



RAPPORT

Ny 420 kV Vik – Sogndal

SKREDFAREVURDERING FOR MASTEPUNKTER

DOK.NR. 20240606-01-R

REV.NR. 2 / 2025-05-28

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.

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: Ny 420 kV Vik – Sogndal
Dokumenttittel: Skredfarevurdering for mastepunkter
Dokumentnr.: 20240606-01-R
Dato: 2025-03-07
Rev.nr. / Rev.dato: 2/ 2025-05-28

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Statnett SF
Kontaktperson: Magnus Oshaug
Kontraktreferanse: IO. Nr. 761513

for NGI

Prosjektleder: Christian Jaedicke
Utarbeidet av: Sunniva Skuset, Christian Jaedicke
Kontrollert av: Christian Jaedicke

Sammendrag

Statnett planlegger en ny linje på strekninga Vik – Sogndal som skal erstatte en eksisterende 300 kV linje. Mastepunktene vurdert i denne rapporten går fra eksisterende koblingsstasjon i Refsdal, Vik, mot nordøst litt forbi Feios i retning Sogndal. Linja går stort sett gjennom enkelt og uproblematisk terreng. Bare enkelte steder kan punkter være utsatt for skredfare. Før befaringen ble det utpekt 15 master til å muligens være utsatt for skredfare.

Hver av disse 15 mastene er vurdert i detalj. Vurderingen viser at 1 mast (FM202) er utsatt for snøskred.

I revisjon 01 av rapporten er det lag til et kapittel med vurdering av ny plassering for mast FM202, etter ønske om dette fra Statnett.

Etter revisjon 01 av rapporten har Statnett gitt tilbake et forslag til endelig plassering. Forslaget er basert på NGIs anbefaling med en liten justering for å unngå kjørespor/traktorveg, samt å ha tilstrekkelig avstand til eksisterende koblingsanlegg.

I revisjon 02 av rapporten er det lagt til et kapittel med vurdering av dimensjonerende snøskredlaster mot fundamentpunkt for mast FM202, der Statnett har foreslått å plassere de. I tillegg er det gjort noen flere simuleringer, se kapittel 10.1. Det er videre lagt til en klimaanalyse fra et lavereliggende område, for å si noe om antatt mengde snø på bakken rundt mastepunktet.

Innhold

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 1 | Innledning | 7 |
| 1.1 | Befaring | 7 |
| 1.2 | Datagrunnlag | 7 |
| 1.3 | Begrensinger og forbehold | 9 |
| 2 | Metodikk for skredfarevurderingene | 10 |
| 2.1 | Historiske opplysninger | 10 |
| 2.2 | Spor i terrenget og tolking av gamle terrengformer | 10 |
| 2.3 | Terrengforhold som påvirker størrelsen og utbredelsen av skred | 11 |
| 2.4 | Dynamiske modeller | 11 |
| 2.5 | Beregning av trykk mot master | 11 |
| 2.6 | Klimatiske data | 11 |
| 3 | Linjeføring og topografiske forhold | 12 |
| 4 | Geologiske forhold | 14 |
| 4.1 | Berggrunn | 14 |
| 4.2 | Løsmasser | 14 |
| 4.3 | Skredhendelser | 15 |
| 5 | Klimatiske forhold | 23 |
| 5.1 | Interpolerte klimadata fra området | 23 |
| 5.2 | Vind | 26 |
| 5.3 | Interpolerte klimadata fra nedre del av området | 28 |
| 6 | Kort beskrivelse av aktuelle skredtyper i området | 30 |
| 6.1 | Generell beskrivelse av relevante skredtyper | 30 |
| 6.2 | Skredtyper med størst relevans for planområdene | 31 |
| 7 | Treffsannsynlighet | 32 |
| 8 | Beskrivelse av utsatte objekter | 33 |
| 9 | Skredfarevurdering for mastepunktene | 35 |
| 9.1 | Oppsummering av resultater | 35 |
| 9.2 | Mastepunkt FM202 | 38 |
| 9.3 | Mastepunkt FM201, FM400, ST200 og ST-000 | 40 |
| 9.4 | Mastepunkt FM1 | 43 |
| 9.5 | Mastepunkt BM8 | 46 |
| 9.6 | Mastepunkt BM11 | 47 |
| 9.7 | Mastepunkt BM13 | 49 |
| 9.8 | Mastepunkt FM16 | 50 |
| 9.9 | Mastepunkt BM17 | 53 |
| 9.10 | Mastepunkt FM20 | 55 |
| 9.11 | Mastepunkt BM30 | 55 |
| 9.12 | Mastepunkt BM33 | 57 |
| 9.13 | Mastepunkt FM56 | 59 |
| 10 | Vurdering av ny plassering av mast FM202 | 61 |
| 10.1 | Modellering | 62 |
| 10.2 | Vurdering av alternativ plassering | 73 |
| 11 | Metodikk for beregning av snøskredlaster | 78 |
| 11.1 | Generelt om snøskredlaster | 78 |
| 11.2 | Formelverk for beregning av snøskredlaster | 79 |

| | | |
|-----------|-----------------------|-----------|
| 12 | Snøskredlaster | 83 |
| 13 | Referanser | 89 |

Vedlegg

Vedlegg A Modellbeskrivelse

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

Statnett planlegger å øke effekten på linjen mellom Vik og Sogndal til en 420 kV linje. Den nye linjen skal delvis erstatte eksisterende linjer. Den nye traséen går dels gjennom eller under bratt terreng som kan gi opphav til skred i bratt terreng (snøskred, steinsprang, jordskred, flomskred og sørpeskred).

Vurderingen er gjort med hensyn til at nominell årlig sannsynlighet for skredskader på mastepunkter ikke skal overstige 1/150, tilsvarende en returperiode på minimum 150 år. I første omgang ble mastene vurdert med en innledende kartanalyse med hensyn til terrengets bratthet og nasjonale aktsomhetskart fra NVE. I denne fasen ble 16 master identifisert som potensielt skredutsatte. Disse 15 mastene ble videre vurdert i detalj, og resultatene er presentert i denne rapporten.

1.1 Befaring

Det ble gjennomført en befaring den 2024-12-04 av Sunniva Skuset. Befaringen ble gjennomført med bil, og droneflyging ved de potensielt utsatte mastepunktene i Refsdal og Feios (Figur 3-1). Mastene BM30 og BM33 var ikke tilgjengelig fra vei og disse ble derfor kun vurdert basert på kartgrunnlag og flybilder.

1.2 Datagrunnlag

Mastepunktene er vurdert på bakgrunn av nasjonale terrengmodeller (DEM) fra Statens Kartverk med 10 meters og 1 meters høydeoppløsning. Det er ikke foretatt laserskanning av snøhøyder langs strekningen.

1.2.1 Tidligere rapporter fra området

NGI har tidligere foretatt skredfarevurderinger i området (Tabell 1-1). I tillegg har EFLA As gjort en skredvurdering i 2014, og Multiconsult gjort grunnundersøkelser i Refsdal i 2021. Sweco har gjort en forprosjektering av sikringstiltak for transformatorstasjonen i Refsdal (Sweco, 2024).

NGI-rapporten 20210463-07-R vurderer skredfare for koblingsstasjonen Refsdal, som også inkluderer områder for mastepunkter som skal vurderes i dette oppdraget. Her er det vurdert at både snøskred, steinsprang, sørpeskred og flomskred er dominerende faretyper i området, og det kartlagte området ligger innenfor områder med årlige nominelle sannsynligheter for skred på 1/100, 1/1000 og 1/5000. Faresonekart er vist i Figur 1-1. Mastepunkt FM202 ligger innenfor faresone 1/100 (steinsprang), FM201 og FM400 innenfor 1/1000 (hhv. snøskred og sørpeskred) og ST-200, ST-000 og FM1 innenfor 1/5000 (sørpeskred/snøskred).

Sikringstiltak er diskutert gjennom flere runder:

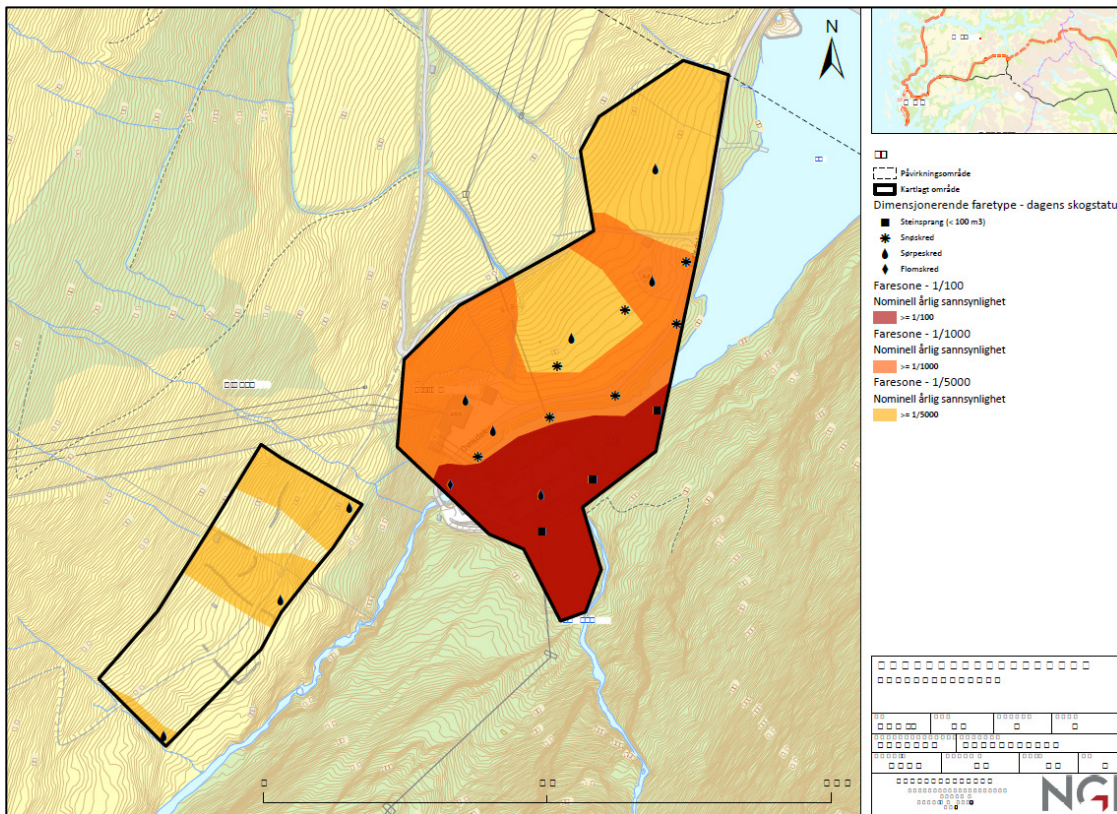
I rapport 20210463-06-R_rev01 er det diskutert sikringstiltak i form av en 15-20 m høy voll, med lengde 210 m, som skal virke som ledevoll for sørpeskred og fangvoll for snøskred og steinsprang. I tillegg er det vurdert behov for objektsikring mot resttrykk fra den fluidiserte delen av snøskred og/eller skredvind. Det er videre vurdert at det er betydelig restrisiko med denne løsningen og dessuten at denne vollutformingen og -plasseringen – er noe vanskelig å gjennomføre i praksis.

Ledevoll er også foreslått i 20140342-05-TN.

Sweco (2024), som er det mest konkrete arbeidet, foreslår objektsikring mot snøskred/-skredvind fra øst (må tåle 10 kPa fra faste masser, 3 kPa fra skredvind). Fra vest er det hovedsakelig vann i forbindelse med sørpeskred som er problemet (ikke faste masser). For dette er det foreslått å etablere en grøft (2-3 m dyp) på oversiden av anlegget mot vest, sammen med kulverter, stikkrenner og åpne grøfter, for å ta unna vann i forbindelse med sørpeskred. Det blir også foreslått å begrense hogst i skråningen over.

Tabell 1-1 Tidligere NGI-rapporter fra området.

| Rapporttittel | Rapportnummer |
|---|---------------------|
| Stasjonene Kollsnes, Steinsland, Modalen og Refsdal. Skredfarevurdering for transformatorstasjon Refsdal frem til BP1 | 20210463-07-R_rev01 |
| Transformatorstasjonene Kollsnes, Steinsland, Modalen og Refsdal. Vurdering av naturfarer og grunnforhold for transformatorstasjon Refsdal frem til BP1 | 20210463-04-R |
| 4 trafostasjoner på Vestlandet. Vurdering av naturfarer og grunnforhold for transformatorstasjon Refsdal sør for Refsdal kraftverk frem til Bp1. | 20210463-05-R |
| Stasjonene Kollsnes, Steinsland, Modalen og Refsdal. Skredfarevurdering for transformatorstasjon Refsdal stasjon i henhold til sikkerhetsklasse S3. | 20210463-06-R_rev01 |
| Ingeniørgeologisk bistand til småkraftverkprosjekter på Vestlandet. Refsdal kraftstasjon, Vik – Befaringsrapport. | 20140342-05-TN |



Figur 1-1 Faresonekart fra rapport 20210463-07-R_rev01.

1.3 Begrensinger og forbehold

Skredfarevurderingene er utført basert på informasjon tilgjengelig per dags dato med dagens vegetasjonsforhold lagt til grunn. Dersom ny informasjon om snø-, terreng-, vegetasjons- eller skredforhold skulle bli tilgjengelig, for eksempel hogst, kan det bli nødvendig å endre vurderingene. Skredfarevurderinger er begrenset til de mastene der kartanalysen viser mulighet for skred. Kartanalysen gir ingen indikasjon på skredfare ved master som ikke er beskrevet detaljert i denne rapporten.

2 Metodikk for skredfarevurderingene

Utbredelsen av skred med ulike returperioder vurderes vanligvis etter følgende metoder:

- Historiske opplysninger om tidligere skred finnes i skriftlige kilder.
- Observasjon av tidligere skred gjort under befaringen basert på skredskader og vegetasjonsgrenser i terrenget. Her inngår også studie av historiske flyfoto.
- Tolkning av terrengformer og vegetasjonsforhold som kan indikere tidligere skredaktivitet.
- Observasjon av terrengforhold som kan ha innvirkning på rekkevidden av skred; særlig utflatinger og forsenkninger som kan bremse eller dreie skredretningen.
- Statistiske/empiriske modeller basert på erfaring med skred fra lignende terrengforhold andre steder i landet.
- Tolking av klimatiske data.

2.1 Historiske opplysninger

Grunnleggende for farevurderingen er å få oversikt over tidligere skredhendelser i området. Det er her spesielt nyttig i vurderingen av potensialet for rekkevidde. Det er registrert mange snøskred, jordskred og steinsprang/-skred i den nasjonale databasen i området rundt kraftlinjen. Ur viser at også steinsprang er en aktuell skredprosess flere steder. Skredhendelser vurdert som relevante for denne vurderingen er nevnt i kapittel 4.3.

2.2 Spor i terrenget og tolking av gamle terrengformer

Tidligere skredhendelser vil i noen grad kunne observeres i terrenget. For eksempel vil spor etter nyere snøskred kunne vises i form av skader på vegetasjonen. Skredblokker vil i de fleste tilfeller bli liggende som vitnesbyrd fra tidligere steinsprang (ur og spredte skredblokker), men dersom det er innmark kan blokker ha blitt fjernet. I fjellsider og skråninger er det også ofte spor etter ferske utfall av steinblokker i form av lysere områder i berggrunnen. Det kan være problematisk å skille skredblokker fra moreneblokker som har blitt transportert med isen.

Skred som fører med seg jord og stein, slik som jord- og flomskred, vil som oftest gi varige spor i terrenget. Det kan enten være erosjonsformer slik som nedskjæringer (raviner) eller avsetningsformer (som regel vifteformet). Utfordringen er å vite hvor gamle disse skredene er, og i hvilken grad de er representative for dagens forhold. I tiden like etter siste istid gikk det et stort antall jord- og flomskred i ustabile løsmasse-skråninger, og under helt andre vegetasjonsforhold enn i dag, og med stor vanntilgang pga. nedsmelting av isen. Også steinsprang/-skred aktiviteten var generelt høyere rett etter siste istid enn den er i dag.

2.3 Terrengforhold som påvirker størrelsen og utbredelsen av skred

Rygger og forsenkninger har tendens til å lede skredmassene. Utflatinger og bratte partier vil også kunne påvirke rekkevidden ved at skredet tappes for energi. Også grunnforholdene vil ha stor betydning, og steinsprang vil nå lengst når underlaget er hardt og jevnt (berg i dagen) i motsetning til når bakken er myk (f.eks. myr). Fjellsider som gradvis blir brattere (typisk u-dal), er gunstig for lengre utløp fra snøskred enn fjellsider som har en brå overgang fra brattere til flatt terreng.

2.4 Dynamiske modeller

Som et supplement til vurderingene er det brukt dynamiske beregningsmodeller. Den viktigste kilde til vurderingene er faglig skjønn basert på erfaring og observasjoner gjort under befarings og opplysninger om tidligere skredhendelser.

I dette oppdraget er steinsprangmodellen Rockyfor3D og snøskredmodellen RAMMS avalanche brukt (Vedlegg A).

2.5 Beregning av trykk mot master

Trykkvirkning (P_D) på et objekt i skredløpet beregnes ut fra estimer av hastighet, snøtetthet og en formfaktor som beskriver objektet. Formfaktoren avhenger av objektets utforming, men nyere forskning viser at den også er avhengig av snøens temperatur. I våre beregninger bruker vi følgende formel:

$$P_D = C_D \rho \frac{U^2}{2}$$

hvor U er skredhastigheten, C_D er formfaktoren og ρ er snøens tetthet. C_D kan variere fra 1 i tørr snø til 15 – 20 i våt snø. Også skredsnøens tetthet varierer sterkt fra tørre snøskred (100 – 300 kg/m³) til våte snøskred (300 – 600 kg/m³). Trykket kan derfor ofte bli av omtrent samme størrelse om man har et hurtig tørrsnøskred med lav C_D og lav tetthet eller et saktegående våtsnøskred med høy tetthet og høy C_D .

Flyte høyden er ofte høyere for tørre snøskred enn for våte snøskred. Dermed blir også momentet potensielt større på mastkonstruksjonen ved tørre snøskred

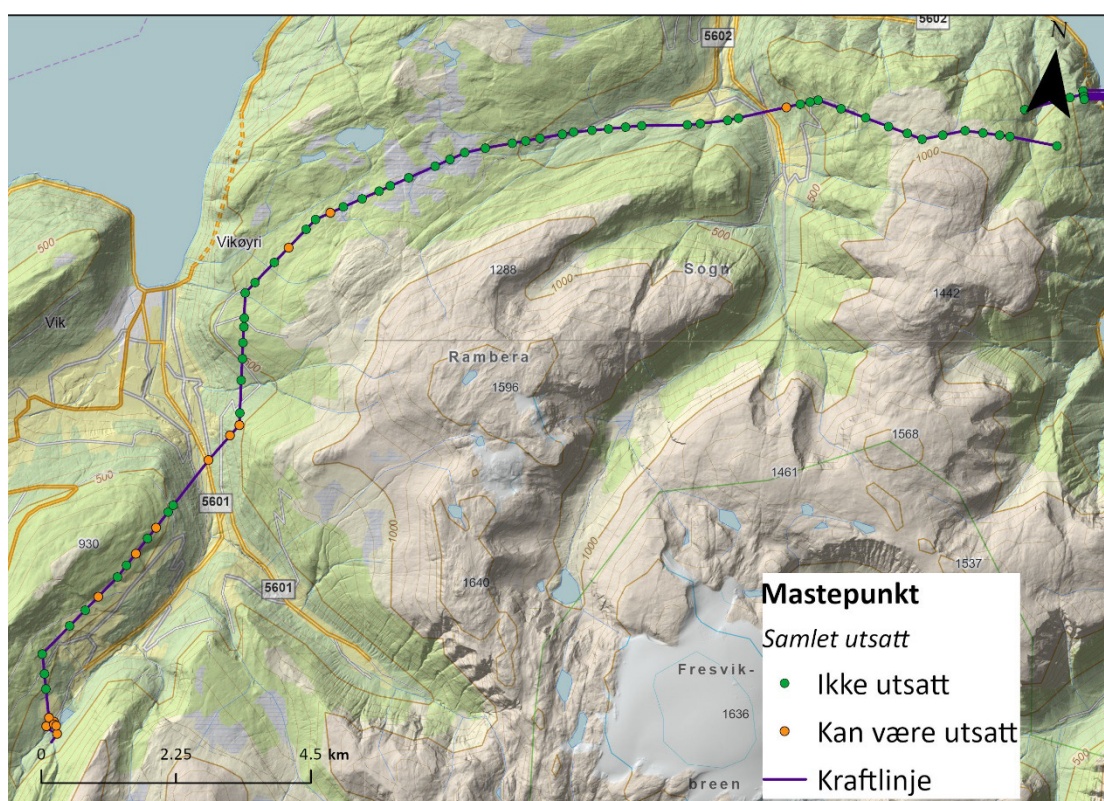
2.6 Klimatiske data

Klimadata finnes som stasjonsdata ([seKlima](#)) og griddede data ([xgeo](#)) og trekkes inn i skredfarevurderingen for å studere hvor ofte skred kan forekomme og hvor store disse kan bli. Analyse av klimadata må som hovedregel utføres for fareutredning av snøskred, sørpeskred, jordskred og flomskred. Klimaanalysen anses ikke å være nødvendig for utredning av steinsprang og steinskred.

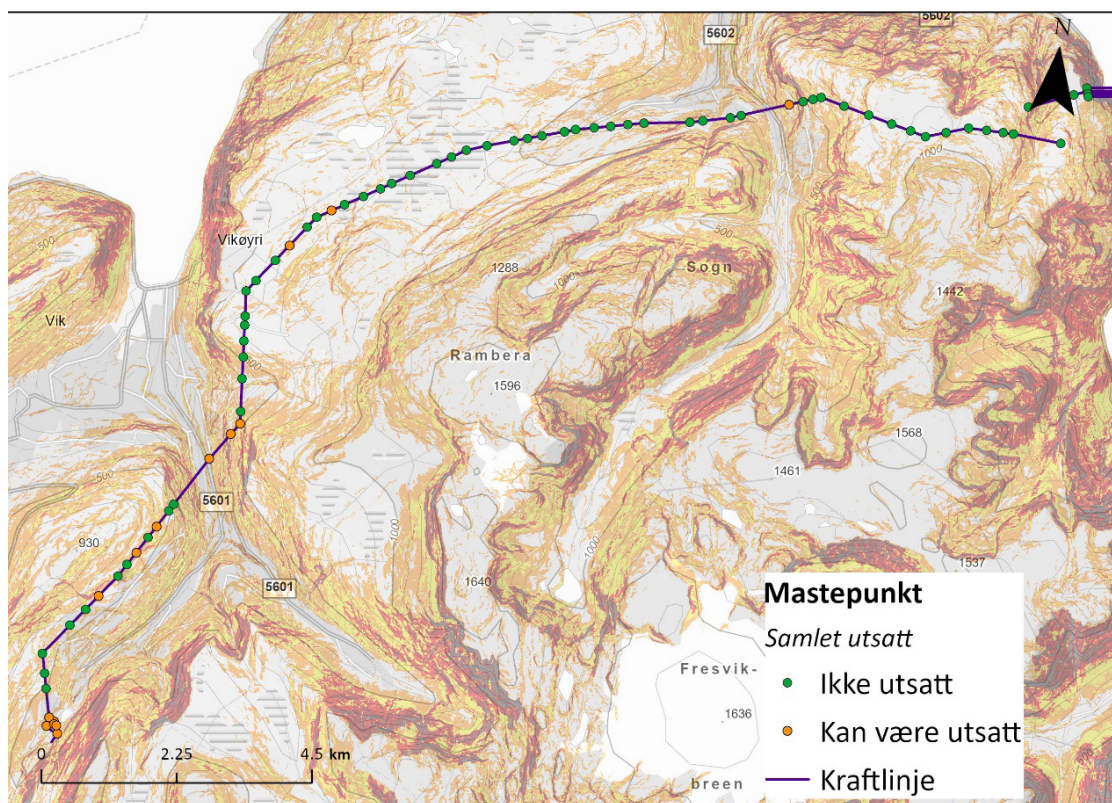
3 Linjeføring og topografiske forhold

Linjen starter ved trafostasjonen i Refsdal 3-4 km sør for Vikøyri, Vestland, ca. 400 moh. (Figur 3-1). Herfra går linjen nordøst og følger den sørøstvendte dalsiden av Ovrisdalen før den krysser veg 5601 og går videre i østlig retning mot Feios, nord under Klukseggi. Deretter går linjen litt nedover i terrenget, mot Lunde, ved Feios, før den igjen går oppover i terrenget nord for Vidasethovden. Mastepunktene som er vurdert i dette oppdraget går litt øst for Feios, og stanser ved Vidasethovden. Linjetraséen og mastepunktene ligger primært mellom 130 moh. og 900 moh., og i stor grad under skoggrensen, med unntak av mastepunktene i området nord for Klukseggi og ved Vidasethovden.

Figur 3-2 viser hellingskart. Inne ved Refsdal stasjon er terrenget preget av en høy og bratt fjellside mot sørøst. Selve Ovrisdalen har en relativt bratt sørøstside, og en litt slakere nordvestside. I terrenget der linjen krysser vei 5601 er det bratte fjellsider på begge sider. Der linjen dreier mer mot øst går den i slakt terreng, før det igjen blir bratt ved Feios. I den østligste delen av linjen ligger mastepunktene igjen i slakere terreng.



Figur 3-1 Kartet viser linjen i terrenget, med mastepunkter vurdert etter innledende kart-analyse.

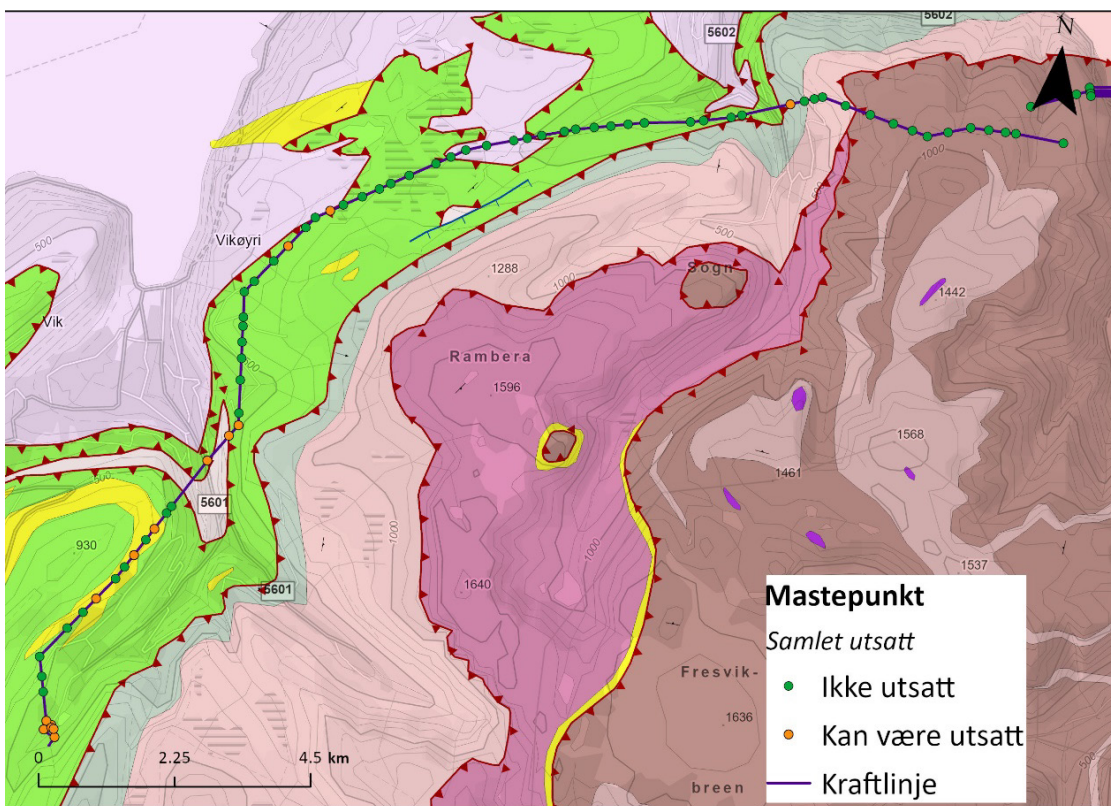


Figur 3-2 Terrenghelning.

4 Geologiske forhold

4.1 Berggrunn

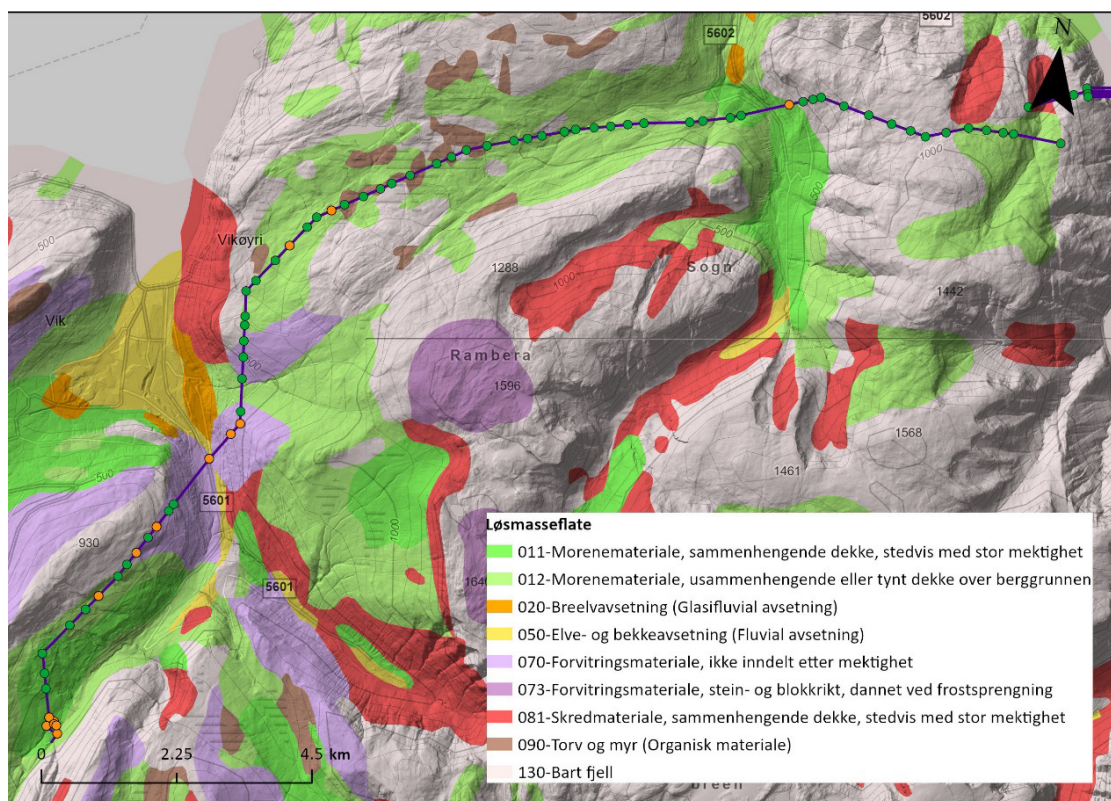
Berggrunnskart fra NGU med målestokk 1:50 000 dekker nesten hele området, med unntak av helt vest, her dekker kun kart med målestokk 1:250 000. Figur 4-1 viser målestokk 1:250 000. Vi ser at bergarter langs linjen er i hovedsak fyllitt samt noe kvartsitt og tonalittisk gneis. Lengst øst går mastepunktene gjennom et område med mylonitt, gneis og gabbro. Fyllitt er en svak skifrig bergart, mens de andre bergartene har en mer kompakt og sterkere karakter.



Figur 4-1 Geologisk kart.

4.2 Løsmasser

Figur 4-2 viser løsmassekart fra NGU. Ifølge kartet står de planlagte mastepunktene stort sett på morenemateriale (grønt), forvittringsmateriale (lilla) og bart fjell (rosa/hvitt). Et par steder er det registrert torv (brunt).



Figur 4-2 Løsmassekart. Grønne farger er morenemateriale, lilla er forvittringsmateriale og rosa/lys farge er bart fjell.

4.3 Skredhendelser

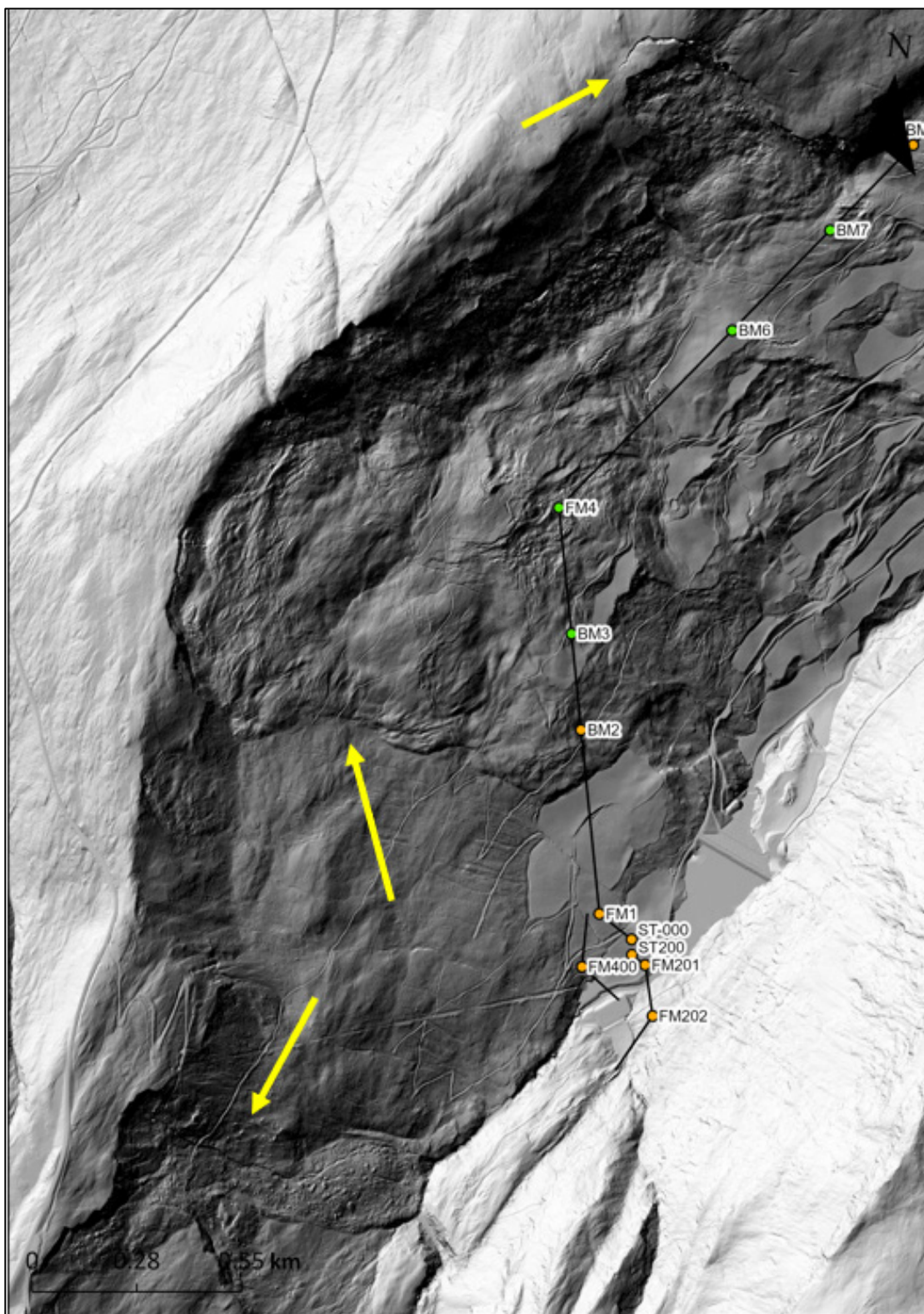
Det er omfattende dokumentasjon på skredhendelser i området og det har vært flere stygge ulykker oppgjennom tiden, særlig på 17-1800-tallet. Skredhendelser i nærheten av eller i direkte forbindelse med mastepunktene er listet opp i Tabell 4-1. Informasjon er hentet fra den nasjonale skredhendelsesdatabasen (skredregistrering.no). Det er også funnet spor etter skred på historiske flyfoto (Figur 4-5).

