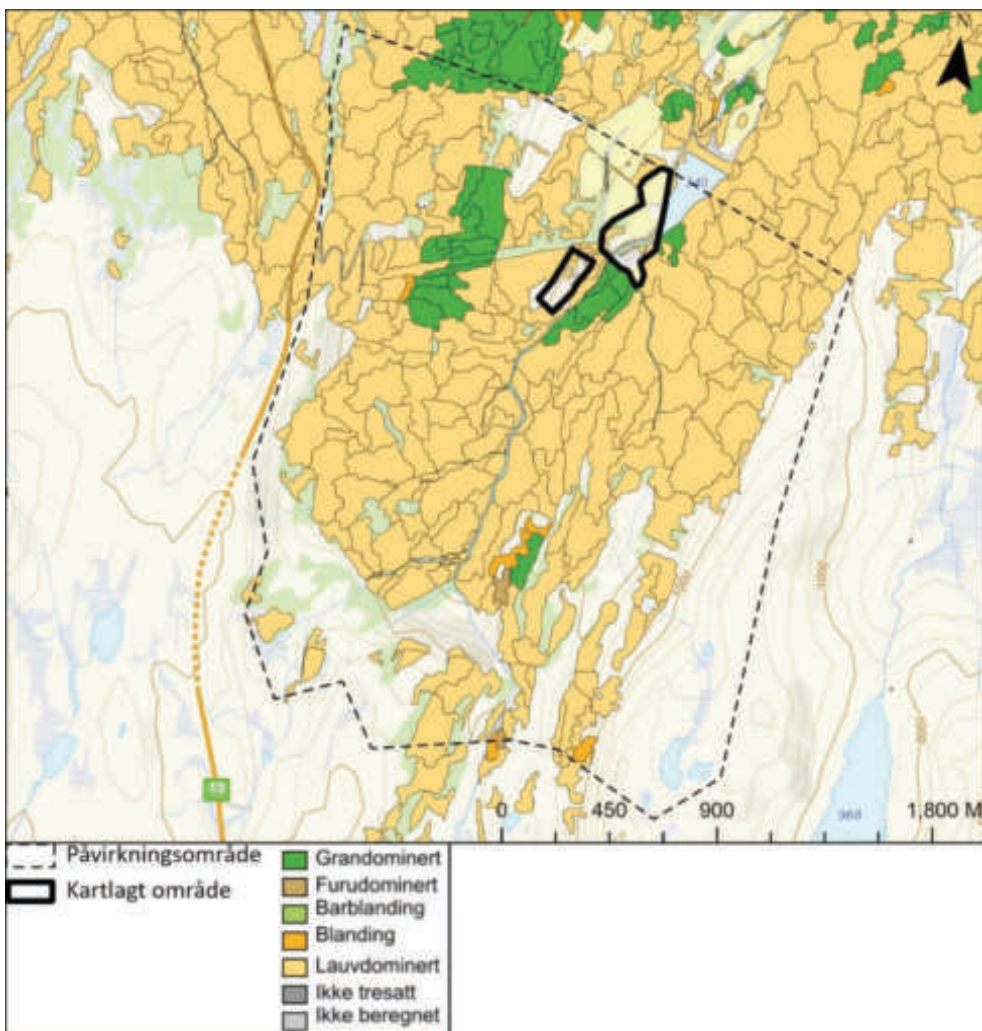


2.1.3 Vegetasjon

Generelt kan man anta at skog har en positiv effekt for å redusere frekvens og utbredelse/utløpslengde av skred i bratt terreng, men eksakt virkning er vanskelig å kvantifisere. Kravspesifikasjon til skogbestanden er forskjellig for de ulike faretypene, men generelt kan en si at det er ønskelig med en kontinuerlig høy grad av skogdekke (Schwitter mfl., 2014). Treslaget har imidlertid også stor betydning. Intersepsjon fra gran er høy på grunn av deres høye bladarealindeks (*Leaf area index, LAI*), noe som er gunstig for beskyttelse mot snøskred. Samtidig er deres beskyttende effekt som grunnrotede planter lavere mot jordskred. Kravet om tilstrekkelig og sammenhengende skogdekke gjør at store jevnaldrende beplantede arealer kun i begrenset grad bidrar til å sikre mot naturfarer. For eksempel er avstanden mellom eldre gran med lik alder så stor at snøskred kan strømme gjennom relativt uhindret. Selv om dette sjelden skjer, er ikke faren på lang sikt ubetydelig.

Skog vil ha større effekt i utløsningsområder enn i utløpsområder. Men en kan ikke utelukke at snøskred kan løsne i skog dersom terrenget er brattere enn 30° - 35°. Dersom skred løsner *ovenfor* skoggrensen, men kommer ned i skog på sin vei er effekten av skogen mindre. Riktignok vil utløpslengde bli redusert, men skred kan også ødelegge store deler av skogen, avhengig av skredstørrelse. Også for steinsprang er det slik at jo tettere skogen er, jo større blir energitapet, noe som bidrar til en reduksjon i sannsynlig rekkevidde. Liggende trær kan også ha stor betydning for rekkevidde til steinsprang.

Skredfarevurderingen er utført basert på dagens skogstatus. Figur 2-25 viser at store deler av påvirkningsområdet er dekket av skog. Tettheten av skogen er lav i flere områder, spesielt i områdene med lauvskog. Flere av skogsområdene er åpne og kun dekket av gress og lyng. Dette samsvarer også med inntrykket fra befaringer.

