



RAPPORT

Skredfarevurdering Rønaset

SKREDFAREVURDERING

DOK.NR. 20210662-01-R

REV.NR. 0 / 2021-11-30

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

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

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

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



Prosjekt

Prosjekttittel: Skredfarevurdering Røneset
Dokumenttittel: Skredfarevurdering
Dokumentnr.: 20210662-01-R
Dato: 2021-11-30
Rev.nr. / Rev.dato: 0 /

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Purecod As
Kontaktperson: Mikael Rønes
Kontraktreferanse: Epost oktober 2021

for NGI

Prosjektleder: Katrine Mo
Utarbeidet av: Katrine Mo
Kontrollert av: Frode Sandersen

Sammendrag

Skredfarevurdering er gjennomført for anlegget med bakgrunn i tilgjengelige kartdata, bilder fra området, historiske hendelser og modellering av skredutløp. Det er begrensede potensiale for store snøskred i området med betydelige mengder skog og dårlige forhold for snødrift. Unntaket er ovenfor Storgylet, der det er et noe større område med tynn skog og tilstrekkelig terrenghelning til at snøskred med moderat størrelse kan bli utløst. Andre skredtyper er ikke vurdert å kunne nå ut til anlegget.

NGI vurderer at nominell årlig sannsynlighet for at skred når ut til anlegget er lavere enn 1/1000.

Innhold

1	Innledning	6
	1.1 Forbehold	7
2	Bakgrunn	8
3	Historiske hendelser	12
4	Klima	12
	4.1 Vind	15
5	Modellering av snøskred	15
	5.1 Resultater	16
6	Modellering av steinsprang	17
7	Skredfarevurdering	19
	7.1 Skredfarevurdering for anlegget	19
	7.2 Andre skredtyper	19
8	Konklusjon	19
9	Referanser	20

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

NGI er engasjert av Purecod AS for å vurdere skredfare for ett planlagt oppdrettsanlegg i Storfjorden. Oppdrettsanlegget vurdert i dette notatet, befinner seg på sørsiden av fjorden, nordøst for Sykkylven (Figur 1-1).

Vurderingen tar utgangspunkt i plassering av anlegget slik det er tegnet i kart tilsendt NGI den 19.10.2021.

Det ble besluttet at det kunne gjøres en tilstrekkelig vurdering av skredfare uten befarung. Vurderingen av skredfare er gjort på bakgrunn av eksisterende kartdata, klimadata, bilder mottatt fra oppdragsgiver og modellering av snøskred og steinsprang.

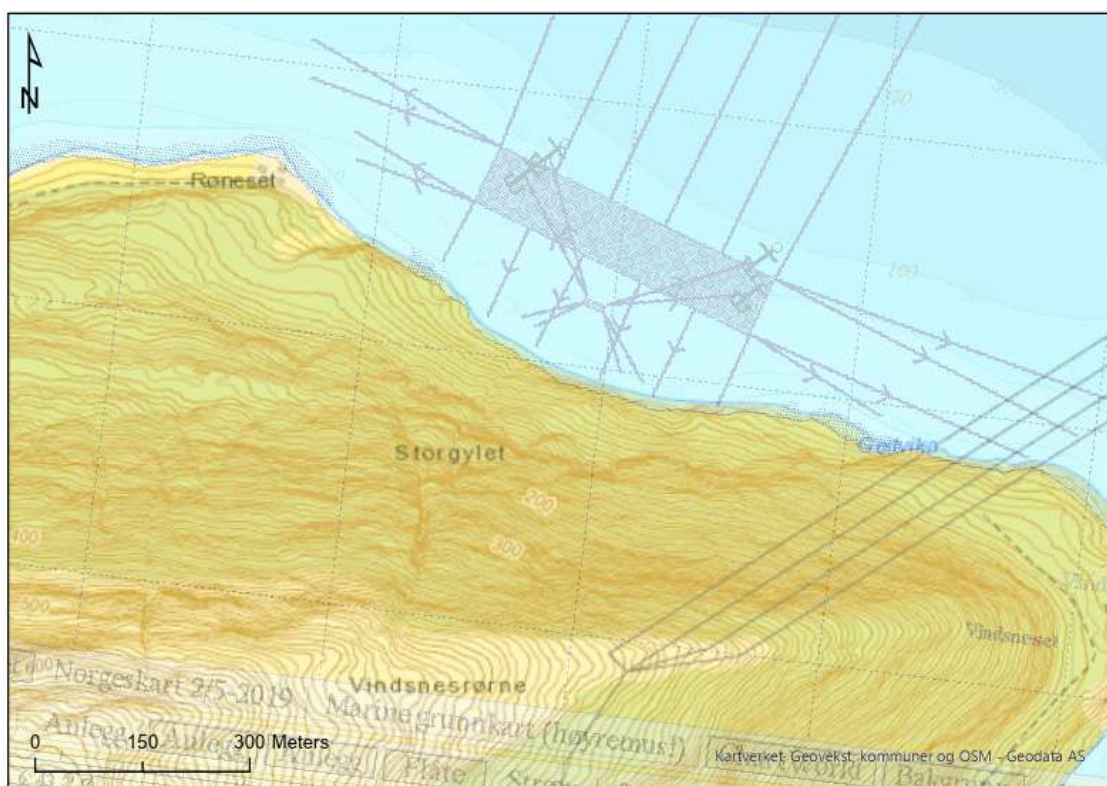


Figur 1-1. Oversiktskart med omtrentlig plassering av anlegget markert.