Av skyggekart kan en også se spor etter stein-/fjellskred fra Ovriseggi. Det er videre registrert et ustabil fjellparti i NVE sin fjellskredatabase ved Ovriseggi (NGU, 2021). Det er klassifisert med en årlig sannsynlighet på mellom 1/100 og 1/1000. Baksprekka til dette ustabile fjellpartiet er tydelig synlig på flyfoto og skyggekart. Dette ustabile fjellpartiet er periodisk overvåket av NVE (NVE, 2025).

Det er ikke rapportert om ytterligere skredhendelser fra Statnett.



Figur 4-3 Baksprekk til ustabil fjellparti ved Ovriseggi. Linjetrasé nede til høyre.



Figur 4-4 Skyggekart viser spor etter tidligere fjellskred og den aktive baksprekken.

Tabell 4-1 Skredhendelser (skredregistrering.no).

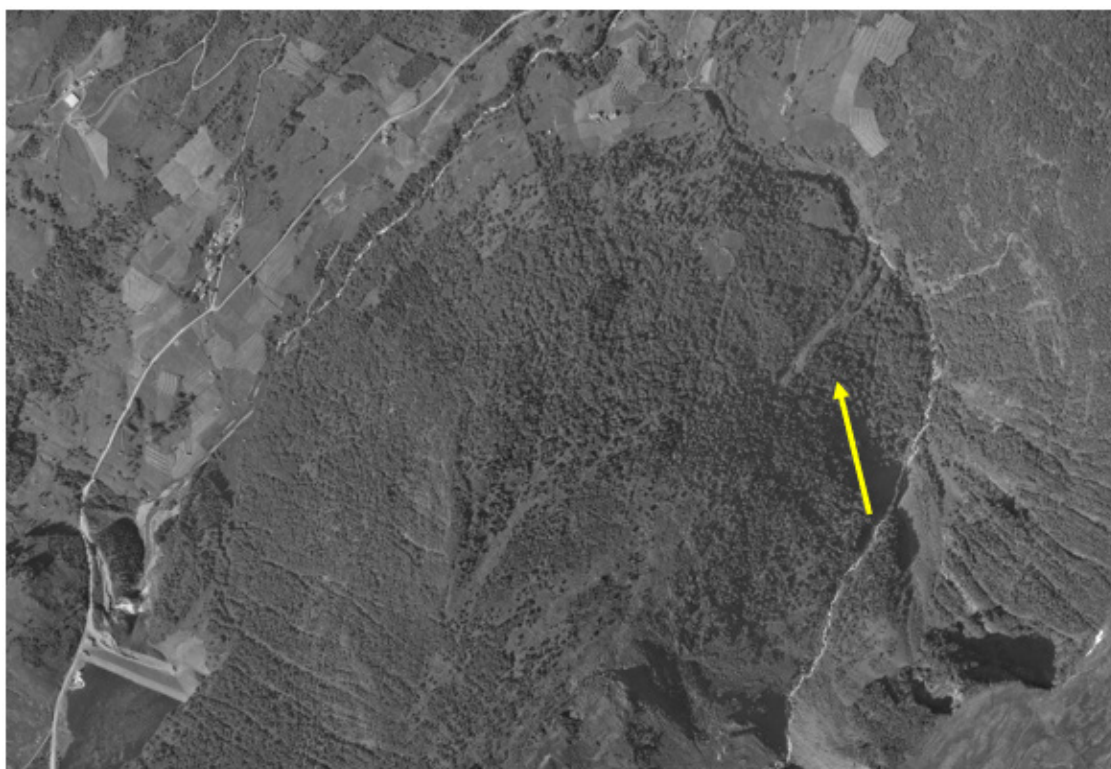
| Skredtype | Sted | Tidspunkt | Kommentar |
|---------------|------------------------|--|---|
| Steinskred | Ovrisdalen | Usikkert | Usikker eksakt utbredelse og tidspunkt. Skredavsetninger er oppdaget fra hillshade. |
| Steinsprang | Ovrisdalen, Rislågnipa | Usikkert, entent 1983, 1986 eller 1987 | 300 kV samleskinne i koblingsstasjonen ble tatt av steinsprang. Opplysning fra Odd Bjarte Turvolle beskrevet i Efla AS (2014) Refsdal koblingsstasjon, Rasvurdering, Juni 2014. |
| Steinsprang | Undi | 1841-20-07 | Vik. Undi. Den 20. juli 1841 omkom Johannes Jonsen, 30 år gammel, frå garden Undi i Ovrisdalen. "Ihjelslagen i et steinskred." Manglar informasjon om nærare lokalisering og skadeomfang. Kartreferansen er plassert ved garden Undi. |
| Jordskred | Refsdal | 1811-12-02 | Vik i Sogn. Refsdal i Ovrisdalen. Same natt som storulykka i Arnafjord, gjekk skred tvers overfor Refsdal. Raset losna like over Risløvholten, var nokså smalt, men breia seg ut slik at det ved Refsedal 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. |
| Snøskred | Rislåg | 1745-03-13 | Vik. Den 13. mars 1746 døde Siur Hermundson med bustad på Risløv (Rislåg) i Ovrisdalen. "som af een ulykkelig hændelse maatte opgive Aanden udj een Sneeskred, gl. 34 ½ Aar". Manglar opplysningar om lokalisering, i fjellet? Sjå også 1783. |
| Steinsprang | Rislåg | 1783-07-25 | Vik. Risløv (Rislåg) i Ovrisdalen. Den 3. august 1783 (gravferd), så dette må ha skjedd nokre dagar før, omkom Birthe Andersdatter frå Risløv (28 år) av eit steinsprang. "plutselig ihjelslaget af een steen-styrt af fieldet." Lokalkjende meiner dette skjedde ved garden. Sjå også 1746. |
| Steinsprang | Kinni | 1802-08-05 | Vik. Kinni (Kind) i Ovrisdalen. Steinskred. Nokre dagar før (ca. 5.8) den 10. august 1802 omkom Brita Johannesdatter Kind (bustad på Kinni) 30 år, i ei skredulykke. "Den 10de Augusti begravet Pige Brita Johannisdatter Kind, som blev fundet død i en steenskred, gammel 30 Aar." Manglar informasjon om nærare lokalisering, ved garden Kinni? |
| Jordskred | Ovrisdalen, Skardet | 1963-09-29 | Vik. I Ovrisdalen gjekk ei natt i september (truleg den 29.) 1963 eit fjellskred (stein-og jordskred?). 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, var 150 m breitt. Husdyr strauk med. Det laga seg elvedemme i Huglaleva som braut ut og gjorde skade på jord og vegar. |
| Løsmasseskred | Fosse | 1999-03-30 | |
| Løsmasseskred | Fosse | 1989-03-17 | |
| Jordskred | Nummedal | 1500-07-15 | Vik. Garden Nummedal skal etter ei segn vere teken ut av eit stort jordskred. Også garden Fosse skal ha gått ut i same skredet. Fleire historier er spunne omkring dette, og dei må temmeleg sikkert ha bakgrunn i ei faktisk hending. Omkomne? I fjellsida over Fosse er den dag i dag eit fjellstykk kalla Stopulen. I katolsk tid svarte Fosse-bruka årleg ei kuverdi til eit kloster i Bergen, for at Stopulen ikkje skulle breste ut og kome over garden. Det er ein tydeleg klovne bakom knausen, men den står den dag i dag. Årstalet 1500 er stipulert. |

| Skredtype | Sted | Tidspunkt | Kommentar |
|----------------------|------------------------------|------------|--|
| Jordskred/fjellskred | Seljedal | 1709-07-26 | Vik. Nummedal i Seljedalen. Eit fjellskred eller mest truleg jordskred 1709 gjekk over Nummedal og gjorde stygg skade på jord og hus. Ved betaling av landskylda årsaka ein seg med at garden var utarma pga skred. Det er noko uklart om dette var eitt stort eller kanskje fleire mindre skred. |
| Jordskred | Seljedal | 1812-05-03 | Vik. Seljedalen. Turvoll, på nordsida av Seljedalselvi. Den 3. mai 1812 vart garden råka av flaum og skred. Eit snøskred gjekk ovanfor garden og demde elva som tok nytt løp og starta eit stort jordskred som tok ut mykje av jorda og knuste samtlege hus unntatt stampen og smia. Det var berre så vidt at folka berga seg unna. Ingen vart skadde, men dei materielle tapa store. Hus vart så bygde opp att på andre sida (nordsida) av "Tura", ei lita elv som har gitt namn til garden. |
| Snøskred | «På høg fjellet» Seljedal | 1883-12-17 | Vik. Åse i Vik. Den 17. desember 1883 omkom 28-årige Ole Johnsen Nummedal (f. 25.11. 1855), med bustad på Åse, ein gard sør for fjordrn, der han var ein innerst. Dette skjedde ovanfor ein «fjeldrust» ved «Stjældestøl» (Seljestø?), "omkom i snefond paa Høifjeldet." Han var på rypejakt åleine i Seljedalen og hadde truleg rive laus eit snøskred som han følgde med ned dalen. Han vart funnen dagen etter halvt nedgravd i snøen med forslått hovud. Dette var om lag på same stad som ved ulykka i 1862, då to brør omkom. Gravferd 22.12. Sjå 1862 og 1886 |
| Snøskred | Seljedal | 1862-02-01 | Vik. Åse, som ligg mellom Ovrisdalen og Seljedalen. Den 1. februar 1862 omkom i snøskred to personar frå Åse: Det var gardmann Anders Ellendsen (31) og innerst Johan Ellendsen (28), og desse var brør. "omkommen ved sne-skred." Dei var på rypejakt. Dette skjedde ovanfor ein «fjeldrust» ved «Stjældestøl» i Seljedalen, står det i avisene, om lag på same stad som ulykka i 1883, sjå der. Også 1886. |
| Snøskred | Øvstedal | 1829-07-15 | Vik i Sogn. Øvstedal i Seljedalen. Heile garden vart teken av skredet i 1829. Truleg var dette snø. I alt vart 13 hus knuste. Gardsfolket hadde frykta eit skred og flytta ut frå husa og heim til Turvoll om kvelden, og tok hestane med seg. Om natta kom så raset som tok hus og dyr. Lufttrykket var så sterkt at lemsengene i fjøset vart slengde over elva. Lufttrykket kasta også tre sauer ut i området, men dei kom att etter ei veke. |
| Jordskred | Øvstedal | 1707-10-29 | Vik. Den 18. oktober 1707 gjekk heile garden Øvstedal i Seljedalen ut av eit stort skred som tok to menneskeliv. Tolleiv Pavelsen og kona Synneva Monsdotter omkom, men barna deira overlevde. Det går ikkje direkte fram kva for skredtype, men etter årstida å dømmme, var dette truleg stein/jordskred. |
| Snøskred | Myrkaskog | 1763-02-02 | Vik. Seljedalen. Den 13. februar 1763 vart gravlagd Ole Siursen, 30 år gammal, med bustad Myrkaskog i Seljedalen. Han omkom i eit snøskred den 2. februar 1763 då han var på jakt. Manglar informasjon og nærare lokalisering. |
| Snøskred | Bruavoll | 1880-07-15 | Vik. Seljedalen. Skred øydela to hus på Bruavoll i 1880. Truleg var dette snøskred, kanskje samtidig med det snøskredet som tok bustadhuset på nabogarden |

| Skredtype | Sted | Tidspunkt | Kommentar |
|-------------|-------------|------------|---|
| | | | Myrkaskog. Ingen omkom. Sjå 1775 og 1931, idnr. 14267, ldnr. 14347 |
| Jordskred | Bruavoll | 1775-06-24 | Bruavoll (Brudevoll). Jonsokdag gjekk det eit digert jordskred over Bruavollen øvst oppe i Seljedalen. "Det bar til med eit overhendig regnver, det fossa og fløynde, og vatnet reiv med seg ei jordskreda ovenfrå fjellsida og lagde ned 4 tynnesæd åker: tvo tredjepartar av den andre heimabøen vart og lagd ned av stein og skredjord. Og so tok skreda eit stabbur, ein fjøs, eit smalehus og eit geitehus, kvernehuset og kverna gjekk og med og ein stor koparkjel verdsett til 13 riksdalar. Luftdraget slo inn glasrutene i stova medan mannen og kona heldt bøen." (Bygdaboki). Skylda vart nedsett, ca. til ein 1/4 del. Bonden flytta snart derifrå. Også i 1880 gjekk skred som øydela to hus på Bruavoll. Samt i 1931, sjå der ldnr, 14267, |
| Jordskred | Bruavoll | 1931-11-04 | Vik. Bruavoll. Stein- og jordras på Brudevoll (Bruavoll - Brudavollen), øvst oppe i Seljedalen. Det gjekk over to bruk, Stadheim og Fosse. Den 4. november 1931 tok snøen til å bråne heilt til fjells, og om kvelden kom sterke dunder og brak, og fram på natta enda fleire, og så eit digert smell i eitt-to tida så forferdeleg at grunnen og husa riste. Eit skred råka husa som ein eksplosjon, og vart smadra på begge gardane. Husa og mesteparten av dyra for, og to menneske døde, eit eldre ektepar Stina Nilsdotter (64 år) og Hans Jonson Bruavoll (64 år), medan fem kom seg så vidt unna skredmassane. Truleg var dette mest eit jordskred. Dei som overlevde vart førde langt av garde av skredet. "kom burt i ei jordskrida som reiste med hus kl. 1 1/2 um natti." Gravferd 10.11. Skred også i 1775 og 1880. |
| Snøskred | Bruavoll | 1880-07-15 | Vik i Sogn. Bruavoll. Eit snøskred i 1880 tok huset til Ole Lassesen Myrkaskog. Ole kom akkurat ut i døra og såg opp, då skredet losna, og han fekk så vidt familien ut og under eit fjøs akkurat i kanten av skredet. |
| Steinsprang | Fosse | 1960-07-15 | Vik i Sogn. Fosse. Eit fjellskred i 1960 med ein stor stein som kom heilt ned til garden Fosse oppe ved elva Vikja, og la seg rett nedom øvste vegen. Berre denne store steinen kom så langt ned i steinskredet. Skade på skog og mark. Ein geolog såg på fjellet etterpå, og rådde til at ikkje noko måtte gjerast med reinsking av fjellsida, det ville berre gjere det verre. Her kom også eit jord- og steinskred den 14.10. i 1946-48, utan særleg skade. |
| Snøskred | Tuftahagen | 1902-02-22 | Vik. Rambera. Tuftahagen. Den 22. februar 1902 omkom John Andersen, 26 år, med bustad på Grønsberg. "omkom i et sneskred paa jagt i Rambæra." Han var på ryptejakt og var komen til Tuftahagen (908 m oh) då han om lag kl. 1400 vart teken av snøskredet. Der var folk på Rambærstølen som såg dette, og dei kom til. Det var tung snø, og dei nådde fram til skredplassen etter 1 ½ time og fann han att, og då var han enno i live. Men han døde kort tid etter av skadane, medan dei frakta han på nokre riskvistar ned til Stadheim, som var den næraste staden. |
| Snøskred | Tenål-fjell | 1753-01-13 | Vik. Tenål-fjell. Den 13. januar 1753 omkom 21-åringen Joen Gundersen frå garden Tenål (Tunål -Tunold). Han "var gaaen oppaa fieldene for at skyde vilt er af Snee |

| Skredtype | Sted | Tidspunkt | Kommentar |
|-------------|-----------|------------|--|
| | | | Skrede borttagen og siden etter 5 dagers forløb funden gl. 21 Aar". Dette skjedde i fjellet den 13.1. under jakt, funnen etter 5 dagar." Manglar info om nærare lokalisering. |
| Jordskred | Tenold | 1450-07-15 | Vik. Tenold (Tenål) ved Vik i Sogn, 2 km frå sjøen opp mot Seljedalen. Det må ha gått eit stort stein- og jordskred som etter tradisjonen øydela 18 (uklart) hus på Tenold-garden og den gamle Tenold-kyrkja. Ho er nemnt sist i 1360, så dette må ha skjedd i tida etter, men seinast utpå 1500-talet. Det er i dag rekna med at kyrkja låg oppunder den veldige morenen som stig bratt opp mot garden Stadheim. Arkeologiske utgravingar i 1983 fann skjelleddelar under stein og grus som ligg over. Kyrkje og gravplass var truleg på eller nær tunområdet på garden. Det er funne fire lik i jorda, truleg frå kyrkjegarden her, også ei klebersteinhelle til klokkestopulen. Det er tydelig utglidingmassar å sjå som har dekt kyrkjetomta. Skredet kom frå austsida, frå Tuftehaugen. Den einaste levning frå sjølve kyrkje finst i Dei Heibergske Samlingane - ein utskoren planke som skal skrive seg frå kyrkja, planken har skruddekor med dyre- og planteornamentikk, alder frå 1150-1350. Sjå nytt skred 1897. |
| Jordskred | Tenål | 1897-06-15 | Vik. Tenål (Tunol) Tenold eit par kilometer søraust for Vikøyri. Om lag kl. 04.30 om morgonen 15. juni 1897 kom tordenver og kraftig regn, og like etterpå losa den såkalla Tenålskreda. Dette var eigentleg to fjellskred/jordskred som losna frå Tuftehaugen (908 moh) (Rambera 1623 m oh) og danna først ei elvedemme i Tenålselva som så brast og gjekk ned mot garden Tenål. Det kom store rørsler i massane då skredet ved Øyasete skar seg ned i Tenoldselva. Gjelet ovanfor vart fylt av store steinar og av jord og skog, og skredet for vidare ned mot markene til garden Tenål og sende også ei grein mot elva Vikja lenger nede. Skredet reiv først med seg to kvernhus, og følgte elveleiet ned til Tenål, tok mark og eng over eit stort område, ødela bruer og veggen. Tunhusa vart ikkje råka, inge skade på menneske, men det vart mykje skade på åker og eng. Fullstendig ødelagt: Arne O. Tenold, 2 mål åker, Peter Tenold 1 1/2 mål eng, Hermund Tenold 1 1/2 mål eng, Ola H. Tenold: 4 1/3 mål åker og 1/2 mål eng, Anders L. Tenold: 1 mål en og åker. Delv. Ødelagt var ca. 5 mål eng. Det kom dessutan skade andre stader. Og det verste var at dei kunne frykte ei liknande ulykke ein annan gong, skriv avisa. Sogn Avis 14.11. 2009 melder at ei ny skredundersøking på Tenold av Gunnar Kleven Stein Bondevik og Rune Aa på oppdrag for Vik kommune, har vurdert skredfaren og konkluderer med at området er ueigna for vidare bustadbygging. Sjå år 1450. |
| Snøskred | Sælhaugen | 1890-03-06 | Vik. Feios. Den 6. mars 1890 omkom av snøskred Andreas Torkildsen (15 år), med bustad på garden Berdal oppe i dalen sør for Feios. "Ulykkestilfælde. Forulykkede i et snescred ved Sælhaug." Dette skjedde såleis i fjellet Sælhaugen, som ligg sør for Berdal. Kartreferanse ca. |
| Steinsprang | Tjønn | 1988-05-30 | |
| Steinsprang | Tjønn | 1999-02-15 | |
| Steinsprang | Tjønn | 2000-06-15 | |

| Skredtype | Sted | Tidspunkt | Kommentar |
|---------------|-----------|------------|--|
| Steinsprang | Tjønn | 2004-03-21 | |
| Steinsprang | Tjønn | 2001-04-16 | |
| Løsmasseskred | Grindedal | 2005-11-14 | Ekstremvêret Loke kom frå nordvest og førte med seg store nedbørsmengder over Vestlandet som utløyste i alt 139 skred. SVV melder om berørt veglengd frå 10 - 50 meter med skredvolum $1m^3$. Rapportert tidsusikkerheit frå svv mistenkes å vere knytt til tidspunkt for observasjon/registrering, justert til ukjent når på dagen. Lite informasjon ellers. |

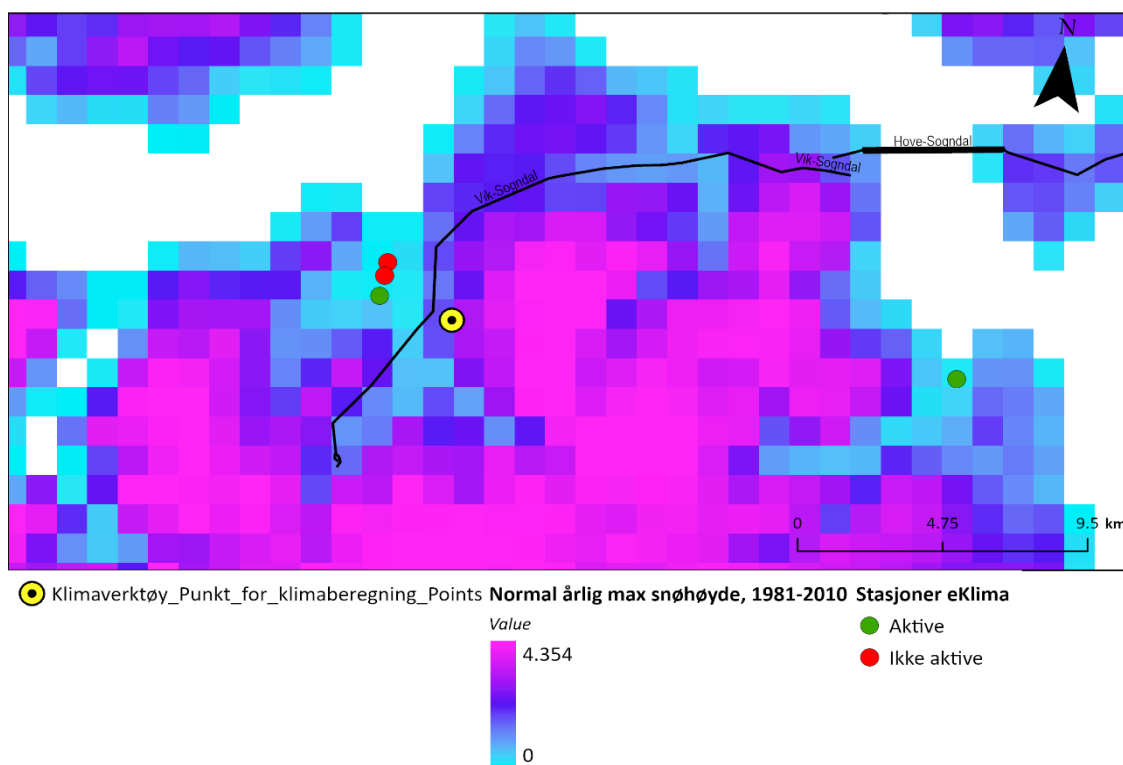


Figur 4-5 Jordskred Kinndalen (flyfoto 1971).

5 Klimatiske forhold

Mastepunktene ligger i et område i Vest-Norge typisk varm og vått vestlandsvær. Vinterne er milde og det er mye nedbør i området. Snømengdene i fjellene kan bli betydelige, men det er også vanlig med regn midtvinters helt opp til de høyeste mastepunktene. Mastene ligger mellom 130 moh. og 900 moh. Høydeforskjeller langs linjen fører til variabilitet i klima langs mastepunktene med mer snø og lavere temperaturer i høyden i vintersesongen. Figur 5-1 viser Normal årsmaksimum for snøhøyde.

Klimaanalysen er basert på interpolerte data fra SeNorge datasettet.



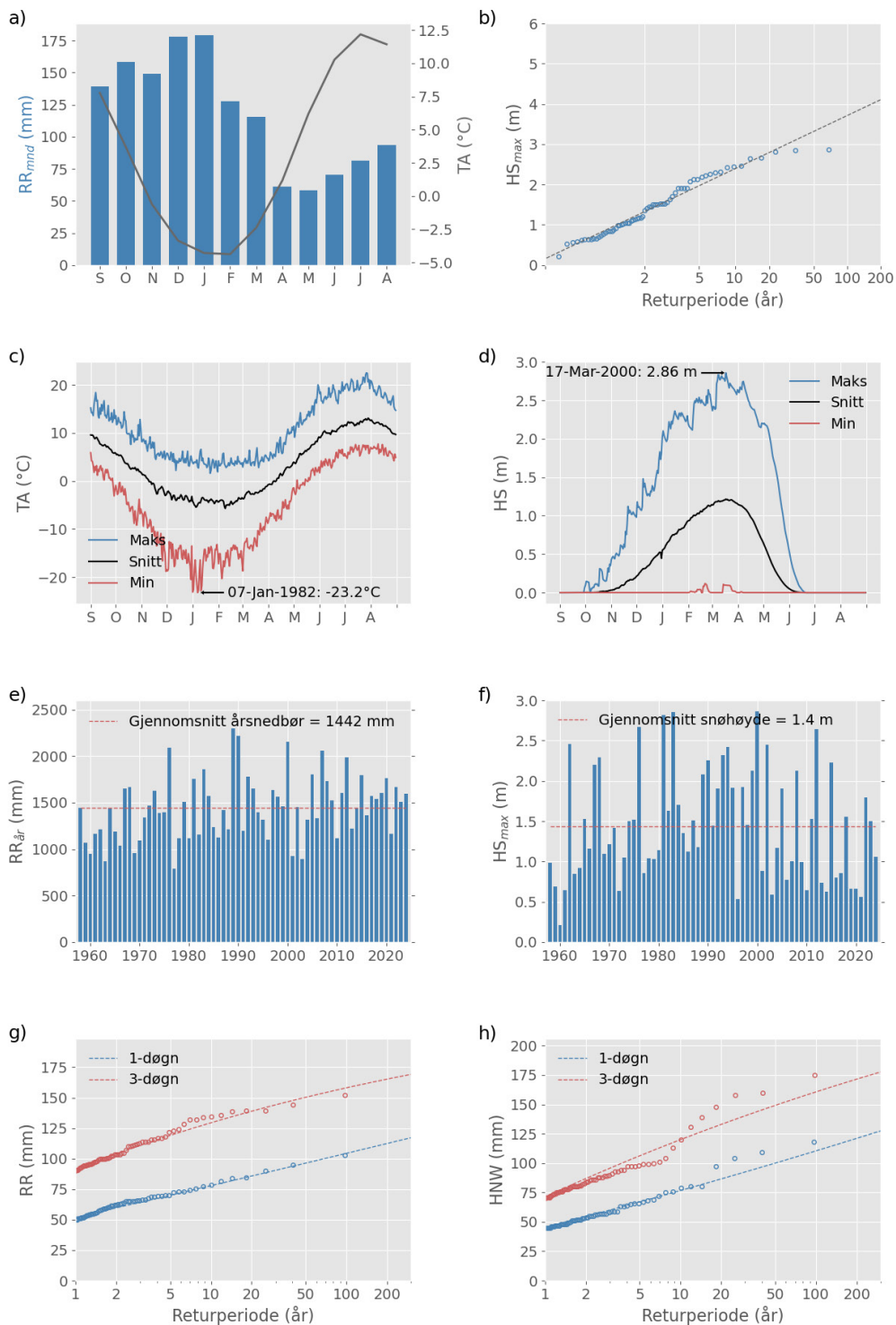
Figur 5-1 Normal årsmaksimum for snøhøyde hvor normalperioden er 1981-2010. Punktene viser værstasjoner i nærheten av linjen. Gult punkt viser referansepunkt for den gridbaserte klimaanalysen som er vist i avsnitt 5.1.

5.1 Interpolerte klimadata fra området

Interpolerte klimadata fra SeNorge-datasettet (Lussana et al., 2016; Saloranta, 2014) for normalperioden 1991 - 2020 viser at normal årsnedbør i det undersøkte området er ca. 1469 mm, hvor ca. 548 mm kommer om vinteren (DJF). Årsmiddeltemperatur i området er 3.3°C og døgnmiddeltemperaturen varierer normalt fra -14.7 °C til 18.3 °C. Gjennomsnittlig årsmaksimal snøhøyde er 157 cm og maksimal snøhøyde siste 60 år er 286 cm.

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 300-års snøhøyde beregnet å være 3.8 meter, og 1000-års nedbør 126 mm/døgn (basert på Dyrddal A.). Dette er estimater basert på korte observasjonsperioder og statistiske usikkerheter. Klimafremskrivinger (Hanssen-Bauer et al., 2015) for Norges fastland frem mot år 2100 viser at man kan forvente en økning i nedbørmengdene på mellom 17 % (scenario 1, RCP 4.5) og 28 % (scenario 2, RCP 8.5). Økningen om vinteren er henholdsvis 9 % og 27 % for de to scenariene. Temperaturen vil øke med mellom 2.5 °C og 4.1 °C. Dette har også en effekt på snødekket, som er forventet å minke med mellom 66 % og 86 %. Antall dager med snø på bakken er forventet å reduseres med henholdsvis 81 og 104 dager for de to scenariene.

Endringene er relativt til referanseperioden 1971-2000. Høyde på valgt gridcelle er 572 moh.



UTM33 48945E, 6799295N, 572moh

Figur 4.2 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.

5.2 Vind

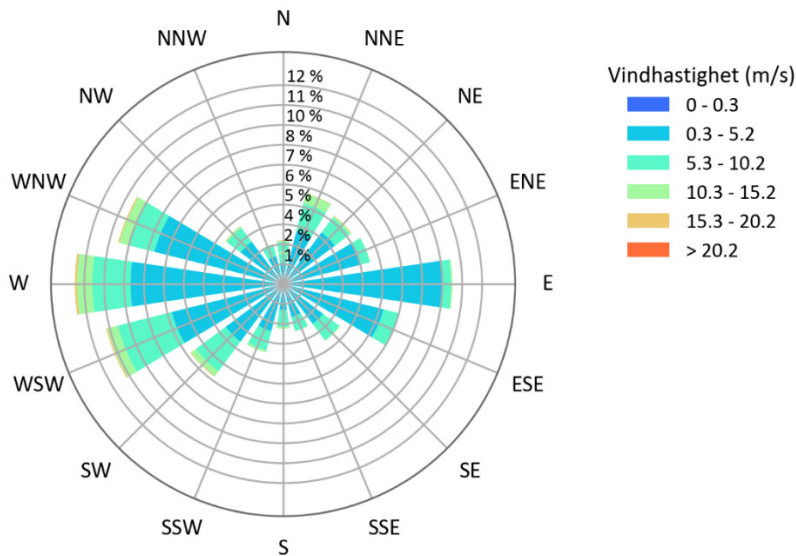
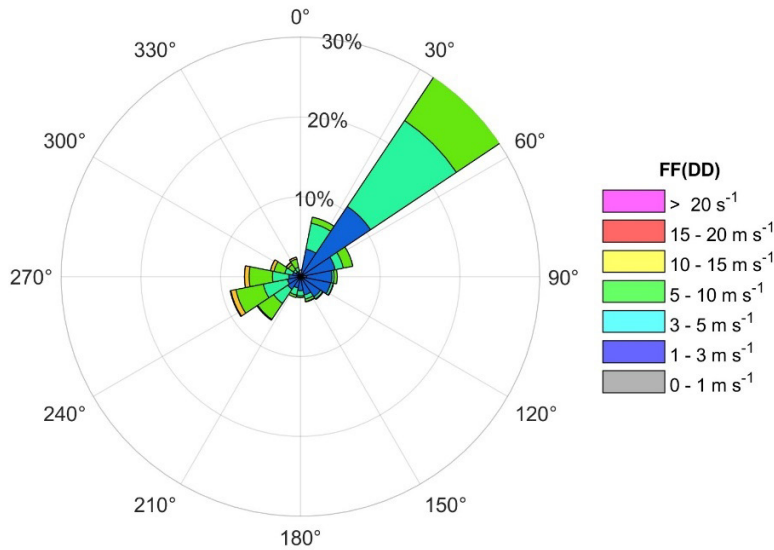


Fig 4.3: Vindrose før nær værstasjon SN51980 med vindopptak. Vind fra øst og vest dominerende retninger.

Figur 4.3 viser vindrosedata for den nærliggende værstasjonen SN51980 (Myrkdalen-Ondrahaugen). Plottet indikerer at de vanligste vindretningene for området er fra vest og øst. De høyeste vindhastighetene er registrert fra vestlige vinder.

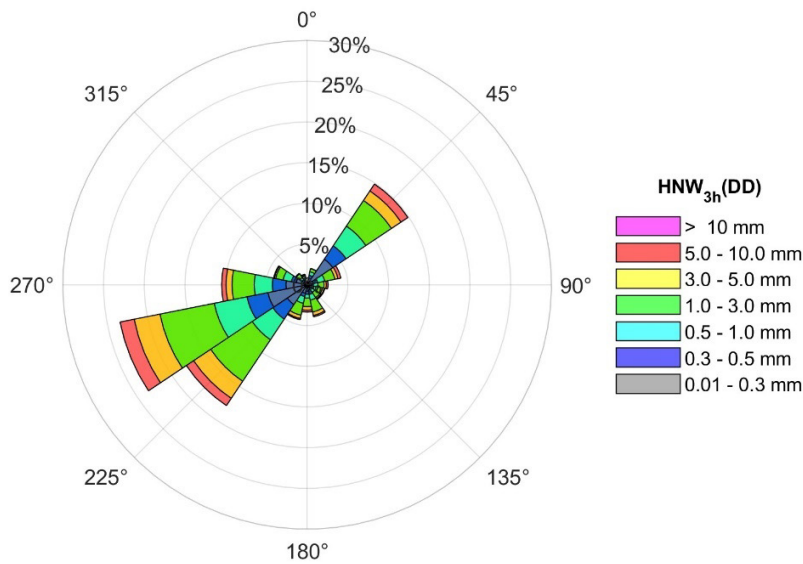
Figur 4.4 viser vindrosedata for rutebaserte værdata for området interpolert til klimadatapunktet vist i figur 4.1. Dataene er filtrert til vintertemperaturer for å gi et representativt utvalg av vinterforhold. Her vises det at nordøstlige vinder er vanligst for linjen om vinteren.

