



RAPPORT

Hjelle, Stryn

FARESONEKARTLEGGING AV UTVALGTE
OMRÅDER

DOK.NR. 20160570-01-R
REV.NR. 0 / 2017-01-04

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: Hjelle, Stryn
Dokumenttittel: Faresonekartlegging av utvalgte områder
Dokumentnr.: 20160570-01-R
Dato: 2017-01-04
Rev.nr. / Rev.dato: 0 /

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Stryn kommune
Kontaktperson: Jan B. Flore
Kontraktreferanse: Epost av 15. juli 2016

for NGI

Prosjektleder: Frode Sandersen
Utarbeidet av: Krister Kristensen, Kjetil Sverdrup-Thygeson
Kontrollert av: Frode Sandersen

Sammendrag

På oppdrag av Stryn kommune er det utarbeidet et detaljert faresonekartlegging i utvalgte områder ved Hjelle, Stryn kommune. Faresonene er relatert til Plan- og bygningsloven med sannsynlighetsgrenser for skred i henhold til TEK 10. Faresonene er utarbeidet i samsvar med metodikken beskrevet i NVEs retningslinjer for detaljert faresonerings.

Generelt er dette et område med variert skredproblematikk, betinget både av naturforholdene og den samfunnsmessige arealutnyttelsen. Det innebærer at relativt mye av bebyggelse og infrastruktur ligger utsatt for en viss skredfare. En oversikt basert på registrerte bygningsflater fra FKB-data (bygningstyper 111- 163, det vil si boliger og fritidsboliger) sammenholdt med faresonekartet viser at 12 bygninger kan ha en høyere årlig sannsynlighet enn minstekravet på 1/1000 som gjelder for nybygg. Ingen bygninger i denne klassen ligger ifølge oversikten utsatt for skadelige skredkrefter med en årlig sannsynlighet på 1/100 eller høyere.

Tall på bygninger må tas med en del forbehold på grunn av nøyaktigheten til data-grunnlaget og utvalgskriteriene som er benyttet. Nærmere vurdering av enkeltbygninger kan avklare graden av utsatthet mer nøyaktig og hvilket omfang av sikringstiltak som er nødvendig for å redusere sannsynligheten dersom det er ønskelig. For noen er det relativt enkle tiltak, mens for andre er det trolig nødvendig med omfattende sikringstiltak. Tiltakene bør vurderes for hvert enkelt objekt og kost/nyttevurderinger bør også inneholde anslag av sikringseffekten i forhold til nærliggende bygninger og annen infrastruktur.

Innhold

1	Innledning	6
2	Avgrensning	7
3	Grunnlagsdata	8
	3.1 Skredtyper	8
	3.2 Skredhistorikk	10
	3.3 Naturforhold	11
	3.4 Tidligere skredfarevurderinger	17
4	Metodikk	17
5	Faresoner	19
	5.1 Aktuelle skredtyper	19
	5.2 Faresoner	24
6	Referanser	25

Vedlegg

Vedlegg A	Faresonekart
Vedlegg B	Feltobservasjoner og skredregistreringer
Vedlegg C	Hellingskart, befaringsruter og skog med betydning for skredutløsning
Vedlegg D	Beregninger (eksempel)
Vedlegg E	Modeller brukt for beregning av snøskredutløp

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

På oppdrag fra Stryn kommune har NGI kartlagt skredfaren innenfor utvalgte områder i Hjelledalen, Stryn. Kartleggingen er utført i forbindelse med en faresonekartlegging utført på oppdrag av NVE for andre utvalgte områder i Stryn. Kartleggingen i foreliggende rapport er gjort etter samme kravspesifikasjon som gjelder for det nevnte NVE-opdraget.



Figur 1. Kartleggingsområdene i Hjelledalen, benevnt Hjelle og Hjelle 2.

2 Avgrensning

De kartlagte skredtypene inkluderer steinsprang/steinskred, flomskred, snøskred og sørpeskred. Faren for store fjellskred og steinskred med volum over 100 000 m³ samt skredgenererte flodbølger er ikke vurdert. Sannsynligheten for fluktuasjoner i breenes massebalanse som kan påvirke skredaktiviteten er heller ikke vurdert. Muligheten for kvikkleireskred og undersjøiske skred i de lavest liggende områdene og i strandsonen er heller ikke vurdert nærmere i denne kartleggingen.

Utstrekning av faresoner for skred med samlet årlig sannsynlighet 1/100, 1/1000 og 1/5000 er vurdert. Dimensjonerende skredtype for faresonene er angitt for hvert delområde. Faresoner for hver enkelt skredtype med årlig sannsynlighet 1/100 er inkludert dersom flere skredtyper vurderes å kunne nå bebyggelse innenfor en slik sone.

Mulige klimaendringer er bare tatt hensyn til i begrenset omfang, og i de fleste tilfeller er vurderingene basert på dagens klima, vegetasjon og terrengforhold. De aller fleste av skredprosessene som berører de kartlagte områdene har sin opprinnelse utenfor de kartlagte områdene. Endringer, for eksempel i form av større menneskelige inngrep i terreng og vegetasjon, som for eksempel skogsvegbygging, snauhogst og skogplanting, kan endre forutsetningene for vurderingene. For en del av de aktuelle områdene er opprettholdelse av skog omtrent som under dagens forhold en forutsetning for at ikke skredfaren skal påvirkes. Generelt bør opprettholdelse av skog og vegetasjon i dagens tilstand ovenfor aktuelle utbyggingsområder derfor nedfelles i reguleringsplaner eller tinglyste avtaler om skjøtsel.

Faresonene representerer den samlede sannsynlighet for alle de vurderte skredtypene. I hovedsak vil det være én skredtype som er dominerende og bestemmende for skredutløpet. Hvilken skredtype som er dimensjonerende for faresonen er markert i kartet med eget symbol (se tegnforklaring i kartene i vedlegg A). Unntaksvis vil flere skredtyper ha omtrent samme utbredelse, og i slike tilfeller viser faregrensen den samlede sannsynlighet for de relevante skredtypene.

Når det gjelder prioritering av sikringstiltak bør denne etter vår mening være risikobasert. Intensitet av skredpåvirkning, enkeltbygningers sårbarhet og sannsynligheten for skader på mennesker, økonomiske verdier og miljø varierer sterkt innenfor en faresone. NGI anbefaler at man for å prioritere sikringstiltak sorterer bygninger ut fra en risikoindeks basert på skredsannsynlighet, antall personer i bygningen og sårbarhet. Dette vil kreve en individuell vurdering for den mest utsatte bebyggelsen i de undersøkte områdene. I noen tilfeller er nødvendige tiltak for å sikre bygninger relativt enkle og rimelige, mens andre kan kreve store investeringer. Utforming av sikringstiltak må derfor også vurderes fra sak til sak ut fra lokale og stedsspesifikke forhold.

3 Grunnlagsdata

3.1 Skredtyper

De topografiske og klimatiske forholdene fører til at snøskred er den mest aktive skredtypen i området, men de fleste skredtyper kan forekomme i de aktuelle områdene.

3.1.1 Fjellskred

Fjellskred, skred med volum fra 100 000 m³ til over en million m³, har historisk sett forekommet flere steder i kommunen. Størst skader ble forårsaket i Loen da flodbølger fra fjellskred i 1905 og 1936 førte til store ødeleggelser og store tap av menneskeliv i Nesdal og Bødal.