Anlegget er delt opp i lekter med personopphold, merdområde og ankere/fortøyningspunkt. NGI går i vurdering ut ifra at kravene for sikkerhet mot skred tilsvarer S2 i TEK 17. For ankrene er det ikke tilknyttet en spesifikk sikkerhetsklasse ettersom disse befinner seg under vann. Det er gjort vurdering av skredfaren basert på NGIs erfaring fra liknende saker. Antatt sikkerhetsklasse er gjort på bakgrunn av erfaring med liknende anlegg, men endelig sikkerhetsklasse fastsettes av kommunen.

I tillegg til TEK 17 krav for byggverk, stiller arbeidsmiljøloven krav om sikkerhet for skred under arbeider. [Forskrift om utførelse av arbeid, bruk av arbeidsutstyr og tilhørende tekniske krav \(forskrift om utførelse av arbeid\) - Lovdata.](#)

Tegning av anlegget er georeferert inn i NGIs kartsystem, og presentert i Figur 1-2. For plasseringen er korteste avstand mellom ankere og fjellsiden antatt å være noen få meter, men dette kommer ikke tydelig frem av tegningene. Lekter ligger nærmest fjellsiden, og korteste avstand mellom lekter og fjellside er ca. 100 meter. Korteste avstand fra merder til fjellside er ca. 110 meter (hvert hjørne av merdene). Fra midtre del av merdene er avstanden ca. 160 meter til land.



Figur 1-2. Den vurderte plasseringen av anlegget.

1.1 Forbehold

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

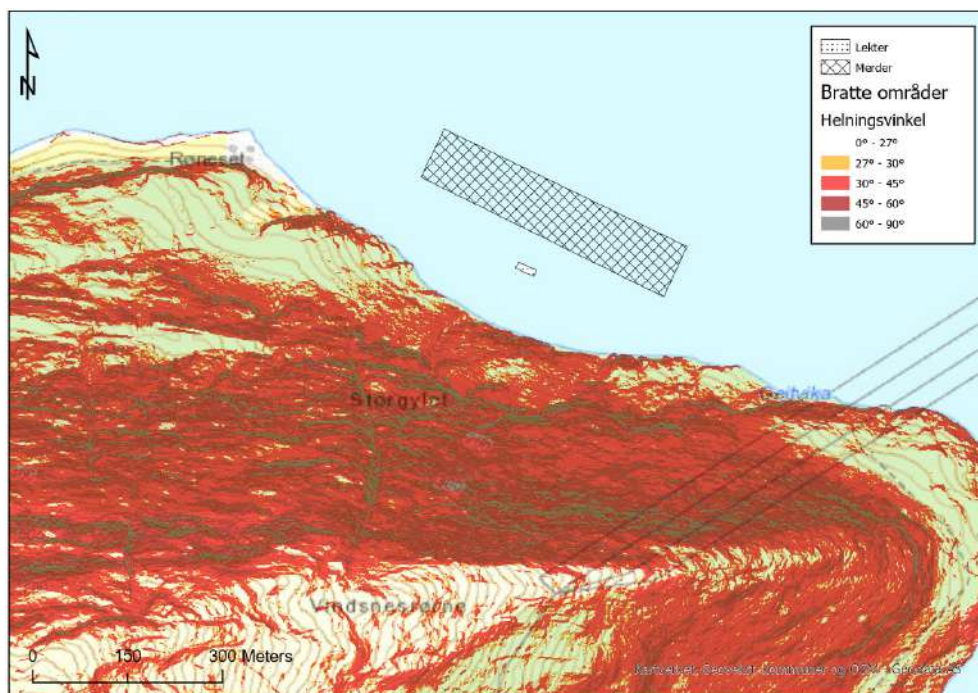
Metodikken for å bestemme skredfaresoner omfatter til dels kvalitative vurderinger i tillegg til kvantitative beregningsmetoder og kan generelt ikke oppfattes som endelige, men kan bli endret i lys av nye opplysninger og kunnskap.