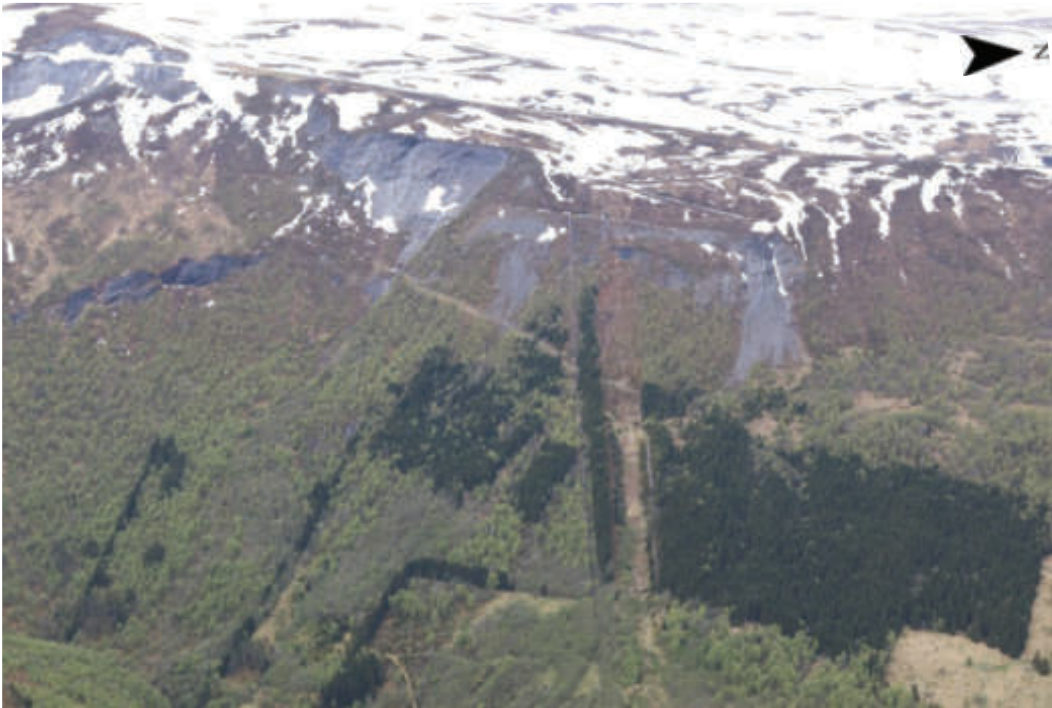


Figur 2-25 Oversikt over skogsutbredelse i tillegg til type treslag i kartleggings- og påvirkningsområdet.

Skoggrensen i fjellsiden over de kartlagte områdene ligger på ca. 800-900 moh. I følge SR16 data (NIBIO, 2022) er det hovedsakelig lauvdominert skog, men det er også noen få områder bestående av gran eller en blanding (Figur 2-26, Figur 2-27).

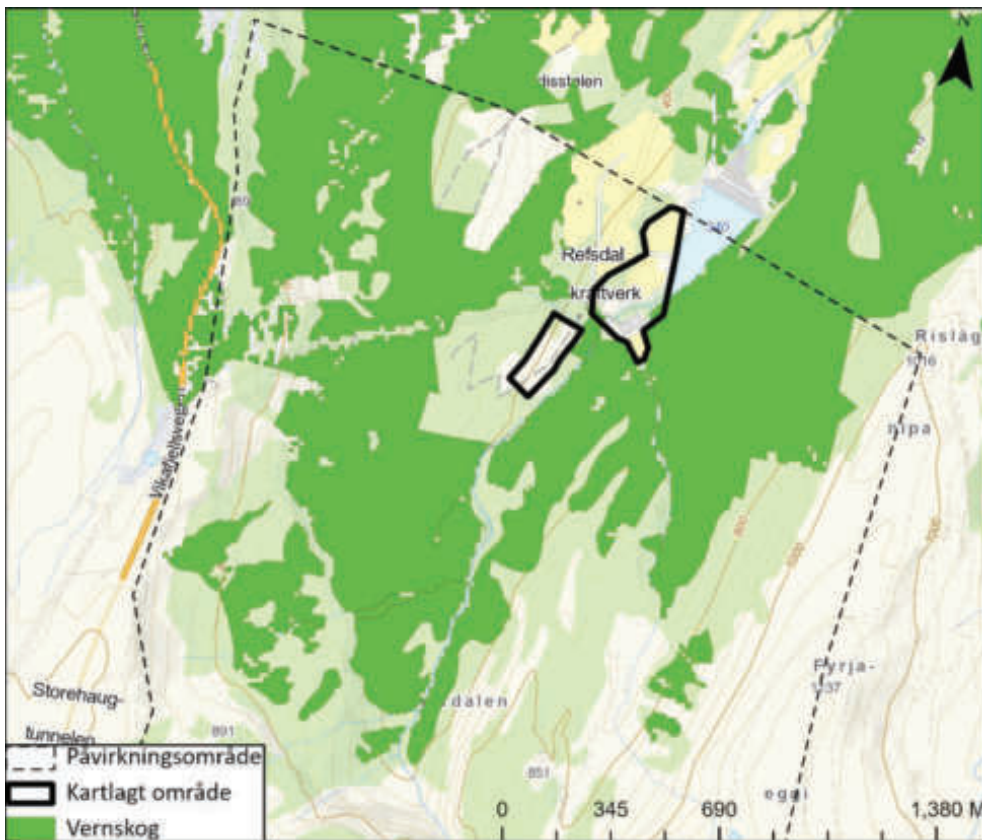


Figur 2-26 Skog i fjellsiden øst for koplingsstasjon er stort sett lauvdominert. Flere markante striper er synlige i skogen (langs dreneringveiene).



