Vanylven kommune

Skredfarevurdering, Klovningen havn

Oppdragsnr.: **52108992** Dokumentnr.: **Vedlegg 9** Versjon: **J01** Dato: **2022-04-25**

Oppdragsgiver:	Vanylven kommune
Oppdragsgivers kontaktperson:	Helge Kleppe
Rådgiver:	Norconsult AS
Oppdragsleder:	Pernille Ibsen Lervåg
Fagansvarlig:	Marianne Kanestrøm Rødseth
Andre nøkkelpersoner:	Katrine Mo

J01	2022-04-25	For bruk	KATMO	MAKRO	PERLER
Versjon	**Dato**	**Beskrivelse**	**Utarbeidet**	**Fagkontrollert**	**Godkjent**

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Innhold

1 Innledning 6
1.1 Bakgrunn og hensikt 6
1.2 Gjeldende retningslinjer og styrende dokument 7
1.3 Forutsetninger for skredfarevurderingen 8
1.4 Utførte undersøkelser 9
1.5 Restrisiko for skred 9
1.6 Grunnlagsmateriale 9
1.7 Aktsomhetsområder 9
2 Områdeskildring 11
2.1 Topografi og helling 11
2.2 Vannveier 14
2.3 Skog og vegetasjon 14
2.4 Berggrunn og løsmasser 16
2.5 Klima 17
2.5.1 Vind 18
2.6 Skredhistorikk 20
2.7 Eksisterende skredfarevurderinger 20
2.8 Eksisterende sikringstiltak 20
3 Feltobservasjonar 21
3.1 Skredgeologisk beskrivelse 21
4 Modellering 26
4.1 Snøskred 26
4.1.1 RAMMS Avalanche 26
4.1.2 Resultater 27
5 Skredfarevurdering 28
5.1 Steinsprang 28
5.2 Steinskred 28
5.3 Jordskred 28
5.4 Flomskred 29
5.5 Snøskred 29
5.6 Sørpeskred 29
6 Oppsummering av skredfare og faresoner 30
7 Referanser 31

Vedlegg

1. **Generell beskriving av ulike skredtyper**

1 Innledning

1.1 Bakgrunn og hensikt

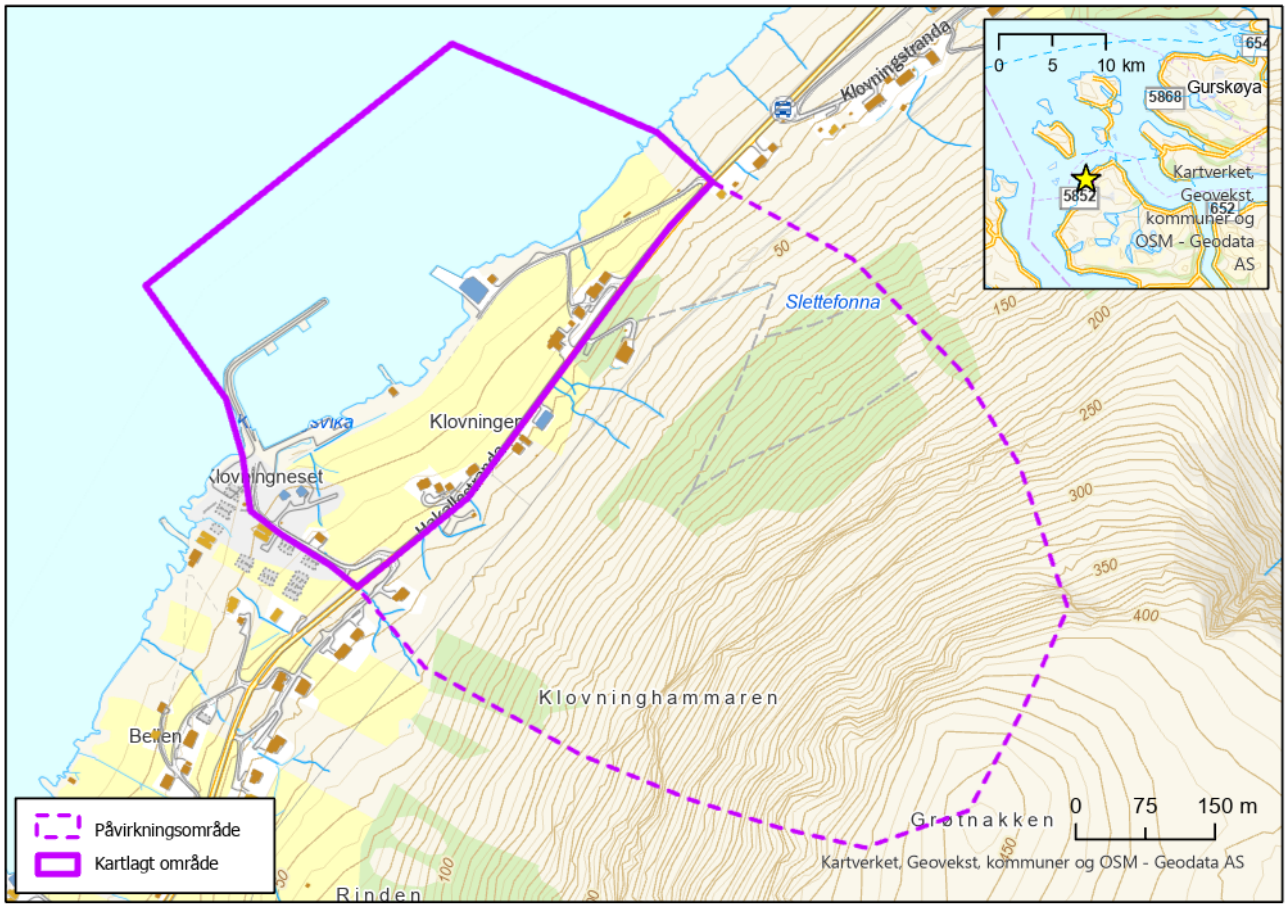
I forbindelse med detaljregulering av Klovningen havn har Norconsult AS utført skredfarekartlegging for skred i bratt terreng for reguleringsområdet.

Kartleggingsområdet ligger helt eller delvis innenfor NVE sine aktsomhetssoner for snøskred, steinsprang, samt jord- og flomskred. Store deler av området ligger og innenfor NGIs aktsomhetssone for snøskred og steinsprang. At området ligger innenfor en eller flere aktsomhetssoner for skred utløser i samsvar med byggteknisk forskrift (TEK17) krav om skredfarevurdering i forbindelse med regulering av det planlagte tiltaksområdet.

Aktsomhetssonene er i tillegg klippet en ukjent avstand fra land, og ikke beregnet for arealbruk på vann. Dette gjelder både for NVEs aktsomhetssoner og NGIs aktsomhetskart for snøskred og steinsprang.

Området ligger nordvest i Vanylven kommune, ca. 11 km i luftlinje nord for Fiskå. I resten av dokumentet vil området omtales som kartleggings- og påvirkningsområdet, der kartleggingsområdet defineres som området der skredfaren vurderes, mens påvirkningsområdet defineres som tilstøtende areal med mulige løsneområde for skred som kan påvirke faresonene i kartleggingsområdet. Kartlagtleggingsområde og påvirkningsområde er markert i Figur 1.

Hensikten med rapporten er å gjennomføre en kartlegging av skredfaren fra bratt terreng for det aktuelle området etter sikkerhetsklasser definert i TEK17 §7-3 [1]. Denne rapporten gir en kort gjennomgang av gjeldene retningslinjer og grunnlagsmateriale, og en vurdering av skredfaren for det vurderte området.



Figur 1. Oversiktskart over kartleggingsområdet ved Klovningen, med tilhørende påvirkningsområde.

1.2 Gjeldende retningslinjer og styrende dokument

Sikkerhetskravene som skal legges til grunn ved regulering og byggesak, er gitt i plan- og bygningsloven (PBL) §§ 28-1 og 29-5 med tilhørende byggteknisk forskrift (TEK17) §7-3 Sikkerhet mot skred [1].

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) sine retningslinjer «Flom- og skredfare i arealplaner» beskriver hvordan skredfare bør utgreies og innarbeides i arealplaner og hvordan aktsomhetskart og faresonekart kan benyttes til å identifisere skredfareområder [2]. NVEs veileder «Veileder for utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng. Utredning av skredfare i reguleringsplan og byggesak» (versjonsdato 12.11.2020) er tilknyttet retningslinjene, som gir anbefalinger til hvordan skredfare bør vurderes og kartlegges i bratt terreng på ulike plannivåer etter PBL [3].

Etter TEK17 skal byggverk og tilhørende uteareal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot skred slik at krav til nominelle årlig sannsynlighet ikke overskrider kravene til sikkerhetsklassen som tiltaket tilhører, se Tabell 1. Sikkerhetskravene kan tilfredsstilles ved å enten plassere tiltaket utenfor fareområder, slik at sannsynligheten for skred er mindre enn minstekravet, ved å etablere sikringstiltak som reduserer sannsynligheten for skred mot tiltaket og tilhørende uteareal, eller ved å dimensjonere og konstruere tiltaket slik at de tåler belastningene et skred kan medføre [1]. Det åpnes derfor for å vurdere sikring for å tilfredsstille sikkerhetskravet dersom en ikke kan plassere tiltaket utenfor kartlagte faresoner.

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområder [1].

Sikkerhetsklasse for skred	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
S1	Liten	1/100
S2	Middels	1/1000
S3	Stor	1/5000

Retningsgivende eksempel for fastsetting av sikkerhetsklasse er beskrevet i TEK17. Byggverk der konsekvensen av et skred, og sekundærvirkninger av skred, er særlig stor, eksempelvis bygg med kapasitet for nasjonal eller regional beredskap og krisehandtering, skal ikke plasseres i skredfarlig område [1].

I S1 inngår byggverk der skred vil ha liten konsekvens. Eksempel er garasjer, uthus, båtnaust, mindre brygger og lagerbygninger med lite personopphold. Enkelte mindre tilbygg, påbygg, ombygging og bruksendringer er omfattet av sikkerhetsklasse S1.

I S2 inngår byggverk der skred vil føre til middels konsekvens. Eksempel er boligbygg med maksimalt 10 boenheter, arbeids- og publikumsbygg/brakkerigg/overnattingssted der det normalt oppholder seg maksimum 25 personer, driftsbygninger i landbruket, parkeringshus og havneanlegg. S2 gjelder generelt byggverk der det normalt oppholder seg maksimum 25 personer, og/eller der det er middels økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser.

I S3 inngår byggverk der skred vil føre til store konsekvenser. Eksempel er byggverk med flere boenheter og personer enn i S2, i tillegg til skoler, barnehager, sykehjem og lokale beredskapsinstitusjoner.

Det er kartlagt skredfare for sikkerhetsklasse S1 og S2 etter TEK17 §7-3 [1], da disse antas som dekkende for de tiltakene som planlegges innenfor reguleringsområdet.

1.3 Forutsetninger for skredfarevurderingen

Denne skredfarevurderingen tar utgangspunkt i de terreng-, klima- og vegetasjonsforholdene som er aktuelle på vurderingstidspunktet. Endringer innen disse, menneskeskapte eller naturlige, kan endre forutsetningene for vurderingen.

Vurderingen omhandler utredning av sikkerhet mot skred i bratt naturlig terreng etter TEK17 §7-3 [1] og NVE veileder [3]. Kartleggingen omfatter derfor ikke vurdering av

- Fyllinger, skjæringer (løsmasse og berg), murer eller andre antropogene elementer (menneskeskapte) som kan medføre fare
- Kvikkleireskredfare eller sikringstiltak mot dette
- Mekanisk motstandsevne og stabilitet for byggverk i kartleggingsområdet (TEK17 §10 [1])
- Fjellskred eller sekundærvirkninger av skred, slik som for eksempel flodbølge fra fjellskred

Ifølge NVEs veileder [3] kan det være behov for ny skredfarevurdering om forutsetningene endres. Eksempel på endrede forutsetninger som kan utløse behov for ny vurdering er blant annet nye skredhendelser, nye opplysninger om tidligere skredhendelser, endringer i terrengforhold (eks. sikringstiltak, terrenginngrep), endringer i vegetasjonsforhold (eks. flatehogst eller skogbrann), endringer i hydrologiske forhold (eks. grøfter, skogsveier) og klimaendringer, at det er oppdaget tydelige feil eller mangler i tidligere skredfarevurdering og dersom ny metodikk er tilgjengelig.