Fjellskred kan skyldes spenninger og sprekkdannelser som har utviklet seg siden avlastningen av innlandsisen, så vel som tidligere dannede svakhetssoner. Det er tegn på at slike forhold kan være til stede i de aktuelle områdene, men fjellskred inngår ikke i grunnlaget for bestemmelse av faresoner i denne vurderingen.

3.1.2 Brefluktuasjon

Variasjoner i breers massebalanse kan påvirke skredforholdene, men det er ingen breer som har innvirkning på de aktuelle områdene i denne vurderingen. Oversomrede fonn-dannelser i utløsningsområder for snøskred kan likevel påvirke skredsannsynligheten enkelte steder, for eksempel ved at ruhet og terrengform endres. I denne vurderingen av faregrenser er det ikke mulig å forutsi konsekvensen av slike endringer.

3.1.3 Steinskred og steinsprang

Steinskred og steinsprang forekommer vanligvis i bratte oppsprukne fjellpartier der terrenghelningen er større enn 45°. Steinsprangene utløses fra steile sprekker og overheng som har utviklet seg over lang tid grunnet forvitring. Det vanligste er mindre utfall på noen fåtalls kubikkmeter, men større steinskred kan også tidvis forekomme. Steinsprang forekommer helst om våren og høsten, ofte som følge av frysing/tining eller pga. store nedbørmengder som fører til høyt vanntrykk i sprekke i fjellet. Rot-sprenging kan også løse ut steinsprang. Også frittliggende blokker kan bli satt i bevegelse av en gradvis tyngdepunktforskyvning over mange år som følge av is-sprenging i baksprekker, eller en gradvis forvitring og knusing av understøtten til blokka. I bratte fjellsider er det vanlig å se blokker som står på vippen i dette området, og på sikt vil flere av slike blokker kunne falle ut.

En del av kartleggingsområdet utgjøres av småkupert terreng med spredte brattkanter og småhamrer. Slike områder er ofte karakterisert som større skredutsatte soner, men som på et mer detaljert nivå, for eksempel på byggesaksnivå, vil vise seg å inneholde sikrere

områder. Det kan i mange tilfeller også dreie seg om relativt enkle tiltak for å sikre mindre skrenter ved opparbeiding av et byggefelt.

3.1.4 Flomskred

Denne skredtypen følger bekker og elver, og kan bli utløst i løp med helning helt ned mot 10-15°. 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.

Det er ikke fjelldaler med store nedbørfelt med brebasseng og store moreneforekomster som kan gi opphav til store flomskred innenfor de aktuelle områdene.

3.1.5 Snøskred

Snøskred utløses vanligvis der terrenget er mellom 30° og 55° bratt. Der det er brattere, glir snøen ut i små porsjoner uten at det dannes større snøskred. Fjellsider som ligger i le for de vanligste nedbørførende vindretninger er mest utsatt for snøskred. Likeledes går det oftest 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. Som regel må det komme fra 0,5-1 m snø i løpet av to til tre døgn sammen med sterk vind for at store snøskred skal bli utløst. Markerte temperaturstigninger kan også føre til at det går snøskred.

I det aktuelle området er det topografisk sett mulighet for et spesielt stort snøskred med kraftig snøsky. Slike skred løsner typisk fra hengedaler høyt opp og som går til dels i fritt fall utfor stup. Denne snøskredtypen er spesielt utfordrende å vurdere siden det ikke finnes gode modeller for simulering av slike skred på nåværende tidspunkt.

3.1.6 Jordskred

Jordskred utløses helst i bratte fjellsider med relativt tynt løsmassedeckede der terrenget er brattere enn 25-30°. Løsmasser med stort finstoffinnhold som for eksempel silt, kan bli utløst i enda slakere terreng. Ofte er det vanntilførsel ved nedbør og/eller snøsmelting som skaper ugunstige betingelser for jordskredutløsning. Jordsmonnet er likevel gjennom tidene tilpasset slike forhold slik at det ofte vil være menneskeskapte terrengendringer eller impulser i form av steinsprang som blir den direkte utløsende årsaken. Slike skred får ofte lange utløp nede i dalbunnen som følge av stort vanninnhold.

Angivelse av sannsynligheter og potensiell utbredelse for slike skred er en særlig utfordring siden mange fjellsider oppfyller betingelsene for potensielle kildeområder. I slike områder blir det gjort en vurdering av terrengforholdene sammen med historiske

observasjoner der disse finnes. Sannsynlighetsantakelser blir gjort ut fra dette og en vurdering av sideveis utstrekning av potensielle skred.

3.1.7 Sørpeskred

Sørpeskred er en spesiell type snøskred der snøen inneholder så mye vann at den blir flytende. Skredene følger helst bekke- og elvedrag, og kan bli utløst fra myrområder, vann eller slake forsenkninger. Sørpeskred kan løsne i slake partier (helt ned mot 5°) hvor vann bygger seg opp i snødekket eller nedenfor utløp av snødemte vann og myrer når vann bryter seg gjennom snøen og drar med seg snø videre i løpet. Sørpeskredene kan forekomme i ulike terrengtyper og kan være vanskelig å forutsi. De utløses helst når snøen er løs og lett, i nysnø eller grovkornet løs snø som ligger på frossen grunn eller sva (impermeabel grunn), som følge av sterkt regn eller snøsmelting. Sørpeskred kan nå langt selv i slakt terreng. Sørpeskred kan forekomme i de samme bekke- og elvedragene som flomskred, og det kan i noen tilfeller være vanskelig å skille mellom disse to vannbårne skredtypene.

3.2 Skredhistorikk

Et viktig grunnlag for faresonekartlegging er oversikt over tidligere skredhendelser. Slik informasjon er viktig i forhold til antakelser om sannsynlighet og rekkevidden til skred. Den nasjonale skred databasen (www.skrednett.no), bygdebøker og lokalhistoriske skrifter gir en del informasjon om tidligere hendelser. Opplysningene må imidlertid vurderes i lys av tiden da de ble nedtegnet og senere tolkninger av disse. Som nevnt over, kan andre klimatiske og sosioøkonomiske forhold enn de som eksisterer i dag ha hatt stor betydning i mange tilfeller.

Tidligere skredhendelser kan i noen grad kunne observeres ute i terrenget. For eksempel vil spor etter nyere snøskred kunne vises i form av skader på vegetasjonen. Store steinskredblokker blir i mange tilfeller liggende som vitnesbyrd på tidligere steinspranghendelser selv om det av og til kan være et problem å skille skredblokker fra moreneblokker som har blitt transportert med isen. Mindre blokker på innmark er gjerne fjernet.

Bygningsplassering på gårdene er i noen tilfeller betinget av skredfare ut fra kunnskap som ble tilegnet ved generasjoners erfaringer med tidligere skredhendelser. Praksisen med jorddyrking i eldre tider kan også gi indikasjoner på skredaktivitet. Med tidligere tiders hjelpemidler var det for kostnads- og arbeidskrevende å dyrke mark som ble utsatt for skred for ofte. Skillet mellom av hva som ble nyttet som dyrket mark, heimebeite og utmark kan dermed gi indikasjoner på ulike grad av skredsannsynlighet.