2 Bakgrunn

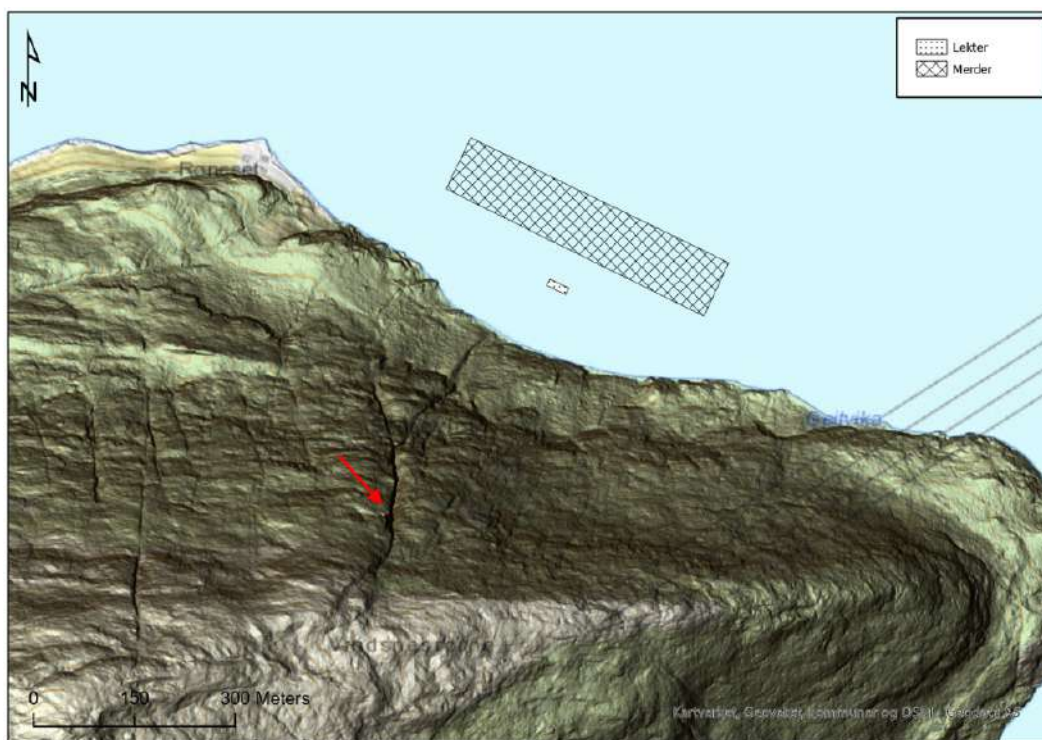
NVEs aktsomhetskart for snøskred og steinsprang er kun basert på en grov terrengmodell, og detaljer i terrenget, klima og vegetasjon er ikke inkludert. Sonene er i tillegg kuttet i en gitt avstand fra land, da de i utgangspunktet ikke ble produsert for å gjelde for anlegg på vann. Området er delvis inkludert i, og dekket av NGIs aktsomhetskart for snø- og steinskred. Disse kartene fungerer også dårlig for arealer utenfor land.

Fjellsida ovenfor anlegget er bratt, med et gjel (Storgylet) som går ned mot vestre del av anlegget. Mellom fjordnivå og ca. 100 moh er helningen rundt 30 grader. Ovenfor dette er terrenget brattere, og helningen er i store deler over 45 grader, med en god del skrenter brattere enn 60 grader. Det bratte terrenget går opp til ca. 400 moh i østre del, og ca. 500 moh i vestre del. Kart med helning over fjellsiden er inkludert i Figur 2-1. Toppen av fjellsiden er ryggformet, og det er terreng-messig ikke gode forhold for drift av snø over kanten mot anlegget. I skyggerelieffkart (Figur 2-2) kan en se flere mindre renneformasjoner i fjellsiden. Rennene er også synlige som striper i skogen på flybilder. I tillegg er skader etter et tidligere jordskred synlig i fjellsiden.

Det er skog i området som er synlig på flybilder, samt på bilder fra oppdragsgiver. En tydelig fortetting av skogen kan observeres i flybilder fra perioden 1961 (Figur 2-4) til 2018 (Figur 2-3). Skog som vokser opp i skredbanene vil imidlertid kunne ødelegges ved store og sjeldne skred. Bilder fra oppdragsgiver er presentert i Figur 2-5 og Figur 2-6.



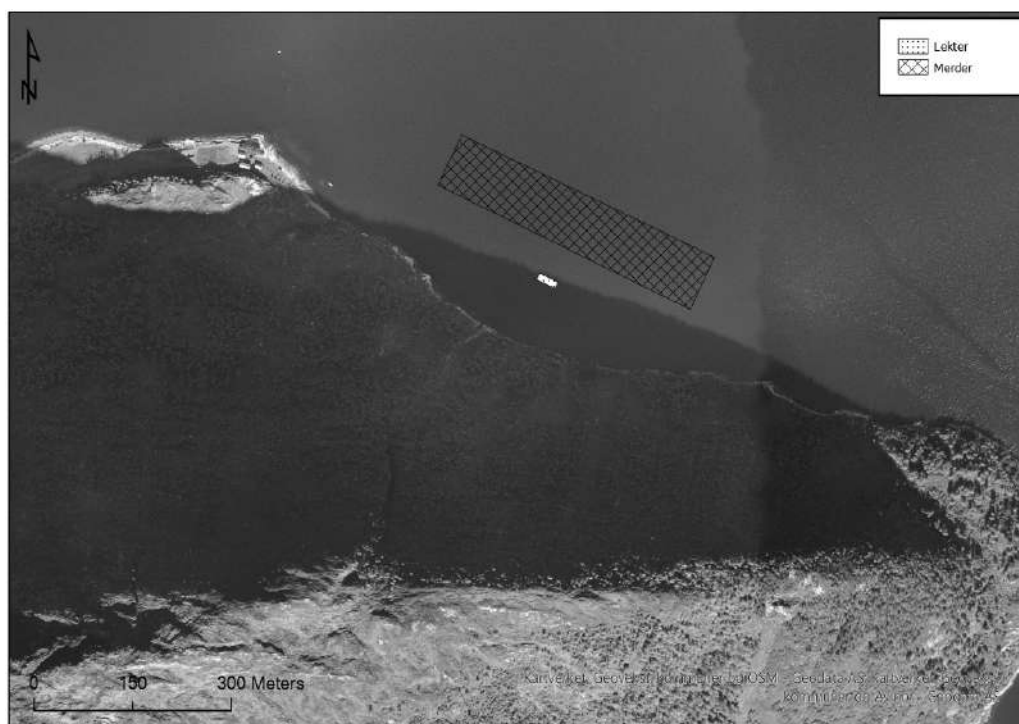
Figur 2-1. Helningsvinkel basert på 1m terrengmodell.