1.4 Utførte undersøkelser

Feltarbeid i forbindelse med skredfarevurderingen omfatter befaring av det aktuelle området for å gjøre observasjoner og registreringer. I forkant av befaringen er tilgjengelig kartgrunnlag studert i ArcGIS PRO. Feltobservasjoner ble registrert via digitalt kartleggingsverktøy (Avenza).

Befaringen ble utført av Norconsult ved Katrine Mo den 19.03.22. Under befaringen var det skyfri himmel og god sikt. Det var bart terreng i kartleggingsområdet og påvirkningsområdet. Det aktuelle området ble gjennomgått og potensielle løsneområder for skred, terrengformer, vegetasjon og avsetninger etter tidligere skredhendelser ble registrert.

1.5 Restrisiko for skred

Plan og bygningsloven, med tilhørende byggteknisk forskrift TEK17 [1], definerer kravene til tilfredsstillende sikkerhet mot skred, og dette er vist ved de ulike sikkerhetsklassene for skred.

Forskriften angir krav til nominell årlig sannsynlighet, ettersom det vil være umulig å beregne skredsannsynlighet eksakt [1] og vurderingene kan derfor generelt ikke oppfattes som endelige. Skredfarevurderingen benytter metodikk, kunnskap og verktøy som er tilgjengelig på vurderingstidspunktet, og i tillegg til teoretiske beregningsmetoder skal det benyttes faglig skjønn ved kvalitative vurderinger.

Kravene i forskriften er formulert ut fra at dess større konsekvensen av et skred kan være, desto lavere nominell årlig sannsynlighet for skred kan aksepteres. Ut fra gjeldende regelverk vil det derfor være en restrisiko for skred utover faresonegrensene. Nominell årlig sannsynlighet er per definisjon i TEK17 vurdert ut ifra en enhetsbredde definert til en tomtebredde (angitt til 30 meter).

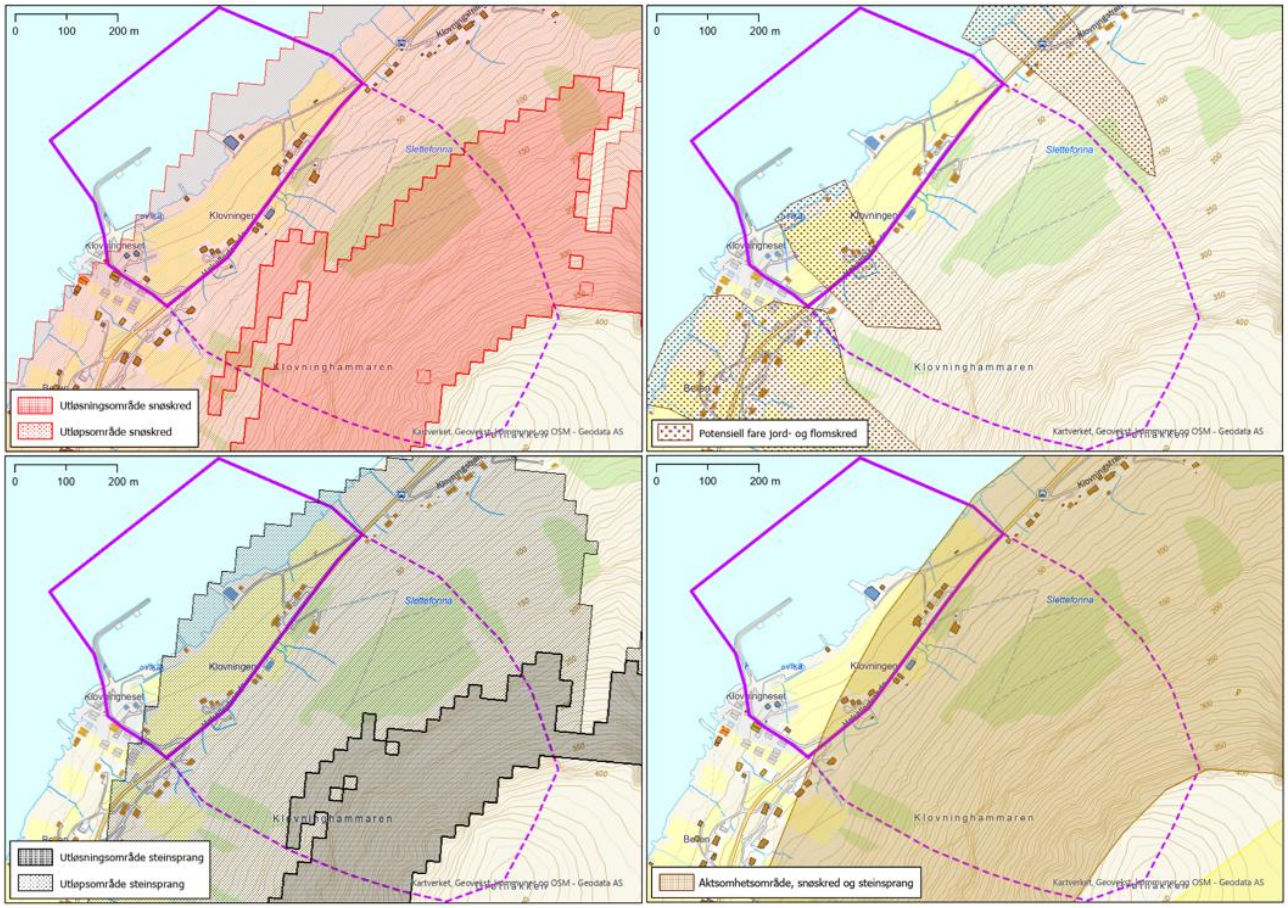
1.6 Grunnlagsmateriale

Skredfarevurderingen er basert på tilgjengelige grunnlagsdata:

- Digital terrengmodell (DTM) fra 2017 med 0,25 meter oppløsning (www.hoydedata.no)
- Tilgjengelige flyfoto fra 1965 til 2019 (www.norgeibilder.no)
- Berggrunnskart og løsmassekart fra NGU (www.ngu.no/emne/kart-pa-nett)
- Skredhendelser og aktsomhetskart fra NVE atlas (atlas.nve.no)
- Skogsdata og markfuktighetsdata fra NIBIO (www.nibio.no/tjenester)
- Historiske klimadata hentet fra eklima.no, seklima.met.no og senorge.no

1.7 Aktsomhetsområder

NVEs aktsomhetssoner for snøskred og steinsprang dekker store deler av området (Figur 2). NGIs aktsomhetsområde for snøskred og steinsprang dekker og store deler av området på land. Mindre deler av området (helt i sør) er i tillegg dekket av NVEs aktsomhetsområde for jord- og flomskred. Aktsomhetskartene er ikke beregnet på arealer langt fra land (de er klippet en uviss avstand fra land), og antas ikke representative for områder på vann.



Figur 2. NVEs aktsomhetsområder for snøskred (øverst til venstre), steinsprang (nederst til venstre), jord- og flomskred (øverst til høyre). Nede til høyre er NGIs aktsomhetsområder for snøskred og steinsprang.

2 Områdeskildring

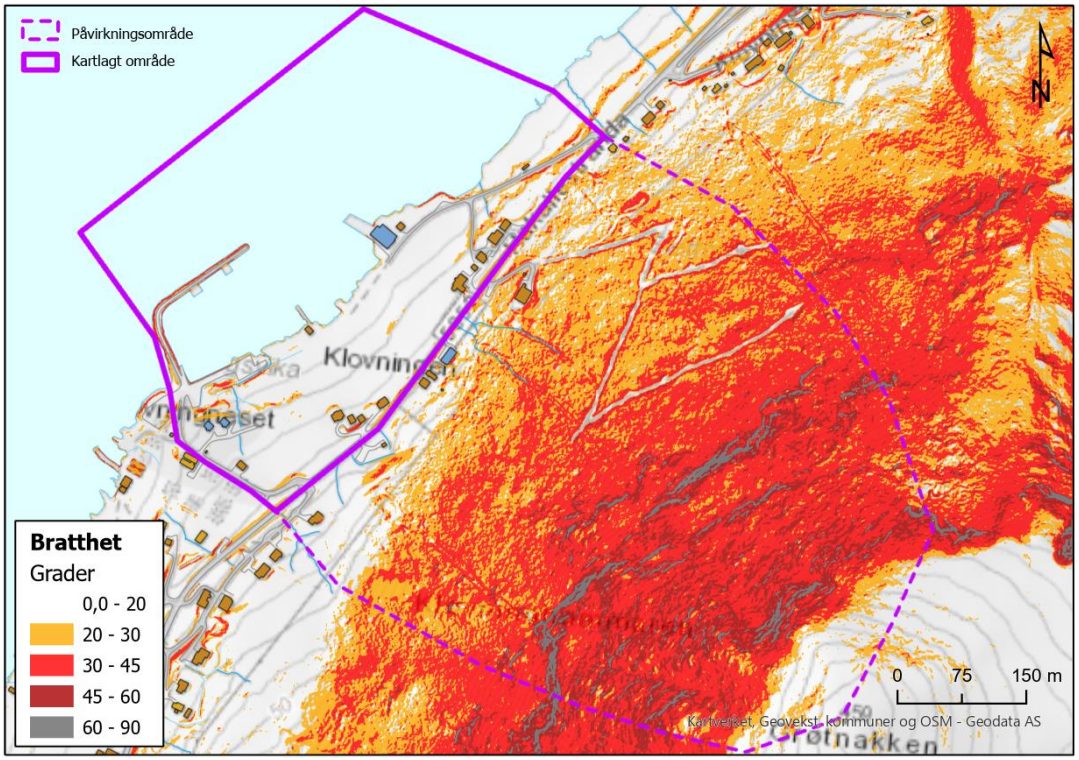
2.1 Topografi og helling

Kartleggingsområdet ligger omtrent mellom ca. 0-20 moh. og inkluderer areal på fjorden i markert område (Figur 3). Resterende areal er området mellom fjorden og fylkesvei 5852. Mellom fjorden og FV5852 er terrenget hovedsakelig slakt (under 25 grader), med et lite brattere parti de siste meterne opp til veien (rundt 30 grader).