3.2.1 Kilder for historiske skredhendelser i området

Gardshistoriene til Jacob Aaland (1932) gir en nokså grundig dokumentasjon av skader forårsaket av skred i det aktuelle området. Imidlertid ser det ut til at det i en del tilfeller er trukket feil konklusjoner dersom man går til samtidskildene (Kristensen, 1998). En

del slike feil, samt feil omkring dato og stedfesting har forplantet seg inn i nyere omtaler av hendelsene.

J. Brynestad (1878-1956) i Olden samlet i løpet av en mannsalder de fleste ulykkeshendelser som inntraff i distriktet, deriblant skredhendelser i skriftet *Fortegnelser over Sne og Stenskreder*. (upubl.) . I tillegg ble kjente ulykker fra tidligere tider også omtalt i skriftet.

En kartlegging av de viktigste snøskredene ble gjennomført av Gunnar Ramsli på oppdrag av Landbruksdepartementet i 1948 og en stensilert oversikt ble sendt kommunen. Kartgrunnlaget var imidlertid meget dårlig, og materialet ble ikke bearbeidet for publikasjon (Ramsli, 1981)

I 1976 utførte NGI en kartlegging av større skredhendelser i Stryn kommune på oppdrag av Statens Naturskadefond (1977) Denne er basert på tilgjengelig skriftlig dokumentasjon, omfattende bruk av intervju og tolkning av geomorfologi sammen med kildeopplysninger. Skredhendelsene har i noen grad vært oppdatert med nyere hendelser. Nummer og navn på skred som er oppgitt på kartet stammer fra denne rapporten.

Astor Furseth utførte på 2000-tallet en landsdekkende innsamling av historiske skredopplysninger på oppdrag av NGU. Stedfestingen er i form av punktangivelser på kart basert på historisk dokumentasjon og noe egen tolkning. Disse er tilgjengelig på webtjenesten skredatlas.nve.no som drives av NVE og databasen er siden 2008 oppdatert med skredobservasjoner fra Statens vegvesens Nasjonale veidatabank, fra Jernbaneverkets skreddatabase og fra NGI. Registreringene vises i kartinnsynene ”Skredhendelser omkomne”, ”Skredhendelser skredtype” og ”Skredhendelser konsekvens” med punktangivelser og tekst.

3.3 Naturforhold

3.3.1 Topografi

Hjelle ligger ved østenden av Oppstrynsvatnet, en fjordsjø i forlengelsen av Nordfjorden. De to kartleggingsområdene ligger lengst vest i Hjelledalen, en dal som går videre i østlig retning mot oppstigningen til Strynefjellet.

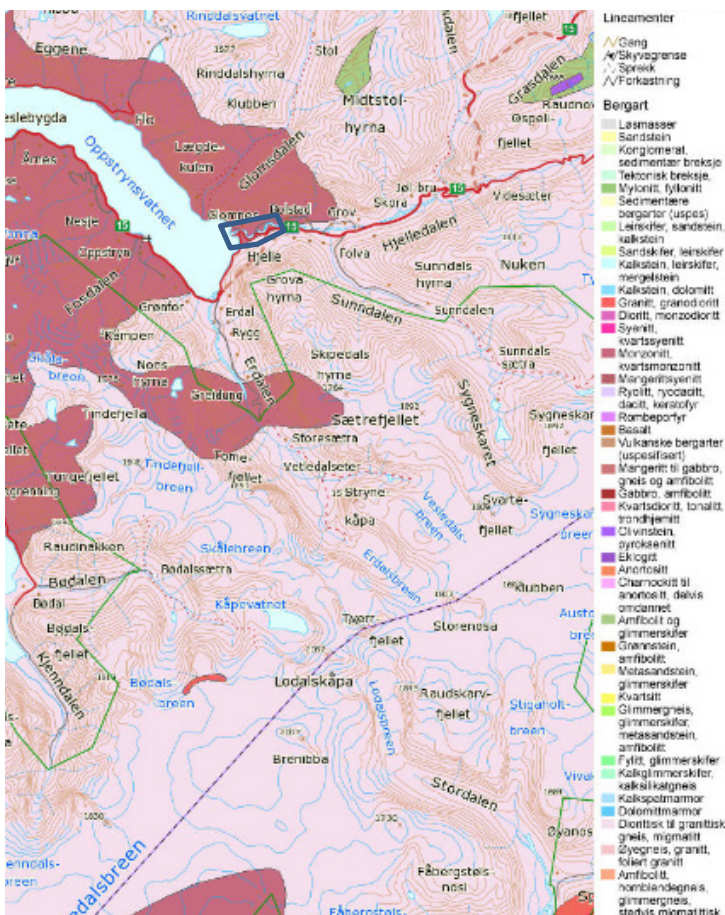
Undersøkellesområdene har karakter av indre fjordstrøk på Nordvestlandet. Landskapet er formet av innlandsisen med fjordsjø og u-dal med elveslette i bunnen. Området grenser opp mot Strynefjellet i øst og fjellområdene har ellers til dels alpint preg. Det meste av den eldste bebyggelsen ligger på en elveavsetning og i siden av en grusterrasse på sørsiden av elva Hjelledøla. Elva har skåret seg gjennom grusterrassen som går tvers over dalføret.

Landskapet er preget av relativt stor skredaktivitet i dalsidene. Topografi, klima og geologi, sammen med begrenset areal gjør at skredene og elva i dalen historisk sett har

vært bestemmende for bygningsplassering og jordbruk. Skredproblematikken er kompleks i dette området og omfatter både små og store snøskred, enkelte av disse med sterk skredvind i forbindelse med luftbårne skred fra stor høyde. I andre områder dominerer steinsprang og jordskred. De skredtypene som historisk sett har ført til størst skade er fjellskred, snøskred og flomskred.

3.3.2 Geologi

Berggrunnsgeologisk kart med kartleggingsområdene er vist i Figur 2. Berggrunnen i det aktuelle området er nokså ensartet bestående av hovedsakelig diorittisk til granittisk gneis. Dette er en generelt massiv bergart som er hard og grovkornet og gir høy ruhet på sprekkeflater. Størrelse og hyppighet på utfall er avhengig av sprekkemønsteret. I fjell-sidene er det flere sprekkesett med varierende orientering. Eksfoliasjon gir ofte overflateparallele sprekker med omvekslende sva og overheng i fjellsiden, noe som er vanlig særlig i indre strøk.