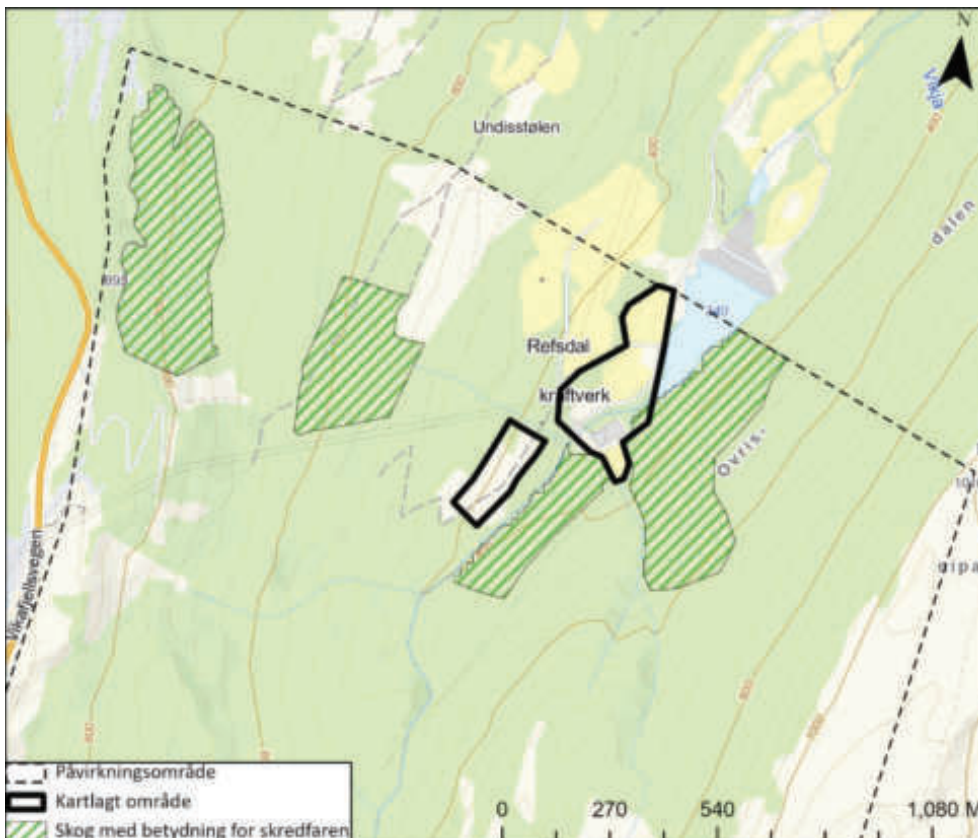
Figur 2-27 Fjellsiden vest for Alternativ Sør. Deler av fjellsiden består av felt med plantet granskog.

Figur 2-28 viser vernskog beregnet fra skogtettheten SR-16 og områder med produktiv skog fra datasettet AR5 (NIBIO, 2016).



Figur 2-28 Oversikt over vernskog. Beregnet fra skogtetthet (SR-16) og produktiv skog (AR5) (Vedlegg H).

Figur 2-29 viser skog med betydning for skredfaren mot kartleggingsområdene basert på observasjoner fra befaring og studier av flybilder. Skogpolygonet nordvest på kartet vil ha en forankrende effekt på snøen og vil begrense utløsningen av snøskred. Resterende polygoner vil ha en bremsende effekt på eventuelle snøskred, samt resterende skredtyper.



Figur 2-29 Oversikt over skog med betydning for skredfaren. Definert basert på skogtetthet (SR-16), skogtype, observasjoner fra befaring og flybilder (Vedlegg H).

Først og fremst er effekten av skog bestemt av skogtettheten. Reineken's (1933) skogtetthetsindeks (stand density index, SDI, med dimensjon antall trær per hektar), er basert på forholdet mellom antall trær per hektar og gjennomsnittlig diameter, og er en indeks som beskriver den karakteristiske fordelingen av trestørrelser i jevngammel skog. Indeksen gir en indikasjon på tettheten av trær og dermed en indikasjon for kronedekning. Karakteristiske verdier er avhengig av treslag.

For en tett granskog er SDI rundt 1000/ha og for en med rundt 50% kronedekning er SDI mellom 300/ha og 500/ha. For lauvskog om vinteren er kronedekning og sammenlignbar SDI generelt betydelig mindre og verneeffekten mot snøskred er begrenset også i utløsningsområdet. For at skog har en noen betydning mot skred bør SDI være minst 50/ha. Ifølge en større studie gjort i Alpeland på effekt av skog for snøskred er en kronedekning på minst 50% for barskog tilstrekkelig for å klassifiseres som vernskog (PROALP, 2010).