Figur 4.5 viser snøvannekvivalenten (SWE) per retning fra det samme rutebaserte datasettet. Dette viser at mesteparten av snøfallet kommer fra vestlige retninger, med mer sporadisk snøfall fra nordøst.



MP-820; date: 20250109

Fig 4.4 Vindrose fra rutebasert værdatasett for 3-timers intervaller siden 2013. Dataene er interpolert til klimadatapunktet som er representativt for området og filtrert for vinter-temperaturer (< -2 °C).



MP-820

$U_{th} = 1.0 \text{ m s}^{-1}$

Fig 4.5 (SWE)rose fra rutebasert værdatasett for 3-timers intervaller siden 2013. Dataene er interpolert til klimadatapunktet som er representativt for området og filtrert for vinter-temperaturer (< -2 °C). Denne viser mest snøen kommer fra sørvestlige eller nordøstlige for dette området.

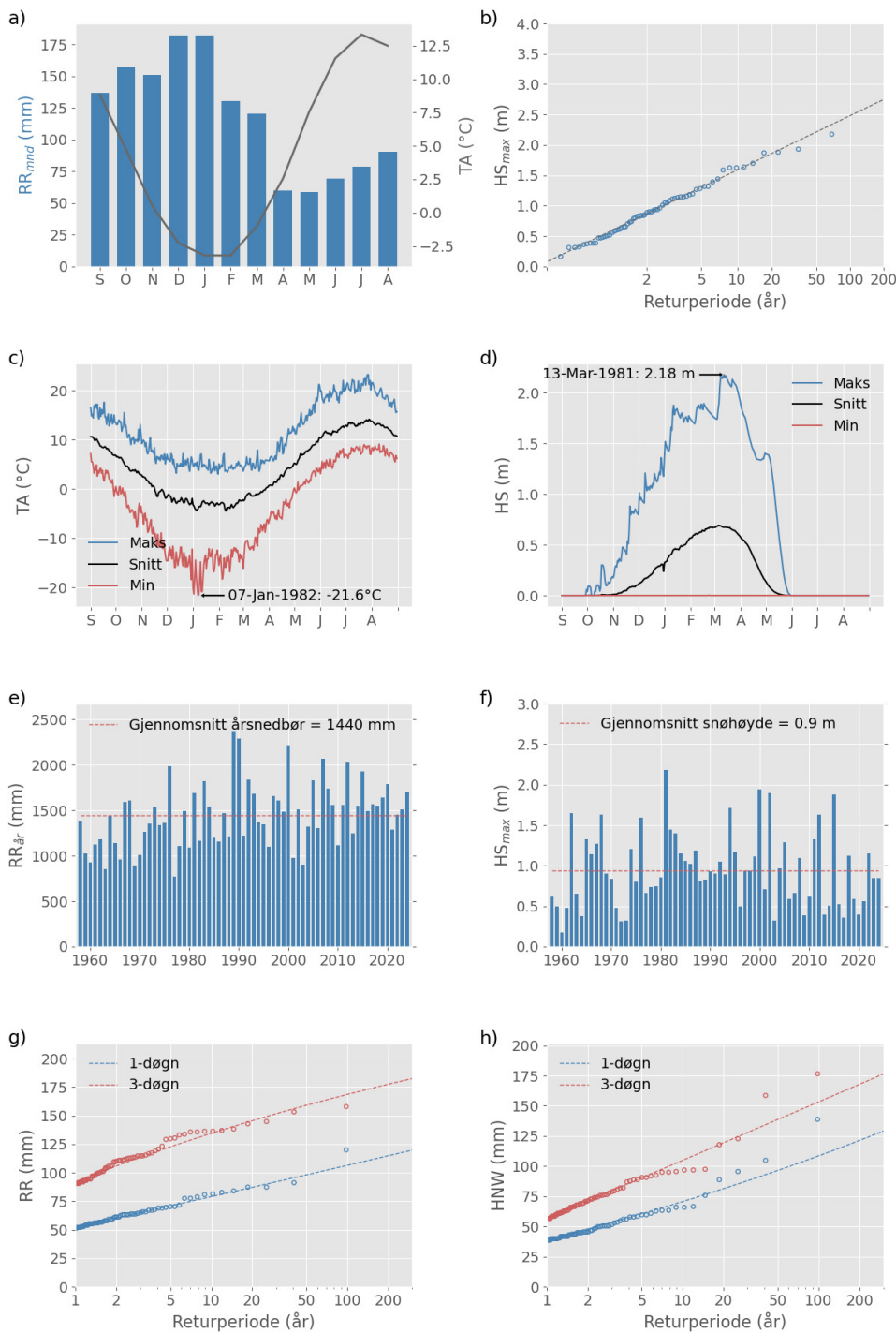
5.3 Interpolerte klimadata fra nedre del av området

Interpolerte klimadata fra SeNorge-datasettet (Lussana et al., 2016; Saloranta, 2014) for normalperioden 1991 - 2020 viser at normal årsnedbør i det undersøkte området er ca. 1492 mm, hvor ca. 563 mm kommer om vinteren (DJF). Årsmiddeltemperatur i området er 4.4 °C og døgnmiddeltemperaturen varierer normalt fra -12.9 °C til 19.3 °C. Gjennomsnittlig årsmaksimal snøhøyde er 98 cm og maksimal snøhøyde siste 60 år er 218 cm.

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 300-års snøhøyde beregnet å være 2.5 meter, og 1000-års nedbør 120 mm/døgn (basert på Dyrddal A.). Dette er estimater basert på korte observasjonsperioder og statistiske usikkerheter.

Klimafremskrivinger (Hanssen-Bauer et al., 2015) for Norges fastland frem mot år 2100 viser at man kan forvente en økning i nedbørmengdene på mellom 16 % (scenario 1, RCP 4.5) og 28 % (scenario 2, RCP 8.5). Økningen om vinteren er henholdsvis 9 % og 27 % for de to scenariene. Temperaturen vil øke med mellom 2.5 °C og 4.1 °C. Dette har også en effekt på snødekket, som er forventet å minke med mellom 72 % og 89 %. Antall dager med snø på bakken er forventet å reduseres med henholdsvis 77 og 99 dager for de to scenariene.

Endringene er relativt til referanseperioden 1971-2000. Høyde på valgt gridcelle er 367 moh.



UTM33 45568E, 6795091N, 367moh

Figur 5-2 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

6 Kort beskrivelse av aktuelle skredtyper i området

6.1 Generell beskrivelse av relevante skredtyper

Aktuelle skredtyper innenfor de undersøkte områdene er:

- ↗ snøskred, våte og tørre
- ↗ sørpeskred, dvs. vannmettet snø
- ↗ steinsprang (< 100 m³), steinskred (100 – 10 000 m³)
- ↗ flomskred, jordskred

Snøskred utløses vanligvis der terrenget er mellom 30° og 60° bratt. Der det er brattere, glir snøen ut i små mengder uten at det dannes større snøskred, og små snøskred/utglidninger får kort utløp. Fjellsider som ligger i le for de vanligste nedbørførende vindretninger er mest utsatt for snøskred. Oftest går det skred i skar, bekkedaler og andre forsenkninger fordi det samles opp mest snø på slike steder.

Fjellrygger og fremstikkende knauser blåses som regel frie for snø. Hvis skogen står tett i fjellsiden vil dette hindre utløsning av snøskred. Forutsetningen er at trærne er så høye at de ikke snør ned. Erfaringen tilsier at det må komme fra 0,5-1 m snø i løpet av ett til tre døgn sammen med sterk vind for at store snøskred skal bli utløst. Markerte temperaturstigninger kan også føre til at det går snøskred.

Sørpeskred er en spesiell type snøskred der snøen inneholder så mye vann at den blir flytende. Skredene følger helst bekke- og elvedrag eller slake forsenkninger. Manglende drenering ned i bakken, for eksempel ved svaberg eller dyp tele, kan føre til økt vannansamling i snødekket. Sørpeskredene kan forekomme i ulike terrengetyper og kan være vanskelig å forutsi. De utløses helst når snøen er løs og lett, i nysnø eller grovkornet løs snø, som følge av værromslag til kraftig regn eller snøsmelting. Sørpeskred kan nå langt selv i slakt terreng.

Steinskred og steinsprang forekommer vanligvis i bratte og oppsprukne fjellpartier der terrenghelningen er større enn 40-45°. De vanligste bruddmekanismene i harde bergarter er utgliding langs én eller to sprekkeflater, rotasjonsutvelting (*toppling* og *slumping*) og direkte fall fra overheng. Det vanligste er mindre utfall på noen fåtalls kubikkmeter og større steinsprang eller steinskred forekommer sjeldnere. Steinsprang forekommer helst om våren og høsten, enten som følge av frysing/tining og rotsprengning eller pga. store nedbørmengder som fører til høyt vanntrykk i sprekke i fjellet. Frittliggende blokker kan også bli satt i bevegelse av slike prosesser.

Jordskred utløses i bratte fjellsider der det ligger løsmasser og hvor terrenget er brattere enn 25-30°. Løsmasser med stort finstoffinnhold som for eksempel leire, kan bli utløst i enda slakkere terreng. **Flomskred** som følger bekker og elver kan bli utløst i løp med helning helt ned mot 15°. Jord- og flomskred blir gjerne utløst etter langvarig nedbør, eller etter korte, men intense regnskyll. Sterk snøsmelting kan også føre til utløsning av slike skred, men da oftest i kombinasjon med regn.

6.2 Skredtyper med størst relevans for planområdene

Områdene der de vurderte mastene er plassert er hovedsakelig utsatt for steinsprang og snøskred. Der linjen er spent over skredbanene og det ikke står master i skredløpet, vil ikke skred påvirke linjen. Skredfaren er kun vurdert for de enkelte mastepunktene slik de er planlagt plassert.

7 Treffsannsynlighet

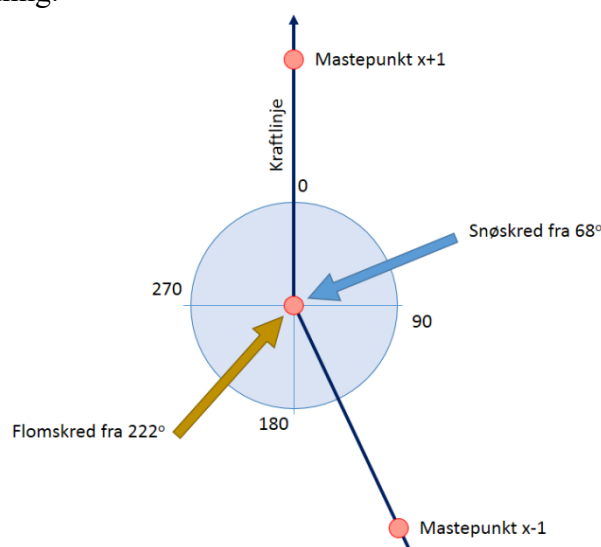
Sannsynligheten for at et skred treffer et objekt er produktet av utløsningssannsynligheten og sannsynligheten for at skredet når helt frem til objektet.

Utløsningssannsynligheten for snøskred påvirkes av værforholdene og lagdelingen i snødekket. Slik informasjon er ikke tilgjengelig for å danne et statistisk grunnlag for en grundig analyse. Man er derfor nødt til å bruke nedbørsmengder over en viss terskel for å kunne kvantifisere sannsynligheten for at værtilstander som kan føre til skred kan inntreffe i det aktuelle området. Kritiske nedbørsmengder fører ikke nødvendigvis til utløsning av et snøskred hver gang og sannsynlighetene må derfor reduseres med en korreksjonsfaktor. Sannsynligheten for at skredet når frem til objektet er styrt av terrenget, skredets egenskaper og avstanden mellom utløsningsområdet og objektet. Generelt går skredene lengre i skredbaner med jevn overflate enn i ruglete terreng. Tørre snøskred har tendens til å gå lengre enn våte snøskred, og objekter som står nært utløsningsområdet har større sannsynlighet for å bli truffet.

Utløsningssannsynligheten for steinsprang estimeres utfra brattheten, geologien og sprekkesystemene i den undersøkte fjellsiden. Objektets avstand til kildeområde, skredbanens form og ruhet inngår i vurderingen av sannsynligheten for om steinene når frem til objektet.

Den totale treffsannsynligheten estimeres som sum av sannsynlighetene fra de enkelte skredtypene.

For utformingen av fysiske sikringer mot skredhendelser er det viktig at treffvinkelen mot kraftmasten er kjent (Figur 7-1). Denne vinkelen er vurdert for hver mast som kan være skredutsatt. Vinkelen kan være forskjellig fra skredtype til skredtype og er orientert fra linjens hovedretning.



Figur 7-1 Skisse som viser treffvinkel i forhold til kraftlinjen. Eksemplet viser et snøskred fra 68 grader og et flomskred fra 222 grader.

8 Beskrivelse av utsatte objekter

Objekter er i dette tilfelle forankringsmaster (FM) og bæremaster (BM). Hvordan de typisk fundamenteres er beskrevet nedenfor (se også Figur 8-1 og Figur 8-2).

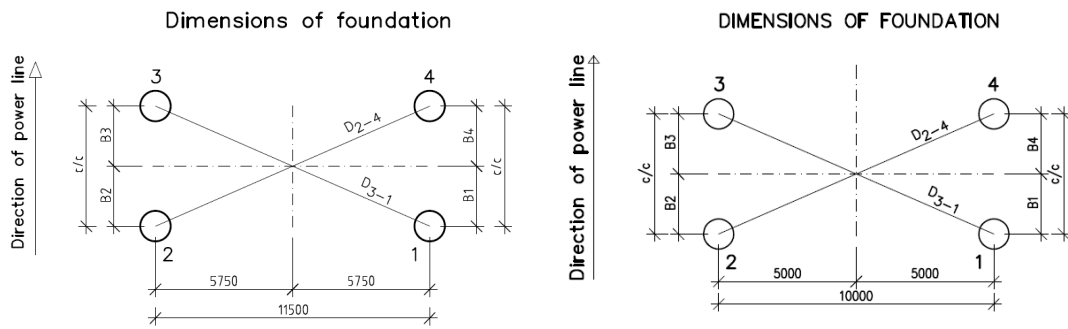
Betongsøylen for FM har diameter lik 1,0 m og betongsøylen for BM har diameter lik 0,75 m. For fundamentering på jord vil betongsøylen stikke 0,5 m over ferdig planert terreng. For fundamentering på fjell vil høyden til betongsøylen variere avhengig av om det er fjell i dagen eller om det må graves for å treffe på fjell. Ifølge Statnett er nedre del (30 cm) av stålkonstruksjonen en fotkonstruksjon som i stivhet er like sterk som betongfundamentet.

Gravedybde, om fjell ikke påtreffes, er ca. 4 m for FM og 2,5 m for BM. Arealet til bunnplate under betongsøyle er ca. 4 m × 4 m for FM og 2,5 m × 2,5 m for BM.

Avvik fra typiske verdier kan forekomme da hver enkelt mast blir dimensjonert fra de kreftene den skal ta. Kreftene vil variere med spennlengder, høydeforskjeller, trasévinkler, klimalaster og eventuelt snøskred og snøsig.



Figur 8-1 BM på fjell. Foto mottatt fra oppdragsgiver.



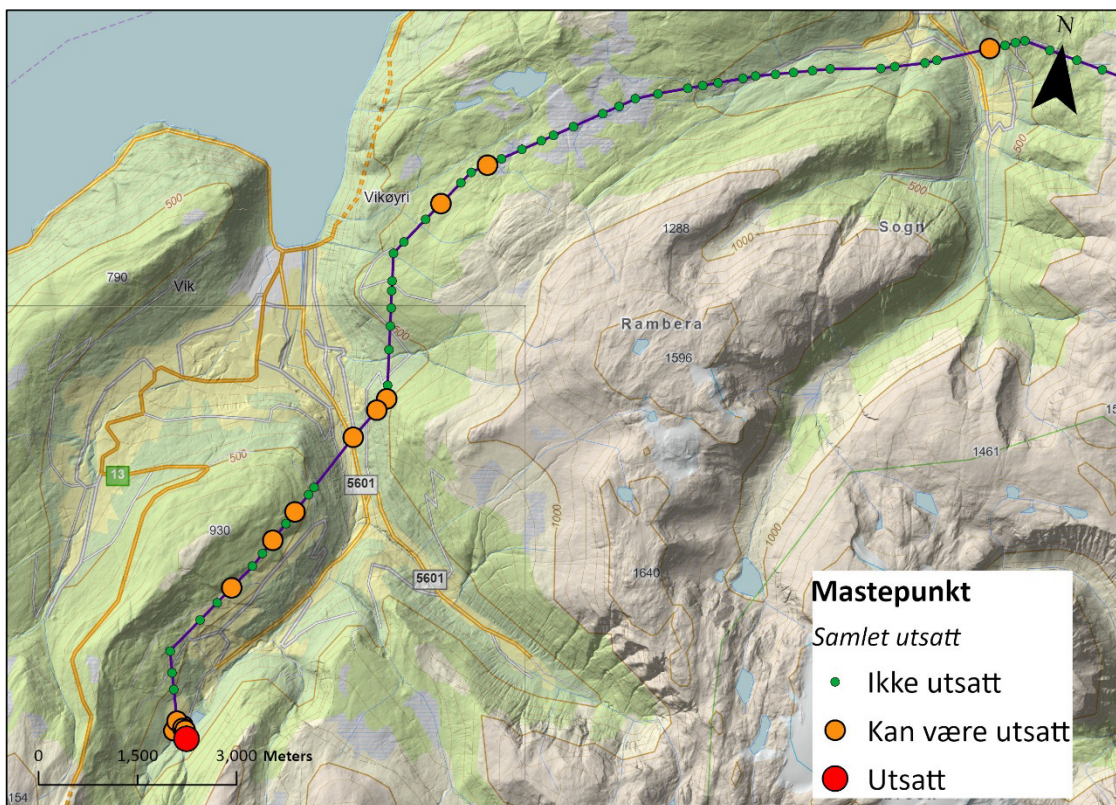
Figur 8-2 Dimensjoner for fundament. FM til venstre og BM til høyre (Figur fra Statnett).

9 Skredfarevurdering for mastepunktene

9.1 Oppsummering av resultater

Mastene er vurdert hver for seg med hensyn til skredtypene steinsprang, snøskred, jordskred, flomskred og sørpeskred. Den samlede nominelle årlige sannsynligheten for skredhendelser mot mastene blir da summen av nominell årlig sannsynlighet for alle fem skredtyper. Vurderingskriteriet er nominell årlig sannsynlighet 1/150 (returperiode 150 år) for skred mot mastene.

Alle mastene på linjen er vurdert i en innledende kartanalyse og kun mastene som potensielt er utsatt for skredfare, basert på den innledende analysen, er undersøkt nærmere under befaringen. Figur 9-1 viser hele linjen, oransje/røde punkter viser mastene som er vurdert i detalj i felt og med nærmere studier på kontoret.



Figur 9-1 Oversikt over mastepunktene som ble vurdert under befaringen.

I utgangspunktet er 15 master vurdert som muligens utsatt for skredfare. Disse mastene ligger samlet i flere problemområder og er vurdert i detalj. Den detaljerte vurderingen viser at en enkelt mast, FM202 er vurdert å ligge utsatt til for snøskred.

Tabell 9-1 gir en oppsummering av resultatene for alle mastene.

Tabell 9-1 Oversikt over mastepunkter som er vurdert i detalj. Årsmaksimum for snøhøyde med returperiode 50 og 300 år (begge fra www.seNorge.no med 1 km grid data). Grønne master er ikke utsatt for skred, røde master er utsatt for skred eller snøsig. Mastene som er vurdert i detalj er uthevet.

| Linje | MastID | m.o.h. | X | Y | HS 50 (m) | HS 300 (m) | Sannsynlighet |
|--------------|--------|--------|------------|------------|-----------|------------|---------------|
| Refsdal-Hove | FM400 | 366.7 | 45105.7975 | 6794569.27 | 2.8 | 3.6 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | FMI67 | 895.0 | 60449.1416 | 6804508.1 | 3.9 | 5 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BMI68 | 884.7 | 60751.1907 | 6804469.14 | 3.7 | 4.7 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BMI69 | 853.4 | 61029.8789 | 6804433.18 | 3.4 | 4.3 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | FMI70 | 807.1 | 61195.0139 | 6804411.87 | 3.2 | 4.1 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | FMI71 | 680.0 | 61980.5129 | 6804254.52 | 2.5 | 3.3 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | ST-000 | 354.6 | 45236.9056 | 6794640.69 | 2.7 | 3.5 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | FMI | 382.0 | 45151.9068 | 6794707.82 | 2.7 | 3.6 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | FM4 | 606.0 | 45045.4071 | 6795774.63 | 3.1 | 4 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BM9 | 613.1 | 46297.3738 | 6797056.01 | 3 | 3.8 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BMV41 | 633.5 | 52099.1826 | 6804139.73 | 3.1 | 4 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BM42 | 602.2 | 52437.7273 | 6804217.53 | 2.9 | 3.8 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | FM47 | 394.7 | 53914.9713 | 6804483.64 | 2.1 | 2.8 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BM51 | 356.9 | 55050.8076 | 6804592.95 | 1.9 | 2.5 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BM52 | 365.0 | 55815.32 | 6804602.4 | 1.8 | 2.4 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | FM54 | 277.3 | 56485.3253 | 6804681.35 | 1.7 | 2.3 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | FM59 | 616.9 | 57997.7408 | 6805019.26 | 2.8 | 3.7 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | FM64 | 933.1 | 59734.9749 | 6804365.5 | 4.1 | 5.2 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BM2 | 484.7 | 45103.6364 | 6795191.06 | 2.8 | 3.6 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BM3 | 546.9 | 45078.3581 | 6795444.07 | 2.8 | 3.6 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BM6 | 569.8 | 45500.9019 | 6796240.81 | 3 | 3.8 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BM7 | 579.7 | 45757.7617 | 6796503.73 | 3 | 3.9 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BM8 | 587.4 | 45976.5574 | 6796727.66 | 2.9 | 3.8 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BMI0 | 621.6 | 46447.6015 | 6797248.84 | 3.1 | 4 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BMI1 | 614.9 | 46603.3865 | 6797448.71 | 3.1 | 4 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BMI2 | 616.8 | 46800.0224 | 6797701.08 | 2.7 | 3.5 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BMI3 | 585.5 | 46941.2629 | 6797882.37 | 2.4 | 3.1 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BMI4 | 504.4 | 47142.0635 | 6798139.95 | 1.9 | 2.5 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | FMI5 | 456.5 | 47229.14 | 6798251.76 | 1.7 | 2.2 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | FMI6 | 130.7 | 47819.1526 | 6799008.96 | 1.5 | 2 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BMI7 | 386.7 | 48179.103 | 6799419.05 | 2.2 | 2.9 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | FM20 | 456.4 | 48331.5032 | 6799592.68 | 2.5 | 3.3 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BM21 | 425.5 | 48340.9097 | 6799798.73 | 2.4 | 3.2 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | FM22 | 391.1 | 48365.6924 | 6800341.85 | 2.2 | 2.9 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BM23 | 508.5 | 48381.9817 | 6800698.75 | 2.3 | 3 | <1/150 |

| Linje | MastID | m.o.h. | X | Y | HS 50 (m) | HS 300 (m) | Sannsynlighet |
|----------------|--------|--------|------------|------------|-----------|------------|---------------|
| Vik-Sogndal | BM24 | 593.8 | 48394.4806 | 6800972.11 | 2.4 | 3.2 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BM25 | 622.5 | 48406.2079 | 6801229.51 | 2.6 | 3.4 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BM26 | 599.8 | 48413.2704 | 6801384.23 | 2.7 | 3.5 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | FM27 | 527.5 | 48432.1666 | 6801798.18 | 2.6 | 3.4 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BM28 | 563.4 | 48591.9884 | 6801972.6 | 2.8 | 3.6 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BM29 | 579.7 | 48919.0194 | 6802312.13 | 3 | 3.9 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BMB0 | 603.9 | 49152.5262 | 6802554.54 | 3.2 | 4.1 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BMB1 | 643.3 | 49451.4405 | 6802864.87 | 3.4 | 4.3 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | FMB2 | 658.8 | 49607.1361 | 6803026.55 | 3.4 | 4.4 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BMB3 | 665.5 | 49855.2039 | 6803137.36 | 3.4 | 4.4 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BMB4 | 659.4 | 50069.1607 | 6803232.94 | 3.5 | 4.4 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BMB5 | 675.2 | 50380.2609 | 6803371.9 | 3.4 | 4.4 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BMB6 | 708.7 | 50669.2892 | 6803501.01 | 3.4 | 4.3 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BMB7 | 720.4 | 50856.3161 | 6803584.56 | 3.4 | 4.3 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BMB8 | 714.7 | 51158.9739 | 6803719.75 | 3.4 | 4.3 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BMB9 | 663.7 | 51600.1317 | 6803916.81 | 3.3 | 4.3 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BM40 | 658.7 | 51849.872 | 6804028.36 | 3.2 | 4.1 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BM43 | 533.2 | 52891.9842 | 6804299.36 | 2.7 | 3.5 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BM44 | 510.0 | 53114.3511 | 6804339.45 | 2.5 | 3.3 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BM45 | 482.3 | 53350.5242 | 6804381.98 | 2.4 | 3.1 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BM46 | 415.0 | 53725.7144 | 6804449.57 | 2.2 | 2.9 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BM48 | 381.3 | 54222.3743 | 6804513.22 | 2 | 2.6 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BM49 | 391.4 | 54494.9053 | 6804539.44 | 1.9 | 2.5 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BM50 | 387.4 | 54780.2066 | 6804566.9 | 1.9 | 2.5 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BM53 | 323.0 | 56029.297 | 6804627.61 | 1.8 | 2.3 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BM55 | 262.1 | 56662.7157 | 6804721 | 1.7 | 2.2 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | FM56 | 344.1 | 57465.8929 | 6804900.42 | 2.1 | 2.8 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BM57 | 517.3 | 57700.5772 | 6804952.87 | 2.4 | 3.2 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BM58 | 574.8 | 57859.0117 | 6804988.27 | 2.7 | 3.4 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BM60 | 692.0 | 58378.1127 | 6804876.14 | 3.2 | 4.1 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BM61 | 803.6 | 58787.6588 | 6804722 | 3.5 | 4.5 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BM62 | 863.9 | 59172.2419 | 6804577.25 | 3.8 | 4.8 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BM63 | 909.8 | 59483.9638 | 6804459.96 | 4.1 | 5.1 | <1/150 |
| Vik-Sogndal | BM65 | 916.2 | 60074.4165 | 6804433.27 | 4 | 5.1 | >1/150 |
| Vik-Krossdalen | FM202 | 364.5 | 45291.6728 | 6794439.91 | 2.8 | 3.6 | <1/150 |
| Vik-Krossdalen | ST200 | 350.4 | 45237.6047 | 6794600.3 | 2.7 | 3.5 | <1/150 |
| Vik-Krossdalen | FM201 | 346.0 | 45272.2035 | 6794574.05 | 2.7 | 3.5 | <1/151 |

9.2 Mastepunkt FM202

Mastepunktet ligger innenfor område kartlagt av NGI tidligere. Faresoner laget i den siste vurderingen, NGI (2021a), er vist i Figur 9-7 sammen med mastepunkter som skal vurderes i dette oppdraget. Som figuren viser, ligger mastepunktet FM202 ovenfor faresonene mot fjellet (hellingskart vist i Figur 9-6). Dimensjonerende faretype er vurdert i rapporten og være steinsprang (1/100) og snøskred (1/1000). Når det gjelder faren for steinsprang mot mastepunktet anser vi en generelt lav sannsynlighet for at enkeltblokker skal treffe et enkelt punkt som en mast. Det planlagte punktet står i et område med ur, men denne er eldre og det er ingen ferske tegn til nye utfall. Vi anser at dette området er relativt lite aktivt, og nominell sannsynlighet for treff fra steinsprang er mindre enn 1/150.

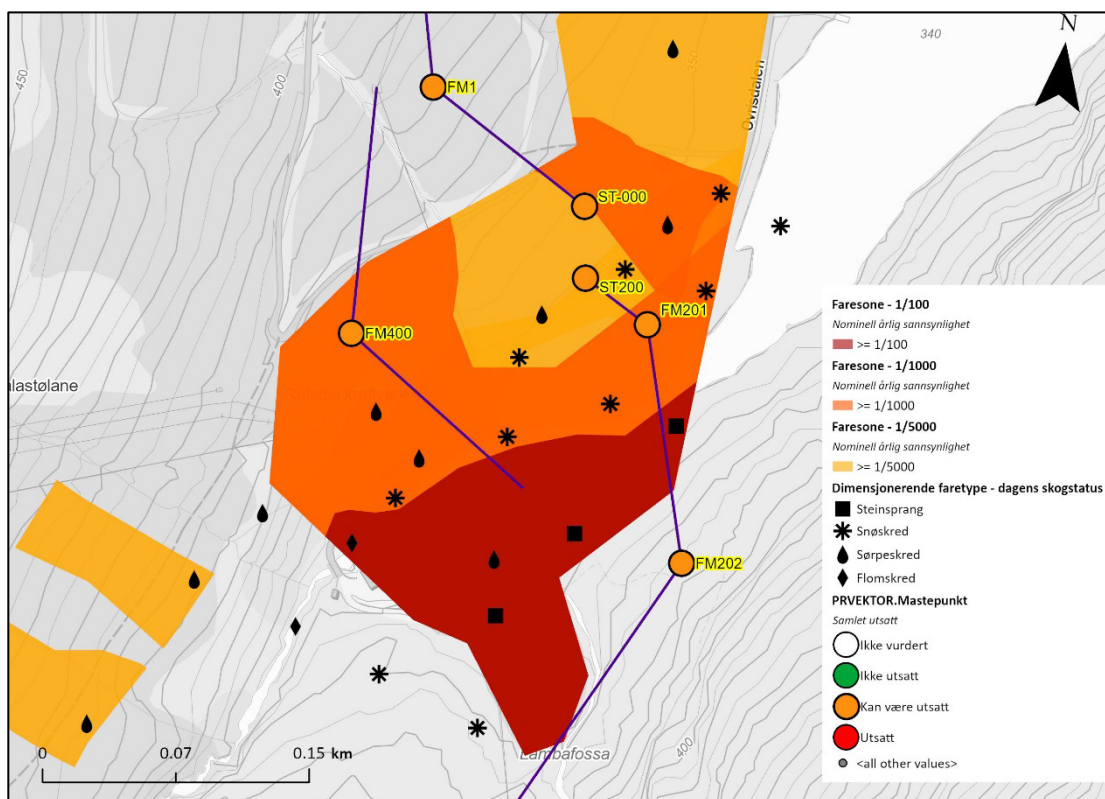
Når det gjelder snøskred står mastepunktet mer utsatt til. Selv om fjellsiden ligger i lo for de vanligste nedbørsførende retningene, er det også en del vind fra øst. Fjellsiden er bratt, noe som gir forhold for hyppige skred, mulig av begrenset størrelse. Flere områder med manglende/skredskadet skog i fjellsiden underbygger dette (Figur 9-3 og Figur 9-5). På grunn av mastens plassering tett mot fjellsiden vil dog selv mindre skred kunne nå ned til masten. I NGI (2021a) viser simuleringer av større skred at skredhastigheten ligger på rundt 20 m/s i området, med beregnet trykk fra snøsky på rundt 6-10 kPa for skred med nominell årlig sannsynlighet 1/1000. Planlagt punkt rett nedenfor et særlig bratt parti noe som gjør at skredmasser vil kunne treffe masten på et høyere punkt og skape et større moment på masten.

Vi vurderer at mastepunktet står utsatt til for snøskred, med nominell årlig sannsynlighet **større** enn 1/150.

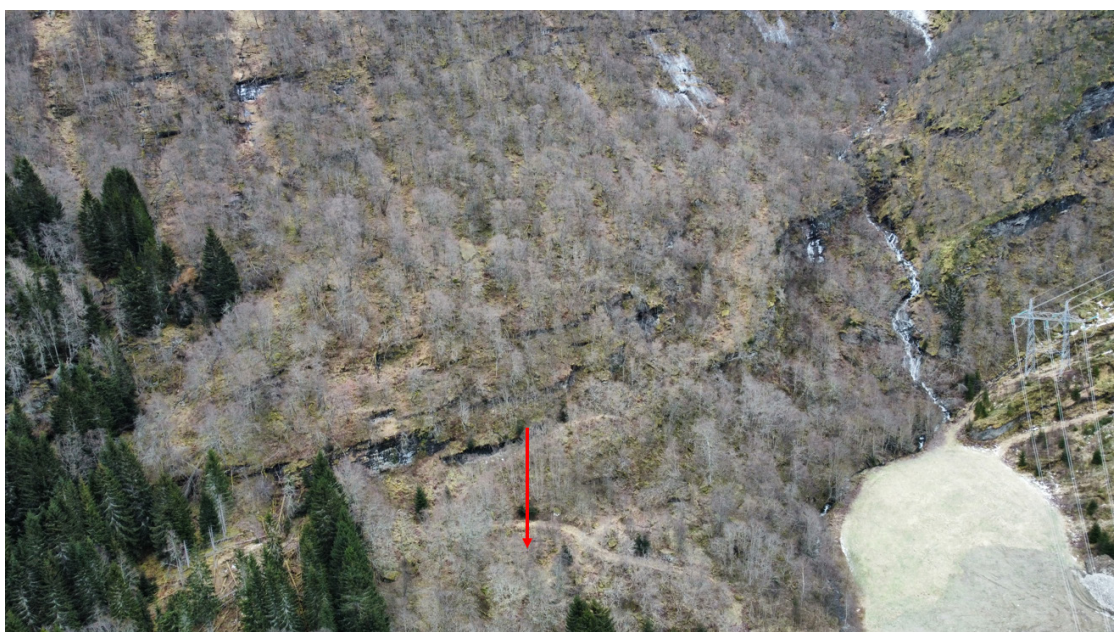
Vi anser at det svært utfordrende å plassere masten trygt for skred noe sted i denne fjellsiden mellom Lambafossen i vest og demningen i øst. Lenger øst er snøskred fortsatt problematisk, lenger sørvest (mot Lambafossen) tar etter hvert faren for sørpe-/flomskred over.

Videre vil sikring av mast være krevende og dyrt. Vi anbefaler derfor som mest hensiktsmessig å endre plasseringen til mastepunktet.