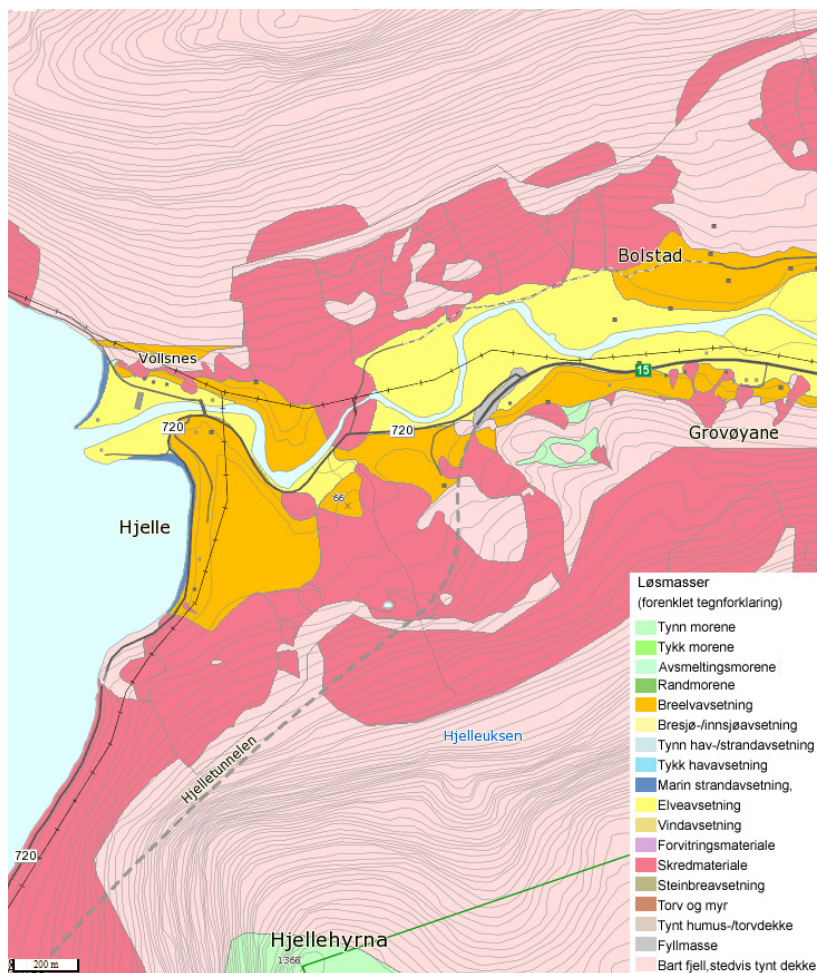
Figur 2. Berggrunnskart (NGU)

3.3.3 Løsmasser

Raviner og vifter som er dannet etter istiden kan være indikasjoner på skredaktivitet. Skred som er masseførende 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 vifter eller levéer. I tida like etter siste istid gikk det et stort antall skred under helt andre vegetasjonsforhold med stor vanntilgang grunnet issmelting.

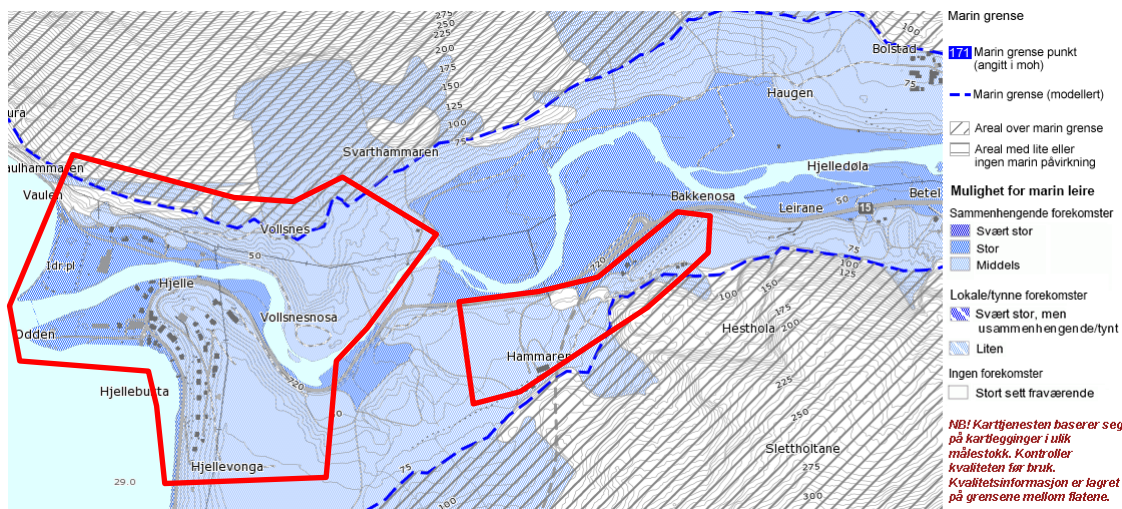
Også under ‘Den Lille Istid’ for 200-400 år siden, med lavere temperatur og mer nedbør enn i dag, var skredaktiviteten høyere enn i dag.

Hovedlinjene i undersøkelsesområdet viser bre- og elveavsetninger nederst mot Oppstrynsvatnet (marin grense er rundt 50-70 m o.h.) med skredavsetninger og forvittringsmateriale i nedre del og bart fjell høyere opp i dalsidene (Figur 3).



Figur 3. Løsmassekartet er relativt grovt, men viser at de løsmasser som ikke utgjøres av nærmest bart fjell eller bre/elveavsetninger, består av skredmateriale (NGU).

Marine avsetninger kan ha betydning for utløsning av jord- og flomskred i de lavere delene av dalsidene (NGU 2016). Slike avsetninger kan også innvirke på stabiliteten til grunnen i dalbunnen, men vurderinger som angår byggesaker og utfyllinger må i stor grad baseres på nærmere grunnundersøkelser på stedet. Utsnittet av kartet viser hvor det er mulighet for marin leire, men det er ikke kjent at dette har medført problemer i de aktuelle områdene (Figur 4).

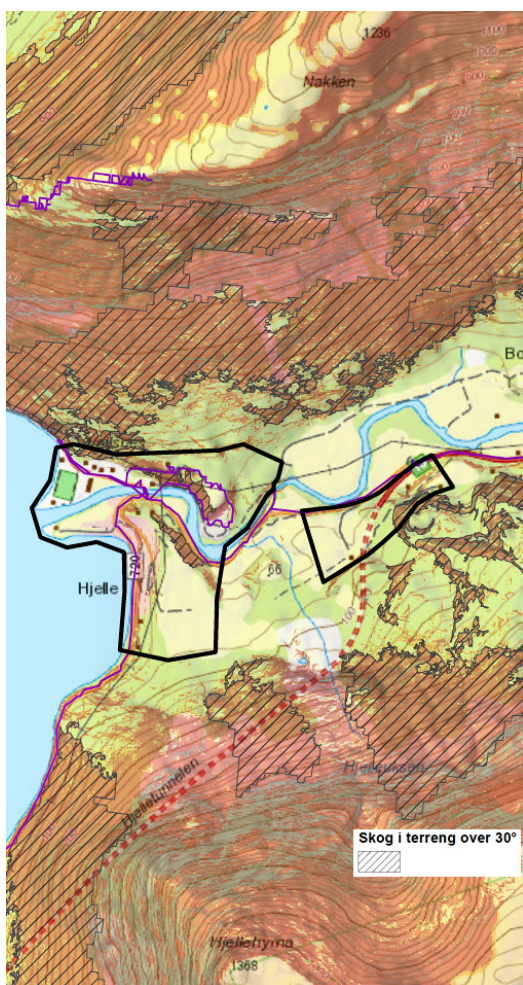


Figur 4. Kart fra NGU som viser marin grense og mulighet for marin leire som gir oversikt over områder der forekomst av marin leire er mulig basert på løsmassetypene fra de kvartærgeologiske kartene. Den stiplede blå linjen viser beregnet marin grense basert på flere verdier i regionen. Marin leire finnes generelt ikke i de skraverte områdene over marin grense.

3.3.4 Vegetasjon

Vegetasjonsforholdene har stor innvirkning på utstrekningen av utløsningsområder for snøskred. Dersom skogen står tett nok, vil den i stor grad hindre utløsning av flakskred. Skog i skredbanen kan også ha effekt på rekkevidden av skred fordi skog har en viss bremsende effekt på skredbevegelsen og kan dessuten redusere medrivning av skredmasser nedover i skredbanen.