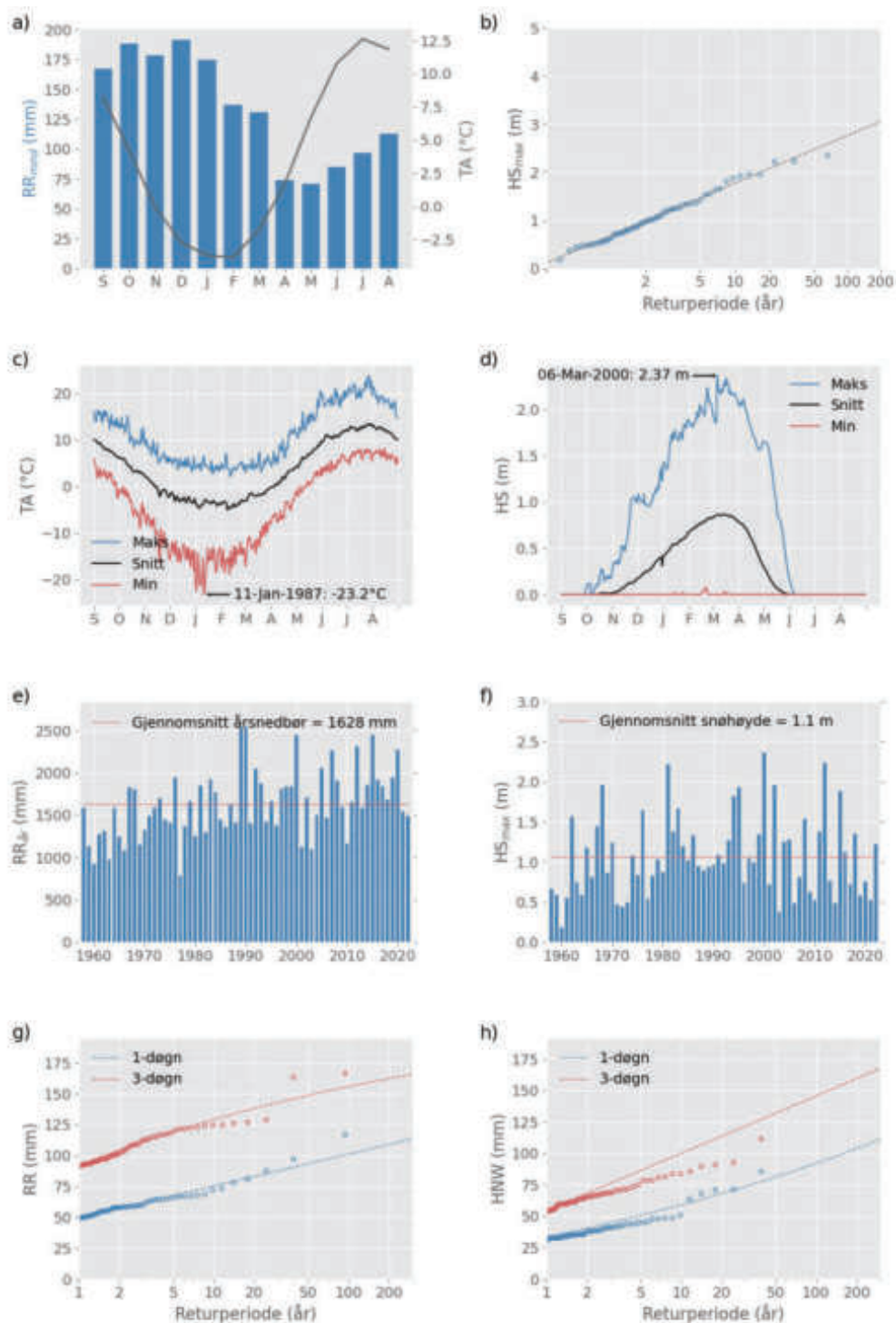
Produktiv skog blir inkludert for skog med betydning for skredfaren da denne skogen kan variere betydelig mtp. nytilvekst og hogst. Definisjonen på produktiv skog er ifølge NIBIO "Skog som i årlig gjennomsnitt kan produsere minst 1 m³ trevirke med bark pr. hektar og år under gunstige bestandsforhold.". For at skogen skal ha en vurdert tilstrekkelig effekt på skredfaren er det i tillegg satt et krav om en SDI > 100.

Generelt kan en si at selv høyt skogdekke ikke kan forhindre alle snø-, jord- eller flomskred, men uten skog ville de ofte vært større. Skoghogstflater i bratt terreng kan bli mulige utløsningsområder for skred. Måltrettet bevaring av skog er derfor forutsetningen for en langsiktig beskyttende effekt av skogen.

2.1.4 Klima

Figur 2-30 viser interpolerte klimadata fra SeNorge-datasettet (Lussana et al., 2016; Saloranta, 2014) for normalperioden 1991 – 2020 fra Refsdal Kraftstasjon (ca. 350 moh.) og viser at normal årsnedbør i det undersøkte området er ca. 1682 mm, hvor ca. 583 mm kommer om vinteren (DJF). Årsmiddeltemperatur i området er 3.8 °C og døgnmiddeltemperaturen varierer normalt fra -14.1 °C til 18.9 °C. Gjennomsnittlig årsmaksimal snøhøyde er 116 cm og maksimal snøhøyde siste 60 år er 237 cm. Antall dager med snø på bakken (>5 cm) er i gjennomsnitt 99.

Ved å bruke de maksimale nedbør- og snøhøydeverdiene i de interpolerte dataene kan man estimere forventet 1000-års nedbør og 300-års snøhøyde for området. I dette området er 1000-års nedbør beregnet å være 131 mm/døgn, og 300-års snøhøyde 3.3 meter. Dette er estimater basert på korte observasjonsperioder og statistiske usikkerheter.