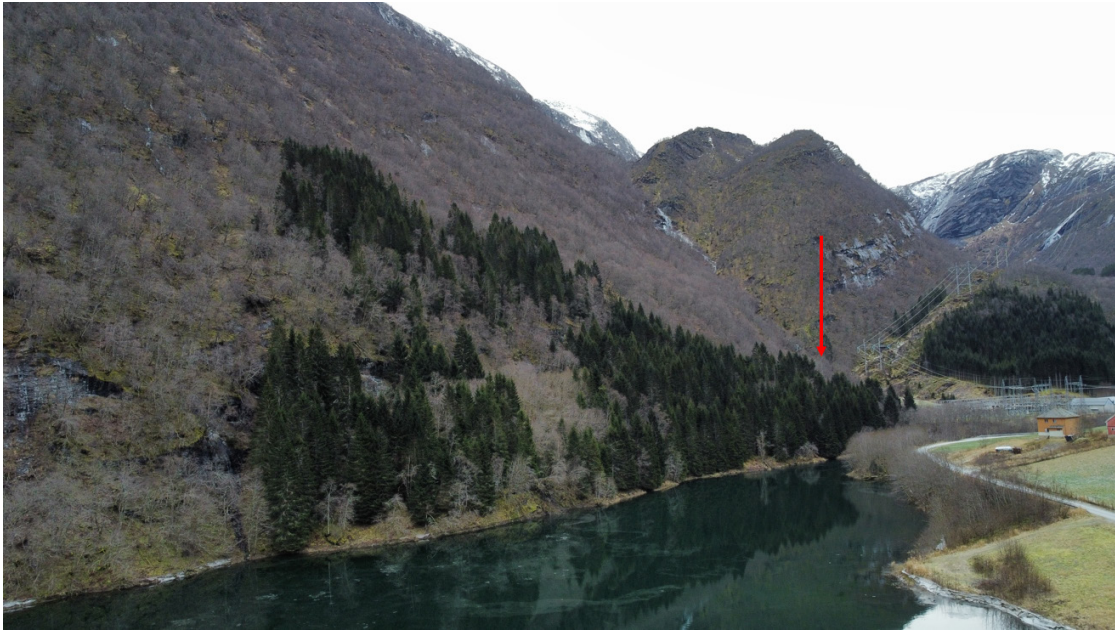
| Utsatt? | Type | Sannsynlighet | Treffvinkel (°) | Fallhøyde (m) |
|-------------|-------------|---------------|-----------------|---------------|
| Ikke utsatt | Steinsprang | <1/150 | ikke relevant | ikke relevant |
| Utsatt | Snøskred | >1/150 | 145 | 6-700 m |



Figur 9-2 Mastepunkter i forhold til faresoner ved Refsdal stasjon (NGI, 2021a).



Figur 9-3 Oversikt over fjellsiden ved plasseringen til FM 202. Pilen viser omtrentlig masteplassering. Nede til venstre vises skredskadet skog.



Figur 9-4 Oversikt over fjellsiden ved plasseringen til FM 202. Pilen viser omtrentlig masteplassering.



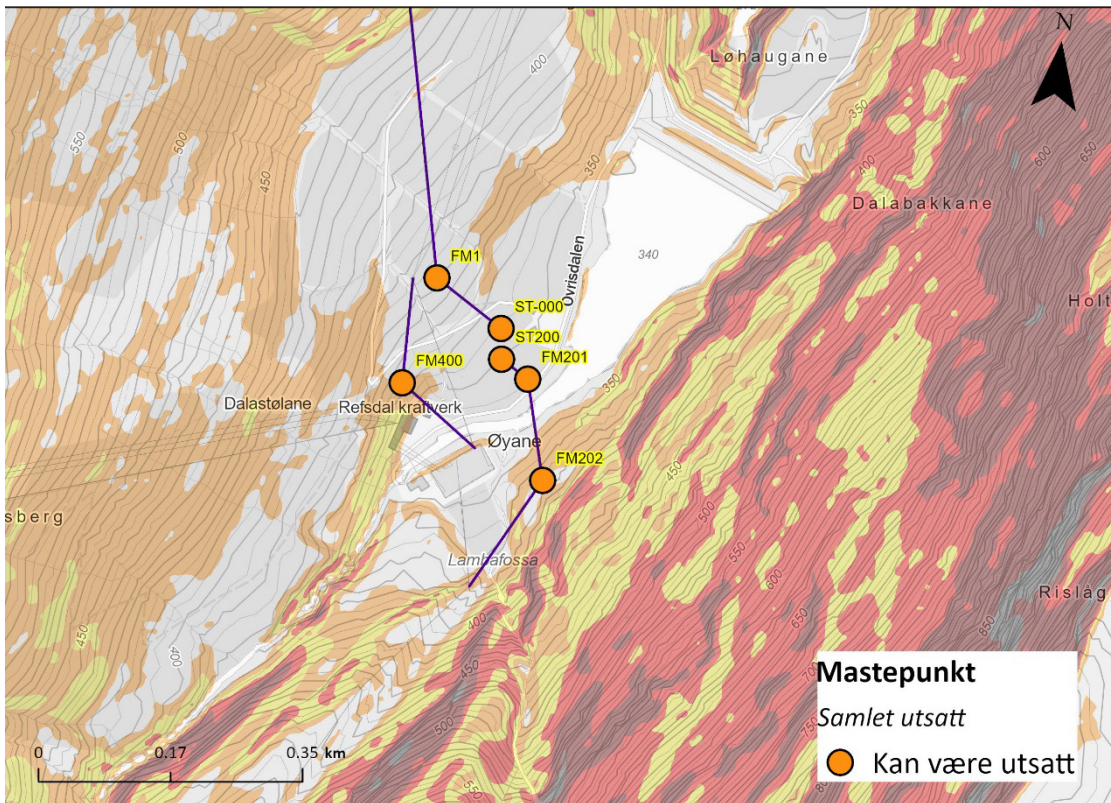
Figur 9-5 Striper i vegetasjonen som viser spor etter skred i fjellsiden over FM 202.

9.3 Mastepunkt FM201, FM400, ST200 og ST-000

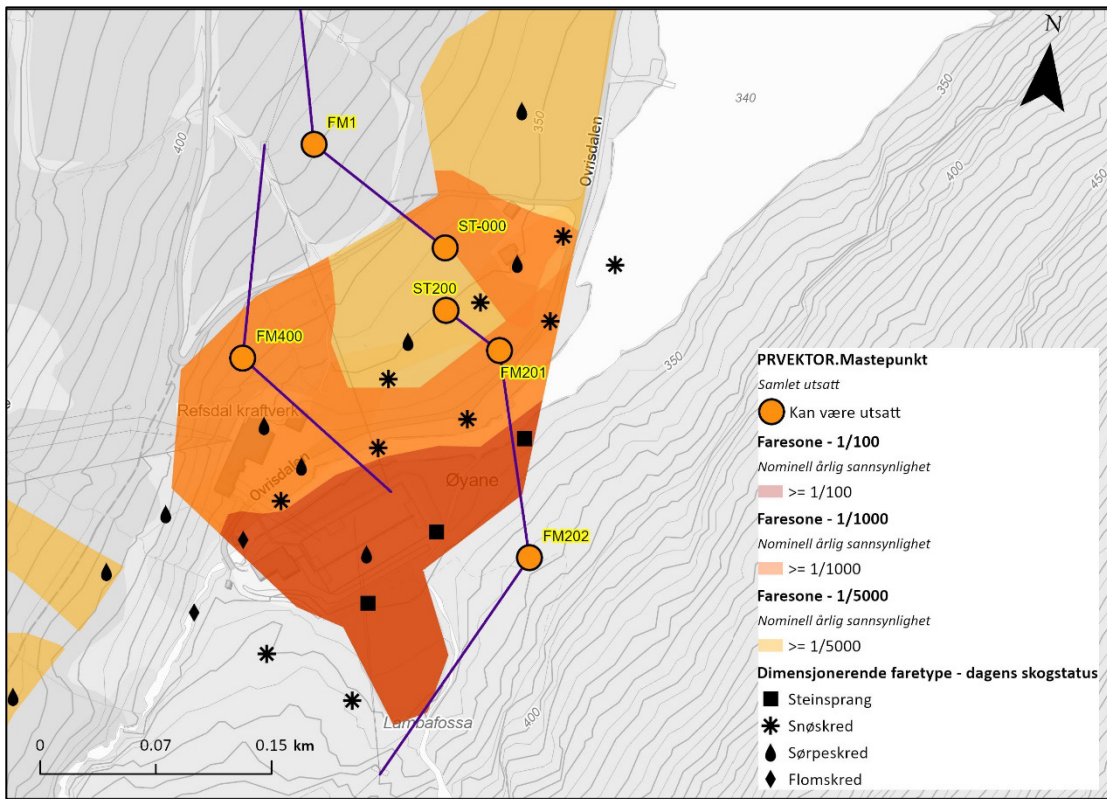
Disse fire mastepunktene ligger innenfor område kartlagt av NGI tidligere. Faresoner laget i den siste vurderingen, NGI (2021 a), er vist i Figur 9-7 sammen med mastepunkter som skal vurderes i dette oppdraget. Basert på denne vurderingen ligger mastepunktene FM201, FM400, ST200 og ST-000 innenfor henholdsvis faresone med årlig nominell

sannsynlighet for skred 1/1000 og 1/5000. Vi ser ikke behov for å overprøve disse faresonene, og vurderer derfor at nominell årlig sannsynlighet for at mastene blir truffet av skred **mindre** enn 1/150.

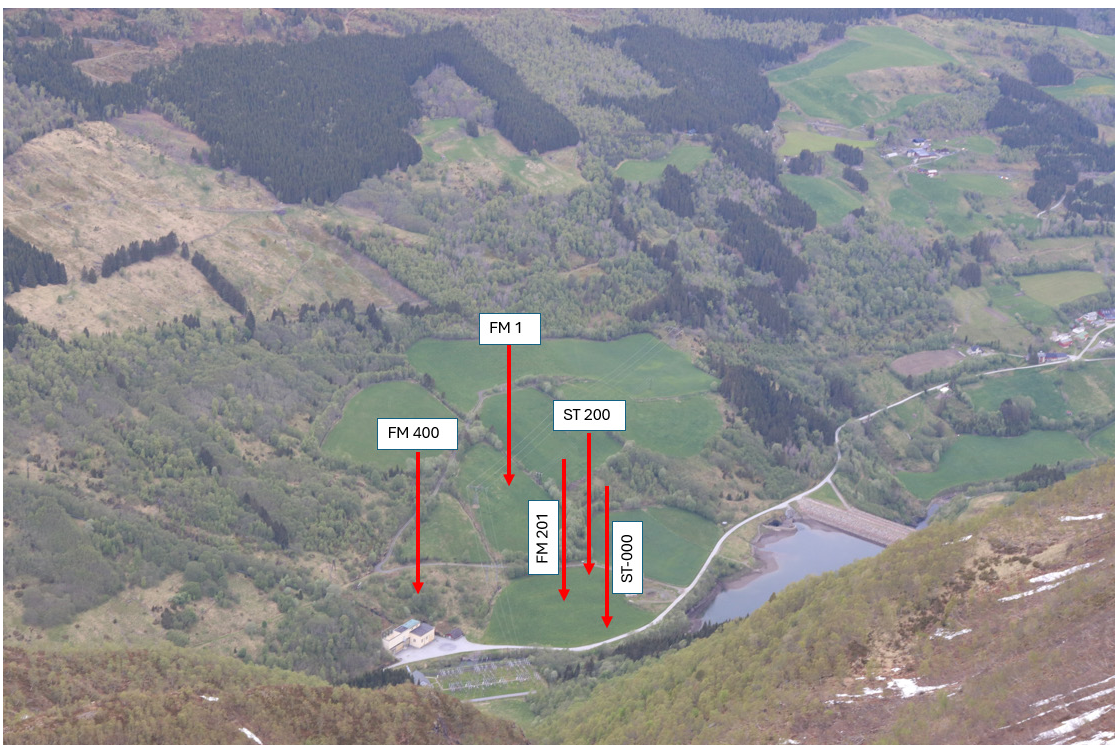
| Mast | Utsatt? | Type | Sannsynlighet | Treffvinkel (°) | Fallhøyde (m) |
|--------|---------|------------|--------------------------------|-----------------|---------------|
| FM 201 | Nei | Snøskred | <1/150 (1/1000, NGI, 2021a) | ikke relevant | ikke relevant |
| FM 400 | Nei | Sørpeskred | <1/150 (1/1000, NGI, 2021a) | ikke relevant | ikke relevant |
| ST 200 | Nei | Sørpeskred | <1/150 (1/5000, NGI, 2021a) | ikke relevant | ikke relevant |
| ST 000 | Nei | Sørpeskred | <1/150 (1/5000, NGI, 2021a) | ikke relevant | ikke relevant |



Figur 9-6 Hellingskart som viser plasseringen av mast FM202, FM1, FM201, FM400, ST200 og ST-000. Gule/røde farger indikerer områder brattere enn ca. 30, som teoretisk kan være løснеområder for snøskred. Mørke/svarte farger viser områder brattere enn 60 grader, som teoretisk kan være løснеområder for steinsprang.



Figur 9-7 Mastepunkter i forhold til faresoner ved Refsdal stasjon (NGI, 2021a).



Figur 9-8 Oversikt over fjellsiden ved plasseringen til FM201, FM400, ST200, ST-000 og FM1. Pilene viser omtrentlig masteplassering.



Figur 9-9 Oversiktsbilde over Refsdal. Rød sirkel viser området ved Refsdal stasjon.

9.4 Mastepunkt FM1

Mastepunktet ligger innenfor område kartlagt av NGI tidligere. Faresoner laget i den siste vurderingen, NGI (2021a), er vist i Figur 9-10. I vurderingen fra 2021 vurderer at sørpeskred og flomskred er aktuelle skredtyper der mastepunktet er plassert. Hellingskart er vist i Figur 9-6. Løsningsannsynligheten for disse skredene er vurdert å være 1/100, men at sannsynligheten for skade ned mot anlegget ligger mellom 1/1000 og 1/5000. Det er i hovedsak vann og mindre fragmenter som vurderes å kunne nå hit (Sweco, 2024). Dette vurderer vi at vil til en viss grad også gjelde for området til mastepunktet, selv om det ligger noe høyere i terrenget. Så i utgangspunktet, basert på dette, er masten plassert slik at den tilfredsstiller sikkerhetskravet. Det er imidlertid generelt svært utfordrende å definere plassering og volum for løseområder for sørpeskred. Det er for eksempel ikke helt usannsynlig at sørpeskred også kan løsne på flate åpne jorder, særlig ved høy fuktighet i bakken.

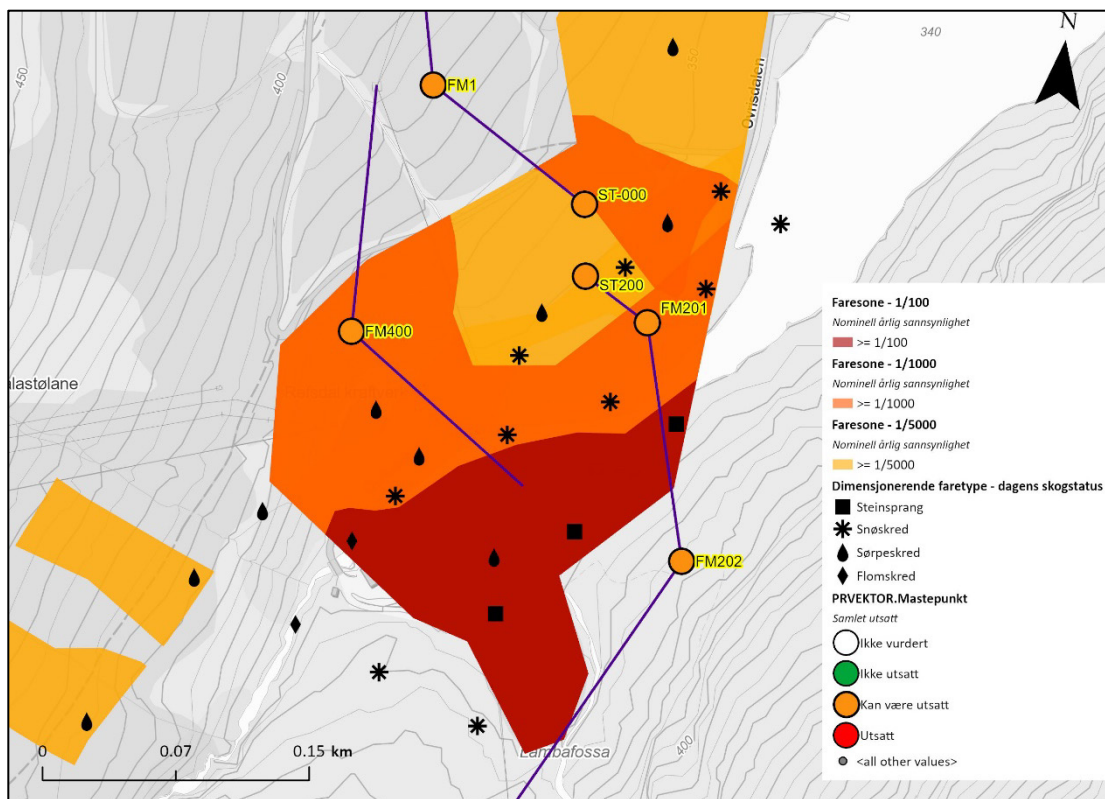
Modelleringsresultater for disse skredtypene i NGI (2021) indikerer at mastepunktet står i en skredbane for begge skredtypene, men som påpekt i rapporten er resultatene sensitive for parameterendringer og preget av usikkerhet (Figur 9-11 og Figur 9-12). Både sørpeskred og flomskred vil i stor grad følge terrenget, og mindre skred som løsner lenger oppe i fjellsiden kan følge grøftene som ligger nordøst og sørvest for jordet masten skal stå på, samt følge veien, mot sørvest, over masten. Disse terrengeffektene kommer bedre frem i modellering gjort i SWECO (2024). Men som nevnt er det i hovedsak vannmasser det er snakk om.

I SWECO (2024) vurderes det at en grøft på oppsiden av den planlagte nye veien vil være tilstrekkelig for sikring. Mastepunktet er imidlertid planlagt på oversiden av denne veien igjen, men i sikringsforslaget er det også planlagt gode kulverter og erosjons-

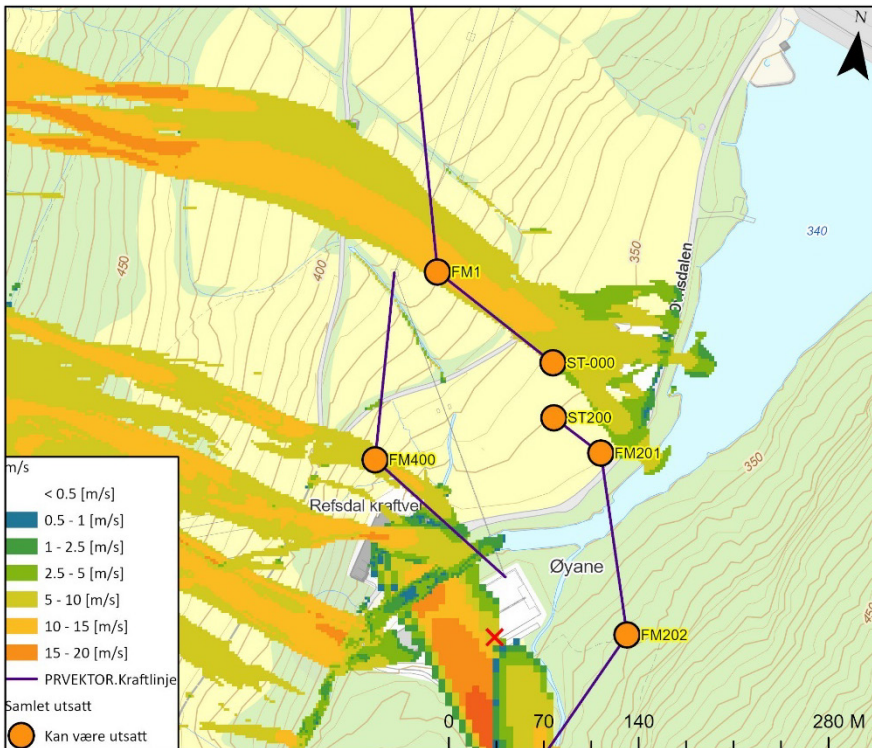
sikring for bekkeløpene nordøst og sørvest for mastepunktet. Vi mener at disse tiltakene vil ta unna skred med størrelsesorden vi forventer ved returperiode 150 år.

Fra vår vurdering er nominell årlig sannsynlighet for at masten blir truffet av skred **mindre** enn 1/150. Denne vurderingen forutsetter at sikringstiltakene som er foreslått i SWECO (2024) blir gjennomført som foreslått.

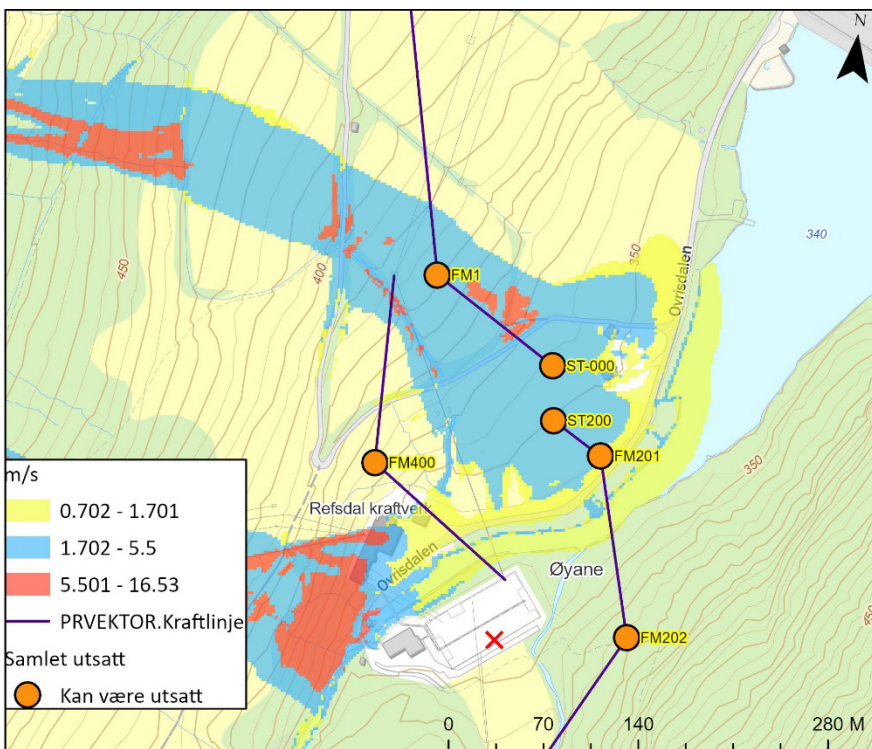
| Utsatt? | Type | Sannsynlighet | Treffvinkel (°) | Fallhøyde (m) |
|-------------|------------|---------------|-----------------|---------------|
| Ikke utsatt | Flomskred | <1/150 | ikke relevant | ikke relevant |
| Ikke utsatt | Sørpeskred | <1/150 | ikke relevant | ikke relevant |



Figur 9-10 Mastepunkter i forhold til faresoner ved Refsdal stasjon (NGI, 2021a).



Figur 9-11 Simuleringsresultat for sørpeskred fra NGI (2021).



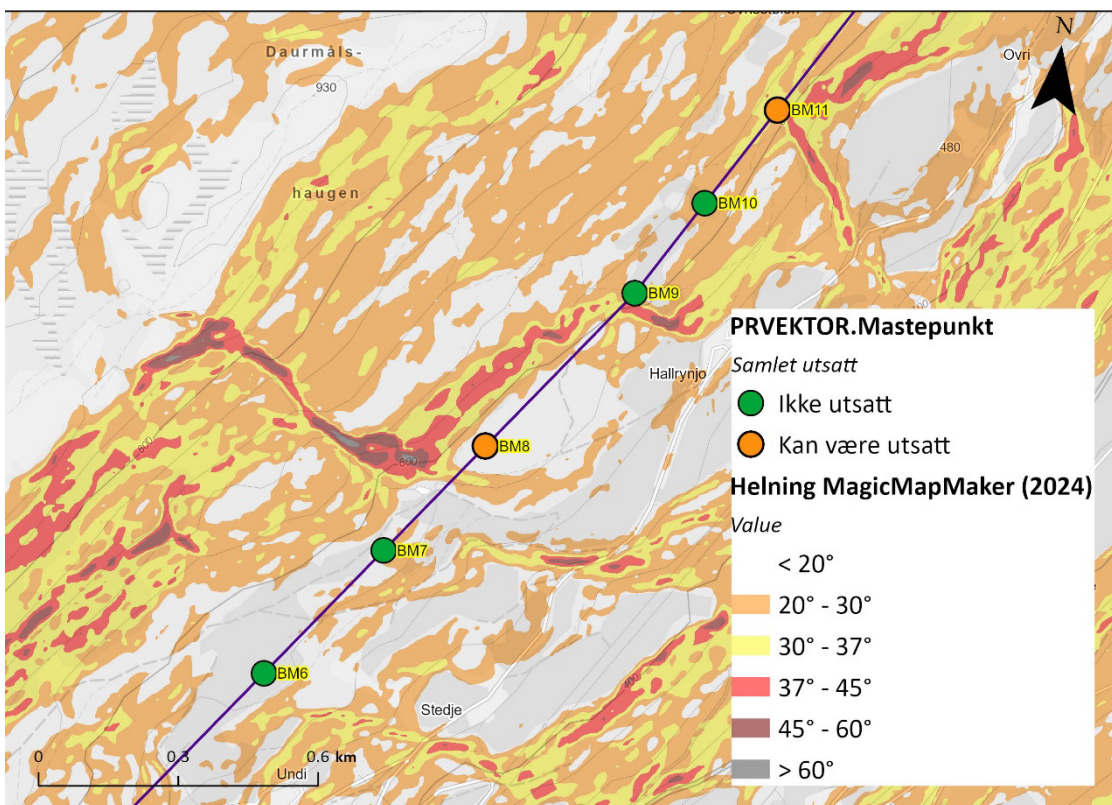
Figur 9-12 Simuleringsresultat for flomskred fra NGI (2021).

9.5 Mastepunkt BM8

Mastepunktet ligger rett under et bratt parti som i innledende fase ble vurdert som potensielt utsatt for snøskred. I en mer detaljert studie av terreng- og vegetasjonsforhold vurderer vi at en del av de nedre bratte partiene er dekket av tett nok skog til å hindre utløsning av snøskred. Videre, at øverst er skogdekningen begrenset slik at snøskred kan løsne, men at størrelsen på potensielle løsneområder sammen med fallhøyden ned til skog og mengden tett granskog rett ovenfor mastepunktet gjør at masten ligger beskyttet.

Fra vår vurdering er nominell årlig sannsynlighet for at masten blir truffet av skred **mindre** enn 1/150.

| Utsatt? | Type | Sannsynlighet | Treffvinkel (°) | Fallhøyde (m) |
|-------------|----------|---------------|-----------------|---------------|
| Ikke utsatt | Snøskred | <1/150 | ikke relevant | ikke relevant |



Figur 9-13 Hellingskart som viser plasseringen av mast BM8.



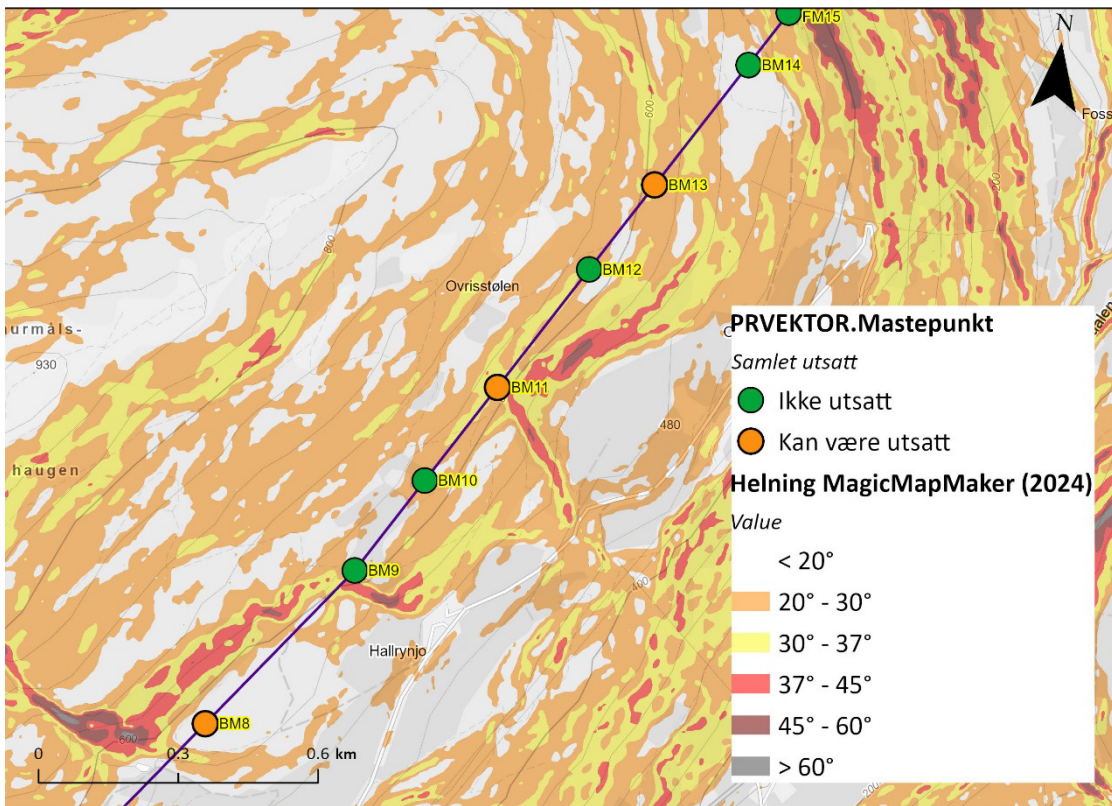
Figur 9-14 Oversikt over fjellsiden ved plasseringen til BM 8. Pilen viser omtrentlig maste-plassering.

9.6 Mastepunkt BM11

Mastepunktet ligger i et bratt parti som i innledende fase ble vurdert som potensielt utsatt for snøskred. I en mer detaljert studie av terreng- og vegetasjonsforhold vurderer vi at området er dekket av tett nok skog til å hindre utløsning av snøskred.

Fra vår vurdering er nominell årlig sannsynlighet for at masten blir truffet av skred **mindre** enn 1/150.

| Utsatt? | Type | Sannsynlighet | Treffvinkel (°) | Fallhøyde (m) |
|-------------|----------|---------------|-----------------|---------------|
| Ikke utsatt | Snøskred | <1/150 | ikke relevant | ikke relevant |



Figur 9-15 Hellingskart som viser plasseringen av mast BM11.



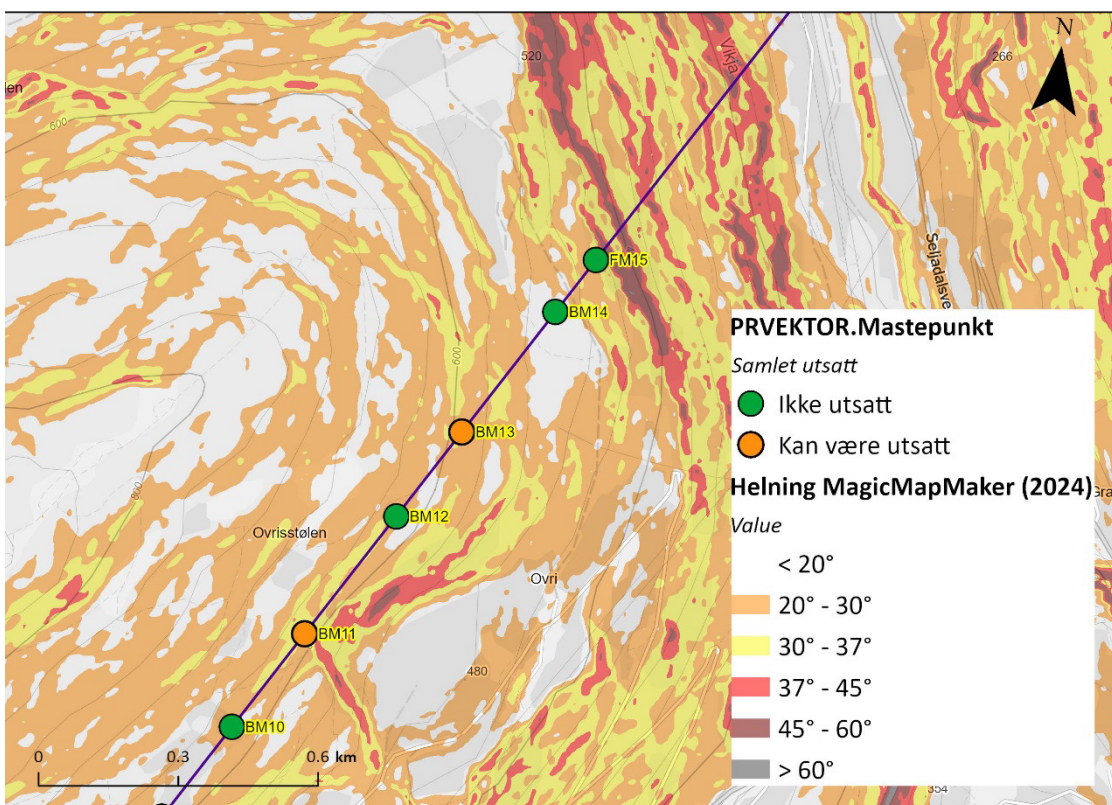
Figur 9-16 Oversikt over fjellsiden ved plasseringen til BM 11. Pilen viser omtrentlig maste-plassering.

9.7 Mastepunkt BM13

Mastepunktet ligger i et bratt parti som i innledende fase ble vurdert som potensielt utsatt for snøskred basert på de nasjonale aktsomhetskartene for snøskred. I en mer detaljert studie av terreng- og vegetasjonsforhold vurderer vi at området er dekket av tett nok skog til å hindre utløsning av snøskred.

Fra vår vurdering er nominell årlig sannsynlighet for at masten blir truffet av skred **mindre** enn 1/150.

| Utsatt? | Type | Sannsynlighet | Treffvinkel (°) | Fallhøyde (m) |
|-------------|----------|---------------|-----------------|---------------|
| Ikke utsatt | Snøskred | <1/150 | ikke relevant | ikke relevant |



Figur 9-17 Hellingskart som viser plasseringen av mast BM13.



Figur 9-18 Oversikt over fjellsiden ved plasseringen til BM 13. Pilen viser omtrentlig maste-plassering.