Skogen har også bremsende effekt på steinsprang særlig på blokker opp mot 1 m³. Grov granskog (diameter i brysthøyde 40–50 cm) kan ha god effekt opp til 2 m³. Vernskog mot steinsprang, bør ha minst 100 m lengde i fallretningen (Breien et al, 2013).



Figur 5. Kartet viser skogdekkede områder hvor terreghellingen er 30° eller brattere.

3.3.5 Vær- og klima

Hjelle ligger innerst i Nordfjorden og grenser opp mot vannskillet mot øst på Strynefjellet. Klimatisk er området preget av Vestlandsklima og forholdsvis rikelig nedbør. Den orografiske effekten gjør også at nedbørmengdene øker innover mot Strynefjellet og Jostedalbreen. Store snømengder er relativt vanlig innover dalen.

Tabell 1 viser nedbøren ved den nærliggende stasjonen Oppstryn, som ligger ved den nærmeste faste bebyggelsen fra Videseter, gården Skåre.

Fjellsidene i dette området er bare delvis skogkledd opp til ca 600 m o.h. En relativt stor del av sidene består av brattkanter, ur og bart fjell. Skogen varierer mellom bar- og løvskog. I forhold til tidligere tider (fra 1600 – 1950) med stor skogavvirkning og tendenser til overbeiting, er situasjonen i dag trolig en del endret med hensyn til skog og annen vegetasjon. Dette har betydning for flere skredprosesser og vurderingene i denne rapporten er gjort på bakgrunn av dagens vegetasjonsforhold.

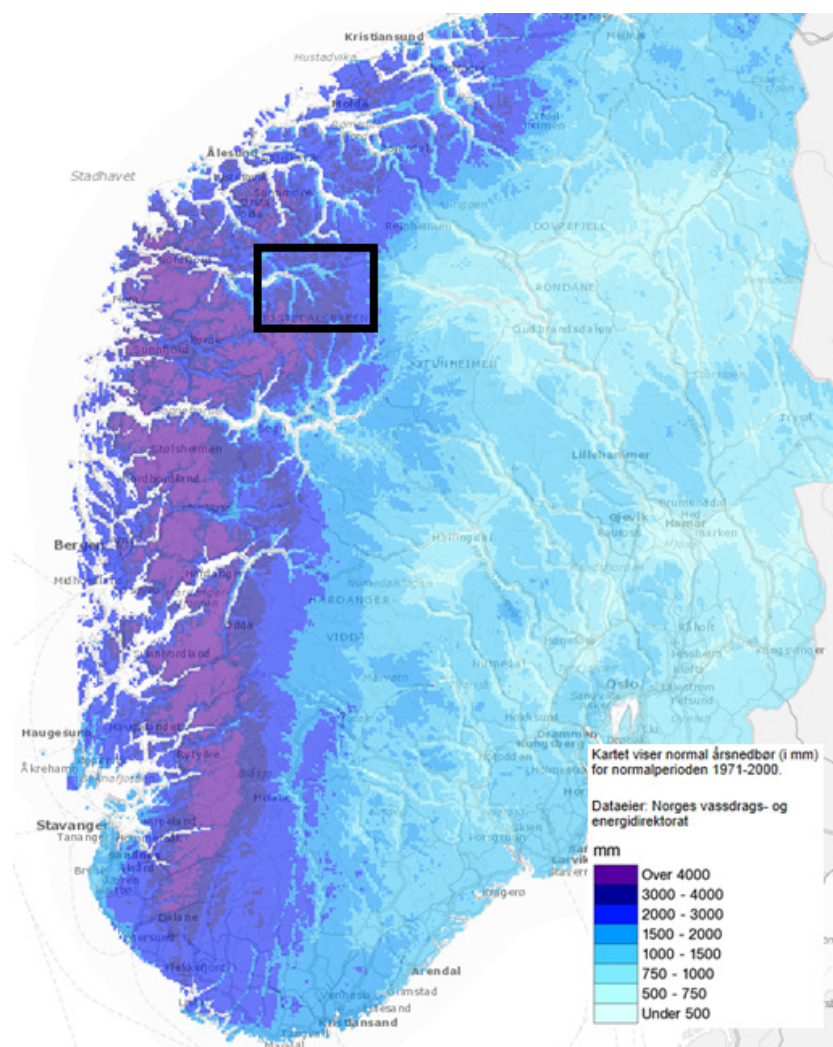
Selv om vi har gått ut fra at skogen generelt har liten betydning i denne typen terreng, kan skogen helt lokalt gi en viss reduksjon av skredsannsynlighet mot enkelte bygninger i området. Dersom skogen blir borte ovenfor spesielt utsatte lokaliteter bør det gjennomføres nye vurderinger av skredfaren.

Tabell 1. Månedsnormaler for temperatur og nedbør for Oppstryn (Skåre)

Månedsnormaler 1961 - 1990 for TAM, Middeltemperatur							
Stnr	nov	des	jan	feb	mar	apr	År
58700	2.1	-0.2	-1	-1	0.9	3.7	5.7

Månedsnormaler 1961 - 1990 for RR, Nedbør							
Stnr	nov	des	jan	feb	mar	apr	År
58700	118	151	118	91	99	53	1137

Stnr	Navn	I drift fra	I drift til	Hoh	Kommune	Fylke	Region
58700	OPPSTRYN	jul 1895	mar-91	201	STRYN	S.OG.FJ	VESTLANDET



Figur 6. Nedbørkart over Vestlandet med undersøkelsesområdet markert

3.4 Tidligere skredfarevurderinger

3.4.1 Aktsomhetskart

NVE og NGU har gjennomført en kartlegging av aktsomhetssoner for snøskred, jordskred og steinsprang basert på en forholdsvis grov terrengmodell og en automatisk beregning av skredutløp, i hovedsak basert på topografi (se skredatlas.nve.no). Det er ikke tatt hensyn til skogdekke eller klimatiske forhold, og det er ikke foretatt feltbefaringer eller gjort vurderinger basert på historiske opplysninger. Dette betyr at de beregnede utløpslengdene og aktsomhetssonene som regel blir store. Som det går fram av kartene på skredatlas ligger store deler av de undersøkte områdene innenfor aktsomhetssonene for alle de tre skredtypene.

På 1980-tallet gjennomførte NGI en faresonekartlegging (snø- og steinscred) på oversiktsnivå som dekker de aktuelle undersøkelsesområdene (Statens Naturskadefond, 1982, 1988). Disse kartene er i hovedsak basert på bruk av en terrengmodell, men her er grensene noe justert etter at det er foretatt en befaring av områder som var tilgjengelig med bil. Her ble også vegetasjons- og klimaforhold vurdert ved fastleggelse av faresonene, sammen med vegetasjons- og klimaforhold. Disse faresonene angir potensielle fareområder som bør undersøkes nærmere dersom det skal foretas utbygging. Disse faresonene er i de fleste tilfeller mindre i utstrekning enn NVEs aktsomhetssoner, men oftest mer omfattende enn 1/1000-faresonen kartlagt i dette prosjektet. Enkelte steder kan de detaljerte faresonene dekke større område enn NGIs oversiktskart, og dette skyldes vannbårne skred (flom- og sørpeskred) som ikke ble inkludert i disse kartene.