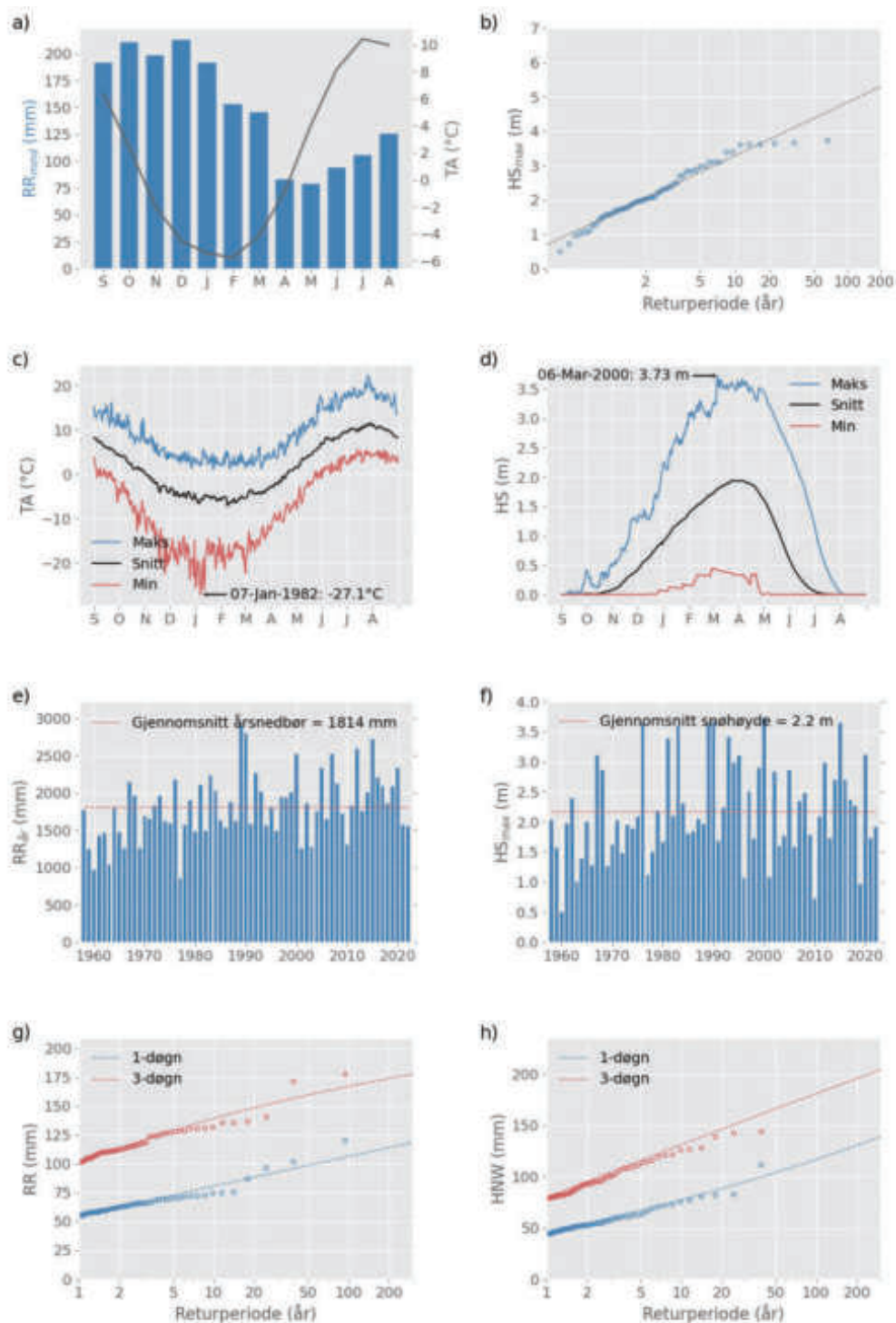


UTM33 45188E, 6794488N, 458moh

Figur 2-30 Klimadata fra Refsdal Kraftstasjon (ca. 350 moh.) basert på interpolerte dataserier fra SeNorge (www.senorge.no). a) Månedsnedbør og –lufttemperatur, b) returverdier (gumbelfordeling) for årlig maks snøhøyde. Daglig minimum, maksimum og gjennomsnittlig lufttemperatur (c) og snøhøyde (d). Tidsserier av årsnedbør (e) og årlig maks snøhøyde (f). Returverdier (peak over threshold) for 1- og 3-døgns nedbør (g) og nysnøtilvekst (h). Dataperiode: 1958 – dagens dato. Gjennomsnitt er beregnet over hele perioden.

Figur 2-31 viser interpolerte klimadata fra SeNorge-datasettet for normalperioden 1991 - 2020 for et punkt (gridcelle) ved ca. 1030 moh. ved Rislågnipa ovenfor dagens koplingsstasjon for å vise representative data fra fjellområdene ovenfor stasjonen. Her er normal årsnedbør ca. 1847 mm, hvor ca. 640 mm kommer om vinteren (DJF). Årsmiddeltemperatur i området er 1.9 °C og døgnmiddeltemperaturen varierer normalt fra -17.9 °C til 17.2 °C. Gjennomsnittlig årsmaksimal snøhøyde er 222 cm og maksimal snøhøyde siste 60 år er 373 cm. Antall dager med snø på bakken (>5 cm) er i gjennomsnitt 258.

Ved å bruke de maksimale nedbør- og snøhøydeverdiene i de interpolerte dataene kan man estimere forventet 1000-års nedbør og 300-års snøhøyde for området. I dette området er 1000-års nedbør beregnet å være 128 mm/døgn, og 300-års snøhøyde 5.6 meter. Dette er estimater basert på korte observasjonsperioder og statistiske usikkerheter.