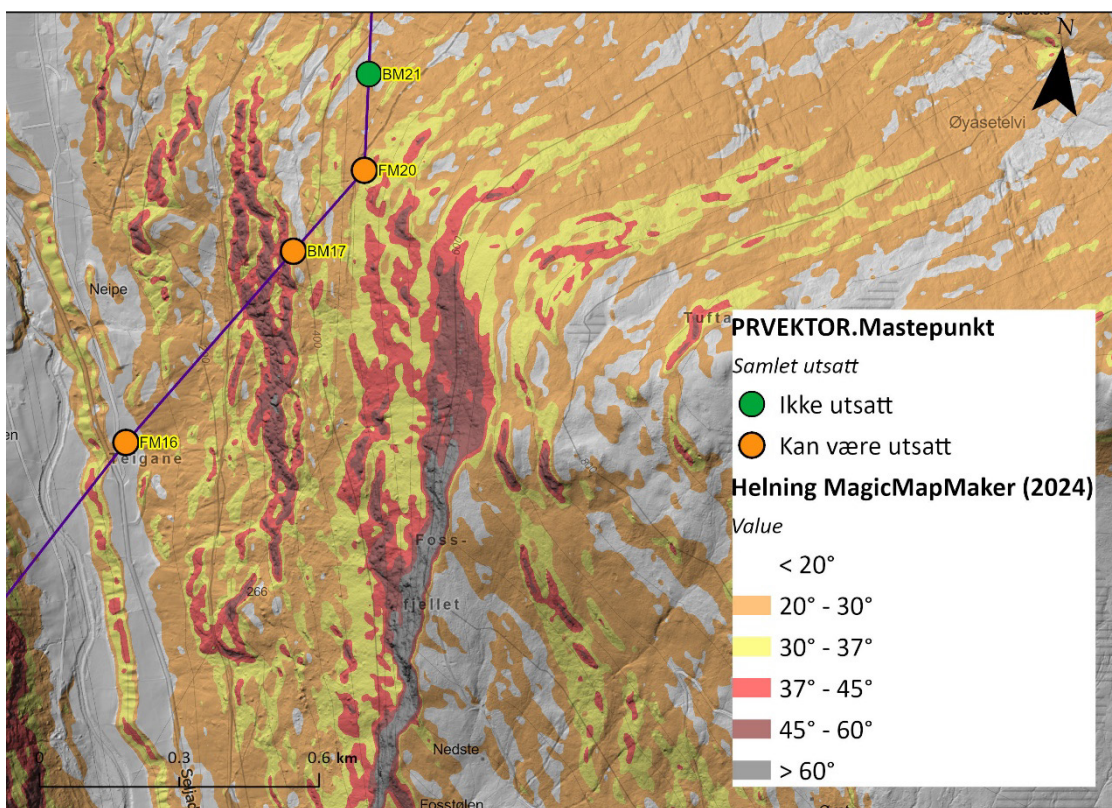
9.8 Mastepunkt FM16

Mastepunktet ligger i et bratt parti som i innledende fase ble vurdert som potensielt utsatt for snøskred og steinsprang. I en mer detaljert studie av terreng- og vegetasjonsforhold vurderer vi at området er dekket av tett nok skog til å hindre utløsning av snøskred. Det kan oppstå snøskred, men antatt lavere returperiode enn sikkerhetskravet for mastene.

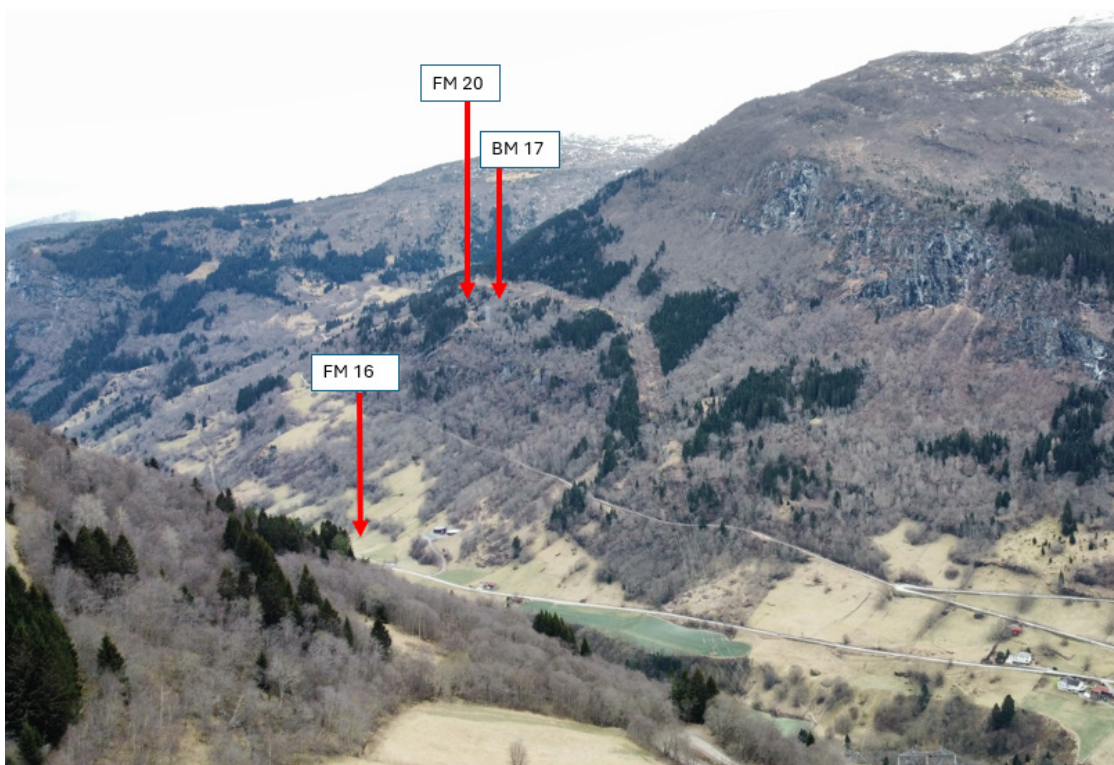
Når det gjelder steinsprang ligger antakeligvis mastepunktet så langt unna utløsningsområder og i tillegg ikke i direkte fallinje fra de mest aktuelle områdene (Figur 9-22). Det er heller ikke tegn til hyppige steinsprang i området med utløp i nærheten av mastepunktet. Vi anser løsnings sannsynligheten for å være lav.

Fra vår vurdering er nominell årlig sannsynlighet for at masten blir truffet av skred **mindre** enn 1/150.

| Utsatt? | Type | Sannsynlighet | Treffvinkel (°) | Fallhøyde (m) |
|-------------|-------------|---------------|-----------------|---------------|
| Ikke utsatt | Snøskred | <1/150 | ikke relevant | ikke relevant |
| Ikke utsatt | Steinsprang | <1/150 | ikke relevant | ikke relevant |



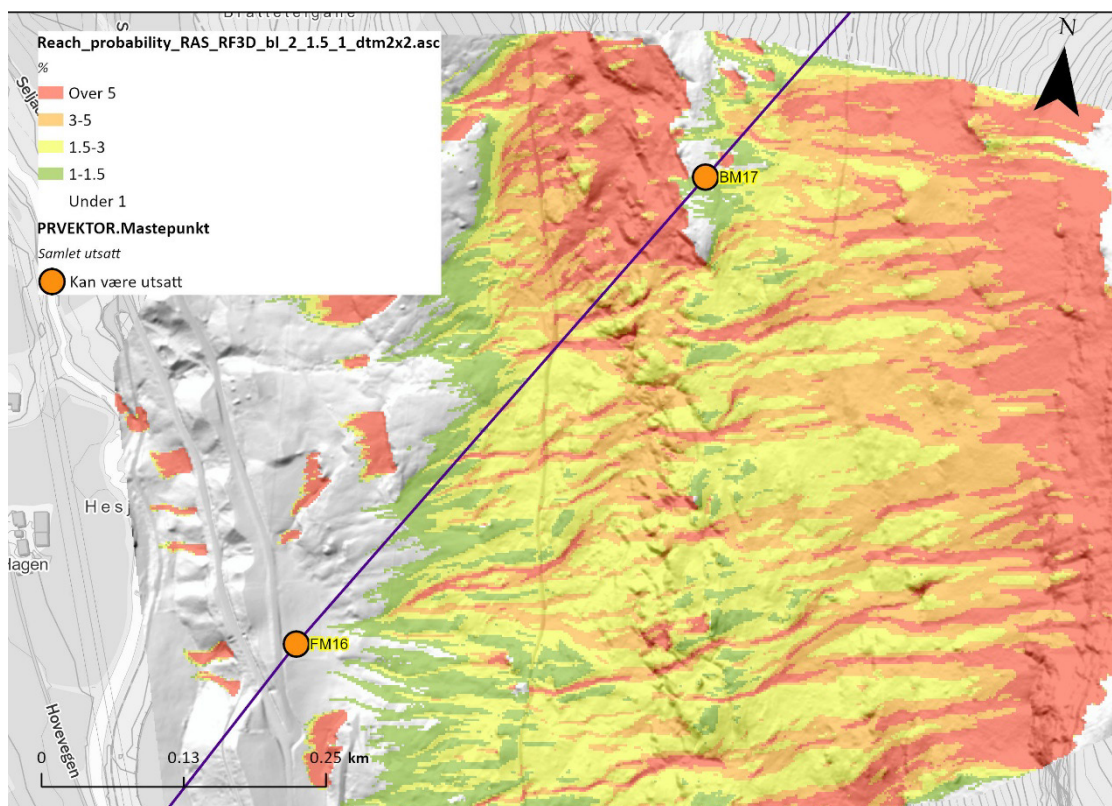
Figur 9-19 Hellingskart som viser plasseringen av mast FM16.



Figur 9-20 Oversikt over fjellsiden ved plasseringen til BM 17, FM 20 og FM 16. Pilene viser omtrentlig masteplassering.



Figur 9-21 Oversikt over fjellsiden ved plasseringen til FM 16. Pilen viser omtrentlig masteplassering.



Figur 9-22 Eksempel på simulering med RockyFor3D, blokkstørrelse 1,6 m³ (Rapid Automatic Simulation).

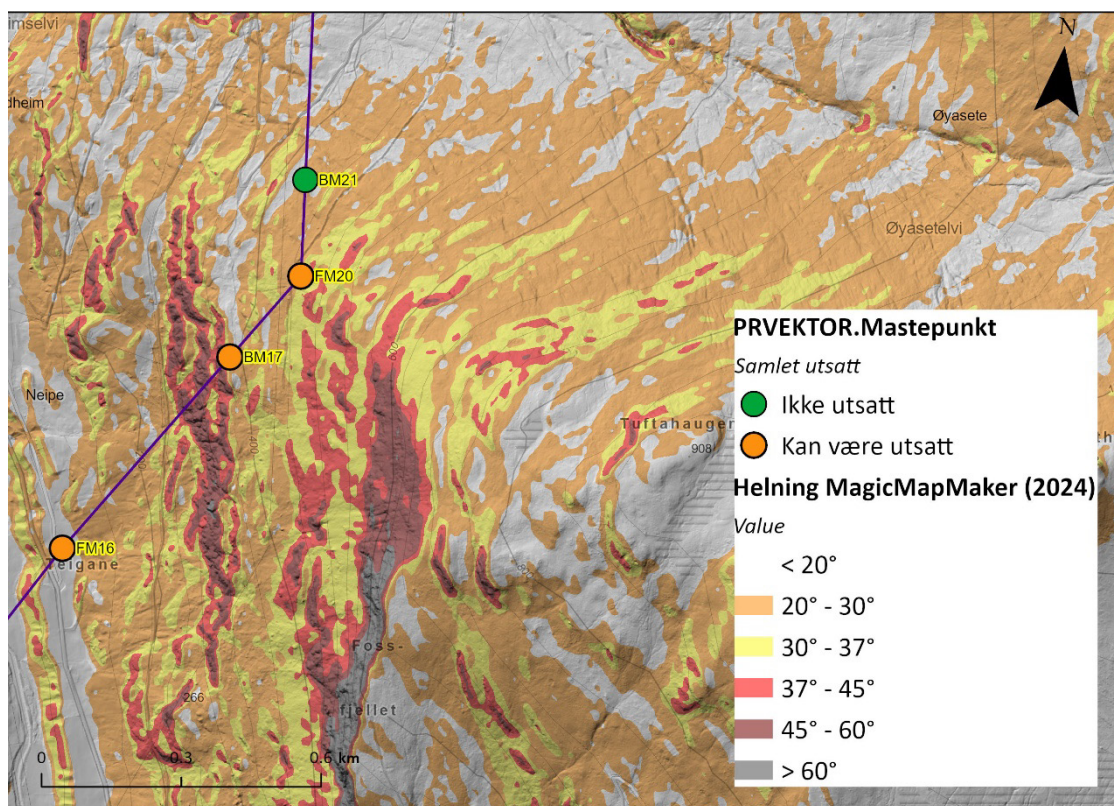
9.9 Mastepunkt BM17

Mastepunktet ligger i et bratt parti som i innledende fase ble vurdert som potensielt utsatt for snøskred. Hellingskart vist i Figur 9-23.

I en mer detaljert studie av terreng- og vegetasjonsforhold vurderer vi at øvre potensielle utløsningsområder er dekket av tett nok skog til å hindre utløsning av snøskred, i tillegg ligger disse brattere områdene i nærhet til ryggen, som gjør de mindre aktuelle som løsnedområder. Angitte løsnedområde i aktsomhetskart NAKSIN med skog ligger såpass langt nede i terrenget, og omgitt av skog, at utløsning av skred er lite sannsynlig.

Fra vår vurdering er nominell årlig sannsynlighet for at masten blir truffet av skred **mindre** enn 1/150.

| Utsatt? | Type | Sannsynlighet | Treffvinkel (°) | Fallhøyde (m) |
|-------------|----------|---------------|-----------------|---------------|
| Ikke utsatt | Snøskred | <1/150 | ikke relevant | ikke relevant |



Figur 9-23 Hellingskart som viser plasseringen av mast BM17 og FM20.



Figur 9-24 Oversikt over fjellsiden ved plasseringen til BM 17. Pilen viser omtrentlig maste-plassering.

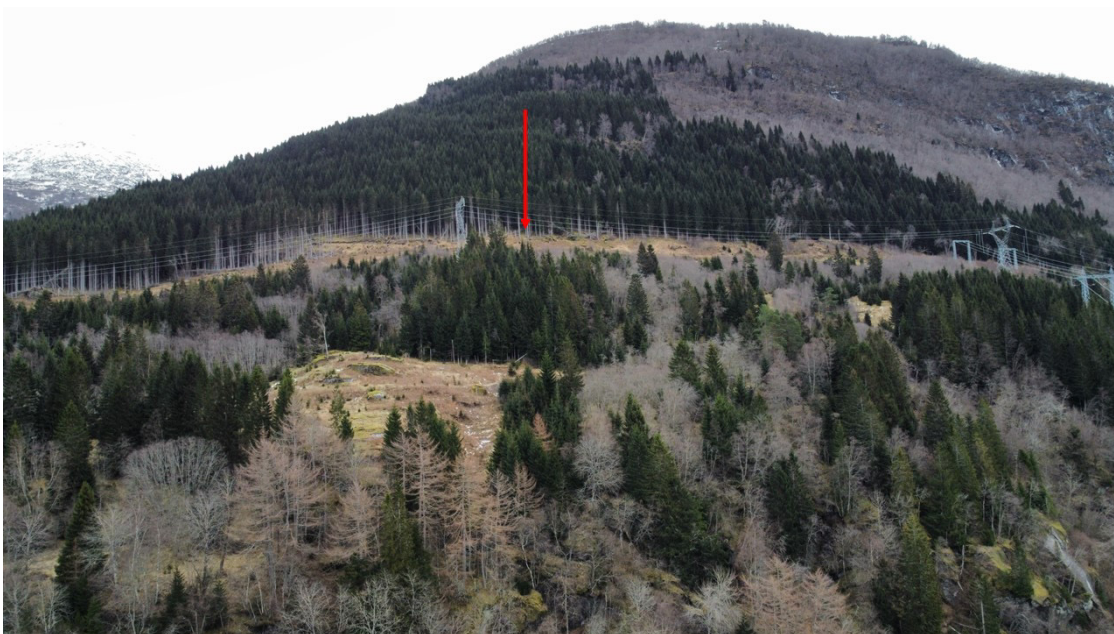
9.10 Mastepunkt FM20

Mastepunktet ligger i et bratt parti som i innledende fase ble vurdert som potensielt utsatt for snøskred. Hellingskart vist i Figur 9-23.

I en mer detaljert studie av terreng- og vegetasjonsforhold vurderer vi at området er dekket av tett nok skog til å hindre utløsning av snøskred. I tillegg ligger punktet på/nedenfor en rygg som typisk er en terrengformasjon som er mindre utsatt for snøskred.

Fra vår vurdering er nominell årlig sannsynlighet for at masten blir truffet av skred **mindre** enn 1/150.

| Utsatt? | Type | Sannsynlighet | Treffvinkel (°) | Fallhøyde (m) |
|-------------|----------|---------------|-----------------|---------------|
| Ikke utsatt | Snøskred | <1/150 | ikke relevant | ikke relevant |



Figur 9-25 Oversikt over fjellsiden ved plasseringen til FM 20. Pilen viser omtrentlig maste-plassering.

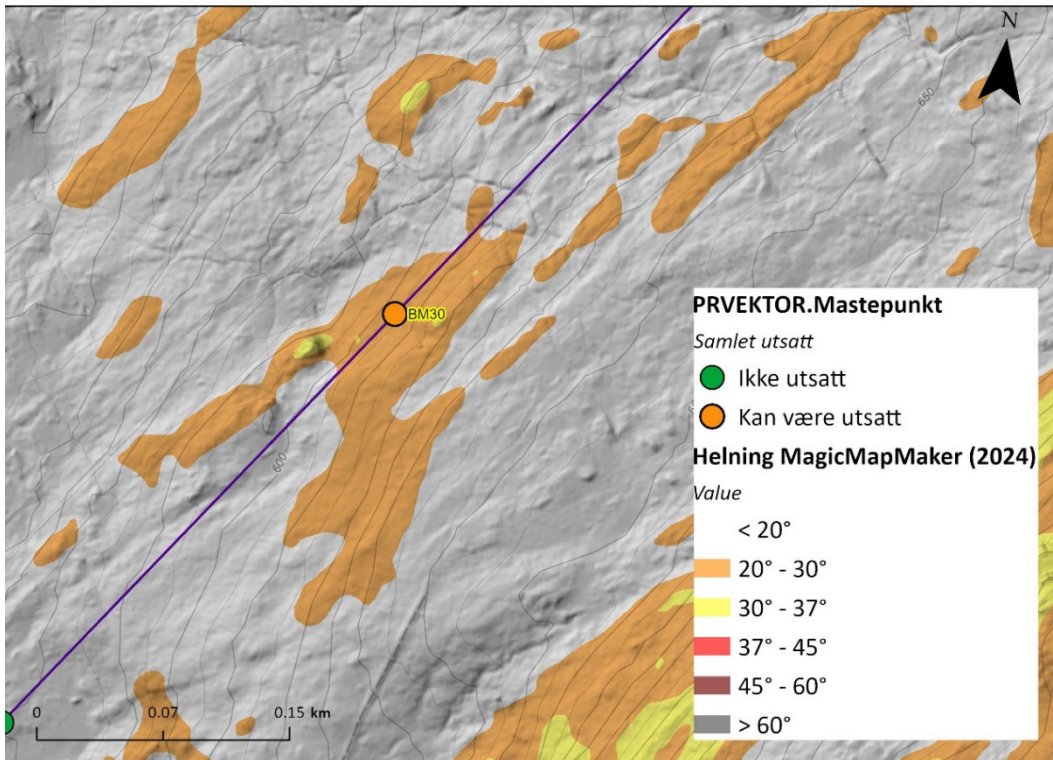
9.11 Mastepunkt BM30

Mastepunktet ligger i et bratt parti som i innledende fase ble vurdert som potensielt utsatt for snøskred og eventuelt snøsig.

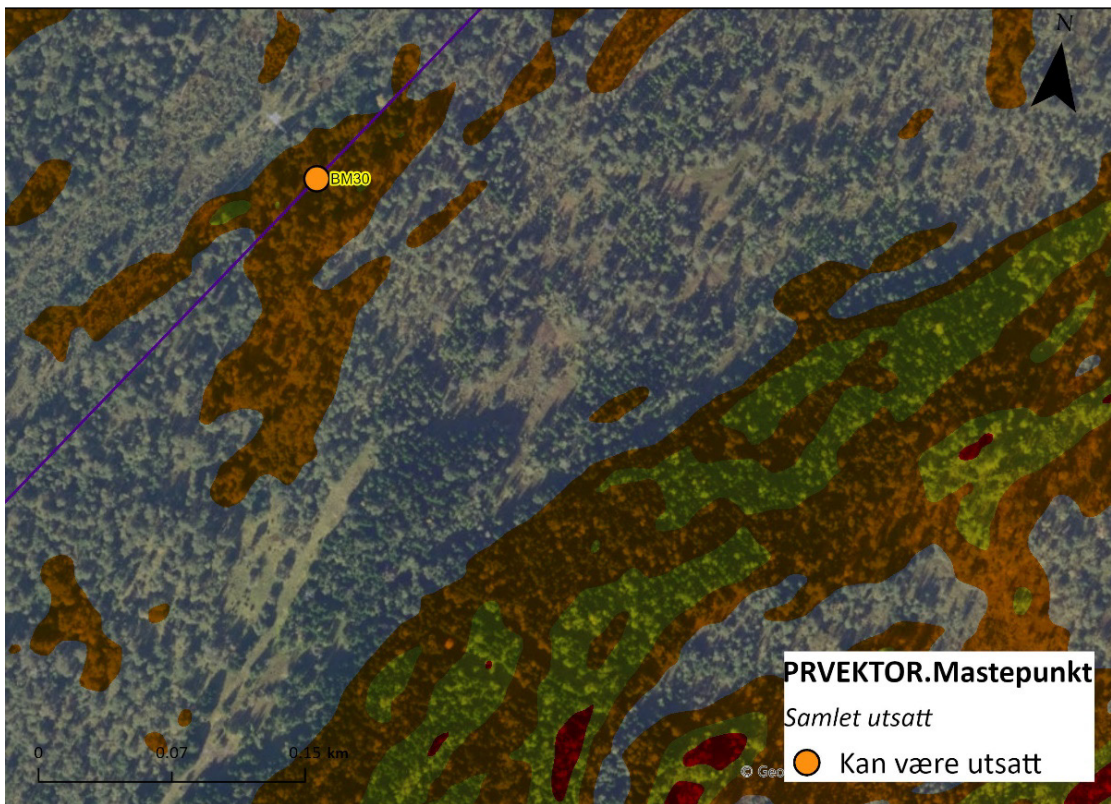
I en mer detaljert studie av terreng- og vegetasjonsforhold vurderer vi at området, både der mastepunktet står og potensielle løsneområdene ovenfor, er dekket av tett nok skog til å hindre utløsning av snøskred (Figur 9-27). Skogen vil også gi en viss forankring for snøen slik at effekten av snøsig begrenses.

Fra vår vurdering er nominell årlig sannsynlighet for at masten blir truffet av skred **mindre** enn 1/150.

| Utsatt? | Type | Sannsynlighet | Treffvinkel (°) | Fallhøyde (m) |
|-------------|----------|---------------|-----------------|---------------|
| Ikke utsatt | Snøskred | <1/150 | ikke relevant | ikke relevant |



Figur 9-26 Hellingskart som viser plasseringen av mast BM30.



Figur 9-27 Bratte områder er dekket av skog.

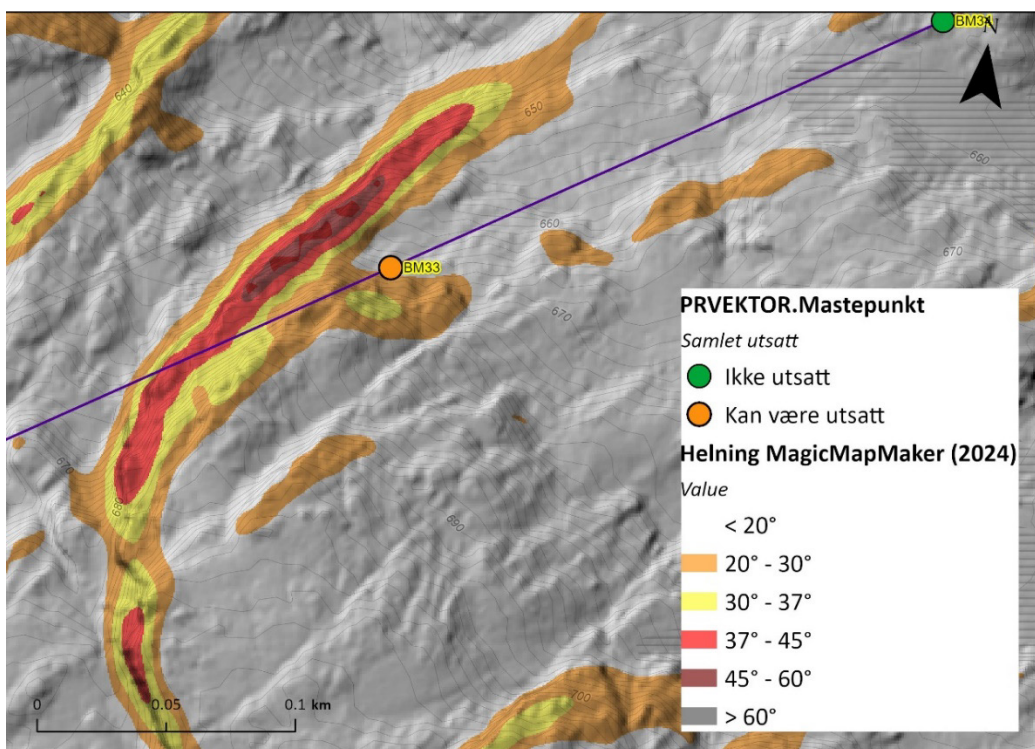
9.12 Mastepunkt BM33

Mastepunktet ligger i et bratt parti som i innledende fase ble vurdert som potensielt utsatt for snøskred. Terrenget ligger også til rette for snøsig.

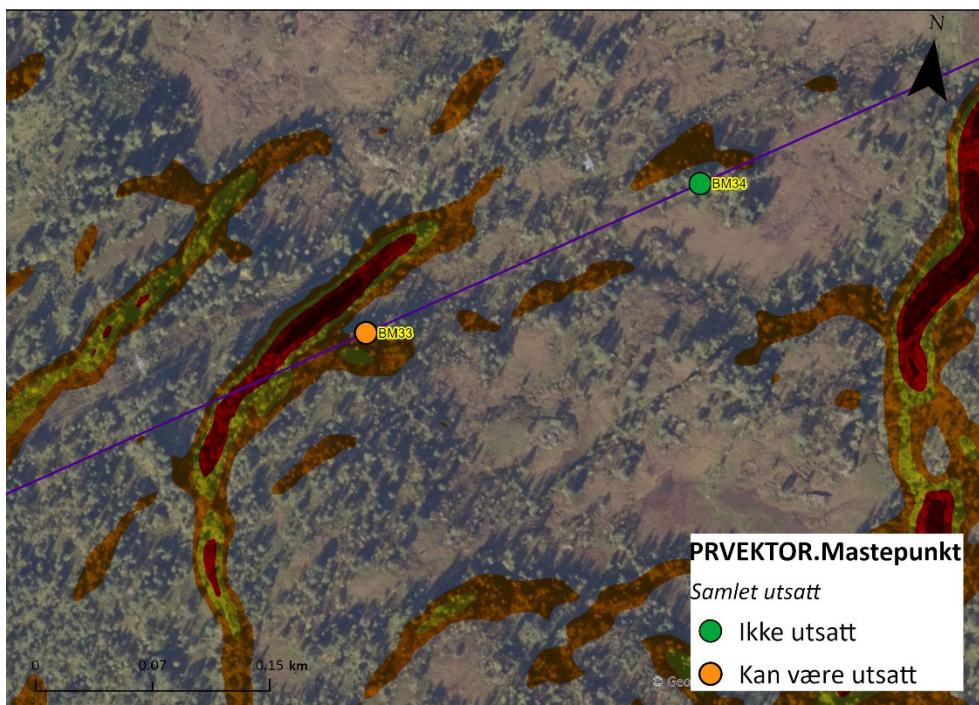
I en mer detaljert studie av terreng- og vegetasjonsforhold vurderer vi at området er dekket av tett nok skog til å hindre utløsning av snøskred (Figur 9-29).

Fra vår vurdering er nominell årlig sannsynlighet for at masten blir truffet av skred **mindre** enn 1/150. Snøsig er ikke vurdert i detalj, siden det mangler snødata fra stedet.

| Utsatt? | Type | Sannsynlighet | Treffvinkel (°) | Fallhøyde (m) |
|-------------|----------|---------------|-----------------|---------------|
| Ikke utsatt | Snøskred | <1/150 | ikke relevant | ikke relevant |



Figur 9-28 Hellingskart som viser plasseringen av mast BM33.



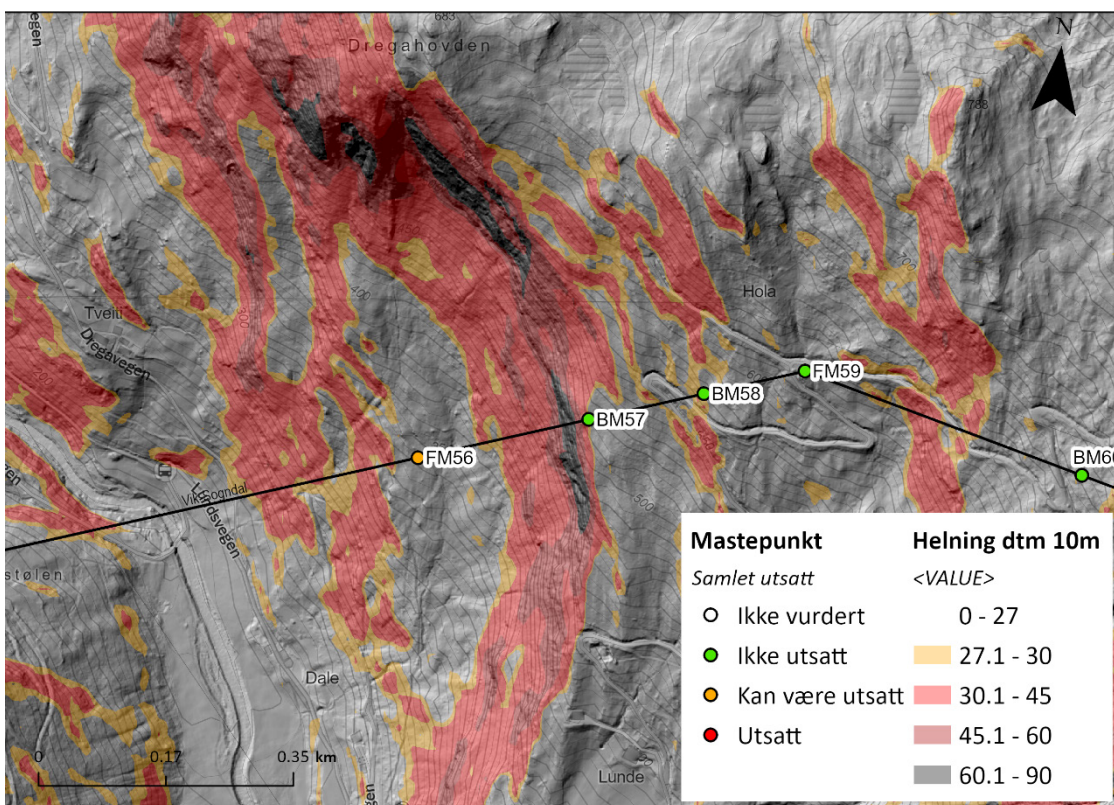
Figur 9-29 Bratte områder med skog.

9.13 Mastepunkt FM56

Masten ligger i en vestvendt bolle, der enkelte partier er brattere enn 30 grader og i toppen er det områder over 45 og 60 grader. Vegetasjonsforholdene i fjellsiden tilsier imidlertid at snøskred er mindre sannsynlig, men de bratteste områdene utgjør potensielle løснеområder for steinsprang (Figur 9-31). På dronebilder fra området er det synlig noe som kan være steinsprangblokker, dette er imidlertid mer i fallinjen fra det vestligste bratte området. Mast FM 56 er plassert mellom fallinjene til de mest aktuelle løснеområdene for steinsprang, og i tillegg på en svak rygg. Dette gjør den mindre utsatt for å bli truffet av steinsprang. Figur 9-32 viser simuleringresultater for den dynamiske modellen RockyFor3D, som underbygger disse vurderingene.

Fra vår vurdering er nominell årlig sannsynlighet for at masten blir truffet av skred **mindre** enn 1/150.

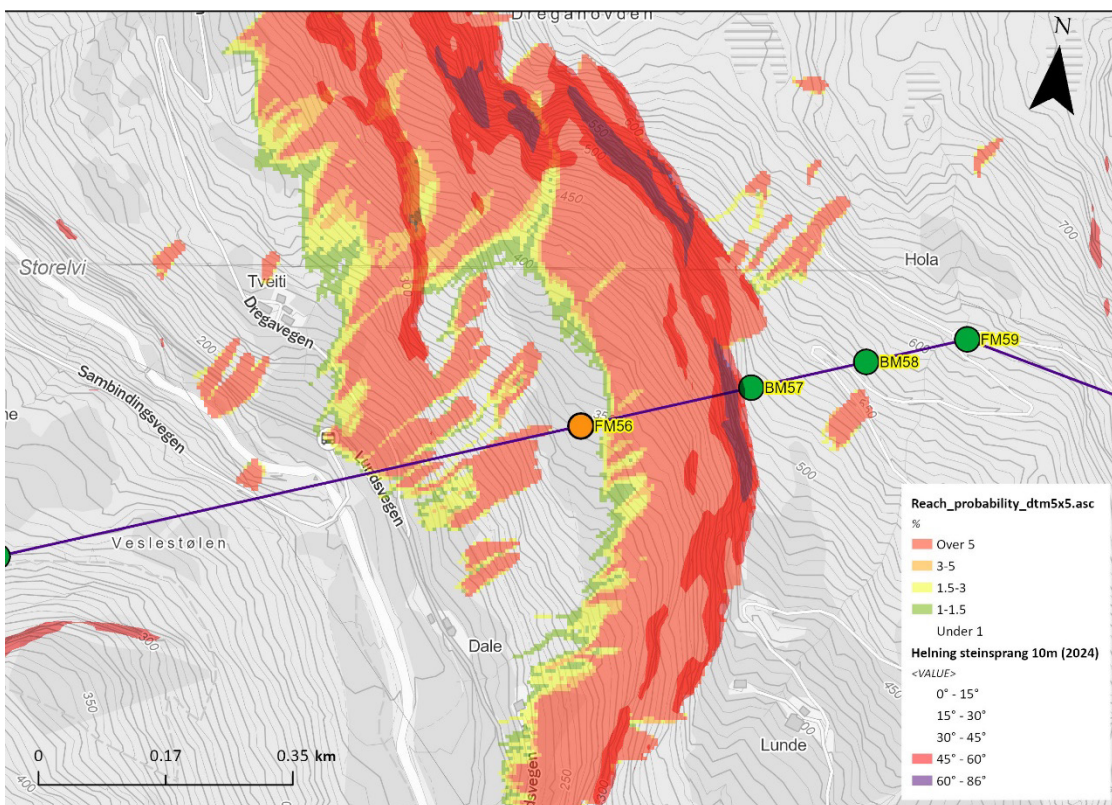
| Utsatt? | Type | Sannsynlighet | Treffvinkel (°) | Fallhøyde (m) |
|-------------|-------------|---------------|-----------------|---------------|
| Ikke utsatt | Steinsprang | <1/150 | ikke relevant | ikke relevant |



Figur 9-30 Helligskart som viser plasseringen av mast FM56.