Figur 2-2. Skyggerelieffkart viser det tydelige gjelet markert med rød pil. Utenom gjelet er kun noen små renner synlige.



Figur 2-3. Flybilde fra 2018. Spor etter jordskredhendelsen i 2016 synlig som vegetasjonsfritt område.



Figur 2-4. Flybilder 1961, spor i vegetasjonen mer synlige enn i dag. Betydelig mindre skog i fjellsiden enn det er i dag.



Figur 2-5. Deler av fjellsiden med tidligere jordskredhendelse synlig til venstre i bildet.



Figur 2-6. Deler av fjellsiden. Gjelet er synlig til høyre i bildet, og tidligere jordskred/utglidning til venstre i bildet.

3 Historiske hendelser

Det er en registrert skredhendelse i området. Dette er et jordskred som gikk den 10. august 2016. Skredet løsnet fra toppen av ryggen ved Vindsnesørne, ca. ved 375 moh (Figur 3-1). I skredløpet er det i dag bart fjell, som kan tyde på tynt løsmassedecke i skråningen. Massene fra skredet er antatt å ha gått ned til fjorden ifølge NVE skredatlas. Bilder fra fjellsiden, flybilder og fjellskyggekart støtter dette.

Utenom denne ene hendelsen, er det ikke registrert flere hendelser. Området ligger utenfor allfarvei, og skredhendelser kan potensielt ha inntruffet uten å ha blitt registrert.



Figur 3-1. Skredhendelse fra 2016 markert som liten brun firkant (Fra NVE skredatlas).

4 Klima

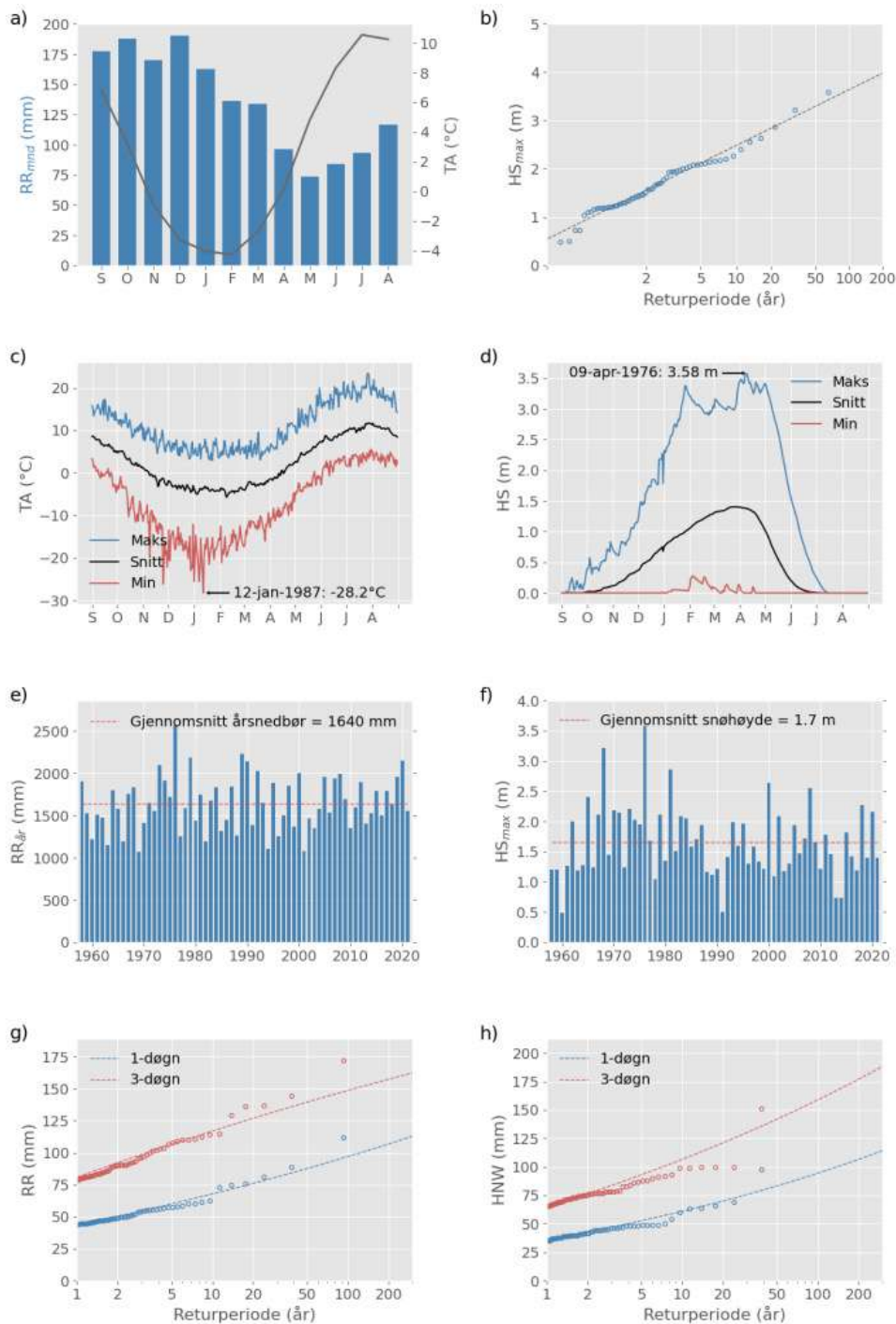
Interpolerte klimadata fra SeNorge-datasettet (Lussana et al., 2016; Saloranta, 2014) for normalperioden 1981 - 2010 viser at normal årsnedbør i det undersøkte området er ca. 1625 mm, hvor ca. 1007 mm kommer om vinteren. Årsmiddeltemperatur i området er 2.4 °C og døgnmiddeltemperaturen varierer normalt fra -17.4 °C til 16.8 °C. Gjennomsnittlig snøhøyde er 165 cm og maksimal snøhøyde siste 50 år er 358 cm. Antall dager med snø på bakken er i gjennomsnitt 213. 300 års returperiode for 3 døgns nysnøtilvekst