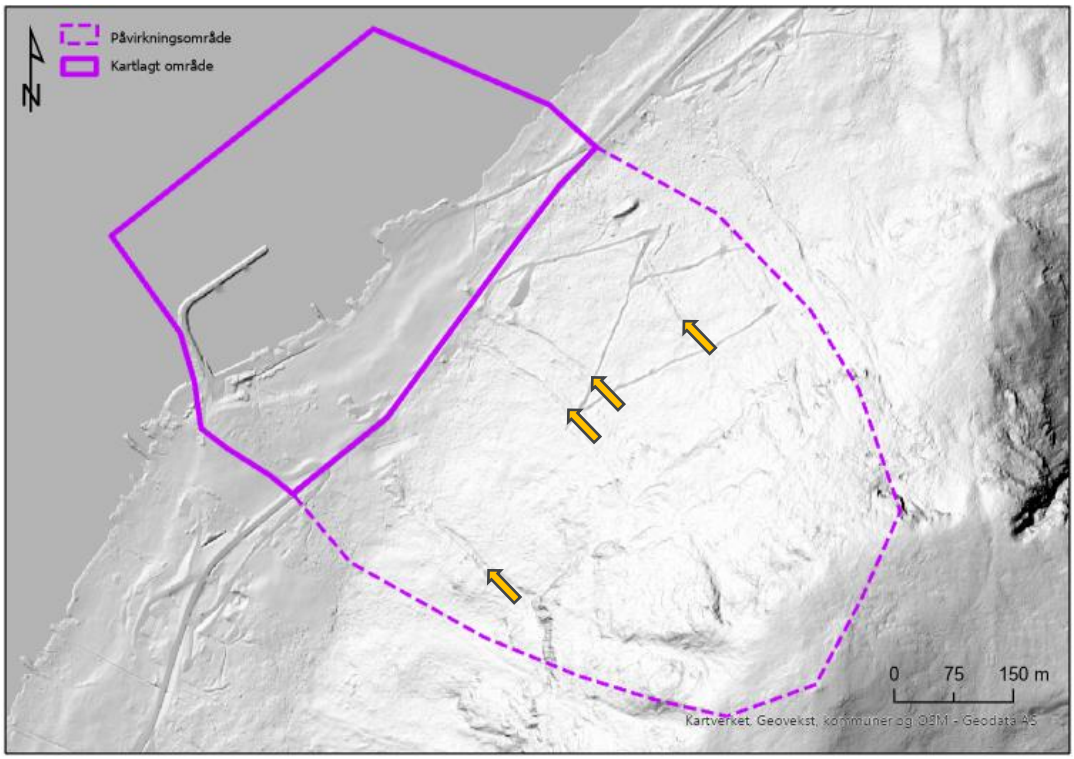
Ovenfor veien og opp til de brattere bergskrentene er det spredte områder med blokkmark/ur og lyng/torvdekke og tett granskog (Figur 3). Terrenget er vedvarende bratt (over 30 grader) opp til ca kote 420, med noen mindre brattskrenter over 45 grader (Figur 4). Over dette er terrenget slakt, og heller mot sør-øst (bort fra kartleggingsområdet).

Fire mindre renneformasjoner er synlig i fjellskyggekart (Figur 5). Tre av dem renner igjennom feltet med granskog. Alle renneformasjonene ligger i underkant av skålformer i fjellsiden, som er typiske terrengformasjoner som samler snø vinterstid. Det er spredt ur/blokkmark i deler av fjellsiden. Uren er noe kaotisk, og deler av den ligger ikke i underkant av løsneområder for steinsprang.

Figur 3. Oversikt over området fra Norgei3D. Kartlagt område og påvirkningsområdet er omtrentlig markert.



Figur 4. Terrenghelningskart som viser terrenghelning i kartleggingsområdet og påvirkningsområdet.

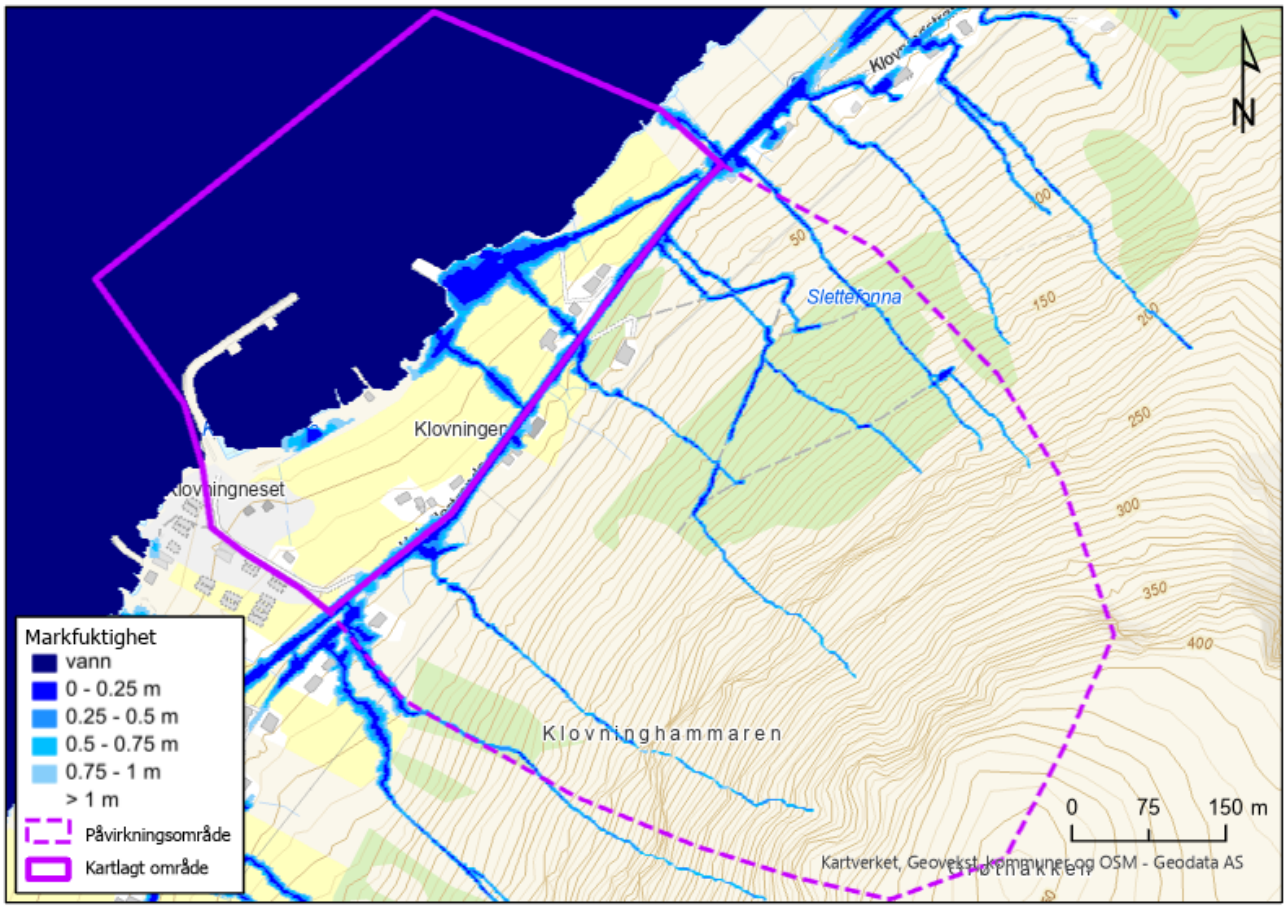


Figur 5. Fjellskyggekart basert på 1m dem. Fire renneformasjoner (markert med piler) er synlig i påvirkningsområdet.

2.2 Vannveier

Fra kartgrunnlag er det registrert noen mindre bekker som renner ned mot kartleggingsomådet fra ca kote 60. Det er ikke markerte bekker i kartgrunnlag som kommer ned fra Grøtnakken.

Markfuktighetskart [4] vist i Figur 6 gir et overordnet bilde av hvor det er størst sannsynlighet for økt fuktighetsinnhold i marka basert på inndeling i klasser etter høydeforskjell fra punkt til nærliggende vannmetta punkt. Lav høydeforskjell gir større sannsynlighet for økt fuktighetsinnhold og evt. vannføring. Kartene tar hensyn til terrengoverflaten sin helling, men ikke grunnforholdene slik som løsmasser. Markfuktighetskart over området viser at sannsynlig drenering av fuktighet i marka vil være fra den vestvendte delen av fjellsiden, og konsentrerer seg ned rennene. Over brattpartier heller terrenget mot sør-øst, og drenerer ikke vann mot området.



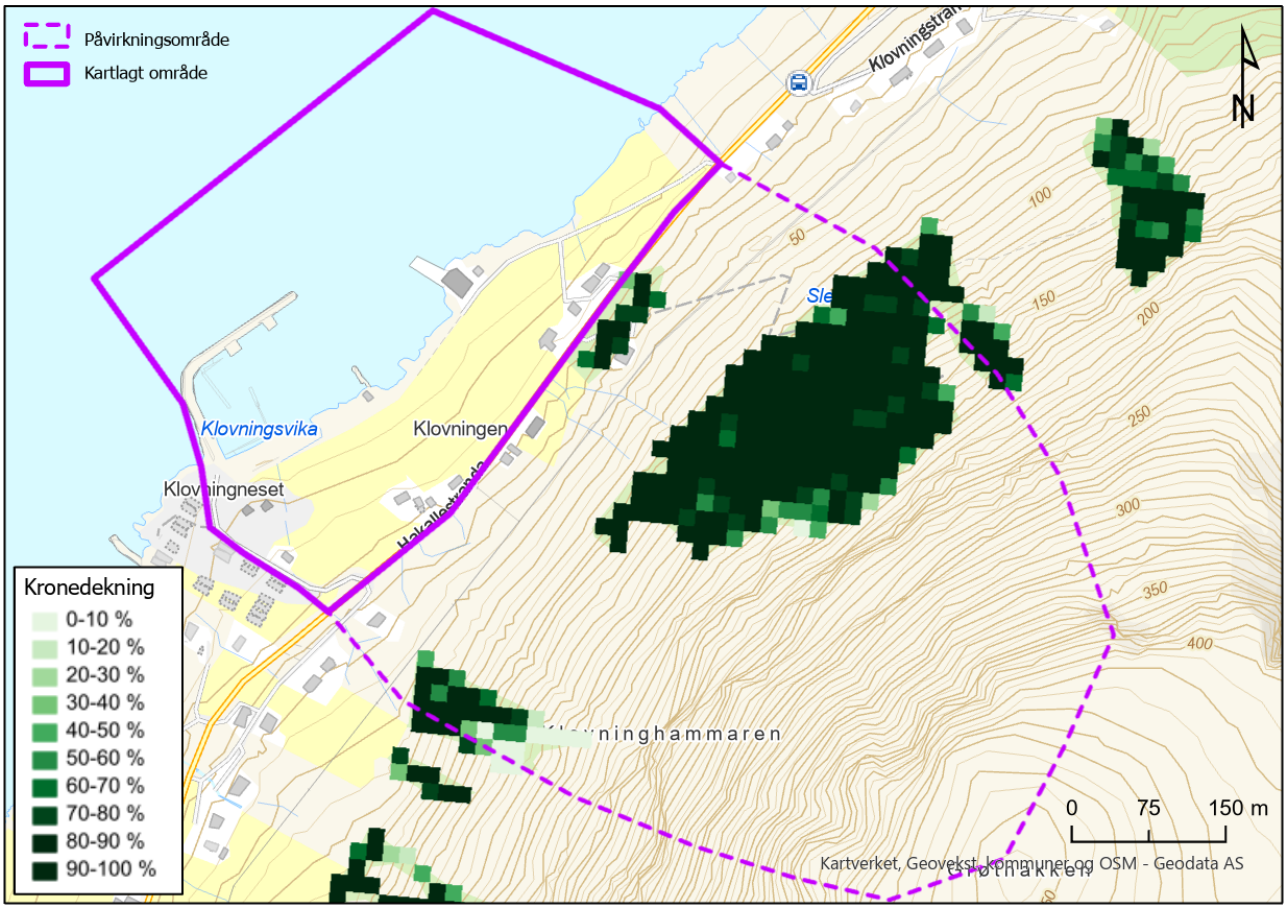
Figur 6. Markfuktighetskart fra NIBIO. Rasteren er inndelt i seks klasser for markfuktighet etter høydeforskjell i m fra punkt til det nærliggende vannmetta punktet. NIBIOs markfuktighetskart viser hvor det er teoretisk størst sannsynlighet for økt fuktighetsinnhold i marka, men kartet tar bare hensyn til terrengoverflatens helling og ikke løsmassetype. Kartet er beregnet ut fra ny norsk høydemodell (1 m) men noe utfylling er fra grovere høydemodell (10 m) for hvert nedbørsfelt.