I de aktuelle områdene er det laget ulike vurderinger av skredfare gjennom årene. Noen tidligere skredfareutredninger i området tilsendt fra NVE og hentet fra NGIs arkiv. I tillegg er dokumentasjon fra NVEs arkiv om forbygningssaker benyttet.

4 Metodikk

Grunnlaget som er nevnt ovenfor er benyttet sammen med feltarbeid og ulike analyse- og modellverktøy for vurderingen av faresonene.

4.1.1 Feltarbeid

Feltbefaringer er gjennomført sommer og høst 2016 av Krister Kristensen og Frode Sandersen. Feltbefaringer i forbindelse med skredregistrering og forskning er ellers gjort i dette området helt fra 1976 (Statens Naturskadefond, 1977). NGI har også utført oversiktskartlegging med feltbefaringer i alle de aktuelle områdene for Statens Naturskadefond (1982, 1988).

4.1.2 Terrenganalyser

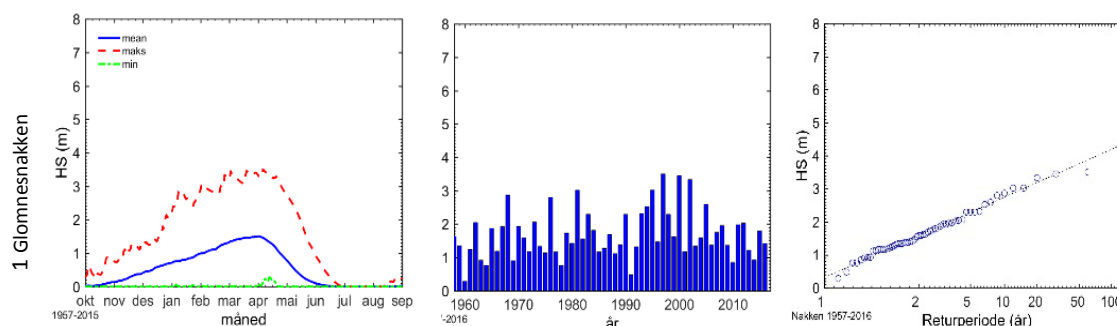
Til terrenganalyser er det stort sett benyttet hellingskart basert på høydedata med høyeste tilgjengelig oppløsning. Terrengets innvirkning på skredbevegelse er vurdert ut fra tolkning av kotekart og flybilder.

4.1.3 Modellbruk

I hovedsak er den skreddynamiske modellen RAMMS benyttet (WSL-SLF RAMMS Manual Ver 1.4.1.), først og fremst for snøskred som er den dominerende faretypen i det aller meste av kartleggingsområdet. I noen tilfeller har vi i tillegg benyttet α/β -modellen (Lied et al. 1980).

Snøskredmodellering med RAMMS krever en del inngangsdata som grunnlag, blant annet et estimat av dimensjonerende bruddkanthøyde. På grunn av liten tilgang til observasjonsdata fra utløsningsområdene til snøskredene har vi benyttet interpolerte modelldata fra seNorge. Vi har her valgt en lokalitet på Glomnesnakken nord for Hjelle til å representere områder med antatt lik karakter. For mer informasjon om modeller brukt for beregning av snøskredutbredelse, se Vedlegg E.

	Karakter	Snødata fra	Koord.	Bruddhøyde RAMMS cm
Hjelledalen	Snørike, med sterkere orografisk effekt	Glomnesnakken	N: 6892007 Ø: 88572 H: 1310 m.o.h.	120



Figur 7. Beregnede snøhøyder for bestemmelse av bruddkanthøyde i RAMMS

5 Faresoner

5.1 Aktuelle skredtyper

Hovedproblemstillingene med skredfare varierer i de ulike delene av kartleggingsområdene. Som nevnt er fjellskred ikke vurdert i denne kartleggingen, men det er etter vår mening grunn til å vurdere denne muligheten i den vestre delen av området under Hjelleshynna.

På nordsiden stiger fjellsiden bratt opp til fjellryggen som utgjør Glomnesnakken, 800-1000 m o.h. Når det gjelder snøskred er det ikke registrert større hendelser fra denne fjellsiden, selv om den i utgangspunktet er bratt nok. Grunnen kan være at formen og eksposisjonen ikke fører til større snøoppsamlinger her.

Mellom ca 450 og 600 m o.h. går det en markert skrå, langsgående brattkant i fjellsiden under Glomnesnakken. Denne har navnet "Skutane " (Nynorskordboka: skut - noko som skyt fram eller opp eller som heng utover, *bergskut*) og utgjør det mest markerte kildeområdet før steinsprang og skred fjellsiden (Figur 8). I den østre enden har det også gått et fjellskred i forhistorisk tid og skredmassene er synlige i terrenget. Det finnes også større og mindre kildeområder for steinsprang både ovenfor og nedenfor Skutane.

På sørsiden dominerer snøskredet Hjelleshynna. Dette skredet løsner fra en botn mellom Grovahynna og Hjelleshynna og kan utløses fra en høyde på over 1300 m o.h. I ca 700 m o.h. går skredet utover et brattparti og kan bli luftbåret (Figur 9). På grunn av utløsningsområdets beliggenhet får skredtrykket fra snøskyen en langtreckende innvirkning som kan forårsake skader helt over på motsatt side av dalen.



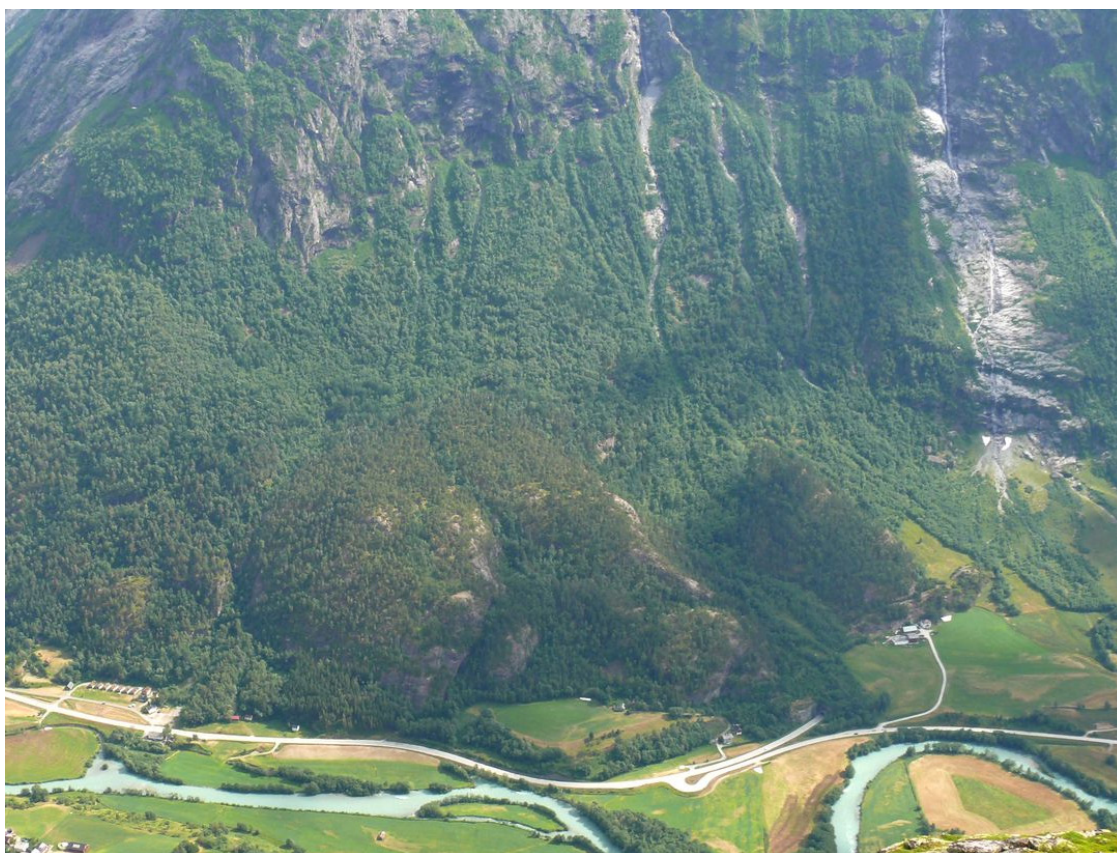
Figur 8. Skutane, en langsgående brattkant i fjellsiden under Glomnesnakken som er kildeområde for steinsprang er synlig i øvre halvdel av fjellsiden.