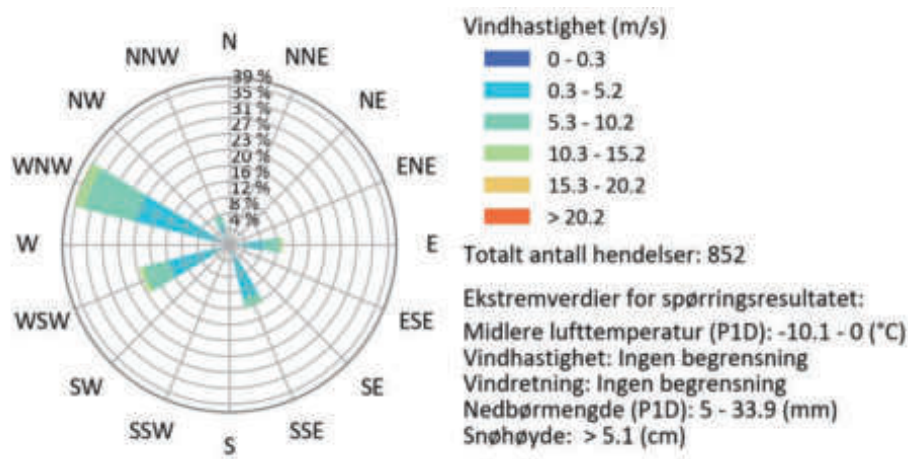


UTM33 46155E, 6794199N, 787moh

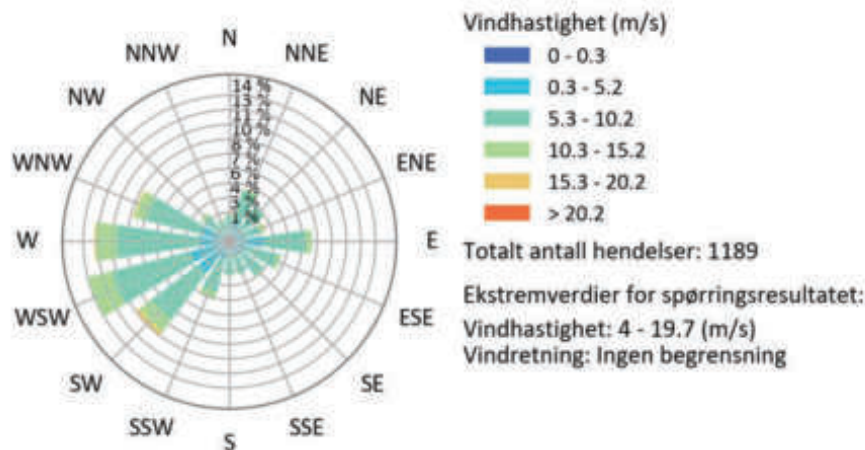
Figur 2-31 Klimadata fra Rislågnipa (ca. 1030 moh.) basert på interpolerte dataserier fra SeNorge (www.senorge.no). a) Månedsnedbør og –lufttemperatur, b) returverdier (gumbelfordeling) for årlig maks snøhøyde. Daglig minimum, maksimum og gjennomsnittlig lufttemperatur (c) og snøhøyde (d). Tidsserier av årsnedbør (e) og årlig maks snøhøyde (f). Returverdier (peak over threshold) for 1- og 3-døgns nedbør (g) og nysnøtilvekst (h). Dataperiode: 1958 – dagens dato. Gjennomsnitt er beregnet over hele perioden.

Vangsnes (50 moh.) er den nærmeste værstasjon med vind- og nedbørsmålinger. Vindrose for Vangsnes værstasjon vises i Figur 2-32 for situasjon med mer enn 5 cm nysnø per dag. Vindrosen indikerer at nedbør som snø hovedsakelig følger vindretninger fra sektor sørvest til nordvest, men også i noen tilfeller med øst eller sørøstlig vind.

Figur 2-33 viser vindrose for Myrkdalen-Ondrahaugen (853 moh.). Vindrosen indikerer at vind i høyden med mer enn 4 m/s (tilstrekkelig for transport av fokksnø) kommer hovedsakelig fra vestlige retninger, men også tildeles fra østlig retning.



Figur 2-32 Vindrose for Vangsnes værstasjon, Sogndal (49 moh.).



Figur 2-33 Vindrose for Myrkdalen-Ondrahaugen (853 moh.).

2.2 Tidligere utredninger / kartlegginger i området

NGI kjenner til følgende rapporter med tidligere skredfarevurderinger innenfor området:

- ↗ *EFLA AS (2014) Refsdal koblingsstasjon, Rasvurdering, juni 2014.*
- ↗ *NGI (2015). Ingeniørgeologisk bistand til småkraftverkprosjekter på Vestlandet. Refsdal kraftstasjon, Vik – Befaringsrapport. Dokument nr. 20140342-05-TN, rev. 0, datert 26.03.2015.*
- ↗ *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. Nr. 0, datert 18.02.2022*
- ↗ *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.*
- ↗ *NGI (2022c) Stasjonene Kollsnes, Steinsland, Modalen og Refsdal skredfarevurdering refsdal stasjon i henhold til sikkerhetsklasse S3. Dokument nr. 20210463-06-R, rev. 0, datert 08.07.2022.*

I tillegg finnes en datarapport for grunnundersøkelser:

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

2.3 Historiske skredhendelser

En oversikt over større skredhendelser i området er gitt i Tabell 2-1. Kun steinspranget fra 1980-tallet og et historisk fjellskred er registrert innenfor påvirkningsområdet i NVEs skredatabase (skrednett.nve.no). De omtalte hendelsene i tabellen ligger nord for området, ved Rislåg og Undi. Flere hendelser (snø-, sørpe- og steinskred) er registrert langs Vikafjellsvegen vest for kraftverket.

Hendelsene i Tabell 2-1 er registrert i NVEs skredatlas. Den siste hendelsen er en opplysning fra Odd Bjarte Turvolle som er beskrevet i ELFA (2014). Et steinsprang i 1986 eller 1987 rammet frilufta og ødela en samleskinne. Antatt utløsningssted var øverst i fjellsiden.

Tabell 2-1 Registrerte skredhendelser i Refsdal i nærheten av Refsdal koblingsstasjon (fra EFLA, 2014)