2.3 Skog og vegetasjon

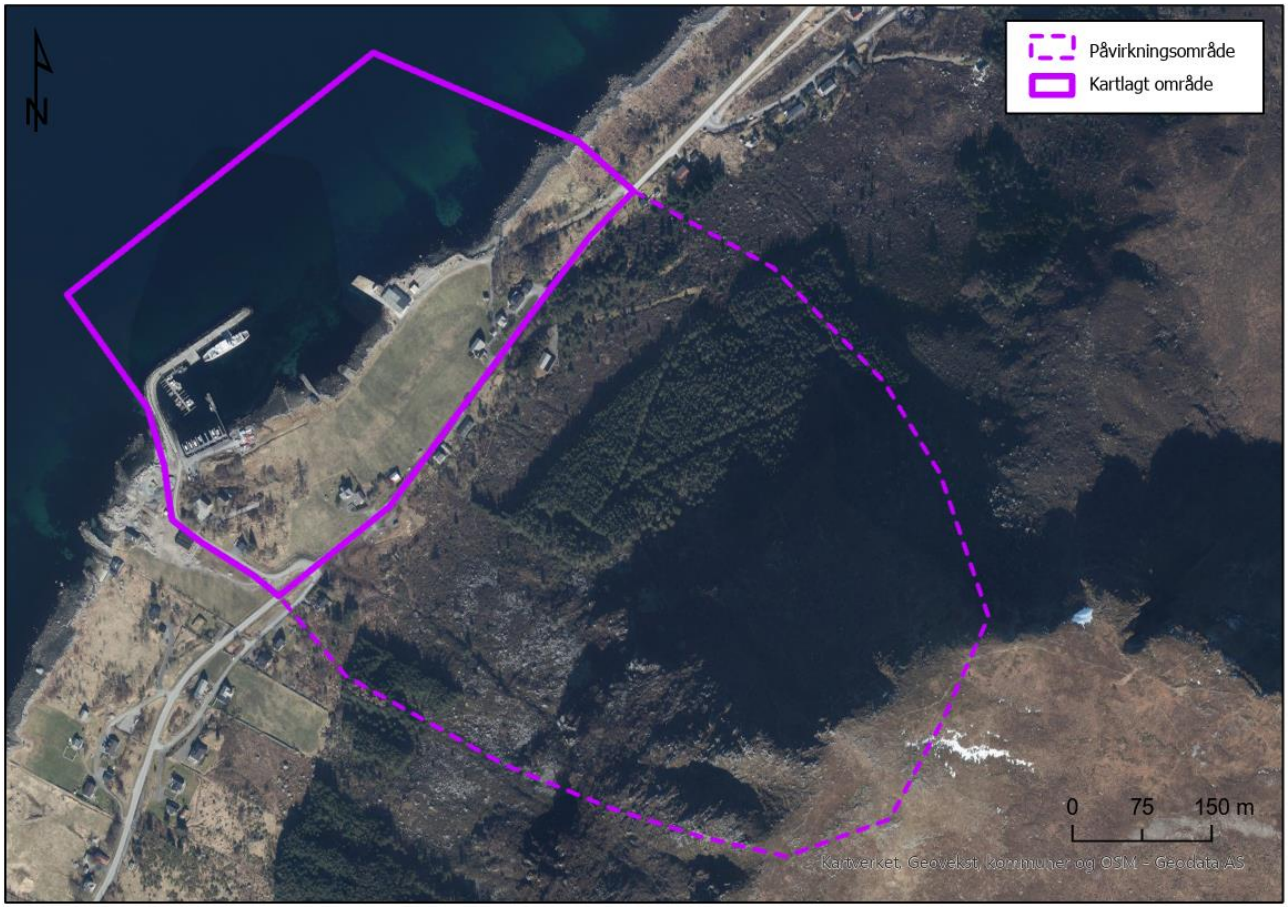
NIBIO sine kartdata for skog SR16 [4] viser at det er stor varasjon i skogen innenfor påvirkningsområdet. Det er flere felt med gran innenfor påvirkningsområde, med varierende areal (Figur 7). Kronedekningen for granfeltene er opp mot 80-90%. Det antas høy sannsynlighet for felling av granskogen i fremtiden, og videre

modellering av utløp er gjort uten skog. Datasettet er fremstilt fra automatisk prosessering av 3D fjernmålingsdata (fotogrammetri og laser), terrengmodeller, satellittdata, eksisterende kartdata (AR5) og data fra landskogflater [4].

Det er tynn og spredt løvskog i store deler av fjellsiden som ikke er dekket av skogdataene, men som er synlige i flybilder og under befaringen (Figur 8). Over ca. 300 moh er det tilnærmet fritt for trær.



Figur 7. Kronedekning er angitt i prosent dekning av det totale arealet.

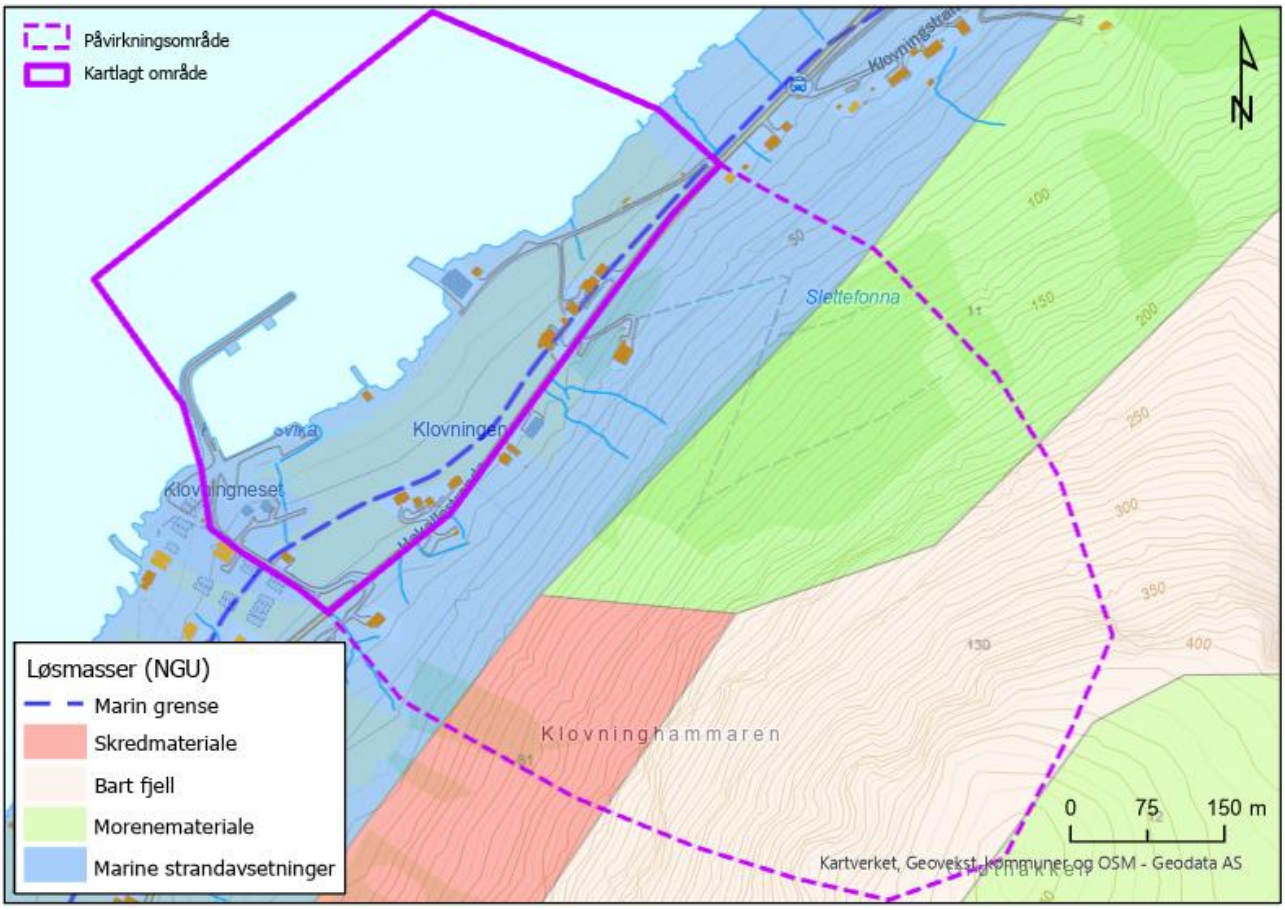


Figur 8. Flybilder av området (2019).

2.4 Berggrunn og løsmasser

Ifølge NGU sin berggrunnsdatabase [5] og berggrunnskart med målestokk 1:250 000 består berggrunnen i det vurderte området av granittisk gneis.

Løsmassekart fra NGU sin løsmassedatabase [6] i målestokk 1:250 000 viser at løsmassedekket i kartleggingsområdet og påvirkningsområdet består av fire forskjellige løsmassetyper (Figur 9). Løsmassekartet i området er grovt, og marine strandavsetninger er kartlagt opp til ca. 75 moh, mens marin grense ligger under 20 moh, som ikke er realistisk. Ovenfor marine strandavsetninger er terrenget kartlagt som morenemateriale opp til ca. 200 moh. Det er lagt størst vekt på tolkning av løsmassene i felt, grunnet at løsmassekartet i området er såpass grovt.



Figur 9. Løsmassene i området er ikke kartlagt i detalj. Ifølge NGUs løsmassekart består løsmassene av marine strandavsetninger opp til ca. 75 moh. Mellom 75 moh og ca. 200 moh er løsmassene kartlagt som morenemateriale i nord, og skredmateriale i sør. Over ca. 200 moh er det hovedsakelig bart fjell.

2.5 Klima

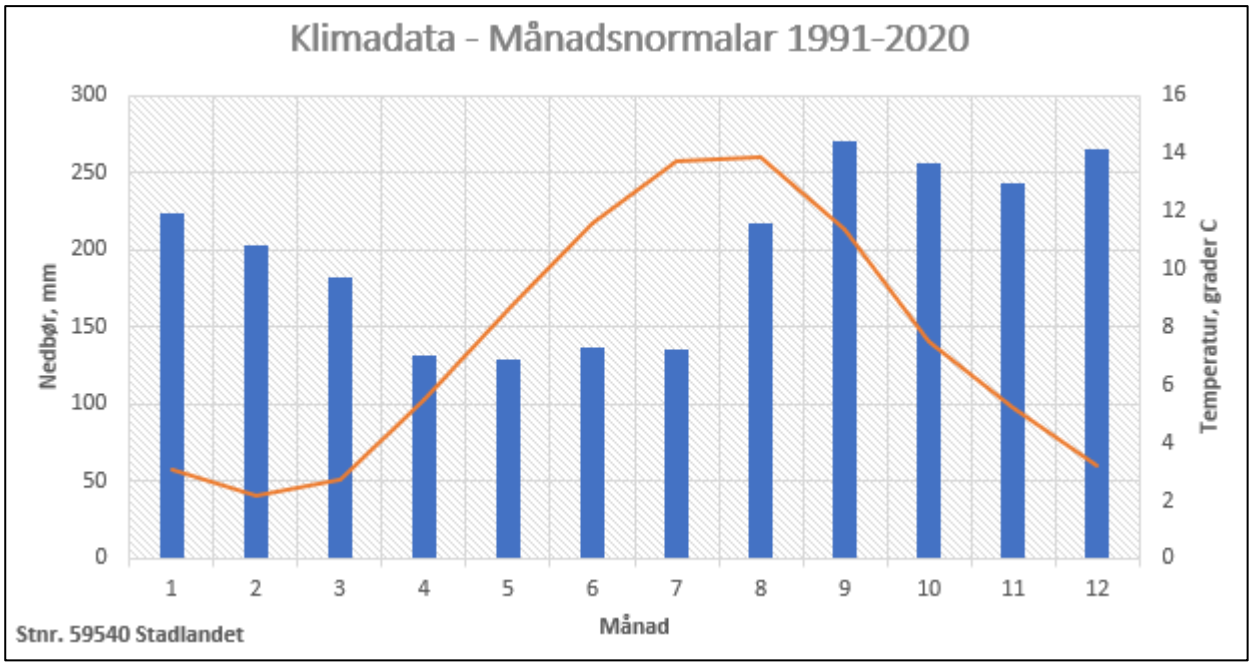
Målestasjonen Stadlandet (75 moh.), ligger ca. 13 km i luftlinje vest for kartleggingsområdet. Stasjonen har vært i drift siden 1923, og det vurderes at klimanormalene er representative for kartleggingsområdet.