Figur 9. Hjelle og fjellsiden under Hjellehyenna. Skredløpet til Hjelleuksen er synlig til venstre i fjellsiden.

Når det gjelder området Hjelle 2 (figur 1) er den vestligste delen berørt av snøskya og trykket fra Hjelleuksen. Lenger øst ligger området under en skulderformasjon som i en viss grad beskytter mot skred fra høyereliggende områder (Figur 10). Lokale hamrer utgjør likevel mulige kildeområder for steinsprang.

Figur 11 viser et utsnitt av registrerte skredhendelser ved Hjelle fram til 1976, utarbeidet av NGI.



Figur 10. Hjelle 2 (ref. til figur 1). Den vestligste delen er berørt av snøskya fra Hjelleuksen. Lenger øst ligger området under en skulderformasjon som beskytter mot skred fra høyereliggende områder, men lokale hamrer utgjør mulige kildeområder for steinsprang.



Figur 12. Fjellskred fra Hjellehytta 15. mai 1980. Støvskygga gikk over bebyggelsen på Hjelle og opp i motsatt dalside. Foto: K. Krumsvik



Figur 13. Skredmasser fra fjellskredet fra Hjellehytta 15. mai 1980.

5.2 Faresoner

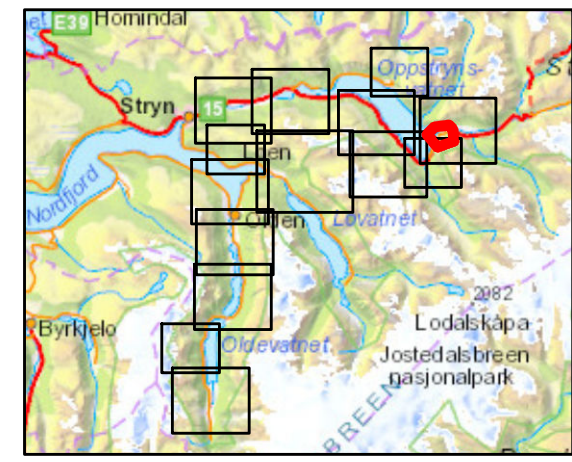
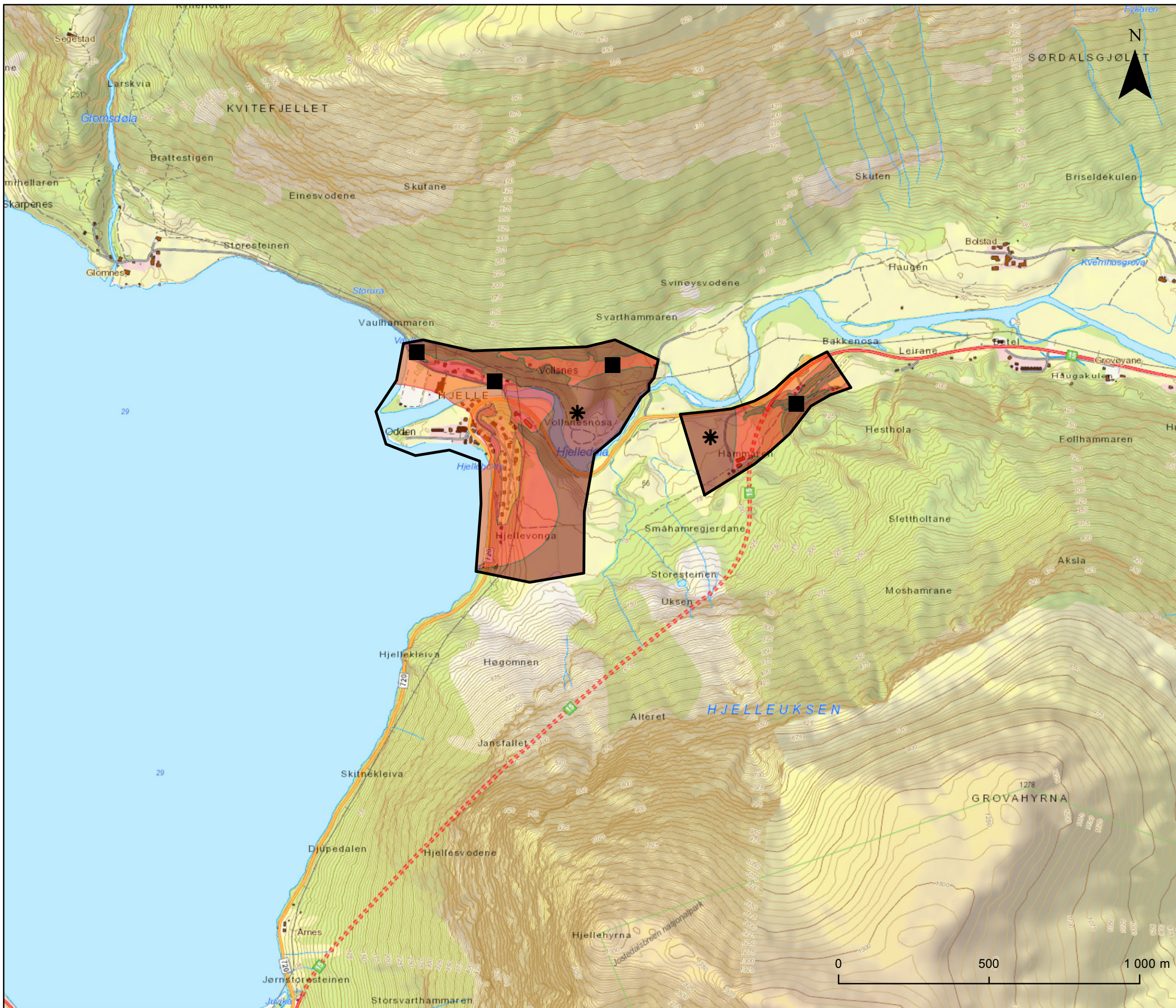
Faresoner for utbredelse av skred med nominell årlig sannsynlighet på 1/100, 1/1000 og 1/5000 er vist i Vedlegg A. Relativt mye av bebyggelsen og infrastruktur ligger utsatt for en viss skredfare. En oversikt basert på registrerte bygningsflater fra FKB-data (bygningstyper 111- 163, det vil si boliger og fritidsboliger) sammenholdt med faresonekartet viser at 12 bygninger kan ha en høyere årlig sannsynlighet enn minstekravet på

1/1000 som gjelder for nybygg. Ingen bygninger i denne klassen ligger ifølge oversikten utsatt for skadelige skredkrefter med en årlig sannsynlighet på 1/100 eller høyere.