brukes ofte som et estimat på bruddhøyde for skred. For den aktuelle fjellsiden tilsvarer for eksempel 100 års returperiode for 3 døgn nysnøtilvekst ca. 150 cm (Figur 4-1).

Ved å bruke de maksimale nedbør- og snøhøydeverdiene i de interpolerte dataene kan man estimere forventet 1000-års nedbør og 300-års snøhøyde for området. I dette området er 1000-års nedbør beregnet å være 129 mm/døgn, og 300-års snøhøyde 3.7 meter. 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 8 % (scenario 1, RCP 4.5) og 14 % (scenario 2, RCP 8.5). Endringen om vinteren er henholdsvis -1 % og 7 % for de to scenariene. Temperaturen vil øke med mellom 2.3 °C og 3.6 °C. Dette har også en effekt på snødekket, som er forventet å minke med mellom -73 % og -93 %. Antall dager med snø på bakken er forventet å reduseres med henholdsvis -83 og -104 dager for de to scenariene.

Høyde på valgt gridcelle for datainnhenting er 694 moh.

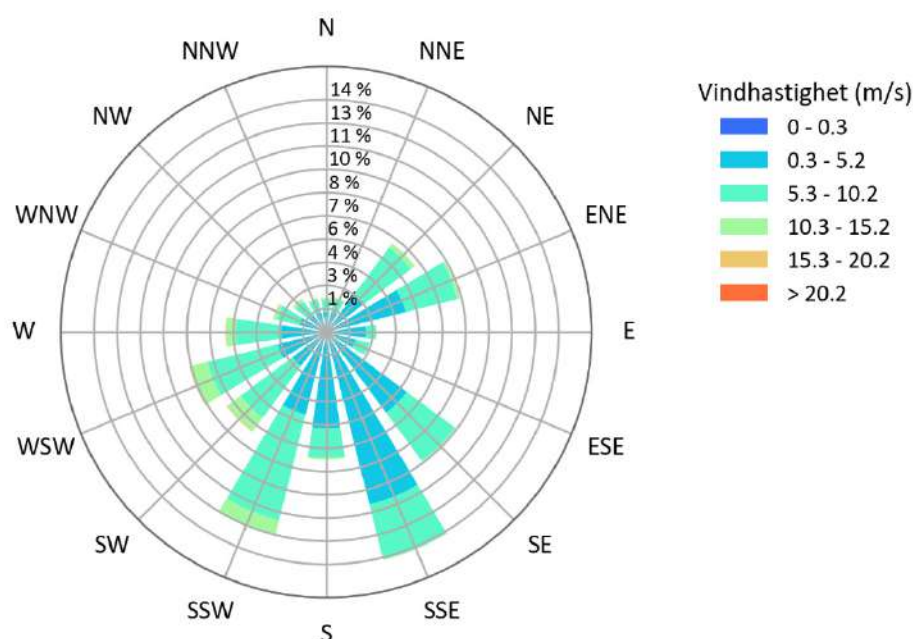


UTM33 73408E, 6950989N, 694moh

Figur 4-1. Dataperiode: 1958 – 2015. 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).

4.1 Vind

Høydevinden vil ha innvirkning på transporten av fokksnø ut iden aktuelle fjellsiden ovenfor anlegget. Toppen av fjellet ovenfor anlegget er formet som en rygg, og legger ikke til rette for stor snødrift ut i siden. Nærmeste værstasjon som måler vind og som er lite påvirket av topografiske føringer er Vigra, ca. 35 km nordvest for anlegget. Hoved vindretning er fra sørlig sektor, mens den sterkeste vinden gjerne kommer fra sørvestlig retning (Figur 4-2).



Figur 4-2. Vindrose for stasjonsnummer 60990 Vigra (met.no).