Ifølge normalperioden fra 1991-2020 er årsnedbøren ved stasjonen på Stadlandet 2399 mm [7]. Figur 10 viser at nedbøren er størst i månedene september (9) – desember (12), med henholdsvis 270 mm og 265 mm som største månedsnedbør i september og desember måned.

Største registrerte 1-døgns nedbørshendelse for målestasjonen på Stadlandet er på 122,5 mm, registrert den 21.11.1980. Største registrerte 3-døgns nedbørshendelse for samme målestasjon er på 176,3 mm og er registrert den 07.09.1966 [7].

Temperaturdata for normalperioden 1991-2020 ved målestasjonen på Stadlandet viser at årsmiddeltemperaturen er 7,4°C [7]. Middeltemperaturen i alle årets måneder er over 0°C, med høyeste middeltemperatur i august på 13,9°C og laveste middeltemperatur i februar med 2,2°C (Figur 10). Fra arealdata over klima på senorge.no [8] kan en se at normal årstemperatur for normalperioden 1991-2020 i det vurderte området ligger mellom 6-8°C.

Målestasjonen på Stadlandet registrerer ikke snødybde, men på senorge.no [8] kan en hente ut arealdata som gir informasjon om snøforhold i området. Dette er grove data, men gir en indikasjon på snøforhold for det vurderte området. For det vurderte området er normal årsmaksimum av snødybde for normalperioden 1971-2000 mellom 25-100 cm. Normalt (1971-2000) antall dager med snø på bakken er mellom 30 og 90. Sammen med temperturdata (Figur 10) syner dette at snømengden i området vinterstid trolig er begrenset, og mye av nedbøren vinterstid kommer sannsynligvis som regn og sludd.



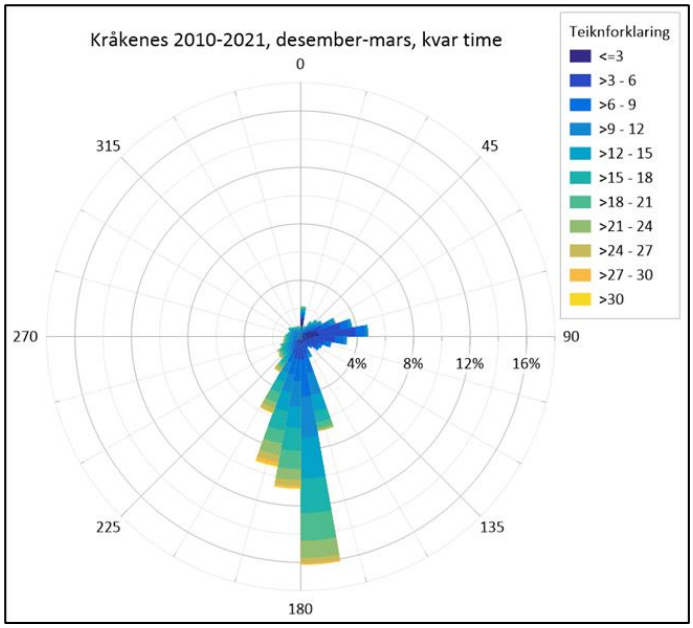
Figur 10: Månedsnormaler for nedbør (mm) og temperatur (°C) for målestasjon 59540 Stadlandet. Data er hentet fra eklima.no [7].

Det er ikke kjente jordskred, flomskred eller sørpeskred i umiddelbar nærhet til påvirkningsområdet, og det er derfor ikke gjort tilbakeregning av nedbørintensitet ved tidligere hendelser.

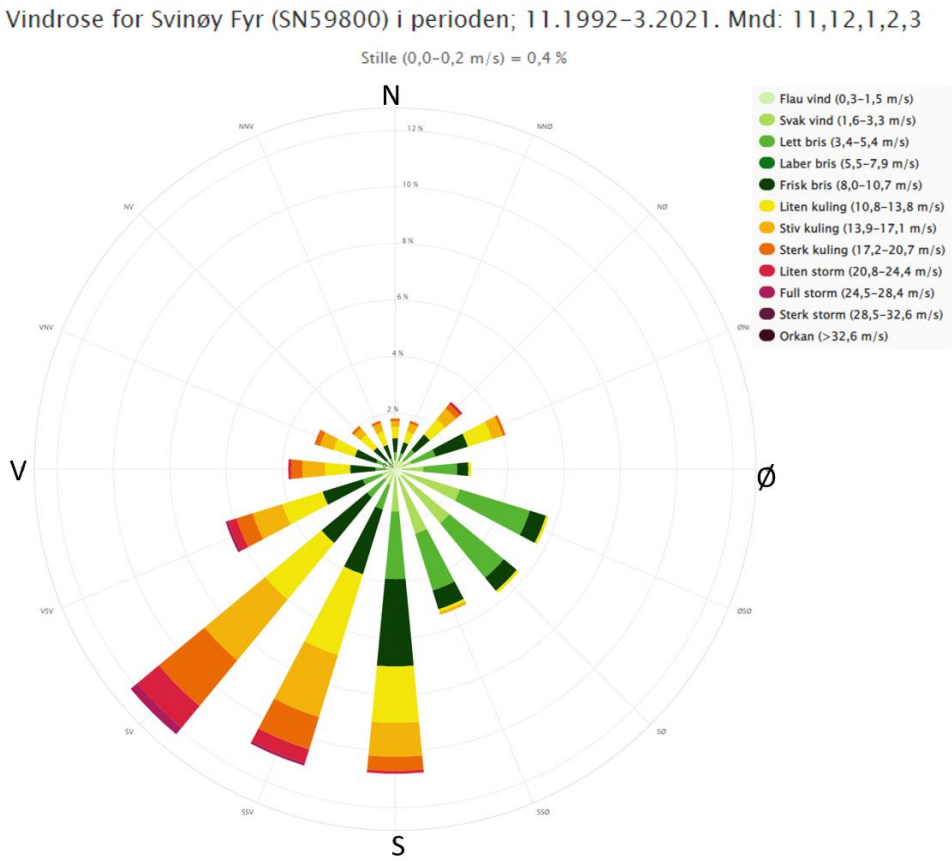
2.5.1 Vind

Den nærmeste målestasjonen til det vurderte området som har gode data for vind ligger ved Kråkenes (75 moh.) ca. 30 km i luftlinje vest for området. Den lokale topografien kan påvirke situasjonen i det kartlagte området, i forhold til situasjonen ved Kråkenes. Det er eksempelvis topografiske forhold som legger til rette for gode kildeområder for drivsnø øst for fjellsiden. Vinddata fra vintermånedene november-mars i perioden 2010-2021 viser at dominerende vindretninger er fra sør og sørvest, men at det også er perioder med østlig vindretning, selv om vindstyrken da hovedsakelig er noe svakere (Figur 11). Vinterstid vil vindretningen påvirke vindtransport av snø, med påfølgende oppbygging av fokksnø.

Det er og hentet tilsvarende data fra Svinøy fyr, som ligger 19 km i luftlinje nordvest for området. Vinddata fra vintermånedene viser dominerende vindretning sør og sørst også her, men også i større grad vind fra resterende vindretninger. Det er statistisk sett betydelig svakere vind når den kommer fra øst, som er tilsvarende mønster som vinddata fra Kråkenes viser.



Figur 11. Vindrose for vintermånedene desember til mars, Kråkenes.



Figur 12. Vindrose for Svinøy fyr, i perioden november til mars.

2.6 Skredhistorikk

Det er ikke registrert historiske skredhendelser innenfor kartleggingsområdet eller påvirkningsområdet i NVE skreddatabase.

Det er få registrerte skredhendelser langsmed veistrekningen utenfor området. Kun to utglidninger i løsmasser er registrert. Den ene ca. 1 km nordøst for området, og den andre ca. 3 km nordøst for området.

2.7 Eksisterende skredfarevurderinger

Det er ikke kjente tidligere skredfarevurderinger innenfor kartleggingsområdet eller påvirkningsområdet.

2.8 Eksisterende sikringstiltak

Det er ikke registrert noen sikringstiltak i NVE skredatlas. Det er ikke observert sikringstiltak i kartdata eller under befaringen.

3 Feltobservasjonar

3.1 Skredgeologisk beskrivelse

Hensikten med feltarbeidet var å få et inntrykk av topografiske forhold, grunnforhold og aktsomhetsområdene, samt sannsynlighet for skred.

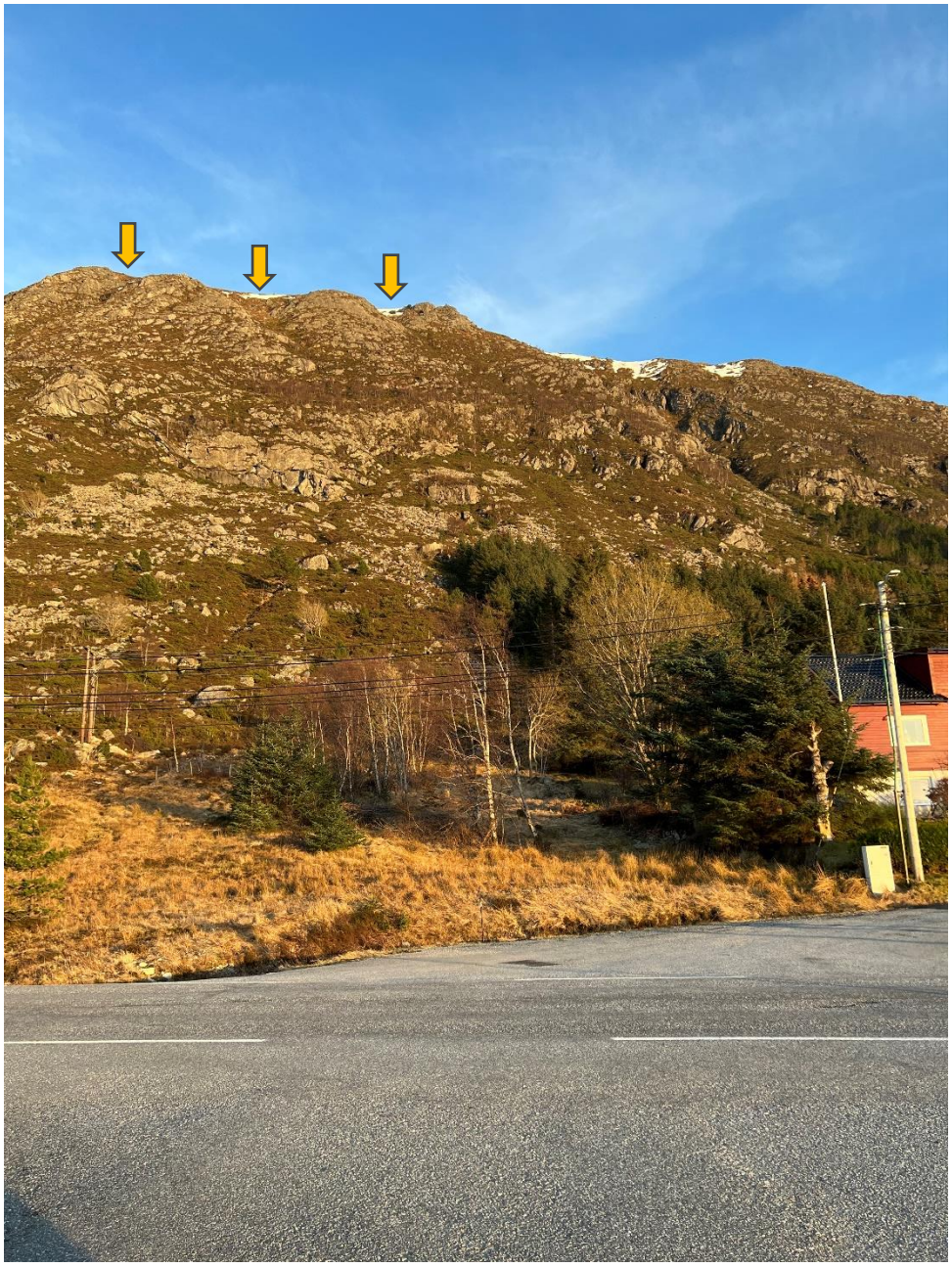
Nede i kartleggingsområdet ble det observert noen store (> 5 m^3) blokker blant begbyggelsen (Figur 13). Disse bar preg av å ha ligget i terrenget over lengre tid, og tolkes ikke som nylige hendelser. Det er flere store blokker langsmed fjorden, også i områder som ikke har overliggende løsneområder for steinsprang. Det tolkes derfor at det generelt er store mengder moreneblokker i områdene. Blokkene kan derfor både være eldre steinspranghendelser, eller moreneblokker.