År	Type skred	Beskrivelse
Ukjent	Fjellskred	Fjellskredavsetning observert fra hillshade.
24.03.1746	Snøskred	Vik. Ein Siur Hermindson med bustad på Risløv (Rislåg) i Ovrisdalen døde 13. mars 1746: "Alder 24 ½ år omkom i ei snøskreda." Det er uklart om dette var på eller ved garden.
03.08.1783	Steinsprang	Vik i Sogn. Risløv (Rislåg) i Ovrisdalen. Den 3. august 1783, eller nokre dagar før, omkom Birthe Andersdatter frå Risløv (28 år) av eit steinsprang. "ihelslegen av stein som losna frå fjellet." Lokalkjende meiner dette skjedde ved garden.
10.08.1802	Steinsprang	Vik i Sogn. Ved Kinni (Kind). Den 10. august 1802 eller nokre dagar før døde Brita Johannesdatter Kind (bustad på Kind) 30 år, livet. "som blev funden død i en steenscred." Truleg på eller ved garden.
02.12.1811	Jordskred	Vik i Sogn. Refsdal i Ovrisdalen. Same natt som storulykka i Arnafjord, gjekk skred tvers overfor Refsdal. Raset losna like over Risløvholtan, var nokså smalt, men breia seg ut slik at det ved Refsdal vart 400 m breitt. Folk på Risløv (Rislåg) flytta ut av husa denne natta. Skredet laga eit kraftig lufttrykk som gjorde skade på husa, men folk og dyr vart ikkje skadde.
20.07.1841	Steinsprang	Vik. Undi. Den 20. juli 1841 omkom Johannes Jonsen, 30 år gammal, frå garden Undi i Ovrisdalen. "Ihjelslagen i et steenscred."
15.09.1963	Jordskred	Vik i Sogn. I Ovrisdalen gjekk ei natt i september 1963 eit fjellskred. Det kom heilt oppe frå Skardet. Skredet reiv med seg ei løe, skog, beite, dyrkamark til Guro Orvedal. Skredet delte seg og gjekk saman på flata att, og var 150 m breitt. Fleire husdyr strauk med. Skredet laga elvedemme i Hugnaleva som gjorde skade på jord og vegar.
1980 tallet (1983, 1986 eller 1987)	Steinsprang	300 kV sameskinne i koblingsstasjonen ble tatt av steinsprang.

2.4 Eksisterende sikringstiltak

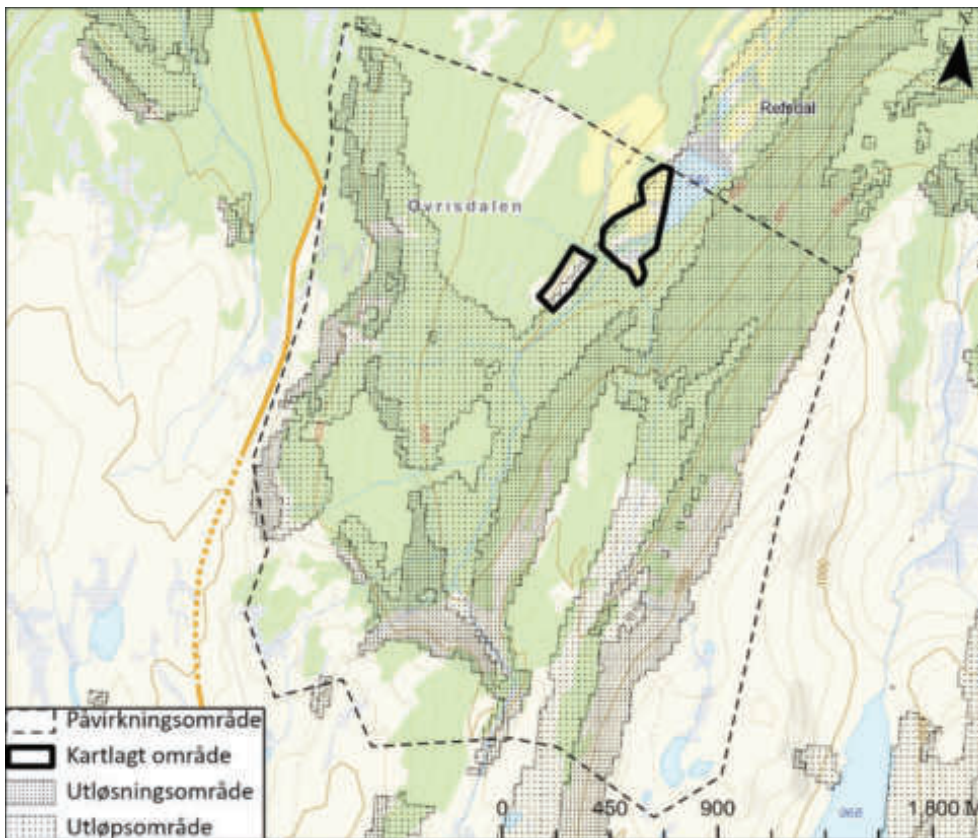
Det er ingen kjente sikringstiltak mot skred i de aktuelle områdene. Under befarings ble det observert flere dreneringstiltak, blant annet en terrenggrøft med tilhørende voll.