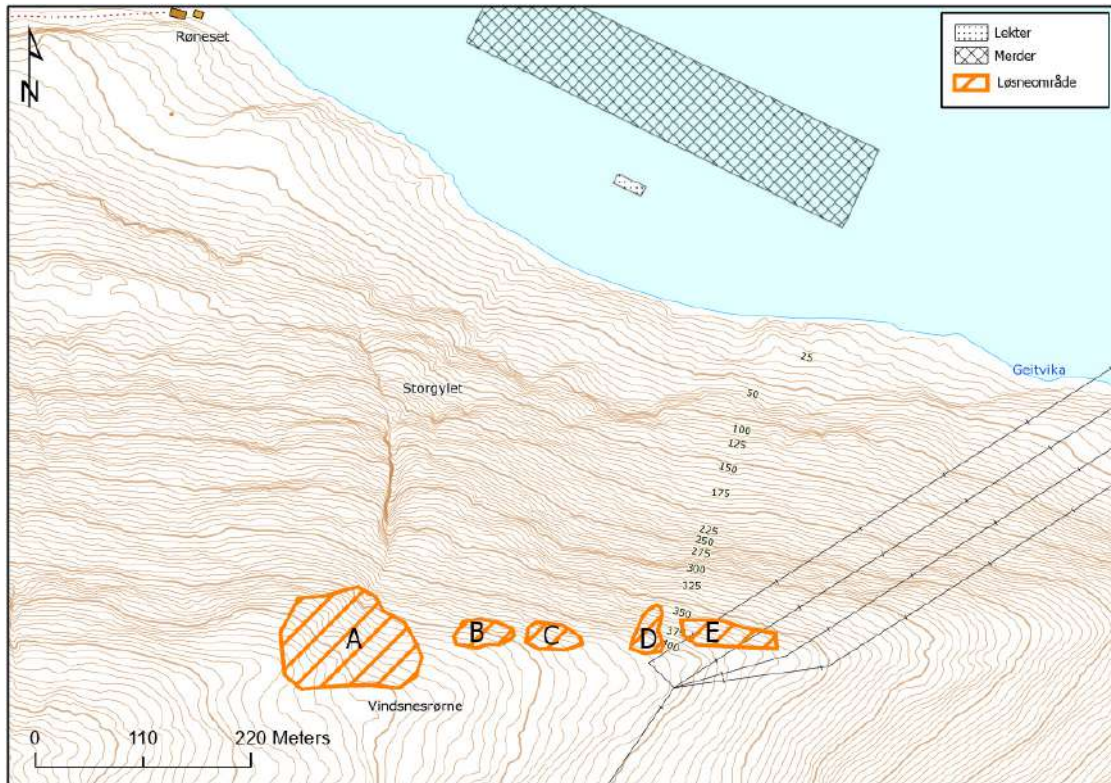
Sørlige vinder er gjerne forbundet med nedbør som regn i lavereliggende strøk vintertid, og nedbør som snø kommer vanligvis med vind fra sektoren vest-nord. Fjellsiden er lite utsatt for snødrift ved vind fra nord, men utsatt ved vind fra vest-sør-øst.

5 Modellering av snøskred

Modellering av snøskredutløp med programmet RAMMS Avalanche (ref) er brukt som en støtte i vurderingen. Snøskred utløses vanligvis der terrenget er mellom 30° til 55° bratt. En oversikt over potensielle utløsningsområder for snøskred er gitt i Figur 5-2.

Tabell 5-1 viser modellparametere som ble brukt i utvalgte modellkjøringer med RAMMS. Vurdering av bruddhøyde og volum er basert på klimastatistikk og vurdering av hvert enkelt potensielle løснеområde for snøskred.

Simuleringer er gjennomført for løснеområdene A – E og presentert i Figur 5-2. Input parametere er presentert i Tabell 5-1. Skog er ikke inkludert i modelleringen, men vil i realiteten ha en bremsende effekt.



Figur 5-1. Løснеområder brukt i simuleringen.

Tabell 5-1. Parametere brukt i simulering. Standard verdier er tilpasser norske forhold med variasjon i friksjonsparametere basert på høyde over havet.

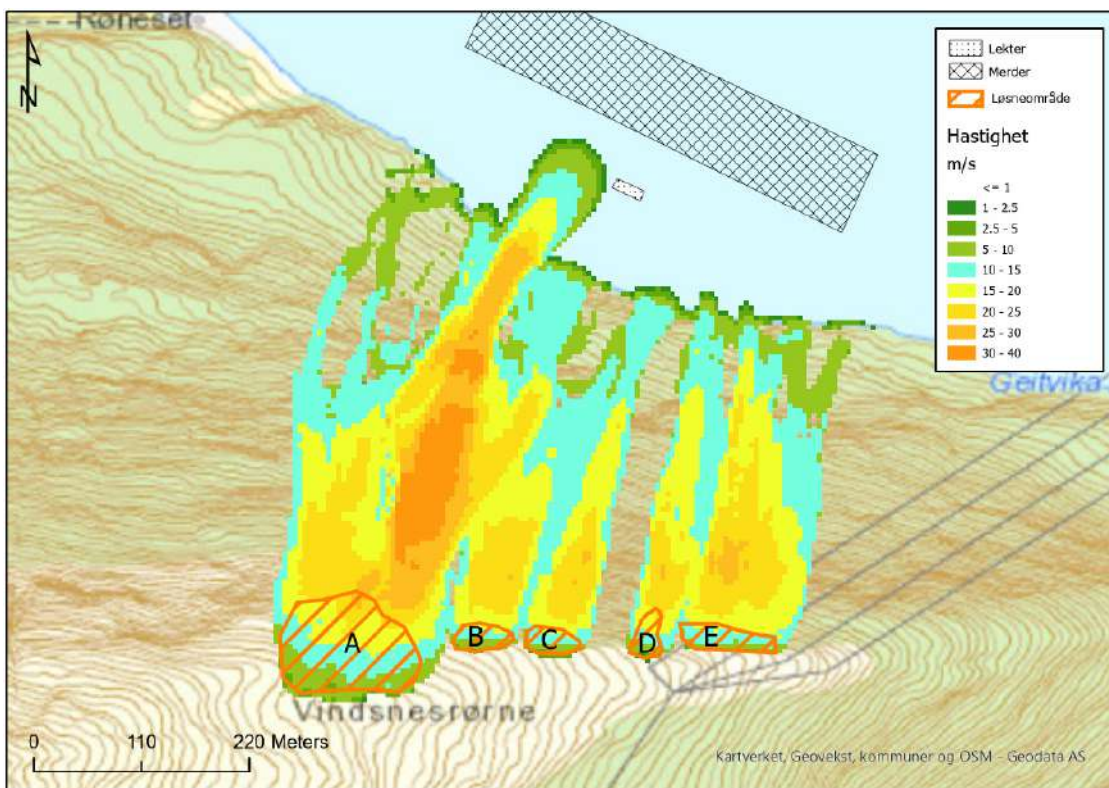
Utløsningsområde	Bruddhøyde (m)	Volum (m ³)	μ (-)	ξ (m s ⁻²)
A	1,5	21 819	Standard	Standard
B	1	1919	Standard	Standard
C	1	1751	Standard	Standard
D	1	1658	Standard	Standard
E	1	2965	Standard	Standard