Mellom fylkesveien og bratt terreng er det hovedsakelig torvdekt fjell, med noe ur/blokkmark. Ovenfor uren er det observert en skrent rett ovenfor med stor oppsprekkningsgrad og potensiale for utfall. Det er også observert noen skrentpartier med mulige utfall, som ikke har tilhørende ur. Skrentpartiene med mulige utfall er markert i Figur 14. Utenfor urene/blokkmarkene, er det ikke observert nylige utfall av stein.

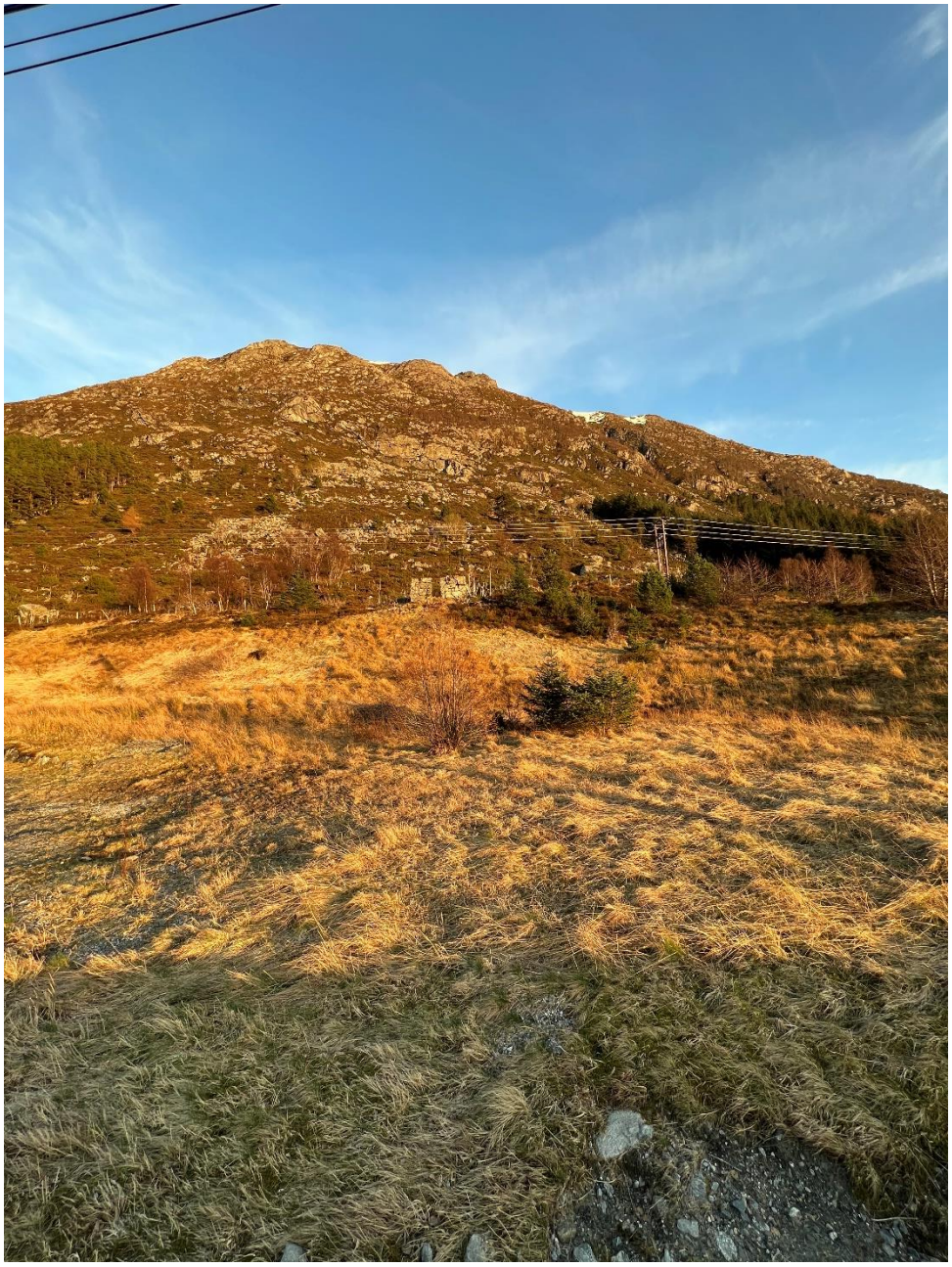
I øvre del av fjellsiden er det tre skålformer som er godt synlige i terrenget, samt en som er enklere å identifisere i kart. Skålformene er markert i Figur 15. Rennene som er godt synlig i fjellskyggekart, er mindre tydelige i felt, og det er ikke tegn etter nylige skredhendelser langs rennene (Figur 16). Rennene er mest definert i nedre del av fjellsiden, da det i øvre del er hovedsakelig bart fjell.

Figur 13. To eldre steinblokker som potensielt kan være ekstreme steinspranghendelser (marker med rød ring).

Figur 14. Flere skålformer er observert i øvre del av fjellsiden. Det er observert renneformasjoner i underkant av hver av de skålformede formasjonene. Nederst mot høyre i bildet kan ur/blokkmark observeres. Skrenter med større oppsprekningsgrad markert med grøn stiplet sirkel.



Figur 15. Fjellsiden sett fra veien. Flere skålformer med tilhørende renner har retning mot kartleggingsområdet.



Figur 16. Rennene er vanskelig å identifisere i felt, men er synlig i fjellskyggekart. Det er ikke observert tydelige steinsprangblokker mellom blokkmark/urer og veien.

4 Modellering

4.1 Snøskred

4.1.1 RAMMS Avalanche

I denne rapporten har RAMMS (Rapid Mass Movements) blitt brukt som modelleringsverktøy (versjon 1,7,20). Dette er en fluidmekanisk modell, utviklet ved SLF i Sveits (2010). Modellen beskriver skredet som en væske som har både friksjon som et fast materiale og viskositet som en væske. Programmet er en 2-dimensjonal numerisk modell som beregner skredhastighet, flytehøyde (skredtykkelse) og bredde til snøskred over et 3 – dimensjonalt terreng i skredbanen. I dette tilfelle ble det brukt en terrengmodell med gridoppløsning på 2 meter som i teorien skal kunne gi god fremstilling av et snødekt terreng for dette området, med noe utglatting av terrenget. Klimadata indikerer at det sjelden er store mengder snø ned til fjorden, og det er derfor ikke glattett ut i stor grad (eksempelvis med 5 m terrengmodell) Modellen vil aldri simulere virkeligheten, og er kun et hjelpemiddel for å vurdere potensiell utbredelse og hastighet til skredene.

Typisk observerte bruddhøyder for sjeldne snøskred (returperiode 100-1000 år) er 100 – 200 cm (Gauer, 2018). Klimadata indikerer at forventede bruddhøyder for sjeldne skred kan ligge i underkant av dette området.

Følgende kommentarer er knyttet til RAMMS Avalanche i dette prosjektet:

- Tykkelse av ekstremt sjeldne skred ble vurdert til å være 0,8-1 meter. Bruddhøydene er satt på bakgrunn av at løsneområdene er skålformet, med gode driftområder for snø øst for området. Dominerende vindretning vinterstid vil ikke føre til snødrift inn i løsneområdet. Løsneområdene som er mest utsatt for drift (C, D og E i Figur 17), er modellert med 1 m bruddhøyde, og A og B med 0,8 meter.
- Modellering er gjort med følgende volum: A:3176 m^3, B:1771 m^3, C:1852 m^3, D:2257 m^3, E:1228 m^3.
- Høydeintervallene for friksjon ble satt til lim 1: 300 m og lim 2:70 m, som gir større friksjon nærmest havnivå, og lavere friksjon høyere oppe i fjellsiden.
- Friksjonsparameterne er justert til en returperiode på 300 år som er gir de nest høyeste friksjonsverdiene i RAMMS.
- Simuleringen er gjort på terrengmodell med 2 m oppløsning.
- Løvskogen i fjellsiden antas for tynn til å ha effekt av stor betydning, og granskogen antas felt i relativt nær fremtid. Simuleringen er derfor gjort uten skog.

4.1.2 Alfa-beta

Alfa-beta modellen er en statisktisk/topografisk modell utviklet av NGI, og gir maksimal utløpsdistanse utelukkende som en funksjon av topografi [9]. Modellen tar utgangspunkt i maksimalt utløp fra mer en 200 snøskredbaner.

For snøskred er formelen:

$\alpha = 0.96\beta - 1.4°$ ($\sigma = 2.3°$)

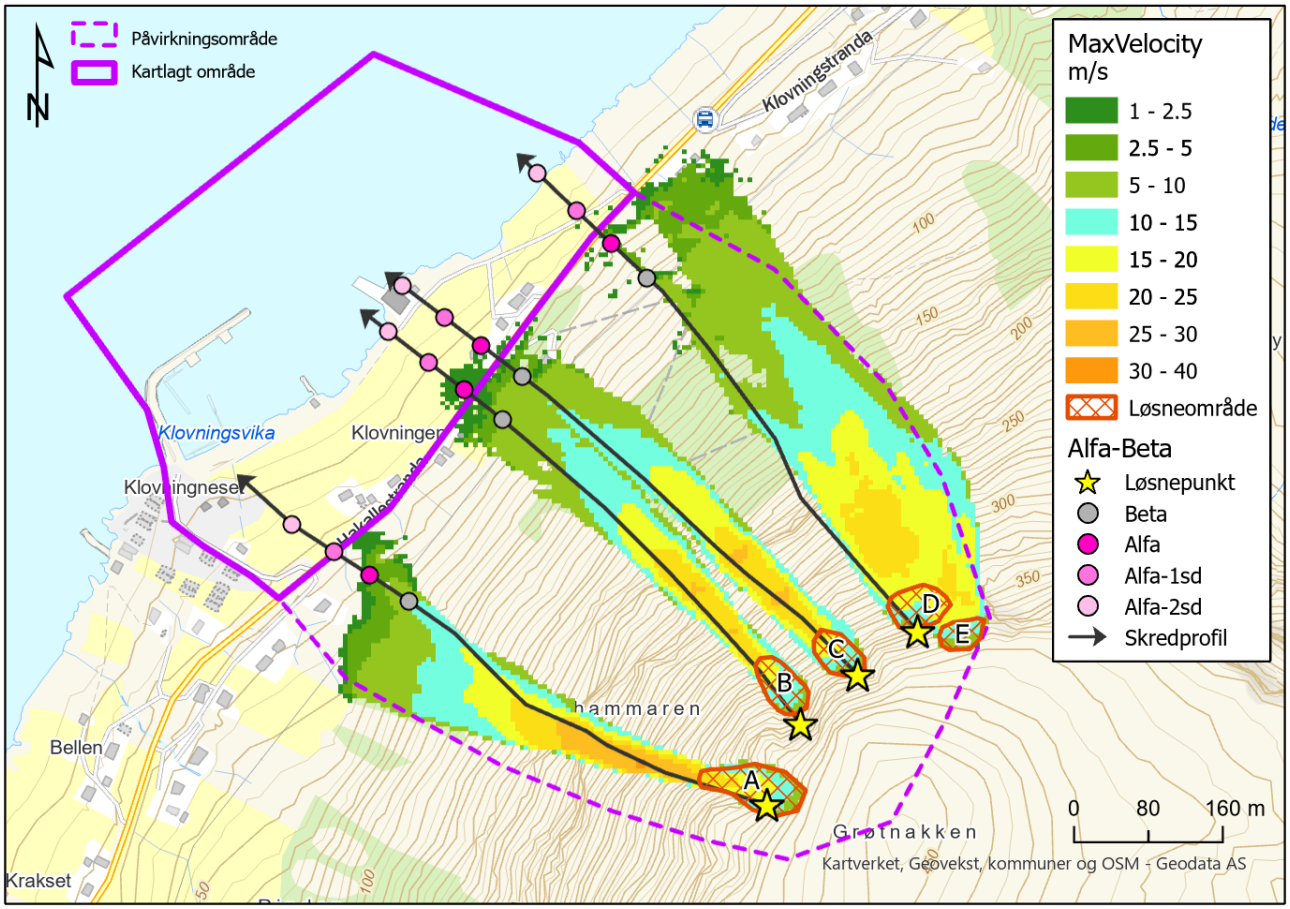
(β-punktet er det punktet langs skredbanen der terrenget flater ut til en 10° helning)