Figur 9-31 Oversikt over fjellsiden ved plasseringen til FM 56. Pilen viser omtrentlig maste-plassering.



Figur 9-32 Viser resultat fra simulering med den dynamiske steinsprangmodellen RockyFor3D.

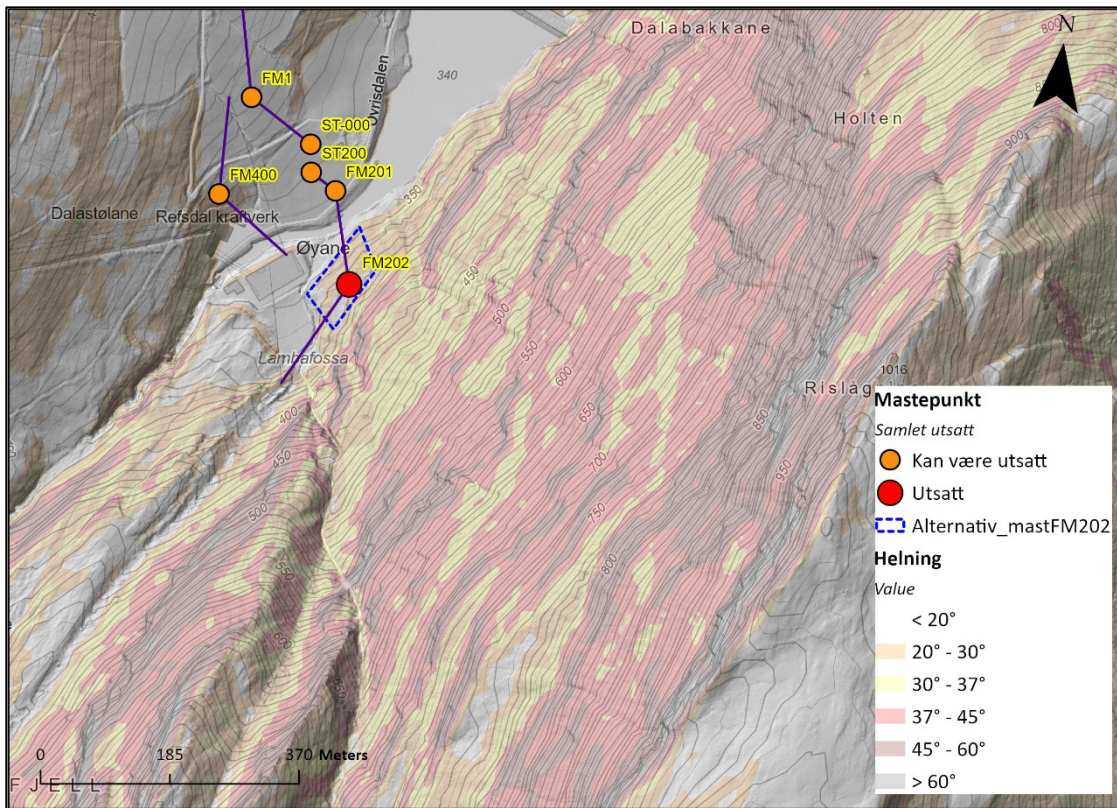
10 Vurdering av ny plassering av mast FM202

Mast FM202 er vurdert å ligge utsatt til for snøskred med en årlig nominell sannsynlighet over 1/150. I tillegg er mastepunktet plassert rett nedenfor en brattskrent (gul markering i Figur 10-1), som antakeligvis vil gi snøskred treffpunkt et stykke oppe på masten. Dette vil utgjøre et større moment på masten, i tillegg er det mer utfordrende å sikre masten i høyden.

Masten er ifølge Statnett ikke mulig å flytte helt bort fra det skredutsatte området, slik NGI anbefalte. Det er derimot mulig å flytte masten innenfor området angitt i Figur 10-2. NGI har gjort en vurdering av hvor i dette området skredkreftene er så små som mulig, og dermed hvor det er størst mulighet for å få sikret masten.



Figur 10-1 Skrent bak opprinnelig mastepunkt.



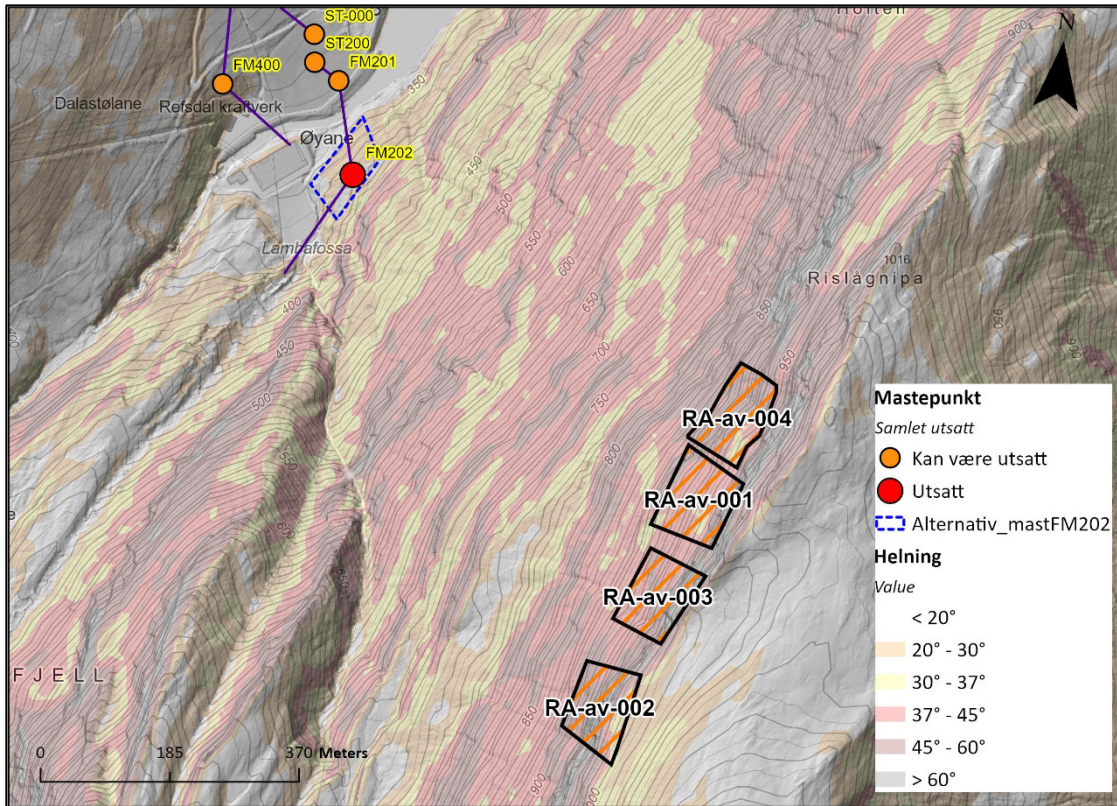
Figur 10-2 Område for alternativ plassering av mast FM202.

10.1 Modelling

RAMMS::AVALANCHE er benyttet som supplement for å vurdere skredutbredelsen. Det er testet simuleringer både med og uten relevant skog. RAMMS tar ikke hensyn til erosjon/medrivning langs skredbanen.

10.1.1 Utløsningsområder

I simuleringen ble utløsningsområde fra skredfarevurdering i NGI (2021a) brukt som utgangspunkt. Det viste seg at de to områdene lengst sørvest ikke var relevante (RA-av-002 og 003). Det ble isteden lagt til et utløsningsområde lenger nordøst (RA-av-004). Se Figur 10-3 - Figur 10-5.



Figur 10-3 Utløsningsområder brukt i simulering.



Figur 10-4 Foto av områder der vi vurderer snøskred kan løses ut (fra NGI, 2021).



Figur 10-5 Foto av områder der vi vurderer snøskred kan løses ut (fra NGI, 2021).

10.1.2 Dimensjonerende snødybde / bruddhøyde

Klimaanalyse i kapittel 2.6 viser at 3-døgns nysnøtilvekst for returperiode på 150 år er estimert ca. 175 mm (vannekvivalent). Denne verdien er korrigert for mellom annet snødrift og helling i utløsningsområdet (D0, se Tabell 10-1). Den endelige valgte bruddhøyden som brukes i simulering vurderes skjønnsmessig, basert på erfaring mellom annet med faktiske bruddhøyder og at modellen RAMMS ikke inkluderer meddriving av snø i skredbanen. I NGI (2021a) vurderes skred med returperiode 1/100-1/5000. Der blir både RAMMS::AVALANCHE og SAMOS-AT brukt for simulering av snøskred. Der er det brukt bruddhøyder 1 m, 1,5 m, 2 m, 2,5 m. Det er ikke spesifisert hvilke bruddhøyder som er brukt for å vurdere faresonene med årlig nominell sannsynlighet 1/100 og 1/1000, men det beskrives at «for et 1/5000 scenario kan vi anta en bruddhøyde på mellom 2 og 3 m, basert på klimadata (RAMMS)». I den foreliggende rapporten, med relevant returperiode 1/150, har vi også forsøkt å tilpasse oss noe i forhold til dette.

Globale parameter er valgt ut ifra en tilpassing av returperiode og utløsningsvolum i forhold til størrelseskategoriene RAMMS bruker. For de store sjeldne skredene er det benyttet L300 i NGI (2021a).

Tabell 10-2 viser bruddkanthøyder og globale parameter brukt i de ulike scenarioene.

Tabell 10-1 Utløsningsområder brukt i simulering.

| Utløsnings-område | Helling (°) | Projisert grunnareal (m ²) | D0 for returperiode 150 år (HNW 3Døgn korrigert etter Salm et al., 1990) | Tettleik (kg/m ³) | Kommentar |
|-------------------|-------------|--|--|-------------------------------|---|
| RA-av-001 | 37-45 (41) | 10 745 | Ca. 60 mm | 300 | Jevn side |
| RA-av-002 | 45-60 (55) | 9722 | Ca. 40 mm | 300 | Jevn side, noe bratt Urelevant for FM202 |
| RA-av-003 | 45-60 (45) | 9532 | Ca. 50 mm | 300 | Jevn side, noe bratt Urelevant for FM202 |
| RA-av-004 | 48 | 9691 | Ca. 50 mm | 300 | Jevn side |

Tabell 10-2 Ulike simulerte scenario.

| Scenario | Utløsnings-område | Bruddhøyde (m) | Utløsnings-volum | Globale parameter | Kommentar |
|----------|-------------------|----------------|------------------|-------------------|----------------------|
| 1 | RA-av-001 | 0,5 | 5370 | T100/S30 | Antakeligvis for små |
| 2 | RA-av-001 | 0,75 | 8060 | S100 / S30 | |
| 3 | RA-av-001 | 1,0 | 10750 | S100 / S30 | |
| 4 | RA-av-004 | 0,5 | 4850 | T100/S30 | Antakeligvis for små |
| 5 | RA-av-004 | 0,75 | 7270 | S100 / S30 | |
| 6 | RA-av-004 | 1,0 | 9690 | S100 / S30 | |
| 7 | RA-av-001 | 1,2 | 12 890 | S300 | |
| 8 | RA-av-004 | 1,2 | 11 630 | S300 | |

10.1.3 Skog

Skogtettheten varierer i utløpsområdet, men består hovedsakelig av tynn løvskog ovenfor planlagt mastpunkt for FM202. Vi antar at denne løvskogen ikke har betydning for utløsning eller utløp av snøskred med returperiode på 1/150, men vil kunne bli en del av skredmassene og dermed øke tettheten (og videre øke skredtrykket som påføres objekter i skredbanen).

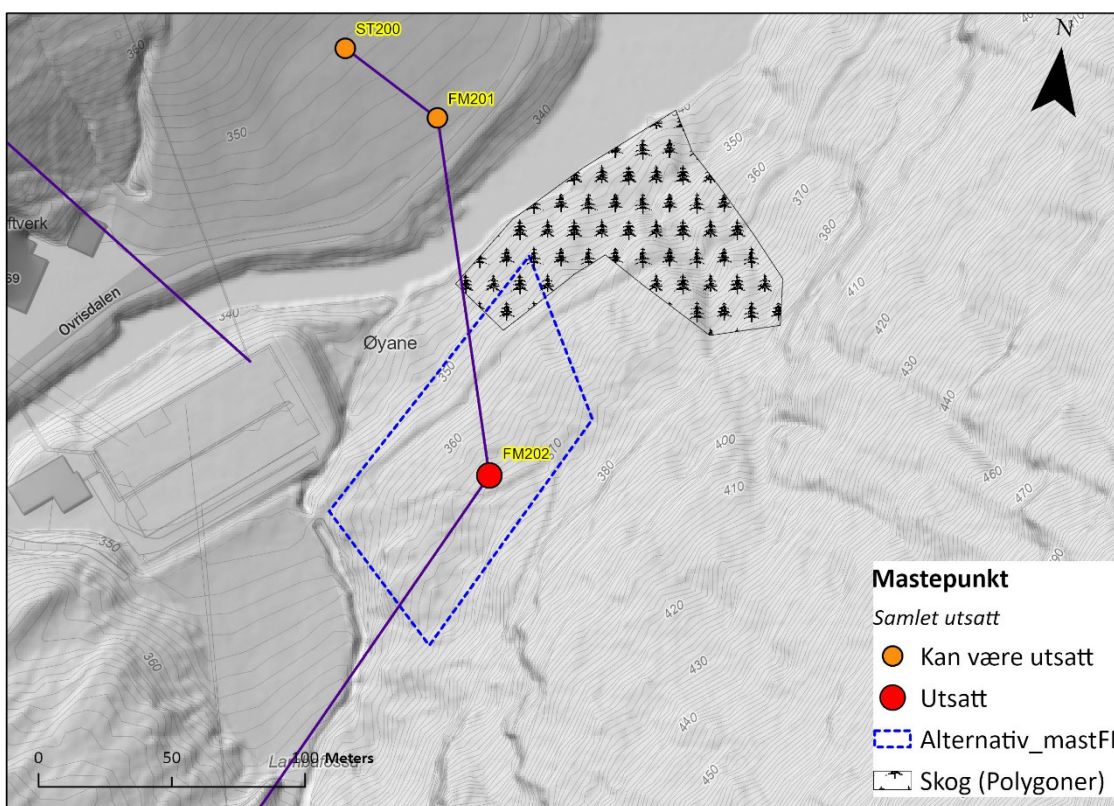
Vest for planlagt punkt er det et lite felt med plantet gran (Figur 10-6). I NGI (2017) er denne plantede skogen som står i vurdert å kunne «ha en bremsende effekt på snøskred med sannsynlighet 1/100 og 1/1000».

Skog i nedre del av en fjellside har likevel i de fleste tilfeller liten eller ingen betydning for utløpet av skred. Det er kjørt noen simuleringer som tar inn effekt av skog, som gjenspeiler denne vurderingen.

Denne skogen er imidlertid ikke innenfor området Statnett har avgrenset for alternativ plassering av mast (Figur 10-7).



Figur 10-6 Stort sett er det tynn løvskog i fjellsiden, og i nedre del nordøst for mastepunktet er det også noe plantet granskog.



Figur 10-7 Område for granskog.

10.1.4 Resultat

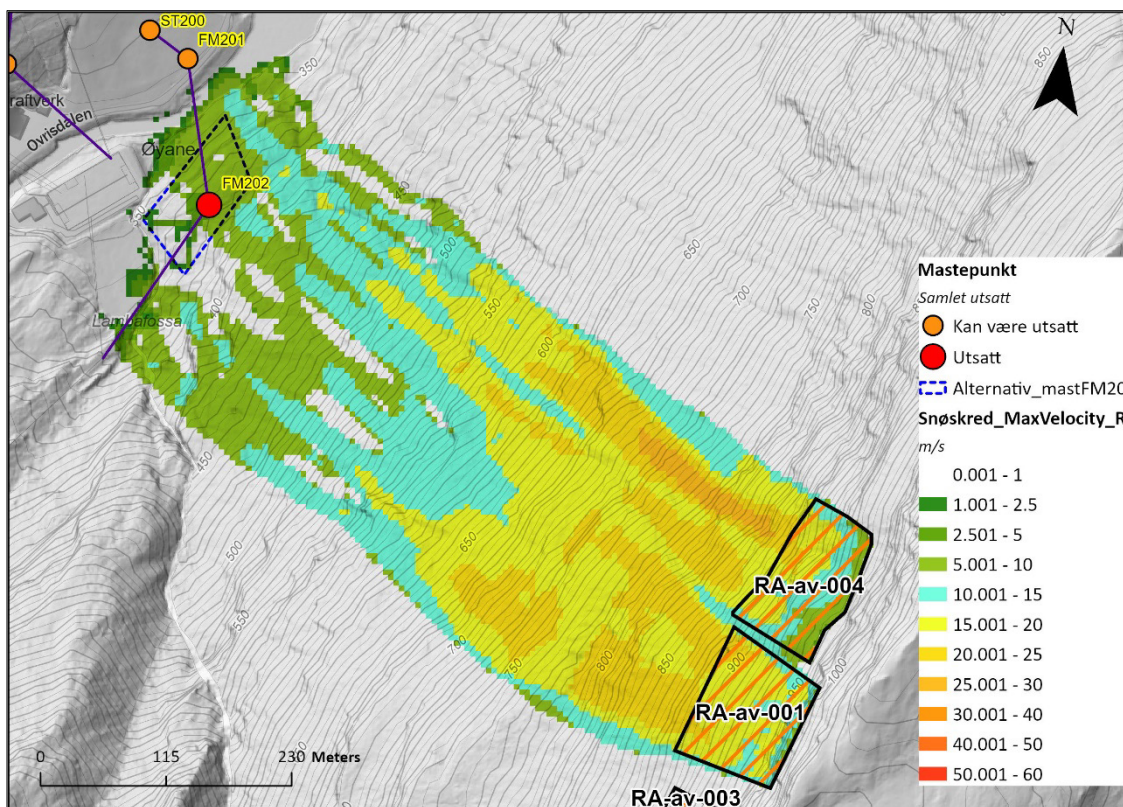
Et utvalg av resultat fra RAMMS-simuleringene (uten effekt av skog) er vist i figurer nedenfor.

Med de minste skredene, scenario 1 og 4, treffer skredene de nordøstligste delene av området med en hastighet på 5-10 m/s og en flyte høyde på 0,5-1,0 m (Figur 10-8 og Figur 10-9). Antakeligvis er disse scenarioene noe små i forhold til hva vi forventer.

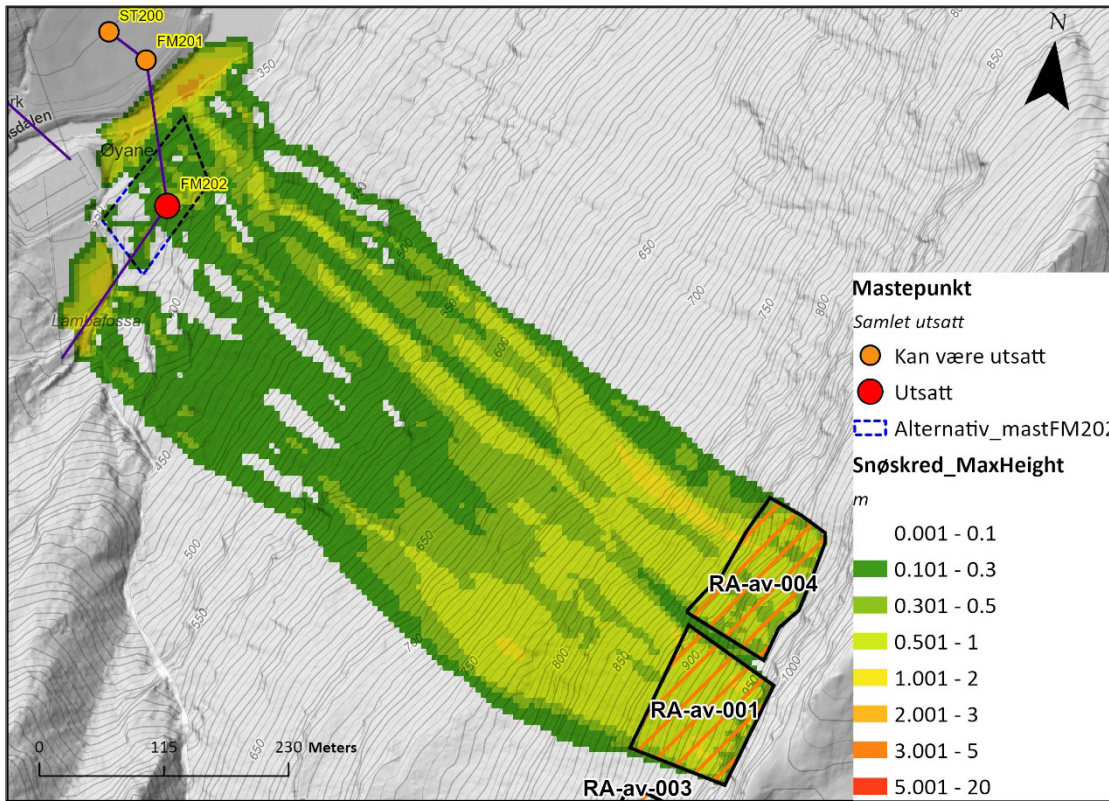
Med de største skredene, scenario 3, 6, 7 og 8 treffer skredene den sørvestligste delen av området med en hastighet på 5-10 m/s og 10-15/20 m/s i nordøstre del, og en flyte høyde på henholdsvis 0,1-0,5 m og 0,5-1,2 m (Figur 10-10 - Figur 10-15 Figur 10-13).

I tillegg til flyte høyden kommer snø på bakken.

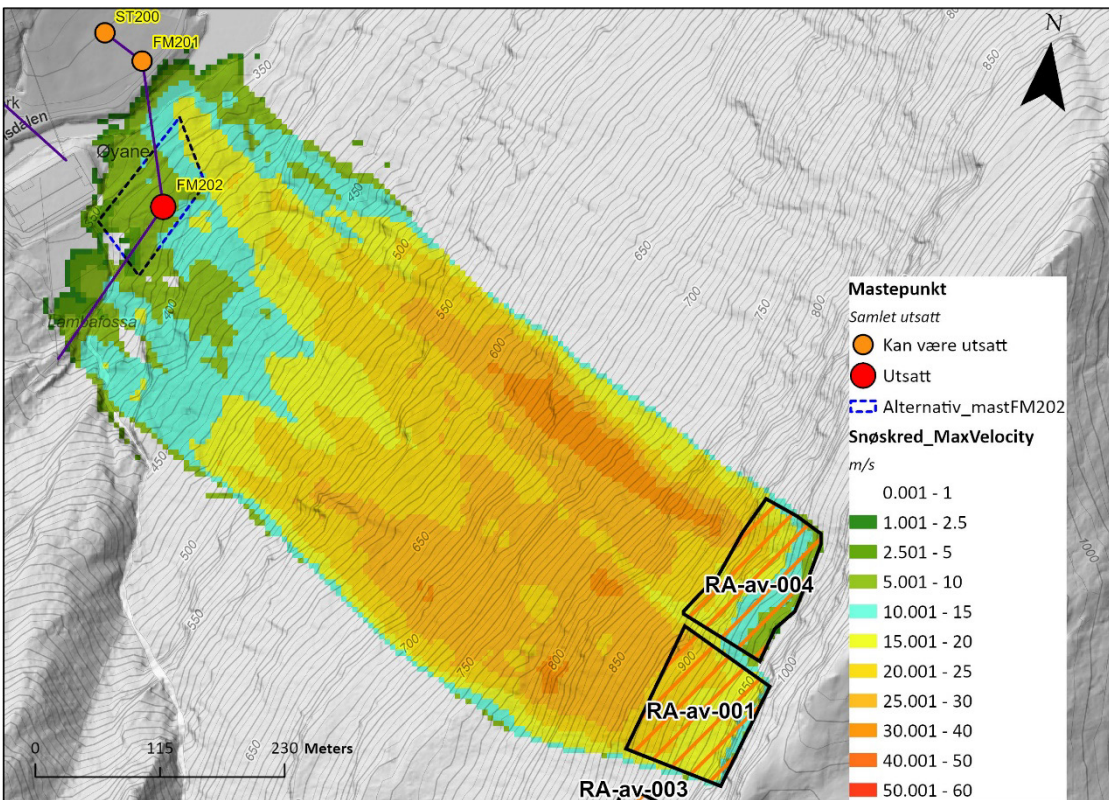
Disse resultatene stemmer også med våre vurderinger av hvordan terrenget ovenfor området vil påvirke skredutbredelsen.



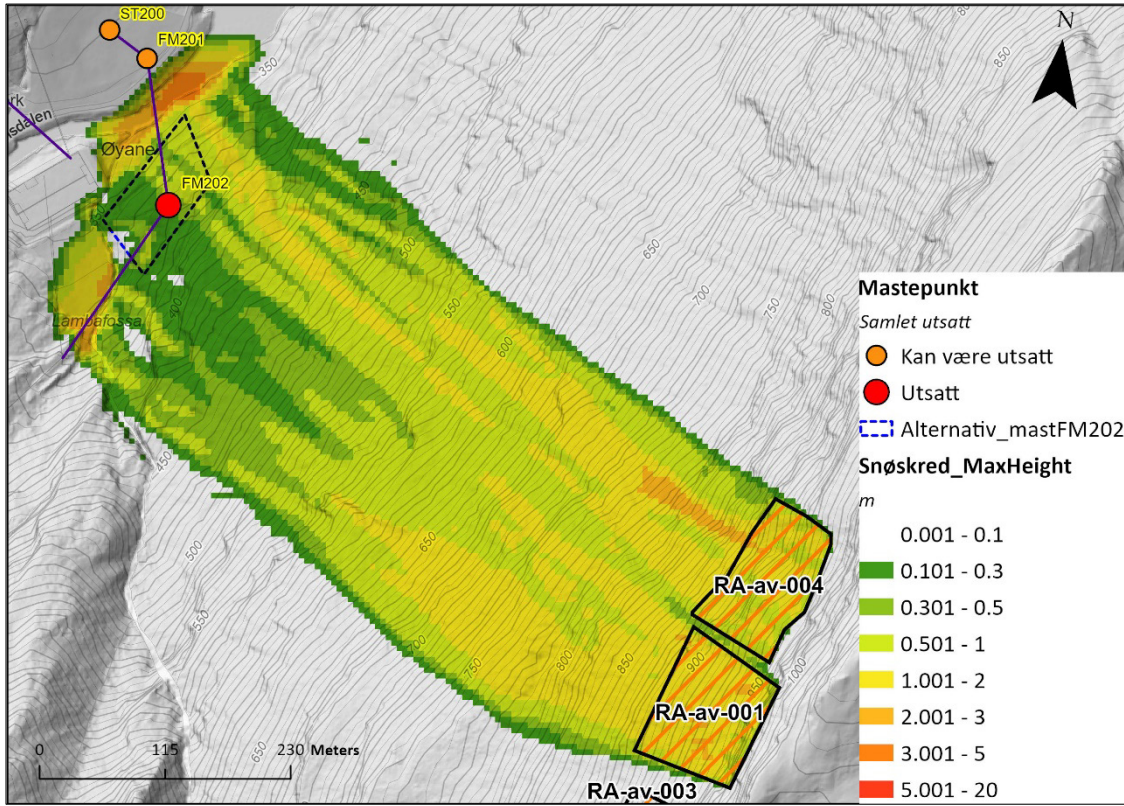
Figur 10-8 Hastighet for scenario 1 og 4, bruddhøyde 0,5 m (S30).



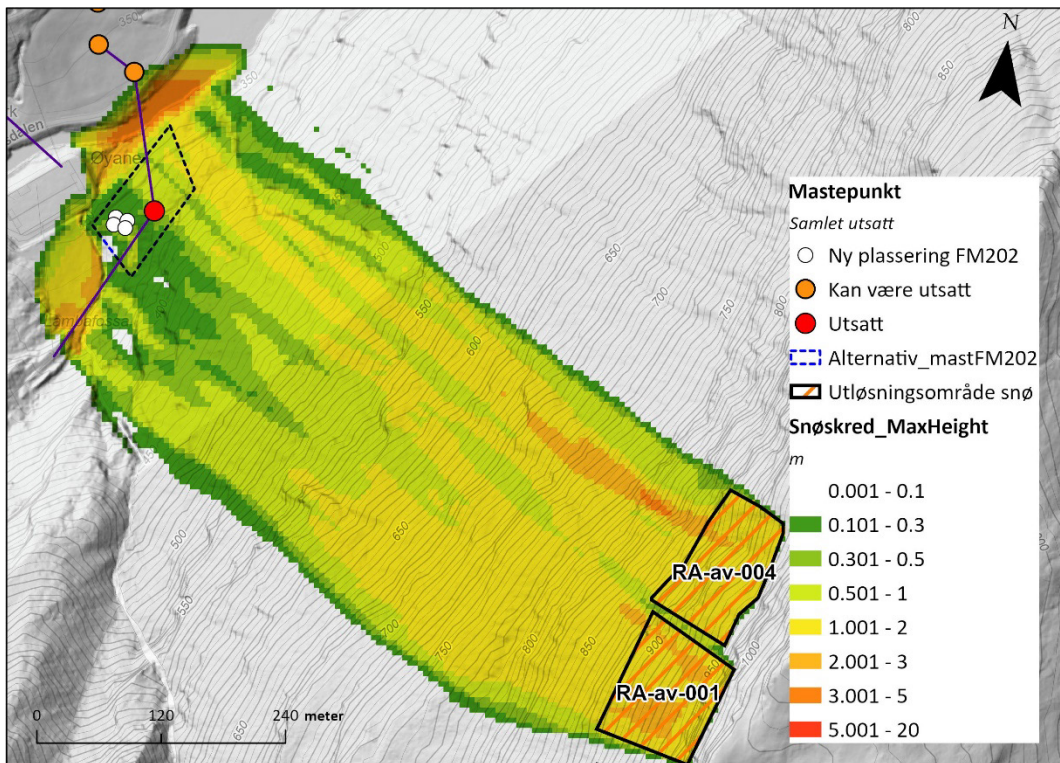
Figur 10-9 Flyte høyde for scenario 1 og 4, bruddhøyde 0,5 m (S30).



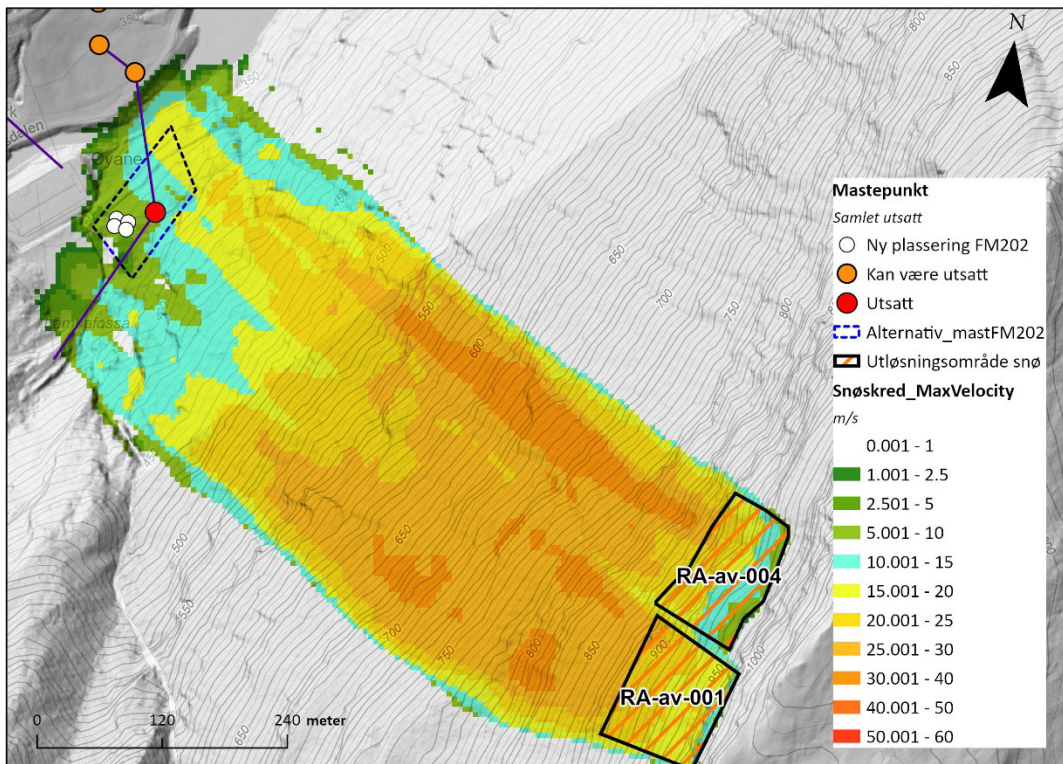
Figur 10-10 Hastighet for scenario 3 og 6, bruddhøyde 1,0 m (S100).



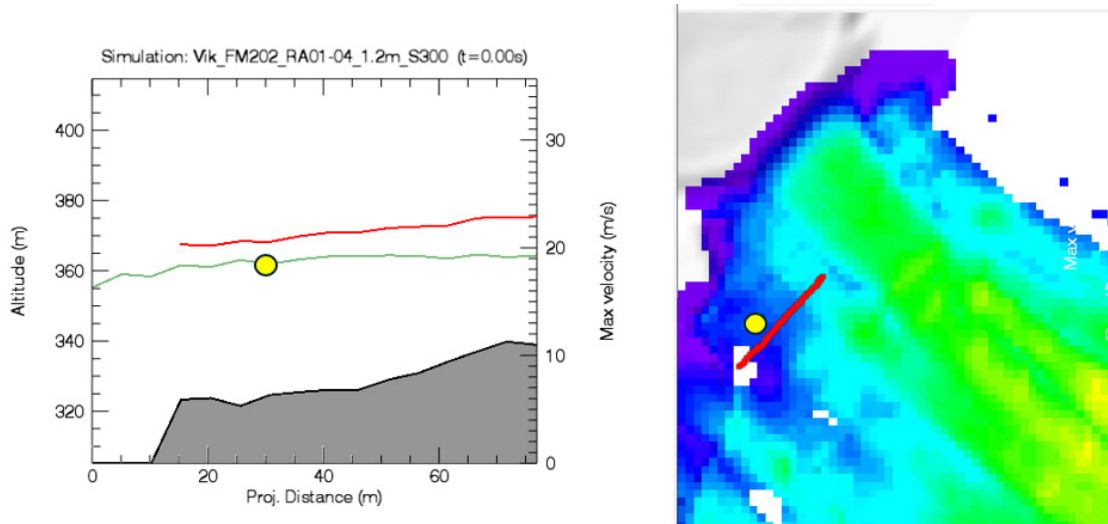
Figur 10-11 Flyte høyde for scenario 3 og 6, brudd høyde 1,0 m (S100).