5.1 Resultater

Modelleringsresultater i RAMMS (Figur 5-2) viser at snøskredene fra løснеområde B til C treffer vannkanten med en hastighet mellom 5 og 10 m/s, men hastigheten er trolig lavere ettersom skogen har en bremsende effekt på disse skredene.

Snøskredet fra løseområde A er betydelig større, og når ned til fjordkanten med en hastighet på rundt 20 m/s. Ifølge modelleringen når skredet over 100 m ut på fjorden, omtrentlig så langt ut som lekteren er plassert. Hovedretningen på skredet er vest for lekteren, og skredet treffer ikke denne i modelleringen. Det påpekes at modelleringen ikke inkluderer skredvind, og at dette kan forekomme fra skredbane A.

Det kan vurderes å gjøre en mindre justering av plasseringen av lekteren, for å unngå det potensielle skredvindproblemet. Modelleringsresultatene viser at det er god avstand mellom merder og faste skredmasser, og vi antar at eventuell skredvind ikke vil bli sterkere enn forventet vindlast.



Figur 5-2. Utløp av snøskred som viser maksimal hastighet på faste skredmasser i simuleringen.

6 Modellering av steinsprang

Som en støtte i vurderingen er RAMMS Rockfall (RAMMS:Rockfall User Manual v. 1.6) brukt for å simulere steinsprang. Modellen er brukt til å beregne utløpslengde på blokkene. Det er viktig å være klar over at regnemodeller ikke gir absolutte svar, og derfor er det fokusert på den samlede statistikken.

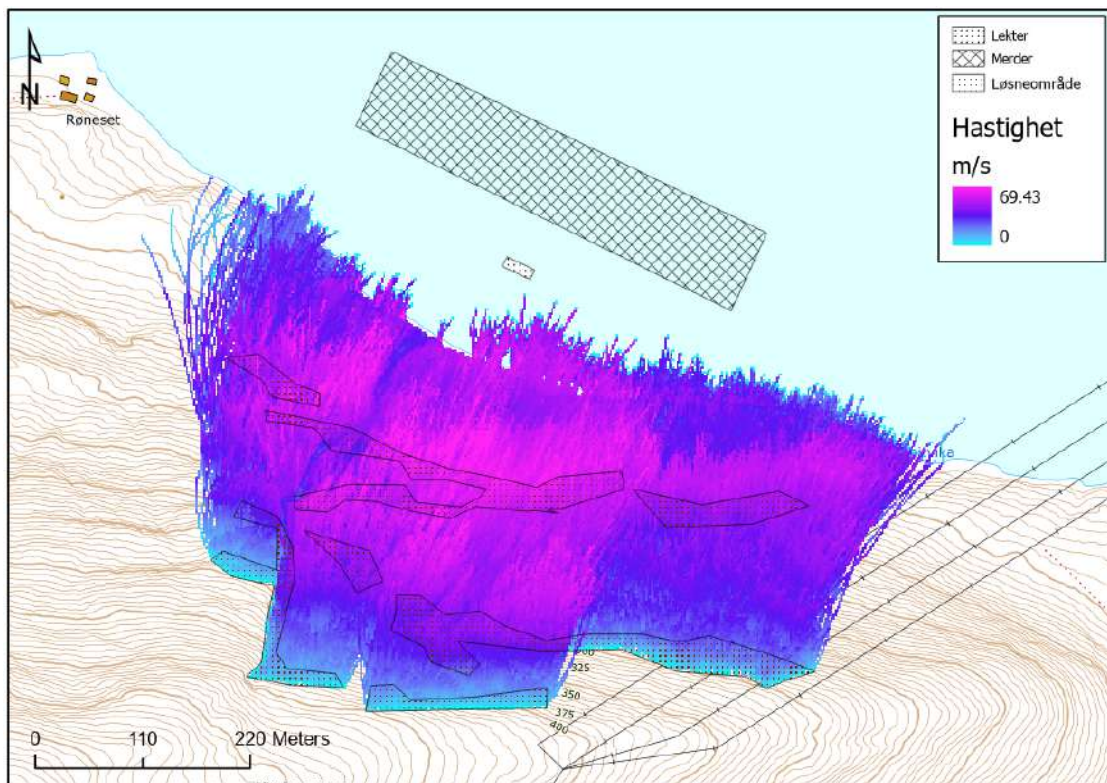
Generelt er input i modellen basert på eksisterende kartmateriale. Dimensjonerende blokkstørrelse er satt til 2 m³ og det er antatt svakt rektangulære blokker (densitet 2700

kg/m³). Som grunnlag for kjøringene er det brukt en digital terrengmodell med 2 m oppløsning.