4.1.3 Resultater

Resultatet av modelleringen viser at skredene vil følge forsenkningene i underkant av skålformene, noe som stemmer godt med forventet utløpsretning. Hastigheten bremses opp til 5-10 m/s ca 80 meter ovenfor fylkesveien. Modellerte snøskred når så vidt innenfor kartlagt område, med en hastighet på under 2,5 m/s. Modelleringen er gjort i et noe utglattet terreng, og uten effekt av skog. Det reelle utløpet i modellert scenario, tolkes å stoppe ved veien.

Alfa-beta beregningen viser alfa-punkt ovenfor eller så vidt innenfor kartlagt område. For snøskred brukes ofte alfa som et estimat for 1/1000 års utløpslengde, og for store snøskred kan alfa med 1 eller 2 standardaavik benyttes for samme sannsynlighet. I dette senarioet er størrelsen på forventet snøskred med 1/1000 årlig sannsynlighet begrenset, og utløp ut til alfa vurderes som svært lite sannsynlig.

Begge beregningene støtter en rask oppbremsning fra der terrenget slaker ut. RAMMS har noe spredte snømasser som når inn i kartleggingsområdet med lav hastighet, og alfa-beta beregning gir alfa-punkt så vidt innenfor kartlagt område. Det vurderes som lite sannsynlig at snøskred når inn i kartleggingsområdet.



Figur 17. Modellering med dynamisk utløpsmodell RAMMS Avalanche.

5 Skredfarevurdering

Viser til Vedlegg 1 for generell beskrivelse av de ulike skredtypene.

5.1 Steinsprang

Terrenghellingen ovenfor området er tilstrekkelig bratt til at det kan løsne steinsprang, og de kan få retning ned mot kartleggingsområdet. Det er potensielle løsneområder for steinsprang fra et skrentparti mellom ca. kote 180 og 230, samt noen mindre spredte skrenter mellom kote 230 og 430.

Det er avsetninger som kan minne om ur langs deler av fjellsiden, og spesielt i underkant av brattskrentene mellom kote 180 og 230. Det ligger generelt mye blokker i terrenget, men det meste av dette tolkes som moreneblokker. Også deler av de urlignende formasjonene tolkes som morene, da fordelingen av blokker i terrenget stemmer dårlig overens med potensielle løsneområdet. Undersøkelser av flybilder i området rundt, viser at det er store mengder blokker i terrenget og mindre urlignende blokkansamlinger i områder der det ikke finnes potensielle kildeområder for steinsprang.

Det er observert noen få større blokker (>5 m^3) innenfor kartleggingsområdet. Det er utfordrende å skille mellom om disse er fra ekstreme steinsprang, eller om de er moreneblokker. Dersom blokkene er fra steinsprang, vil dette uansett være såpass sjeldne hendelser, at de ikke faller innunder et 1/1000 scenario. Det er ikke observert blokker vurdert som tydelige steinsprang innen 50 meters avstand øst fra fylkesveien.

Antatt høyest hyppighet av steinsprang basert på observasjoner av oppsprekningsgrad i felt, er de mindre skrentene mellom kote 180 og 230. Blokker med utfall i disse relativt lave skrentene vil ikke oppnå tilstrekkelig hastighet til å nå ned til kartlagt område. Løsneområder i resterende deler av fjellsiden er spredt, og bærer ikke preg av hyppige utfall.

Det vurderes at kartleggingsområdet har tilstrekkelig sikkerhet mot steinsprang for sikkerhetsklasse S1 og S2 da den nominelle årlige sannsynligheten for steinsprang vurderes å være lavere enn 1/100 og 1/1000.

5.2 Steinskred

Det er flere mindre områder med brattere helning enn 45 grader, men det er ikke observert tegn til deformasjon av større bergpartier (10 000- 100 000 m^3) i fjellsiden. Slike skred er sjeldne sammenlignet med andre skredtyper som steinsprang og snøskred, og utfallsannsynlighet vanskelig å estimere. Karttjenesten InSAR Norge (som kan identifisere deformasjon i fjell) har ikke optimal dekning i området pga. vegetasjon og helning. Punkter som kommer frem grunnet vegetasjonsfri områder viser ingen tydelig trend på deformasjon i fjellsiden. Det er ingen objekter registrert i NGUs nasjonale database for ustabile fjellparti i nærheten av området.

Det vurderes at kartleggingsområdet har tilstrekkelig sikkerhet mot steinskred for sikkerhetsklasse S1 og S2 da den nominelle årlige sannsynligheten for steinskred vurderes å være lavere enn 1/100 og 1/1000.

5.3 Jordskred

Det er hovedsaklelig ur/blokkmark opp til skrentpartiene og over dette er det hovedsakelig bart fjell. Levereliggende områder med løsmasse er i slakt terreng, rett ovenfor og nedenfor veien (hovedsakelig under 20 grader). Feltobservasjoner og terrengmodell indikerer ikke spor etter tidligere utglidinger eller avsetninger som tyder på jordskredaktivitet og det er ikke observert pågående erosjon eller utvasking i løsmassedekket i fjellsiden. Det er svært begrenset areal med terreng som drenerer vann mot kartlagt ormåde. Deler av ura/blokkmarken er dekket av skog og vegetasjon i overflaten, som gir en bindende effekt i toppen av løsmassene. Uren/blokkmark har god drenerende effekt, og antas lite utsatt for utglidning.

Det er vurdert at nominell årlig sannsynlighet for jordskred er lavere enn 1/100 og 1/1000, og området har tilstrekkelig sikkerhet mot jordskred for sikkerhetsklasse S1 og S2.

5.4 Flomskred

Fjellsiden ovenfor kartleggingsområdet har bratte sider, og bratte renneformasjoner med helning ned mot det kartlagte området. Renneformasjonene er definert som dreneringsarealer i markfuktighetskart fra NIBIO, men kun fra fjellsiden. Terrenget overfor den bratte fjellsiden, drenerer ikke vann mot kartlagt område. Det er hovedsakelig blokkmark/ur i fjellsiden, og bart fjell i øvre del. Områder med løsmasser og renneformasjoner, ligger i relativt slakt terreng

Det er ikke registrert spor etter aktivitet fra flomskred, flomskredavsetninger, eller utvasking av løsmassedekket i fjellsiden. Flomksred vurderes ikke som aktuell skredtype i området.

Det vurderes at kartleggingsområdet har tilstrekkelig sikkerhet mot flomskred for sikkerhetsklasse S1 og S2 da den nominelle årlige sannsynligheten for flomskred vurderes å være lavere enn 1/100 og 1/1000.

5.5 Snøskred

Det er partier i området med tilstrekkelig bratthet til å løse ut snøskred, og det er skålformer i terrenget som er egnet til å samle opp snø. Mulighet for å bygge opp store snømengder er begrenset grunnet klimatiske forhold.

Ut fra klimaanalysen er det få dager med snø på bakken i løpet av vintersesongen, og store deler av nedbøren vinterstid kommer trolig som regn og evt. sludd i området. Dominerende vindretning vinterstid er fra sør, men også en mindre konsentrasjon av vind vinterstid er registrert fra øst, hovedsakelig med lav vindstyrke. Topografien legger til rette for drift av ut i fjellsiden, med større flate partier sør og øst for påvirkningsområdet. De nordvendte skålformasjonene er antatt som mest utsatt for snødrift med vind fra sør, og disse er gitt en bruddhøyde på 1 m i simulering i RAMMS. De vestvendte skålformene er modellert med 0,8 m bruddhøyde.

Det er ikke registrerte snøskredhendelser langsmed fjorden i nærheten av kartleggingsområdet, og snøskred i området med denne bruddhøyden vurderes som sjeldne hendelser. I modelleringsresultatene stopper snøskredene opp når de når veien, med unntak av løsneområde B, der spredte snømasser så vidt passerer veien med lav hastighet.

Afla-beta beregning, som hovedsakelig er beregnet brukt på større snøskred, viser alfapunkt i grensen til kartleggingsområdet. Maksimalt utløp med 1/1000års sannsynlighet vurderes å være kortere enn alfa.

Det vurderes at kartleggingsområdet har tilstrekkelig sikkerhet mot snøskred for sikkerhetsklasse S1 og S2 da den nominelle årlige sannsynligheten for snøskred vurderes å være lavere enn 1/100 og 1/1000.

5.6 Sørpeskred

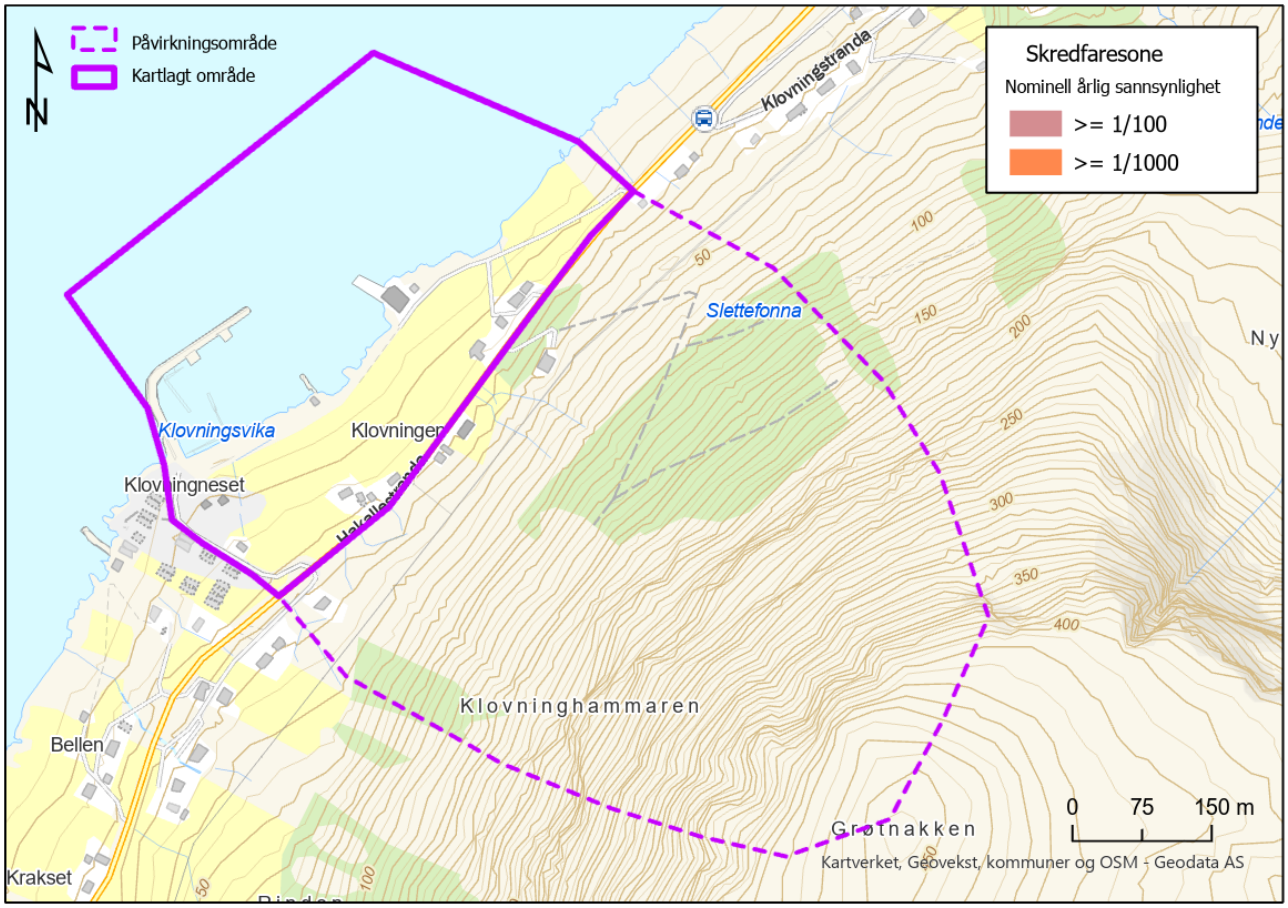
Det er ikke typiske løsneområder for sørpeskred i området, eller flatere partier der det kan samles vann i snødekket. Terrenget ovenfor den bratte fjellsiden er slakt, men drenerer vann mot sør, og ikke mot kartleggingsområdet.