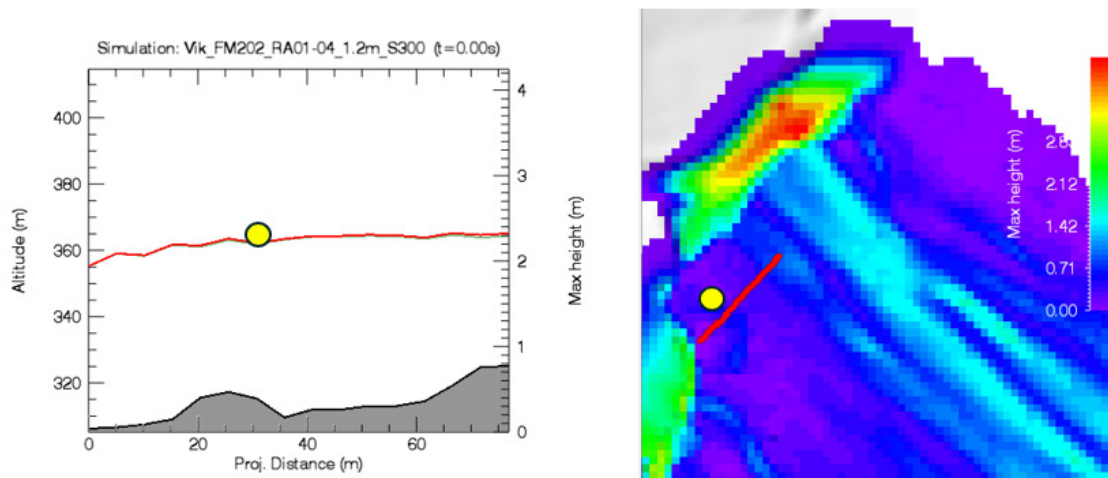
Figur 10-12 Hastighet for scenario 7 og 8, bruddhøyde 1,2 m (S300).



Figur 10-13 Hastighet for scenario 7 og 8, bruddhøyde 1,2 m (S300).



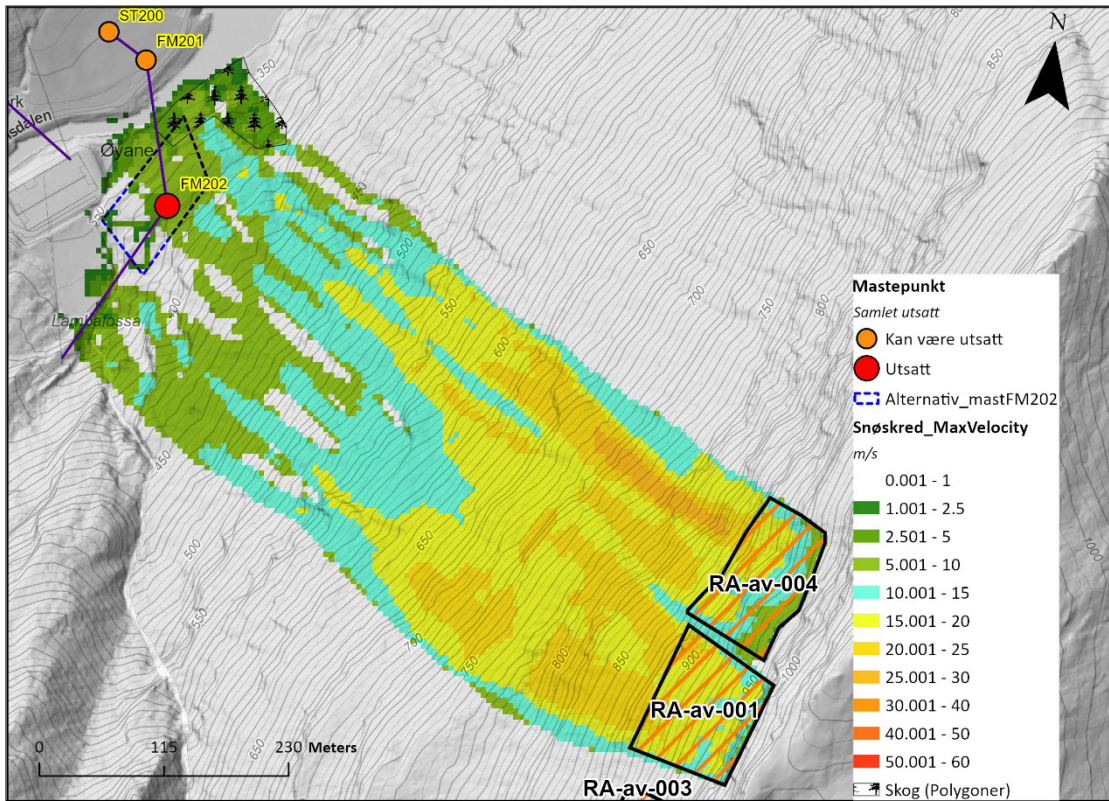
Figur 10-14 Hastighetsprofil i området ved nytt mastepunkt (omtrentlig markert i gult). Grått felt viser hastighet (leses av til høyre), grønn linje viser terrengoverflate (leses av til venstre) og rød linje viser hastighet plusshøydde (leses av til venstre). T.h: viser hvor profilen er hentet ut. Scenario 7 og 8.



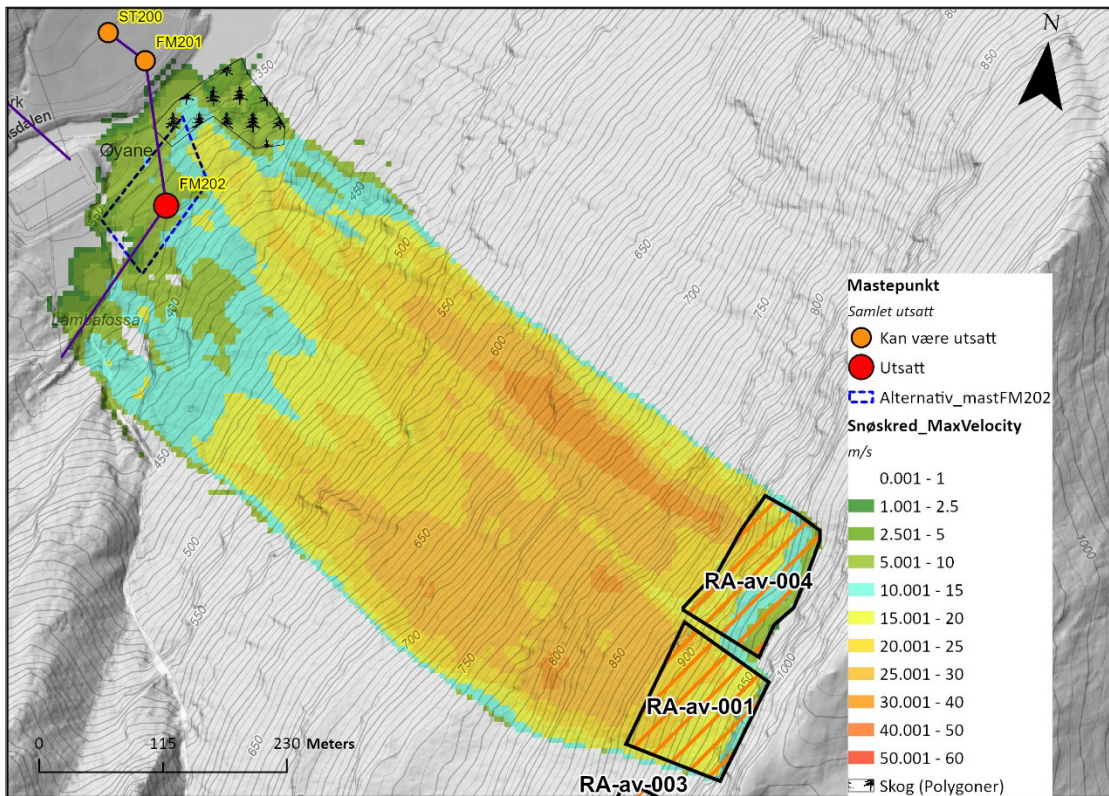
Figur 10-15 Flyte høydeprofil i området ved nytt mastepunkt (omtrentlig markert i gult). Grått felt viser flyte høyde (leses av til høyre), grønn linje viser terrengoverflate (leses av til venstre) og rød linje viser flyte høyde over terrengoverflate (leses av til venstre). T.h: viser hvor profilen er hentet ut. Scenario 7 og 8.

10.1.4.1 Simulering med skog

Figur 10-16 og Figur 10-17 viser simuleringer med skog inkludert. Disse indikerer at hastigheten i området der skogen står blir noe redusert, men gjenspeiler vår vurdering om at skogen har liten betydning for utløp.



Figur 10-16 Simulering med skog for scenario 1 og 3, bruddhøyde 0,5 m (S30).



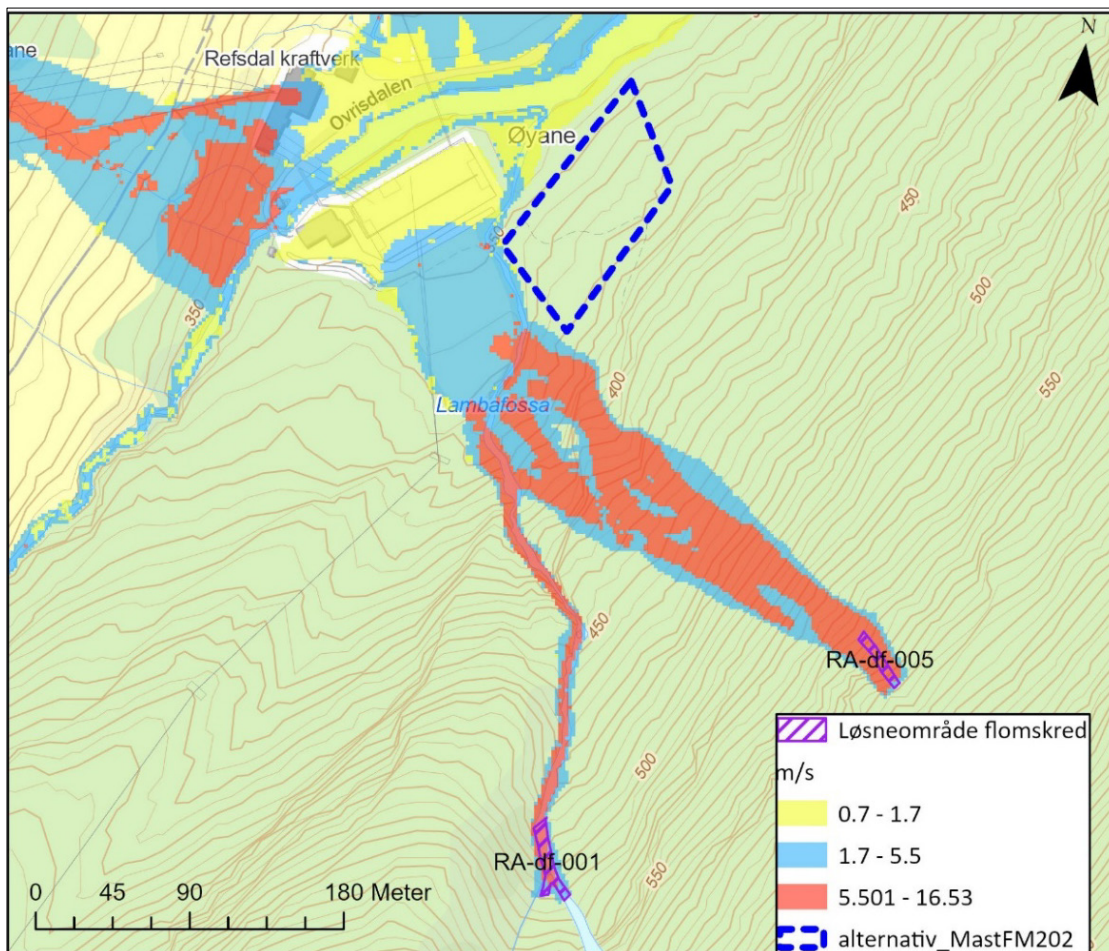
Figur 10-17 Simulering med skog for scenario 3 og 6, bruddhøyde 1,0 m (S100).

10.2 Vurdering av alternativ plassering

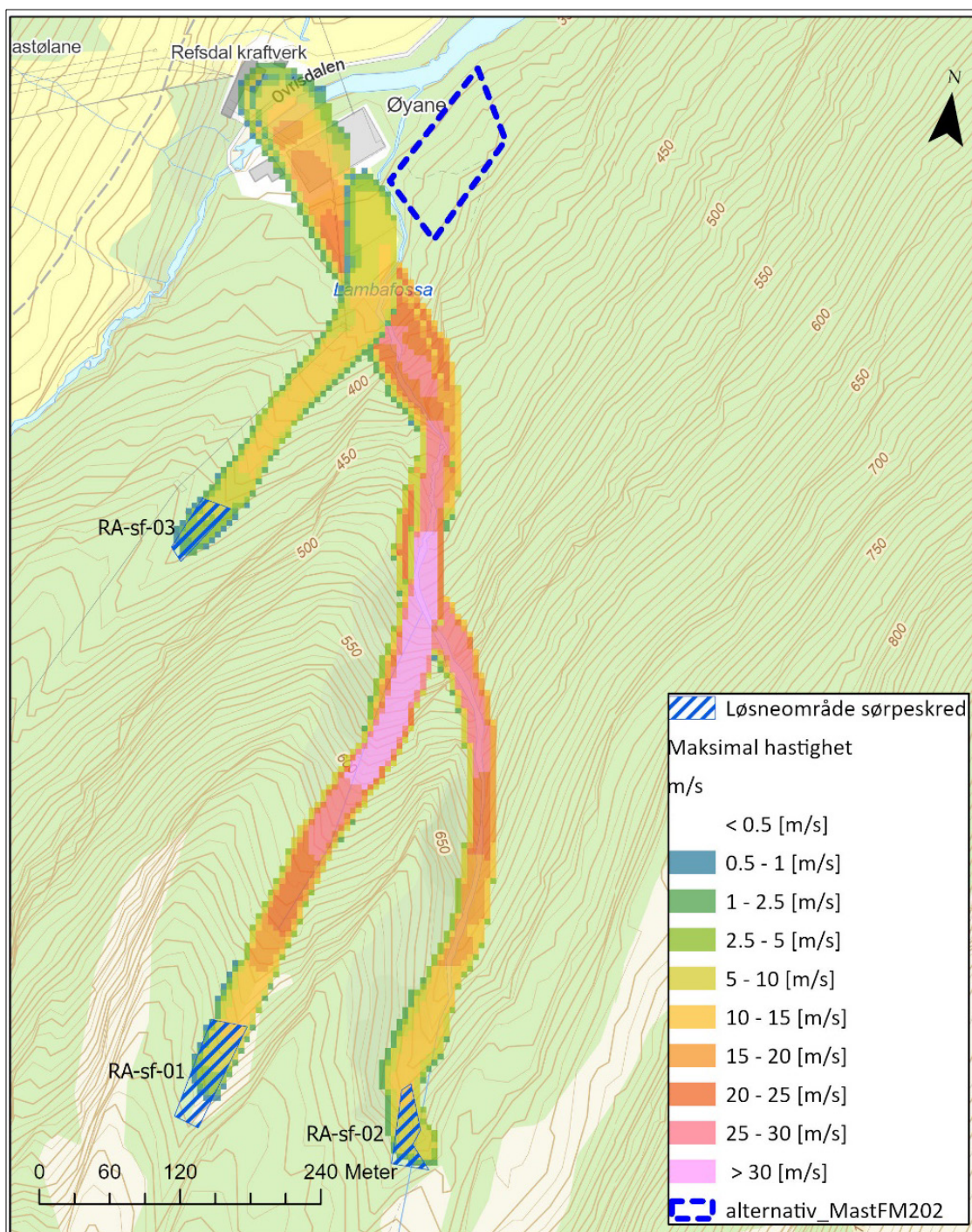
Basert på simuleringsresultat kan det se ut som skred har en noe kortere utbredelse i sørvestlige deler av området. De større skredene har lavest hastighet og flyte høyde i disse delene, og de minste skredene ser ut til å stoppe ovenfor området. En maste-plassering i denne delen av området vil antakeligvis gi et gunstig utgangspunkt for objektsikring mot snøskred.

Lengst sørvest kommer man imidlertid nærmere elven, der sørpe- og flomskred-problematikk blir mer aktuelt. Ifølge vurderingen i NGI (2021) grenser utløpet til flom- og sørpeskred til det avgrensede området aktuelt for flytting av mast (Figur 10-18 og Figur 10-19). Dermed er det heller ikke gunstig å sette masten alt for langt mot elven Lambafossa. Likevel, terrenget langs elven er relativt bratt mot øst, noe som antakeligvis hindrer stor spredning av skredmasser i denne retningen, og i tillegg en svak rygg som masten kan plasseres nedenfor (Figur 10-20).

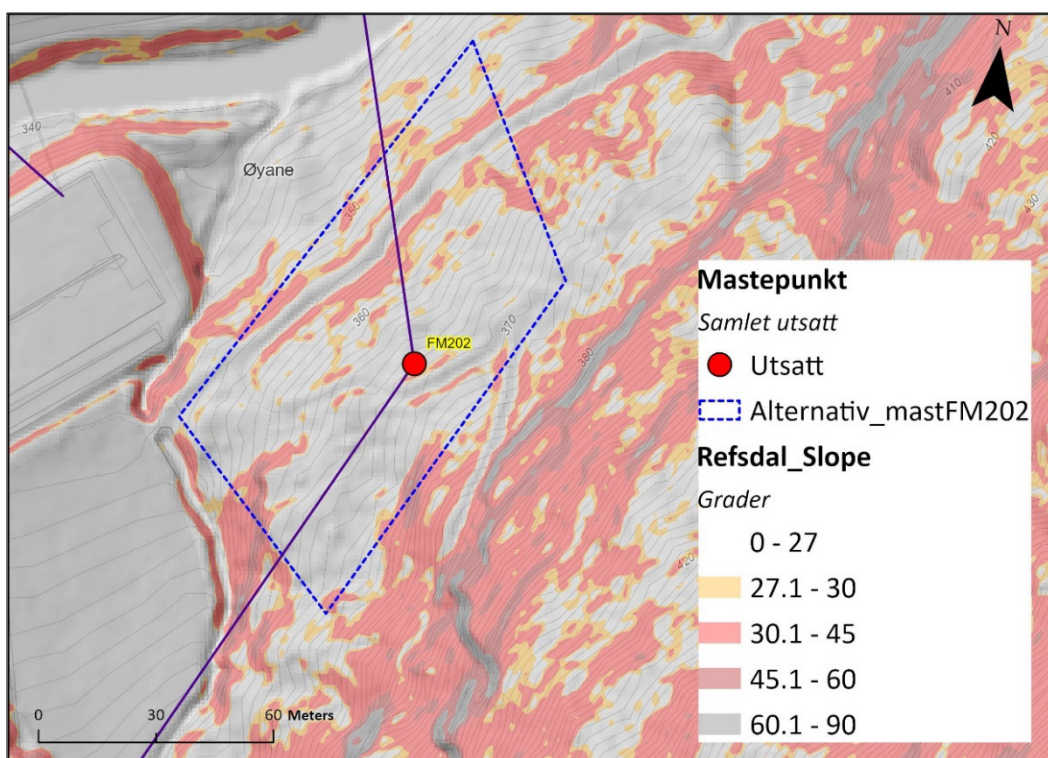
Figur 10-21 og Figur 10-22 viser forslag til omtrentlig plassering av mast, basert på innledende analyser av skredhastighet og flyte høyder for skred med returperiode på 1/150, samt kort vurdering av sørpe- og flomskredproblematikk og terrenget.



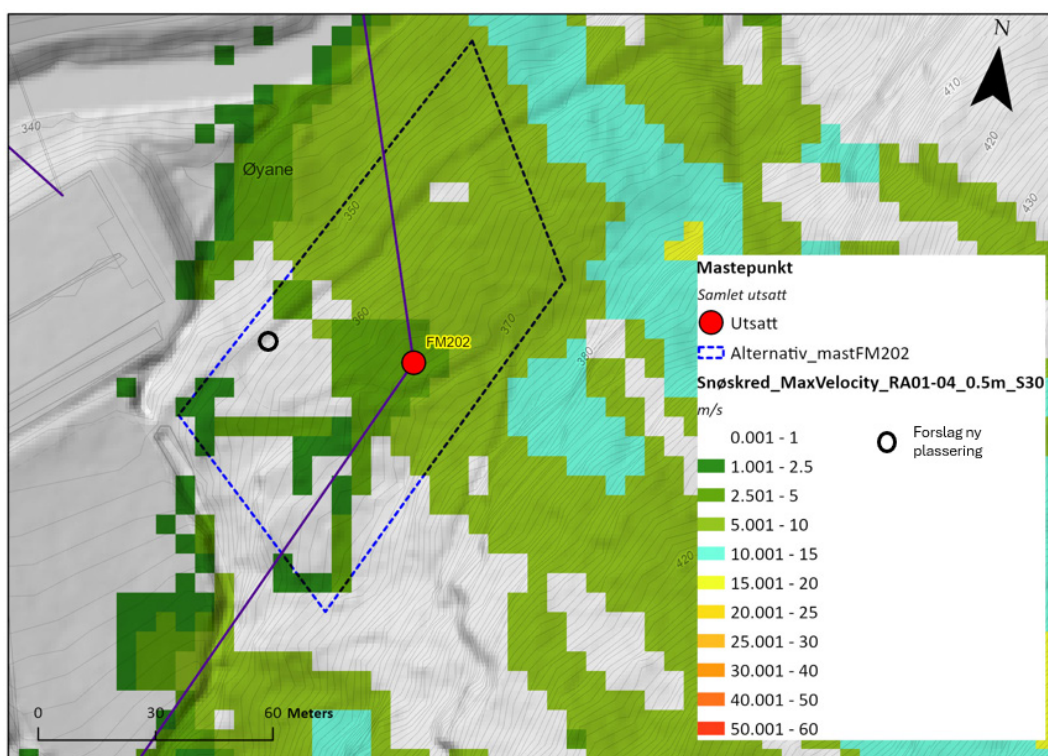
Figur 10-18 Eksempel på flomskredsimulering fra NGI (2021).



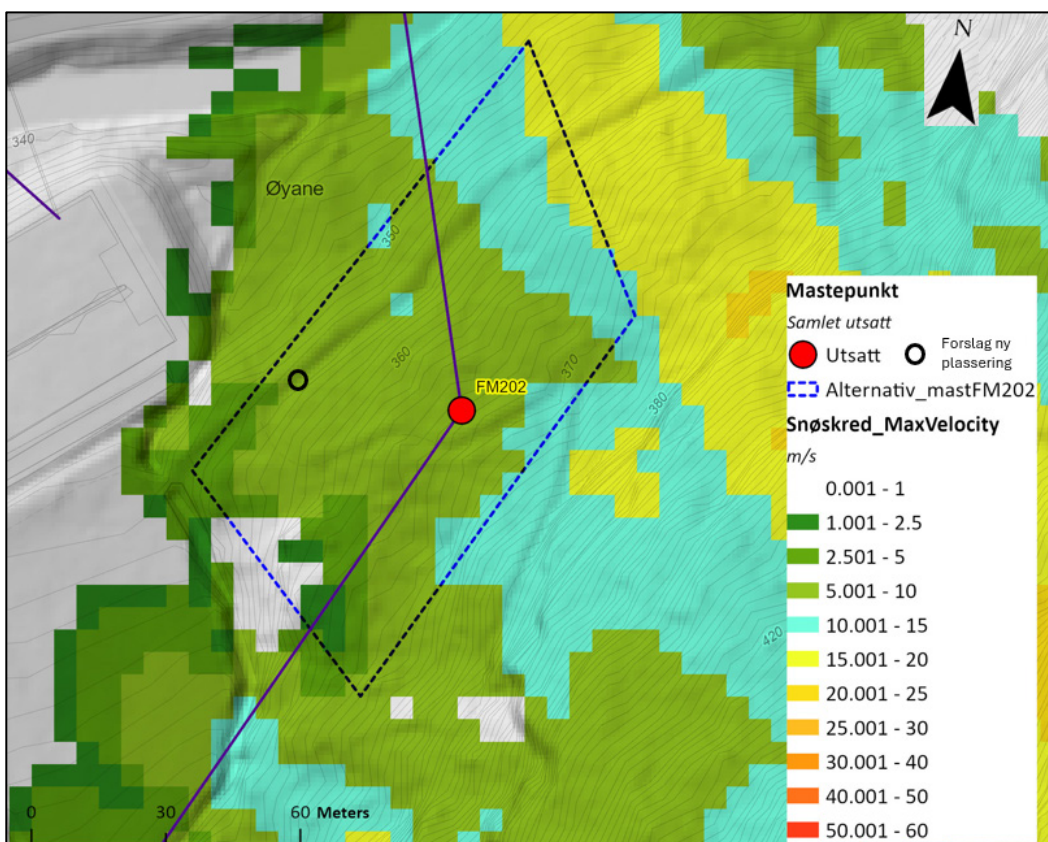
Figur 10-19 Eksempel på sørpeskredsimulering fra NGI (2021).



Figur 10-20 Bratt terreng langs elven Lambafossa, og en svak rygg, vil hindre stor spredning av sørpe- og flomskredmasser østover.



Figur 10-21 Forslag til omtrentlig ny plassering av mast. Scenario 1 og 4.



Figur 10-22 Forslag til omtrentleg ny plassering av mast. Scenario 3 og 6.

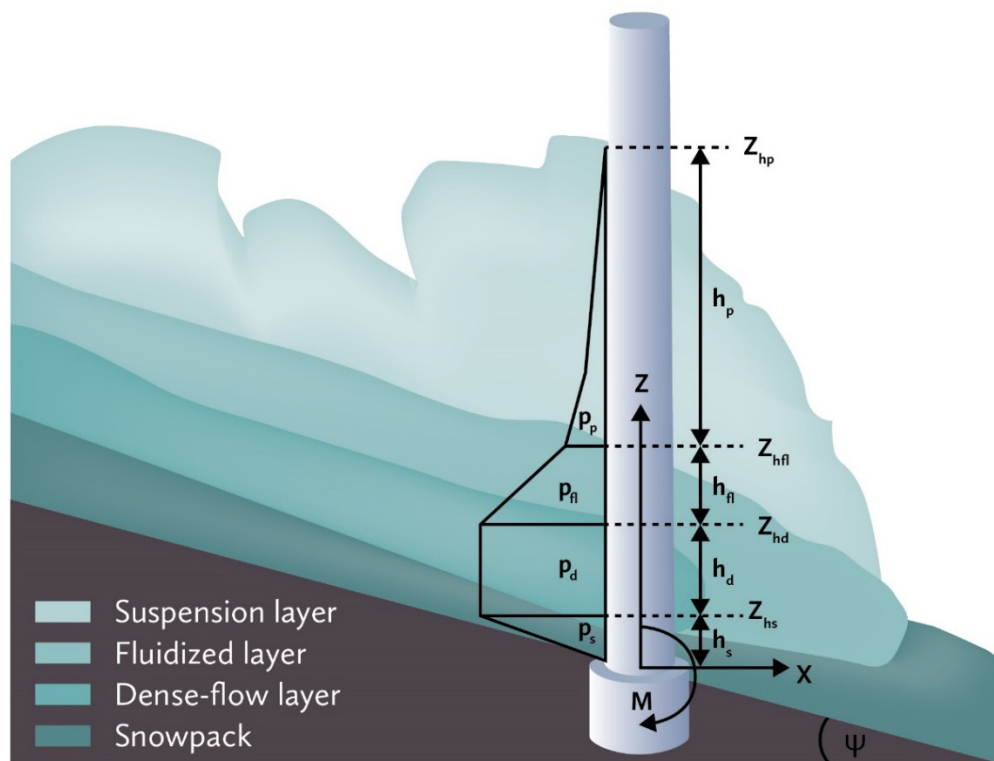
11 Metodikk for beregning av snøskredlaster

11.1 Generelt om snøskredlaster

Tørre snøskred (flakskred) er dimensjonerende skredtype for mastepunktet FM202. Typiske store tørre snøskred (fallhøyde > 300 m) kan eksempelvis ha en hastighet på 30-40 m/s (ca. 100-150 km/t) over en større strekning i den delen av skredbanen hvor hastigheten er størst. Generelt er maks hastighet avhengig av fallhøyden av skredet. Når skredet kommer inn i slakere terreng så bremses det ofte relativt raskt opp.

Tørre snøskred har en kjerne av skredsnø (*flytelag*) som strømmer langs bakken med typisk tykkelse 1-3 m og tetthet eksempelvis 200 kg/m³. Over dette blir tettheten til skredsnøen gradvis mindre, og skredtrykket avtar ofte til null først 10-30 m over bakken. Dersom det er muligheter for meddriving av andre typer material (for eksempel trær) kan imidlertid tettheten øke.

Et snøskred i bevegelse kan deles i tre lag som er *flytelaget* nederst, deretter det *fluidiserte laget*, og høyere opp *snøskyen*. På engelsk brukes termene *dense-flow layer*, *fluidized layer* og *suspension layer*. Figur 11-1 viser en prinsippskisse av trykkfordeling fra snøskred mot en mast. Merk at skredtrykket i snøen under flytelaget går fra null ved bakken, og øker lineært opp til trykket i flytelaget.



Figur 11-1 Prinsippskisse for dynamisk trykkfordeling fra snøskred mot en mast (Jóhannesson et al., 2009).

11.2 Formelverk for beregning av snøskredlaster

Det er begrenset kunnskap om interaksjonen mellom skred og objekter, og det forskes fortsatt på dette (Gauer&Kristensen 2016, Jaedicke et. al. 2008).

Tradisjonelt kan skredtrykk fra et snøskred beregnes fra følgende formel:

$$p_C = C_D \rho \frac{u^2}{2} \quad (1)$$

hvor

| | |
|--------|---|
| p | = Skredtrykk (kPa) |
| C_D | = Motstandsfaktor |
| ρ | = Tetthet av skredmasser (kg/m ³) |
| u | = Skredhastighet (m/s) |

Eksempelvis kan skredtrykket mot et kvadratisk objekt med hvor C_D er lik 2 uttrykkes som $p \approx \rho u^2$

Erfaring viser at motstandsfaktoren C_D avhenger både av geometrien til objektet som treffes av skredet, og skredets egenskaper. Eksempelvis er C_D høyere for et vått snøskred som treffer en mast enn for et tørt snøskred som treffer en mast.

NGIs har verifisert en forbedret metodikk for beregning av skredlaster mot små objekter som kraftmaster. Metodikken avviker noe fra formelen over og er beskrevet av Gauer & Kristensen 2016. Metodikken beregner skredlast for de faste massene via Froude-tallet Fr , som uttrykker forholdet mellom treghetskrefter og tyngdekrefter.

Utgangspunkt for å beregne trykk på en mast er det dynamiske trykket, p_{dyn}

$$p_{dyn} = \rho_{av} \frac{u^2}{2} \quad (2)$$

hvor

| | |
|-------------|---|
| u | = Skredhastighet (m/s) |
| ρ_{av} | = Tetthet skred, avalanche (kg/m ³) |

Trykket på en mast er det dynamiske trykket multiplisert med en motstandsfaktor C_D :

$$p_C = C_D p_{dyn} \quad (3)$$

C_D varierer med geometrien på masten (bena) og skredtype (tørt eller våt). Det bemerkes at våte snøskred kan ha vesentlig høyere C_D enn tørre skred, og derfor må master dimensjoneres for både tørre og våte snøskred.

For å angi last fra snøskred mot en mast kan motstandsfaktoren, C_D , uttrykkes som produktet av to ledd med følgende formel:

$$C_D = C_{Dgeo} C_{Dfr} \quad (4)$$

hvor

C_{Dgeo} = Geometrisk motstandsfaktor, avhengig av mastens utforming
 C_{Dfr} = Flyteregimets motstandsfaktor, avhengig av snøforholdene og antas uavhengig av mastens geometri

Flyteregimets motstandsfaktor, C_{Dfr} beregnes uavhengig av mastegeometrien og finnes ved hjelp av Froude tallet, F_r som beregnes slik:

$$F_r = \frac{u}{\sqrt{gh_f}} \quad (5)$$

hvor

F_r = Froude-tallet
 u = Skredhastighet (m/s)
 g = Tyngdens akselerasjon = 9.8 m/s²
 h_f = Flyte høyde (tykkelse) av faste masser (m)

For flytelaget uttrykkes flyteregimets motstandsfaktor slik:

$$C_{Dfr} \approx \left(1 + \frac{f_b}{F_r^2} \right) \quad (6)$$

hvor

F_r = Froude-tallet
 f_b = Faktor b, se Tabell 11-1

For snøskyen uttrykkes flyteregimets motstandsfaktor slik:

$$C_{Dfr} \approx 1 \quad (7)$$

For det fluidiserte laget uttrykkes flyteregimets motstandsfaktor slik:

$$1 \leq C_{Dfr} \leq \left(1 + \frac{f_b}{F_r^2} \right) \quad (8)$$

Skredtrykket fra flyteregimet, p_{fr} er uavhengig av mastegeometrien og kan uttrykkes som produktet av flyteregimets motstandsfaktor og dynamisk trykk slik:

$$p_{fr} = C_{Dfr} \rho \frac{u^2}{2} \quad (9)$$

hvor

p_{fr} = Skredtrykk flyteregime (kPa)

- C_{Dfr} = Flyteregimets motstandsfaktor, avhengig av snøforholdene og antas uavhengig av mastens geometri
 ρ_{av} = Tetthet av skredmasser (kg/m³), se Tabell 11-1
 u = Skredhastighet (m/s)

Skredtrykket, p mot en mast er avhengig av mastegeometrien og kan uttrykkes som produktet av skredtrykket fra flyteregimet og motstandsfaktoren til objektet det treffer. Produktet beskriver egenskapene til skredet hvis det ikke hadde truffet et objekt, og påvirkningen av objektet det treffer. Skredtrykket, p mot en mast kan uttrykkes slik:

$$p = C_{Dgeo} C_{Dfr} \rho \frac{u^2}{2} \quad (10)$$

hvor

- p = Skredtrykk mot mast (kPa)
 C_{Dgeo} = Geometrisk motstandsfaktor, avhengig av mastens utforming.
 C_{Dfr} = Flyteregimets motstandsfaktor, avhengig av snøforholdene og antas uavhengig av mastens geometri
 ρ_{av} = Tetthet av skredmasser (kg/m³), se Tabell 11-1
 u = Skredhastighet (m/s)

Skredtrykket i det *fluidiserte laget*, og videre oppover i *snøskyen*, avtar med høyden, og beregningene av skredtrykk er mer kompliserte enn som vist over for *flytelaget*. For det fluidiserte laget og snøskyen kan motstandsfaktoren C_{Dfr} beregnes fra formler gitt over, og C_{Dgeo} kan hentes fra Tabell 11-2.