Totalt er det sluppet 24 500 blokker, fordelt på ca. 5000 løsnepunkter langs polygoner i øvre del av fjellsiden markert som løsneområde i Figur 6-1. I hvert punkt slippes 5 blokker som er gitt 5 tilfeldige orientering i hvert løsnepunkt fordi startorienteringen av blokker til en viss grad påvirker bevegelsesretningen.

Terrenget er delt inn i forskjellige bakketyper, kartlagt ved hjelp av flyfoto, hellingskart, fjellskyggekart og bilder fra plassen. Terrenotypene går fra "extra hard" (bart fjell), til "extra soft" (myr). I dette tilfellet, med en svært bratt fjellside i bart fjell, er "extra hard" benyttet i øvre del, og "medium hard" benyttet fra ca 150 moh og ned til fjordkanten. Det er lagt til vann i modellen ut fra kart, som stopper videre sprang. Dette er realistisk, da det er forsvinnende lite området med grunne fra land.

Resultatene av modelleringen viser at blokkene oppnår høy hastighet mot bunnen av fjellsiden, men stopper raskt i vannet. Ingen av de 24 500 blokkene oppnår tilstrekkelige spranghøyder til å sprette ut mot anlegget. Fjellsiden har ikke terreng som legger til rette for steinsprut/flogstein som kan ha ekstreme utløpslengder.



Figur 6-1. Modellering av steinsprang fra fjellsiden ovenfor anlegget.

7 Skredfarevurdering

7.1 Skredfarevurdering for anlegget

Snøskred er vurdert som dimensjonerende skredtype i området. Det er potensiale for snøskred som går ned i Storgylet kan nå fjorden. Beregning av et skredscenario med sannsynlighet vurdert som 1/1000, viser at skredmassene treffer vannkanten med relativt høy hastighet, men stopper før anlegget.

Det er flere eksempler på at snøskred kan nå ut over vann, og NGI har erfaring med liknende anlegg, som har blitt ødelagt med større avstand mellom land og anlegg enn ved Røneset. I dette tilfellet er det betydelig skogvekst i fjellsiden, og begrensede løsneområder. Driftforhold for snø ut i fjellsiden er heller ikke optimale for å bygge opp store snømengder i løsneområdet.

7.2 Andre skredtyper

Det er potensiale for jordskred langs fjellsiden der det er tilgjengelige løsmasser, men disse er vurdert å ikke ville ha betydning for anlegget. Jordskred tolkes å bli av begrenset størrelse og vil stoppe raskt når de møter fjorden. I tilfeller der fjorden er isdekt, tolkes det som usannsynlig at mindre jordskred skal kunne nå 100 m utover flatt terreng. Det er potensiale for steinsprang i området, men terrenget legger ikke til rette for store spranghøyder eller flogstein. Modellering av steinsprang viser at eventuelle steinsprang vil stoppe raskt nær vannkanten.

Noen ankerfester og barduner nære land kan potensielt få skader fra treff av steinblokker. At flere fester ødelegges eller skades av skred samtidig vurderes som svært lite sannsynlig. Vi er innforstått med at dette er sett på som akseptabel risiko og ikke avgjørende for innfestingen av merdene.

8 Konklusjon

Anlegget vurderes å tilfredsstille S2 i TEK 17 med den plasseringen som er vurdert i denne rapporten.

Sekundærvirkninger fra snøskred bølger er ikke beregnet i denne rapporten. Det er lite erfaring med beregning av bølgehøyde fra slike skred. I liknende scenarioer anbefales det å ta høyde for bølgehøyder oppimot 2 m.

9 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.

Disclaimer

Skredfarevurderingene gjelder så lenge vesentlige endringer i forutsetningene for vurderingene ikke forekommer. (Eksempler på vesentlige endringer er endringer i Plan og Bygningslovens krav, nye opplysninger om historiske eller nyere skred, endringer i klima, terreng eller vegetasjon, anlegg av ny infrastruktur, etc.). Oppdragsgiver må til enhver tid vurdere om forutsetningene er endret, for i så fall å få utført en revidert kartlegging.

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Skredfarevurdering		Dokumentnr./Document no. 20210662-01-R
Dokumenttype/Type of document Rapport / Report	Oppdragsgiver/Client Purecod As	Dato/Date 2021-11-30
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract NGI		Rev.nr.&dato/Rev.no.&date 0 /
Distribusjon/Distribution BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
Emneord/Keywords Skredfarevurdering, skred, snøskred, steinsprang		
Stedfesting/Geographical information		
Land, fylke/Country Norge	Havområde/Offshore area	
Kommune/Municipality Sykkylven	Feltnavn/Field name	
Sted/Location Rønaset	Sted/Location	
Kartblad/Map 085N	Felt, blokknr./Field, Block No.	
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: 33 Øst: 74125 Nord: 6951771	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:	Sidemannskontroll av/Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/Inter-disciplinary review by:
0	Originaldokument	2021-11-30 Katrine Mo	2021-11-30 Frode Sandersen		

Dokument godkjent for utsendelse/Document approved for release	Dato/Date 30. november 2021	Prosjektleder/Project Manager Katrine Mo
---	---------------------------------------	--

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskaper i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within the geosciences. NGI develops optimum solutions for society and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the following sectors: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

NGI is a private foundation with office and laboratories in Oslo, a branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

www.ngi.no