Det er vurdert at det kartlagte området har en nominell årlig sannsynlighet for sørpeskred mindre enn 1/100 og 1/1000 i kartleggingsområdet, og området har tilstrekkelig sikkerhet mot sørpeskred for sikkerhetsklasse S1 og S2.

6 Oppsummering av skredfare og faresoner

Planområdet Klovningen havn er vurdert av Norconsult for sikkerhetsklasse S1 og S2 for skred i bratt terreng etter sikkerhetskrav i TEK17 §7-3. Basert på skredfarevurderingen er faresoner utarbeidet for nominell årlig sannsynlighet ≥ 1/100 og ≥ 1/1000 (Figur 18).

Det er vurdert at hele av planområdet tilfredsstiller krav til sikkerhet mot skred for sikkerhetsklasse S1 og S2, ved at nominell årlig sannsynlighet for skred er mindre enn sikkerhetskravet for disse områdene.



Figur 18. Det er ikke knyttet faresoner for sikkerhetsklasse S1 og S2 til kartleggingsområdet.

7 Referanser

[1] Forskrift til plan- og bygningsloven, «Forskrift om tekniske krav til byggverk (byggteknisk forskrift), FOR-2017-06-19-840. Tilgjengelig fra; https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840,» Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2017.

[2] NVE, «Flaum- og skredfare i arealplanar.,» Norges vassdrags- og energidirektorat, 2014.

[3] NVE, «Veileder for utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng. Utredning av skredfare i reguleringsplan og byggesak.,» 12 11 2020. [Internett]. Available: https://www.nve.no/veileder-skredfareutredning-bratt-terreng/.

[4] NIBIO, «Skogsdata og markfuktigheit frå NIBIO,» 2020. [Internett]. Available: www.kilden.nibio.no.

[5] NGU, «Berggrunn - Nasjonal berggrunnsdatabase,» 2020. [Internett]. Available: https://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/.

[6] NGU, «Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase,» 2020. [Internett]. Available: http://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/.

[7] Meteorologisk institutt, «eKlima,» 2021. [Internett]. Available: www.eklima.no.

[8] NVE, met.no og Kartverket, «senorge,» 2020. [Internett]. Available: www.senorge.no.

[9] S. B. Karstein Lied, «Empirical Calculations of Snow-Avalanche Run-Out Distance Based on Topographic Parametres,» *Journal of Glaciology,* pp. 26 (94), 165-177., 1980.

[10] NVE, «NVE-veileder nr.8-2014. Sikkerhet mot skred i bratt terreng. Kartlegging av skredfare i arealplanlegging og byggesak.,» Norges vassdrags og energidirektorat (NVE), Oslo, 2014b.

[11] NVE, «Jordskred og flomskred. Fakta korr. 09.11.2018.,» Norges Vassdrags- og energidirektorat, 2018.

[12] NGU, «Komplekse skredvifter: monitorering og karakterisering av skredavsetninger fra ulike prosesser. NGU rapport 2020.21.,» Norges geologiske undersøkelse (NGU), Trondheim, 2020.

[13] NIFS, «Terminologi om naturfare. Naturfareprosjektet: Delporsjekt 1 Naturfarestrategi. NVE-rapport 90/2015.,» Norges Vassdrags- og energidirektorat, 2015.

[14] Norsk klimaservicesenter, «SeKlima,» 2020. [Internett]. Available: www.seklima.met.no.

[15] Norges Geotekniske Institutt, «Løsmasse- og flomskred,» i *Skred, skredfare og sikringstiltak*, Universitetsforlaget, 2014, pp. 77-94.

[16] NVE, «Jord- og flomskred - Klimaanalyse for bruk i skredfarekartlegging. NGI Rapport 20200323-01-R,» NVE, 2021.

[17] K. Lied og K. Kristensen, Snøskred. Håndboken om snøskred, Nesbru, Norge: Vett og Viten, 2003.

[18] NGI, Skog og skred: Forslag til kriterier for vernskog mot skred. Rapport 20120078-01-R, Oslo: Norges geotekniske institutt, 2015.

[19] C. o. D. U. Keylock, «Evaluation of Topographic Models of Rockfall Travel,» *Arctic, Antarctic, and Alpine Research. Vol. 31, No 3. 312 – 320.,* 1999.

Vedlegg 1 – Generell beskrivelse av ulike skredtyper

Under følger en kort beskrivelse av de ulike skredtypene. Se NVEs oppdaterte veileder [1] for ytterligere beskrivelse.

Steinsprang og steinskred

Steinsprang og steinskred løsner vanligvis i fjellskråninger som er brattere enn 45°, eller slakere skråninger der strukturer i fjellet muliggjør utfall [1]. Stabiliteten i bergmassene påvirkes av blant annet bergartstype, oppsprekkingsgrad, sprekkeforhold og foliasjon, vanntilgang og tilstedeværelse av trær og røtter (rotsprengning). Steinsprang består som regel av enkeltblokker som beveger seg hovedsakelig uavhengig av hverandre, og det mest vesentlige energitapet skjer i kontakt med terrengoverflaten. Volumer av stein under 10 000 m^3. Et steinskred er en massebevegelse av et større bergparti (mellom 10 000 og 100 000 m^3). Partiklene i steinskredet splittes oftest i mindre deler nedover skredbanen. Energien til et steinskred avtar ved støt mellom blokkene i skredet og ved kontakt med terrengunderlaget [1] .

Jordskred

Jordskred er utglidning av løsmasser i terreng brattere enn 20°. De kan starte med en plutselig utglidning, eller vedvarende sig i terrenget, i vannmettede løsmasser [1]. Røtter fra vegetasjon kan bidra til at løsmassedekket får økt styrke, samtidig som det vil kunne øke permeabiliteten i jorden. Løsmassetype og tykkelse spiller også en viktig rolle, samt menneskelige inngrep som kan endre naturlige dreneringsveier for vann. Ifølge NVEs veileder er skog ofte stabiliserende for jordskred siden røtter og vegetasjon kan redusere faren for erosjon og utglidning. I tillegg bidrar skogen høyere opp i dreneringsfeltet til å dempe vannføringen ved intens nedbør [1]. Den viktigste utløsningsfaktoren er oppbygging av vanntrykk som følge av langvarig nedbør, intense regnskyll og/eller sterk snøsmelting.

Flomskred

Flomskred er hurtige vannrike løsmasseskred som opptrer typisk langs bratte elver/bekkeløp, eller i raviner, hvor det er eroderbare løsmasser til stede. Oftest er helningen i løsneområdet mellom 25 – 45°, men flomskred kan også oppstå i slakere terreng helt ned mot 15° [1]. Flomskred opptrer også der det vanligvis ikke er permanent vannføring. Vannmassene kan erodere og transportere store mengder løsmasser, større blokker, trær og annen vegetasjon i og langs løpet. I flomsituasjoner eller ved høy vannføring kan det oppstå erosjon langs bekkeløp som over tid kan føre til ustabile masser. Ifølge NVEs veileder er skog ofte stabiliserende for flomskred siden røtter og vegetasjon reduserer faren for erosjon og utglidning. I tillegg bidrar skogen høyere opp i dreneringsfeltet til å dempe vannføringen ved intens nedbør [1].

Snøskred

Snøskred løsner vanligvis der terrenget er mellom 25° - 55° bratt [1]. I slakere skråninger (25° - 35°) må det ofte komme større mengder snø i løpet av tre døgn før det oppstår ustabile forhold. Andre faktorer som regn på snø og store mengder vindtransportert snø kan også føre til ustabilitet. Forsenkninger som skålformasjoner, gjel og skar er vanlige terrengformasjoner der større mengder snø kan samles. Store flate områder/platåer over løsneområdene vil ofte bidra til økt akkumulering av snø inn i løsneområdene. Tett skog i fjellsiden kan motvirke utløsning av store snøskred. Forutsetningen er at trærne er så høye at de ikke snør ned [2]. I tillegg er kronedekning og skogtype faktorer som påvirker effekten skogen har på snøskred.

Sørpeskred

For at et sørpeskred skal utløses kreves et snødekke av en viss tykkelse og en terrengformasjon som muliggjør en vannmetting av snødekket. Typiske løsneområder for sørpeskred er langs elve- og bekkeløp og andre større forsenkninger i terrenget med tilgang til vann i kombinasjon med terrengformasjoner som tillater akkumulasjon av snø. Også flate myrpartier hvor det ofte samles mye vann er mulige løsneområder. Sørpeskred kan løsne i slake partier (helt ned mot 5°) hvor det kan bli store vannansamlinger i snødekket. Erfaringer fra tidligere hendelser viser at snøskred som demmer opp en trang elvedal er en vanlig årsak til å få utløst sørpeskred. Når snøen er mettet med vann kan snødemningen fra snøskredet brytes som et sørpeskred. I slike tilfeller vil et sørpeskred kunne løses ut, selv om værforholdene ikke tilsier det. Sørpeskredene kan derfor forekomme i ulike terrengtyper og kan være vanskelig å forutsi. Sørpeskredene kan få lange utløp spesielt når de følger bekk – eller elveleier. Det er per i dag lite kunnskap på hvilken morfologisk og sedimentologisk signatur som kan knyttes til sørpeskred. Det er også mulig at sørpeskred kan være vanskelig å identifisere sikkert ut fra avsetninger alene siden skredene gjerne eroderer løsmasser langs løpet og kan ligne flomskred i avsetningsområdene [3].

Referanser

[1] NVE, «Sikkerhet mot skred i bratt terreng. Utredning av skredfare i reguleringsplan og byggesak.,» 2020. [Internett]. Available: https://www.nve.no/skredfarekartlegging.

[2] NVE, «NVE-veileder nr.8-2014. Sikkerhet mot skred i bratt terreng. Kartlegging av skredfare i arealplanlegging og byggesak.,» Norges vassdrags og energidirektorat (NVE), Oslo, 2014b.

[3] NGU, «Komplekse skredvifter: monitorering og karakterisering av skredavsetninger fra ulike prosesser. NGU rapport 2020.21.,» Norges geologiske undersøkelse (NGU), Trondheim, 2020.