Tettheten til skredsnøen i det *fluidiserte laget* og *snøskyen* (powder part) avtar med høyden, og derfor avtar også skredtrykket med høyden. Skredtrykket i det fluidiserte laget og snøskyen kan beregnes på følgende måte:

$$p_{avp} = \rho_0 \frac{u^2}{2} \exp(-\Delta h) \quad (11)$$

hvor

- p_{avp} = Flyteregimets skredtrykk powder part (kPa)
 C_{Dfr} = Flyteregimets motstandsfaktor, avhengig av snøforholdene og antas uavhengig av mastens geometri
 Δh = Flyte høyde over grensesnitt mellom flytelag/fluidisert lag og snøskyen.
 ρ_{av0} = Skredtetthet i grenselag mellom flytelag/fluidisert lag og snøskyen (kg/m³)

Faktoren e_c beskriver den eksponentielle reduksjonen med høyden og er avhengig av skredhastighet:

$$e_c \approx \min(0.0088 u - 0.583, -0.05) \text{ (m}^{-1}\text{)} \quad (12)$$

Ligningen for e_c skiller ikke på tørre og våte skred pga. lite data, men en kan forvente at e_c er mindre for våte skred.

Tabell 11-1 gi en oversikt av de parameter som er brukt i forbindelse med beregninger av skredtrykk i kapittel 0 avhengig av flytregime. Generelt sett er skredtetthet avhengig av hastighet og har en tendens til å minke med økende hastighet.

Tabell 11-1 Parameterverdier avhengig av flyteregime

| Parameter | Tørt snøskred | Sørpeskred |
|-------------|------------------------|------------------------|
| ρ_{av} | 200 kg m ⁻³ | 600 kg m ⁻³ |
| f_b | 2 | 5 |

Motstandsfaktoren C_{Dgeo} varierer med geometrien på masten. Tabell 11-2 viser noen typiske verdier for ulik geometri som gjelder for både tørre og våte snøskred.

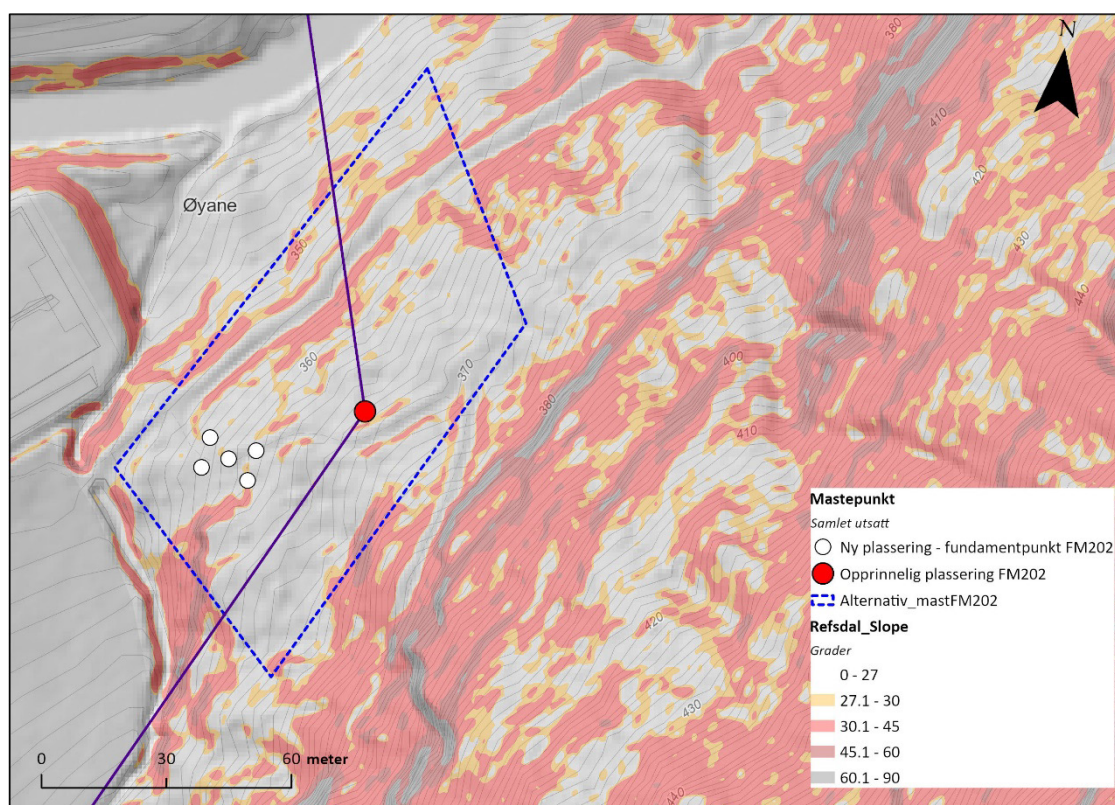
Tabell 11-2 Typiske C_{Dgeo} for forskjellig mastegeometri for både tørre og våte snøskred.

| Strømningsregime | Mastefasong | C_{Dgeo} |
|-------------------|-----------------|------------|
| Gjennom snødekket | Ingen forskjell | 1,0 |
| Flytelag | O | 1,5 |
| | Δ | 1,5 |
| | □ | 2,0 |
| Fluidisert lag | O | 1,0 |
| | Δ | 1,5 |
| | □ | 2,0 |
| Snøsky | O | 1,0 |
| | Δ | 1,2 |
| | □ | 1,5 |

12 Snøskredlaster

Etter revisjon 01 av rapporten har Statnett gitt tilbake et forslag til endelig plassering. Forslaget er basert på NGIs anbefaling med en liten justering for å unngå kjørespor/traktorveg, samt å ha tilstrekkelig avstand til eksisterende koblingsanlegg (Figur 12-1).

Vi har nå vurdert dimensjonerende snøskredlaster i denne plasseringen.

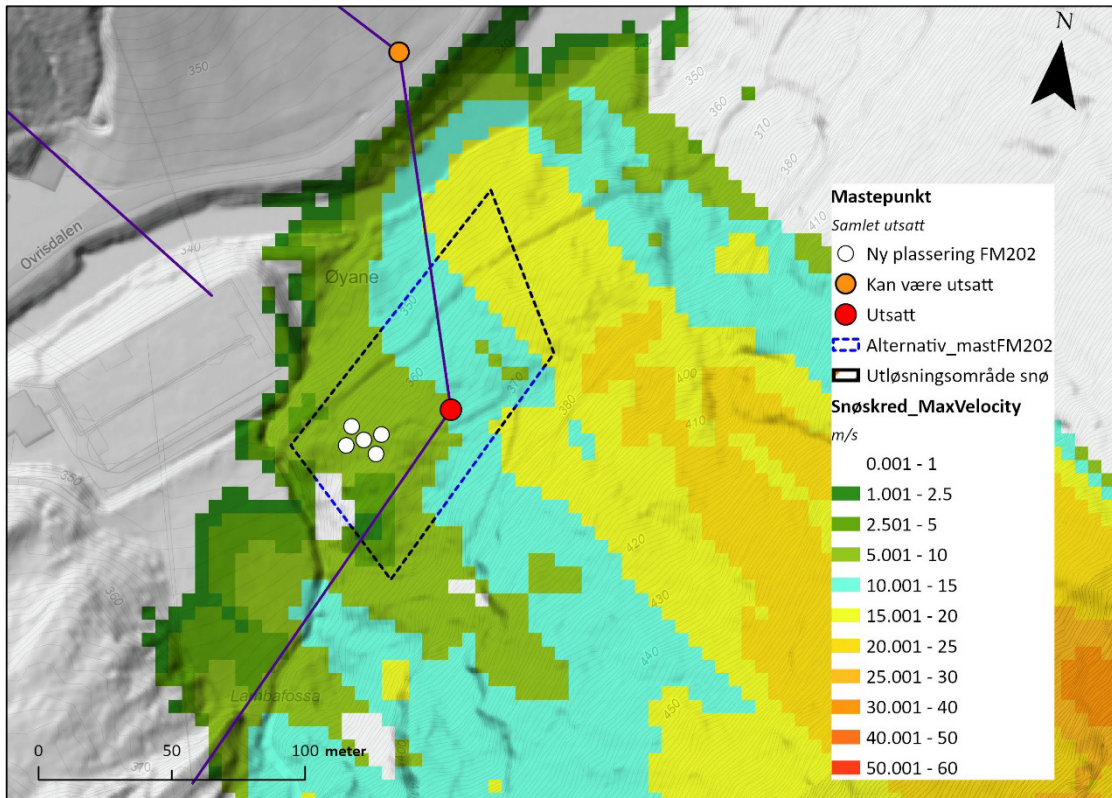


Figur 12-1 Hvite punkter viser nytt forslag til plassering av fundamentpunkt for mast FM202.

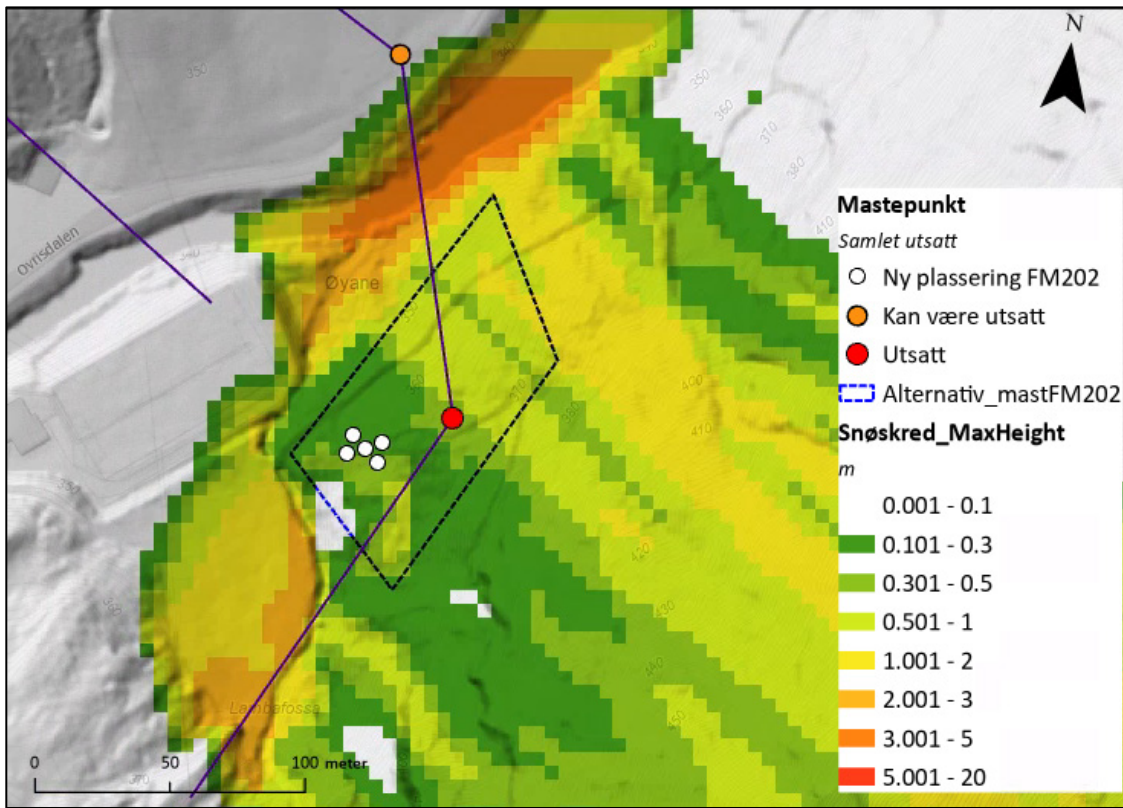
Tabell 12-1 viser vår vurdering av skredtrykk fra de faste massene i et snøskred med nominell returperiode 150 år mot mastepunktene. Tabellen viser beregnet skredtrykk p , mot masten gitt som *karakteristisk trykk*. *Dimensjonerende trykk* kan måtte multipliseres med en lastfaktor avhengig av dimensjoneringskriterier og regelverk. Tabellen inkluderer ikke snøsig.

Skredhastighet og flyte høyde brukt i beregningene er basert på simuleringer i RAMMS::AVALANCHE (se Figur 10-12 og Figur 10-13, og ellers kapittel 10 for mer informasjon) samt en vurdering av terrenget. På grunn av usikkerhet og at man ikke kan lese av simuleringsresultat direkte, antar vi ca. +/- 5 m/s usikkerhet i hastighet. Flyte høyden i tabellen er en kombinasjon av antatt snø høyde på bakken, simuleringsresultat og oppstuvningseffekt av snø rundt et objekt, som et mastefundament. På grunn av at

skog og stein antakeligvis er en del av skredmassene vil både tettheten til skredmassene øke (i forhold til et rent snøskred), og dessuten kan faktoren C_{Dgeo} antas å bli høyere enn angitt i Tabell 11-2 ettersom oppstuvning av trær vil øke trefflaten (Figur 12-4 og Figur 12-5). C_{Dgeo} lik 2,0 benyttes ofte for kvadratiske objekter i flytelaget. På grunn av oppstuvningseffekten øker vi C_{Dgeo} med hensyn til dette og setter verdien 4,0.



Figur 12-2 Hastighet scenario 7 og 8. Merk at simuleringsresultat ikke kan leses av direkte, men det medfølger en viss usikkerhet.



Figur 12-3 Flyteøyde scenario 7 og 8. Merk at simuleringsresultat ikke kan leses av direkte, men det medfølger en viss usikkerhet.

Tabell 12-1 Dimensjonerende skred og skredtrykk fra faste masser i snøskred for mast FM202. På grunn av usikkerhet, regner vi med +/- 5 m/s i skredhastigheten, med påfølgende trykkvurdering for mest konservativt scenario vist i nederste rad.

| Mast | Returperiode | Skredhastighet ved mast | Flyteøyde* | Tetthet* | Faktor | Froude tall | Faktor | Skredtrykk | Faktor | Skredtrykk | Forventet snø på bakken |
|-------|--------------|-------------------------|------------|---------------------|--------|-------------|-------------|------------|------------|------------|-------------------------|
| | år | m/s | m | tonn/m ³ | f_b | Fr | C_{Dfr}^* | p_{fr}^* | C_{Dgeo} | p^* | HS |
| FM202 | 150 | 15 | 1 | 0.500 | 2 | 4.8 | 1.1 | 61.2 | 4.0 | 245 | 2.5 |

*Faste masser



Figur 12-4 Eksempel på hvordan greiner og vegetasjon stuves opp rundt en mast (foto: Peter Gauer).

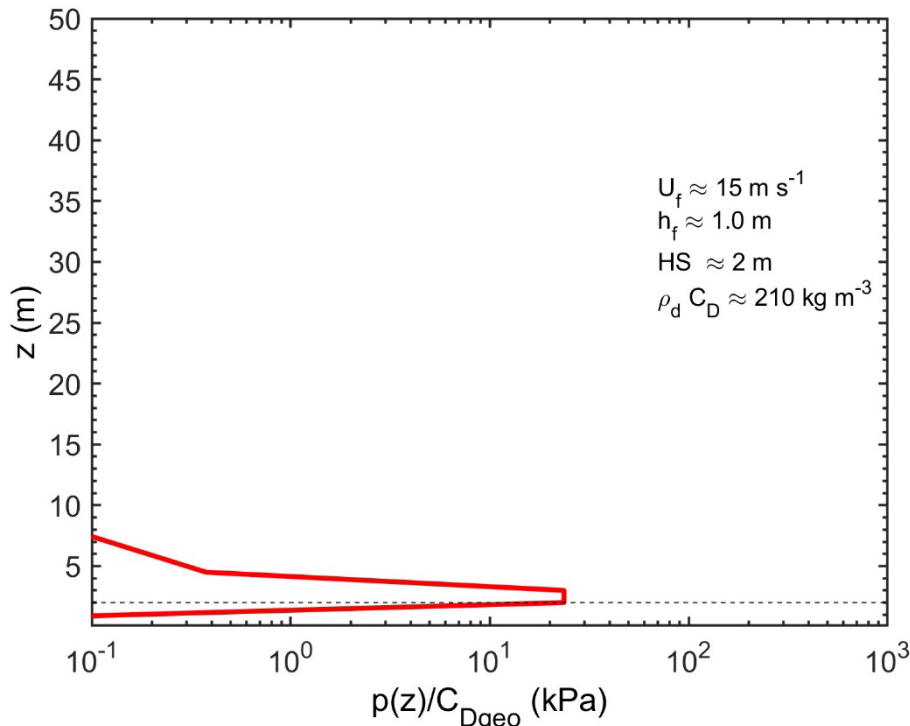


Figur 12-5 Eksempel på hvordan greiner og vegetasjon stuves opp rundt et objekt (foto: Peter Gauer).

Det er også beregnet et profil for skredtrykk mot masten ut fra simuleringer av dimensjonerende skred. Figur 12-1 viser den vertikale fordelingen av skredtrykk på mastene. Det bemerkes at Figur 12-1 viser skredtrykk, $p(z)/C_{Dgeo}$, og skredtrykk mot en mast fås ved å multiplisere med relevant C_{Dgeo} . Profilet er gitt som et lineært log-plott, som betyr at skredtrykket avtar eksponentielt med høyden.

Skredtrykk p i

Tabell 12-1 gjelder laster fra de faste skredmassene som strømmer langs bakken. Master vil også kunne bli belastet av krefter fra snøskyen som fremgår av høydeprofilen som vist i Figur 12-1. Trykket avtar gradvis oppover over det maksimale trykket i de faste skredmassene.



Figur 12-1 Eksempel på skredtrykk for mast FM202 med nominell returperiode 150 år. Snø- og betongstabbe-høyde fra Tabell 12-2 er vist.

Tabell 12-2 viser sammendrag av resultatene for skred med nominell årlig sannsynlighet 1/150. Ut fra resultatene kan verdiene som er vist brukes til å dimensjonere betongstabber som sikring for de vurderte mastene.

Tabell 12-2 Sammendrag av resultatene for skred med nominell årlig sannsynlighet 1/150 for den vurderte masten. På grunn av usikkerhet, regner vi med +/- 5 m/s i skredhastigheten, med påfølgende trykkvurdering for mest konservativt scenario vist i nederste rad.

| Mast | Skredhastighet ved mast u | Flyte høyde faste masser h_f | Skredtrykk faste masser p_{fr} | C_{Dgeo} | Skredtrykk faste masser p | Forventet snø på bakken HS | Stabbe-høyde | Dimensjonerende skredtype |
|-------|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------------|------------|-----------------------------|------------------------------|--------------|---------------------------|
| nr. | m/s | m | kPa | | kPa | m | m | |
| FM202 | 15 | 1 | 61.2 | 4.0 | 245 | 2.5 | 2 | Tørt snøskred |

13 Referanser

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.

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

Saloranta T. (2014). New version (v.1.1.1) of the seNorge snow model and snow maps for Norway. NVE Report 06/2014.

NGU (2021) Ustabile fjellparti – Ovriseggi.

<https://geo.ngu.no/api/faktaark/ustabilefjell2/visHovedpunkt.php?globalid=%7B4D05BF61-C83A-41E5-960B-8AEDE3EF60A1%7D> (lest 2025-01-07).

NGI (2014) *Ingeniørgeologisk bistand til småkraftverkprosjekter på Vestlandet. Refsdal kraftstasjon, Vik – Befaringsrapport*. NGI-rapport nummer 20140342-05-TN

NGI (2021a) *Stasjonene Kollsnes, Steinsland, Modalen og Refsdal. Skredfarevurdering for transformatorstasjon Refsdal frem til Bp1*. NG-rapport nummer 20210463-07-R_rev01.

NGI (2021b) *Transformatorstasjonene Kollsnes, Steinsland, Modalen og Refsdal. Vurdering av naturfarer og grunnforhold for transformatorstasjon Refsdal frem til Bp1*. NGI-rapport nummer 20210463-04-R.

NGI (2021c) *4 trafostasjoner på Vestlandet. Vurdering av naturfarer og grunnforhold for transformatorstasjon Refsdal sør for Refsdal kraftverk frem til Bp1*. NGI-rapport nummer 20210463-05-R.

NGI (2021d). *Stasjonene Kollsnes, Steinsland, Modalen og Refsdal. Skredfarevurdering for transformatorstasjon Refsdal stasjon i henhold til sikkerhetsklasse S3*. NGI-rapport nummer 20210463-06-R_rev01.

NVE (2025) *Periodisk overvåkede fjellpartier*.

<https://www.nve.no/naturfare/overvaking-og-varsling/fjellskredovervaking/periodisk-overvaakede-fjellpartier/> (lest 2025-02-19).

Salm, B., Burkard, A. og Gubler, H. (1990). *Berechnung von Fließlawinen: eine Anleitung für Praktiker mit Beispielen*. Mitteilung 47, Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF.

SWECO (2024). *Forprosjektering skredsikring. Vik stasjon*. Prosjektnummer 10228861-007.

Vedlegg A

MODELLBESKRIVELSE

Innhold

| | | |
|-----------|---|----------|
| A1 | Modeller for beregning av skredutbredelse og rekkevidde av steinsprang | 2 |
| A1.1 | RockyFor3D | 2 |
| A2 | Modeller for beregning av skredutbredelse og rekkevidde av snøskred | 3 |
| A2.1 | RAMMS | 3 |

A1 Modeller for beregning av skredutbredelse og rekkevidde av steinsprang

Beregningsmodeller er et viktig supplement ved plassering av faregrenser. Den viktigste kilde til fastsettelse av faregrenser er faglig skjønn basert på erfaring og observasjoner gjort under befaring og opplysninger om tidligere skredhendelser.

A1.1 RockyFor3D

På NGI har vi mange års erfaring med bruk av steinsprangmodellen Rockyfor3D i prosjekter hvor vi utfører faresonekartlegging. Rockyfor3D av ecorisQ simulerer enkeltblokkers bevegelse i tre dimensjoner ved å kombinere fysiske, deterministiske algoritmer med stokastiske tilnærminger^{1,2}. Modellen gir 3D-utbredelse av blokker, og er nyttig for å studere skredbaner med ulike sannsynligheter. Resultatene brukes gjerne som en støtte for våre vurderinger av utløp, rekkevidde og relativ sannsynlighet for skred på de ulike stedene i kartleggingsområdet.

Modellen inkluderer blokkform og -volum, og utløpsberegningene kan ta høyde for interaksjon med sikringstiltak og vegetasjon. Modellen og informasjon om modellutvikling er tilgjengelig for medlemmer av organisasjonen ecorisQ (se www.ecorisq.org for oversikt over publiserte artikler og presentasjoner på internasjonale konferanser).

Parametere som må inkluderes i modellen er kort beskrevet under:

- ↗ Terrengmodell
 - Terrengmodellen (raster) som ønskes brukt
- ↗ Beregningsområde
 - Et polygon som definerer hvilket område beregningene skal kjøres for
- ↗ Bakketype
 - Det er åtte forskjellige forhåndsdefinerte bakketyper som kan velges, for å beskrive de ulike underlag i skredbanen. Bakketypen gir elastisiteten til underlaget og er direkte knyttet til verdier for normalrestitusjon av modellen.
- ↗ Kildeområde
 - Ett eller flere polygon som angir potensielle kildeområder for steinsprang. Form og mål (lengde x bredde x høyde) på blokker må defineres for hvert kildeområde.
- ↗ Overflateruhet
 - Terrengets overflateruhet. Denne "ruheten" skal representere høyden på skredblokker som ligger i terrenget og utgjør hindringer i skredbanen. Ruheten angis som høyden (i meter) på hindringene over terrengoverflaten, representativ for 70%, 20% og 10% av det definerte bakketypepolygonet,

¹ Dorren L.K.A., 2012. Rockyfor3D (v5.1) revealed – Transparent description of the complete 3D rockfall model. ecorisQ paper. URL [\[www.ecorisq.org\]](http://www.ecorisq.org) : 31p.

² Dorren L.K.A., 2016. Rockyfor3D (v5.2) revealed – Transparent description of the complete 3D rockfall model. ecorisQ paper. URL [\[www.ecorisq.org\]](http://www.ecorisq.org) : 33p.

sett i blokkas fallretning. Dette måles objektivt, da programmet tar hensyn til blokkas størrelse i forhold til hindringene i terrenget. Overflateruheten brukes i modellen til å beregne tangentiell restitusjonskoeffisient, og denne parameteren bestemmer derfor energitap under støt med overflaten. Modellen er sensitiv til denne parameteren, og den må derfor undersøkes og bestemmes i felt.

- ↗ Antall simuleringer per celle
 - Antall blokker som simuleres fra hver celle i kildeområdet
- ↗ Variasjon av blokkvolum (%)
 - Gir mulighet til å legge inn variasjon av forhåndsdefinert blokkvolum
- ↗ Ekstra startfallhøyde (m)
 - Blokker kan gis ekstra oppstartsenergi ved å gi dem ekstra fallhøyde i starten

A2 Modeller for beregning av skredutbredelse og rekkevidde av snøskred

Modellene som oftest blir brukt for utløpsberegninger av snøskred i Norge er den topografisk statistiske α/β -modellen³, blokkmodellen PCM⁴ og strømningsmodellen RAMMS⁵ som beskriver utbredelsen av skredet i to horisontale dimensjoner.

A2.1 RAMMS

Utløpslengden av skred er vurdert med den dynamiske modellen RAMMS^{6,7}. RAMMS-modellen for simulering av utbredelse av skredets tette del har gått gjennom en lang prosess med uttesting og kalibrering mot målinger og observasjoner av snøskred i Alpene. I tillegg har NGI utført en del kalibreringer mot målinger fra NGIs forsøksfelt Ryggfonn på Strynefjellet.

Som friksjonsparametre på nye steder er standardverdiene for sjeldne og store skred i Sveits benyttet, korrigert for høyde over havet. Parameterne er avhengig av skredstørrelse, antatt returperiode og terrengforhold som helning og kanalisering av skredbanene (RAMMS Manual Ver. 1.4.1⁸). Friksjonsparameterne ξ og μ svarer til store skred (Large) med 300 års gjentakintervall. Tabell 2-1 gjengir verdier for store og middels skred. Der skredbaner i modellene er beregnet med hensyn til skog er friksjons-

³ 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.

⁴ Perla, R.I., Cheng, T.T. og McClung, D.M. 1980. A Two-Parameter Model of Snow-Avalanche Motion. *Journal of Glaciology* Vol. 26, No. 94, 197-207.

⁵ Christen, M.; Kowalski, J. og Bartelt, P. (2010). RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain. *Cold Regions Science and Technology* 63(1–2), 1–14.

⁶ Christen, M.; Kowalski, J. og Bartelt, P. (2010). RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain. *Cold Regions Science and Technology* 63(1–2), 1–14.

⁷ RAMMS Manual Ver 1.4.1. Det sveitsiske institutt for snø- og snøskredforskning (WSL-SLF), Davos Dorf, Sveits.

⁸ RAMMS Manual Ver 1.4.1. Det sveitsiske institutt for snø- og snøskredforskning (WSL-SLF), Davos Dorf, Sveits.

parametere tilpasset til skogstetthet og stammediameter. Disse friksjonsparameterne avviker fra den som er gitt i Tabell 2-1. I anvendt modell er erosjon og meddriving av snø i skredbanen ikke inkludert (entrainment). Beregningene tar generelt ikke hensyn til bebyggelse. Skredvolumet i simuleringsmodellen er en direkte funksjon av løснеarealet. I botner kan dette gi svært store teoretiske løснеområder. Generelt sett gjengir modellen skredenes utløpsdistanse godt, men studier viser at RAMMS har en tendens til å undervurdere hastigheten av skredets front, som består av et fluidisert lag med betydelig redusert tetthet (Schaerer og Salway, 1980; Bozhinskiy og Losev, 1998; Issler m.fl., 1996; Issler, 2003; Gauer m.fl., 2008; Issler og Gauer, 2008).

Tabell 2-1: Friksjonsparametere for RAMMS snø avhengig av returperiode, skredvolum og kanaliseringsgrad

RAMMS::Avalanche 1.1

Friction Parameters

| Large avalanche (> 60'000 m ³) | | 300-Year | | 100-Year | | 30-Year | | 10-Year | |
|---|---------------------|----------|------|----------|------|---------|------|---------|------|
| | | μ | ξ | μ | ξ | μ | ξ | μ | ξ |
| unchannelled | Altitude (m.a.s.l.) | | | | | | | | |
| | above 1500 | 0.155 | 3000 | 0.165 | 3000 | 0.17 | 3000 | 0.18 | 3000 |
| | 1000 - 1500 | 0.17 | 2500 | 0.18 | 2500 | 0.19 | 2500 | 0.2 | 2500 |
| | below 1000 | 0.19 | 2000 | 0.2 | 2000 | 0.21 | 2000 | 0.22 | 2000 |
| channelled | above 1500 | 0.21 | 2000 | 0.22 | 2000 | 0.225 | 2000 | 0.235 | 2000 |
| | 1000 - 1500 | 0.22 | 1750 | 0.23 | 1750 | 0.24 | 1750 | 0.25 | 1750 |
| | below 1000 | 0.24 | 1500 | 0.25 | 1500 | 0.26 | 1500 | 0.27 | 1500 |
| gully | above 1500 | 0.27 | 1500 | 0.28 | 1500 | 0.29 | 1500 | 0.3 | 1500 |
| | 1000 - 1500 | 0.285 | 1350 | 0.3 | 1350 | 0.31 | 1350 | 0.325 | 1350 |
| | below 1000 | 0.3 | 1200 | 0.315 | 1200 | 0.33 | 1200 | 0.345 | 1200 |
| flat | above 1500 | 0.14 | 4000 | 0.15 | 4000 | 0.155 | 4000 | 0.165 | 4000 |
| | 1000 - 1500 | 0.15 | 3500 | 0.16 | 3500 | 0.17 | 3500 | 0.18 | 3500 |
| | below 1000 | 0.17 | 3000 | 0.18 | 3000 | 0.19 | 3000 | 0.2 | 3000 |
| Medium avalanche (25'000 - 60'000) | | 300-Year | | 100-Year | | 30-Year | | 10-Year | |
| unchannelled | above 1500 | 0.195 | 2500 | 0.205 | 2500 | 0.215 | 2500 | 0.225 | 2500 |
| | 1000 - 1500 | 0.21 | 2100 | 0.22 | 2100 | 0.23 | 2100 | 0.24 | 2100 |
| | below 1000 | 0.23 | 1750 | 0.24 | 1750 | 0.25 | 1750 | 0.26 | 1750 |
| channelled | above 1500 | 0.25 | 1750 | 0.26 | 1750 | 0.27 | 1750 | 0.28 | 1750 |
| | 1000 - 1500 | 0.27 | 1530 | 0.28 | 1530 | 0.285 | 1530 | 0.295 | 1530 |
| | below 1000 | 0.28 | 1350 | 0.29 | 1350 | 0.3 | 1350 | 0.31 | 1350 |
| gully | above 1500 | 0.32 | 1350 | 0.33 | 1350 | 0.34 | 1350 | 0.35 | 1350 |
| | 1000 - 1500 | 0.33 | 1200 | 0.34 | 1200 | 0.35 | 1200 | 0.36 | 1200 |
| | below 1000 | 0.36 | 1100 | 0.37 | 1100 | 0.38 | 1100 | 0.39 | 1100 |
| flat | above 1500 | 0.17 | 3250 | 0.18 | 3250 | 0.19 | 3250 | 0.2 | 3250 |
| | 1000 - 1500 | 0.19 | 2900 | 0.2 | 2900 | 0.21 | 2900 | 0.22 | 2900 |
| | below 1000 | 0.21 | 2500 | 0.22 | 2500 | 0.23 | 2500 | 0.24 | 2500 |
| forested area (mu=delta, xi=fix) | | 0.02 | 400 | 0.02 | 400 | 0.02 | 400 | 0.02 | 400 |

SLF, December 2007

| Dokumentinformasjon/Document information | | |
|--|-----------------------------|--|
| Dokumenttittel/Document title Skredfarevurdering for mastepunkter | | Dokumentnr./Document no. 20240606-01-R |
| Dokumenttype/Type of document Rapport / Report | Oppdragsgiver/Client | Dato/Date 2025-03-07 |
| Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract NGI | | Rev.nr.&dato/Rev.no.&date 2 / 2025-05-28 |
| Distribusjon/Distribution BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees | | |
| Emneord/Keywords Master, skredfare | | |

| Stedfesting/Geographical information | |
|--|---|
| Land, fylke/Country Norge, Vestland | Havområde/Offshore area |
| Kommune/Municipality Vik | Felt navn/Field name |
| Sted/Location Refsdal, Feios | Sted/Location |
| Kartblad/Map | Felt, blokknr./Field, Block No. |
| UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: Øst: Nord: | Koordinater/Coordinates Projeksjon, datum: Øst: Nord: |

| Dokumentkontroll/Document control Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001 | | | | | |
|---|--|---|--|--|---|
| Rev/Rev. | Revisjonsgrunnlag/Reason for revision | Egenkontroll av/ Self review by: | Sidemanns-kontroll av/ Colleague review by: | Uavhengig kontroll av/ Independent review by: | Tverrfaglig kontroll av/ Inter-disciplinary review by: |
| 0 | Originaldokument | 2025-03-07 Sunniva Skuset | 2025-03-07 Christian Jaedicke | | |
| 1 | Lagt til kapittel om vurdering av ny plassering av mast FM202. | 2025-04-25 Sunniva Skuset | 2025-04-28 Christian Jaedicke | | |
| 2 | Lagt til kapittel om dimensjonerende krefter mot mast FM202 | 2025-05-27 Sunniva Skuset | 2025-05-28 Christian Jaedicke | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

| | | |
|--|----------------------------------|--|
| Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release | Dato/Date 28. mai 2025 | Prosjektleder/Project Manager Christian Jaedicke |
|--|----------------------------------|--|

NGI – Norges Geotekniske Institutt - er et uavhengig forskningsinstitutt innen geoteknikk og andre ingeniørrettede geofag.

Vi kombinerer geokunnskap og teknologi for å utvikle smarte og bærekraftige løsninger innen infrastruktur på land og til havs, innen miljøteknologi, forurenset grunn og naturfarer som jord- og snøskred. Forskningen vår leverer kunnskap som bidrar til å løse noen av de viktigste utfordringene verden står overfor innenfor klima, miljø, energi og samfunnsikkerhet.

Samfunnsoppgaven vår er å utvikle geofagene og fremskaffe kunnskapsgrunnlaget for å bygge, bo og ferdes på sikker grunn. Dette løser vi ved å la forskning og rådgivning gå "hånd i hånd" og være brobygger mellom akademia, næringsliv og det offentlige.

Vi har kontorer i Norge, USA og Australia og vi har internasjonalt anerkjente laboratorier.

www.ngi.no

NGI – The Norwegian Geotechnical Institute – is an independent research centre in the field of geotechnical engineering and the engineering geosciences.

We combine geotechnical knowledge and technology to develop smart and sustainable solutions in infrastructure on land and at sea, in environmental technology, contaminated soil and natural hazards such as landslides and avalanches. Our research provides knowledge that contributes to solve some of the most important challenges the world faces with regards to climate, the environment, energy and societal security.

Our societal mission is to develop the geosciences and produce the knowledge basis to build, live and travel on safe ground. We solve this by combining research and consulting hand-in-hand and being a bridge-builder between academia, industry and the public sector.

We have offices in Norway, the US and Australia, including internationally recognised laboratories.

www.ngi.no