2.5 Eksisterende aktsomhetskart

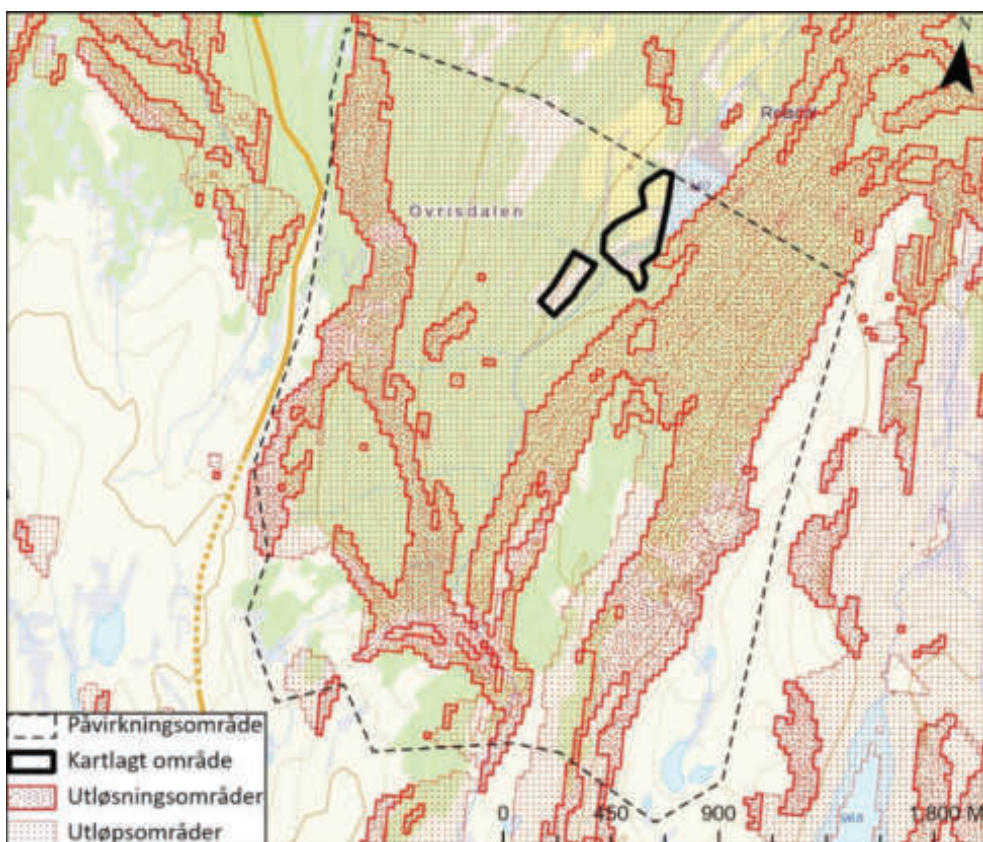
Figur 2-34, Figur 2-35 og Figur 2-37 viser aktsomhetskart fra NVE for steinsprang, snøskred og jord- og flomskred over de kartlagte områdene. Vi legger til grunn de offisielle aktsomhetskartene utarbeidet av NVE, samt aktsomhetskart for stein- og snøskred fra NGI (Figur 2-36), i våre analyser. NVEs aktsomhetskart gir ofte en for konservativ vurdering av skredfare da de bare tar hensyn til topografi fra grov terrengmodell, ikke skredutløsningssannsynlighet og ikke inkluderer noen form for feltundersøkelser eller klimaanalyser. For kartleggingsområdene og omkringliggende områder har NGI

tidligere laget aktsomhetssoner for stein- og snøskred som inkluderer feltundersøkelser (NGI, 2015).

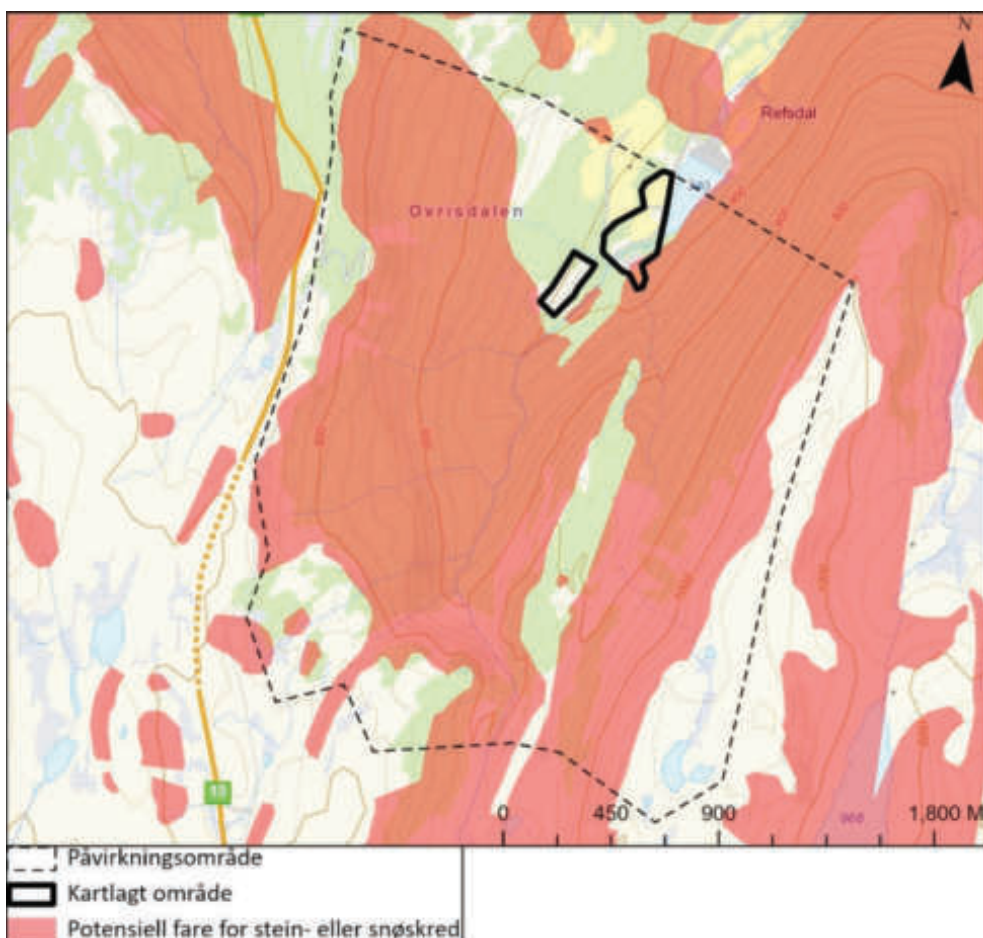
Aktsomhetskartene fra NVE indikerer at de kartlagte områdene er utsatt for de nevnte faretypene, med unntak av Alternativ Sør som tilsynelatende er lokalisert utenfor aktsomhetsområder for jord- og flomskredfare. Dersom aktsomhetskartet fra NGI tas hensyn til er Alternativ Sør også utenfor aktsomhetsområdet for stein- og snøskred.



Figur 2-34 Aktsomhetskartet for steinsprang over kartlagte områder (data fra NVE).



Figur 2-35 Aktsomhetskartet for snøskred over kartlagte områder (data fra NVE).



Figur 2-36 Aktsomhetskart for snø- og steinskred utarbeidet av NGI. Røde områder viser aktsomhetssoner.