Tallene må tas med en del forbehold på grunn av nøyaktigheten til datagrunnlaget og utvalgskriteriene som er benyttet. Nærmere vurdering av enkeltbygninger kan avklare graden av utsatthet mer nøyaktig og hvilket omfang av sikringstiltak som er nødvendig for å redusere sannsynligheten dersom det er ønskelig. For noen er det relativt enkle tiltak, mens for andre er det trolig nødvendig med omfattende sikringstiltak. Tiltakene bør vurderes for hvert enkelt objekt og kost/nyttevurderinger bør også inneholde anslag av sikringseffekten i forhold til nærliggende bygninger og annen infrastruktur.

6 Referanser

- Brynstad, J., udatert (1878-1956) *Fortegnelser over Sne og Stenskreder*. Upubl.
- 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.
- Gauer, P.; Lied, K. & Kristensen, K. (2009). *Analysis of avalanche measurements out of the runout area of NGI's full-scale test-site Ryggfonn*. Cold Regions Science and Technology, 2009, 57, 1-6
- Domaas, U. 1994: *Geometrical Methods of Calculating Rockfall Range*. NGI report 585910-1
- Harbitz, C.B., Harbitz, A. og Nadim, F., 2001. *On Probability Analysis in Snow Avalanche Hazard Zoning*. Annals of Glaciology, 32, 290-298.
- Kristensen, K., Harbitz, C. Harbitz, A. 2000. *Significance of Historical Records for Avalanche Hazard Zoning in Norway*. ISSW 2000 Proceedings. Montana State University, Bozeman
- NGU 2016. *Mulighet for marin leire*. <http://www.ngu.no/emne/mulighet-marin-leire>
- NVE 24.03.2010. *Sikringstiltak mot flom og skred*. <http://www.nve.no/no/Flom-og-skred/Sikringstiltak/>
- NVE/sch 19.01.2012. *Hvordan ta hensyn til klimaendringer i arealplanleggingen*. Tilgjengelig på <http://www.nve.no/Documents/>
- 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.
- Statens Naturskadefond (1977). *Prøveprosjekt vedrørende kartlegging av skred*. NGI-Rapport 76421
- Statens Naturskadefond, 1982. *Faresonekart stein-skred-snøskred, Stryn 1318 I*
- Statens Naturskadefond, 1988. *Faresonekart stein-skred-snøskred, Lodalskåpa 1418 IV*
- WSL-SLF *RAMMS Manual Ver 1.4.1*. Det sveitsiske institutt for snø- og snøskredforskning (WSL-SLF), Davos Dorf, Sveits.



Tegnforklaring

Kartlagt område



Dimensjonerende skredtype

- ▲ Flom- og jordskred
- * Snø- og sørpeskred
- Steinsprang/-skred

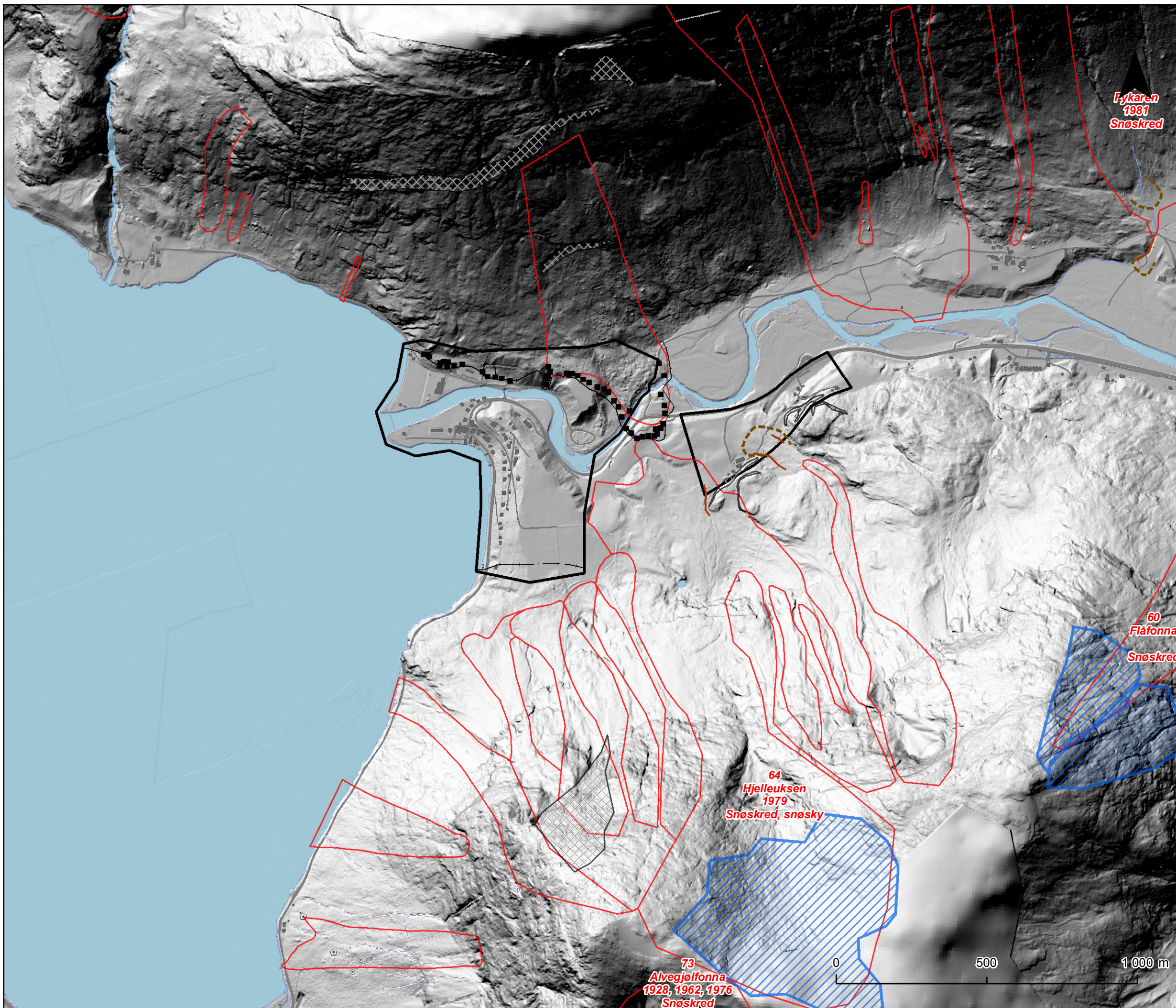
Faresone

Nominell årlig frekvens

- $\geq 1/5000$
- $\geq 1/1000$
- $\geq 1/100$

Målestokk (A3): 1:12 000 Datum: EUREF89, Kartprojeksjon: UTM33

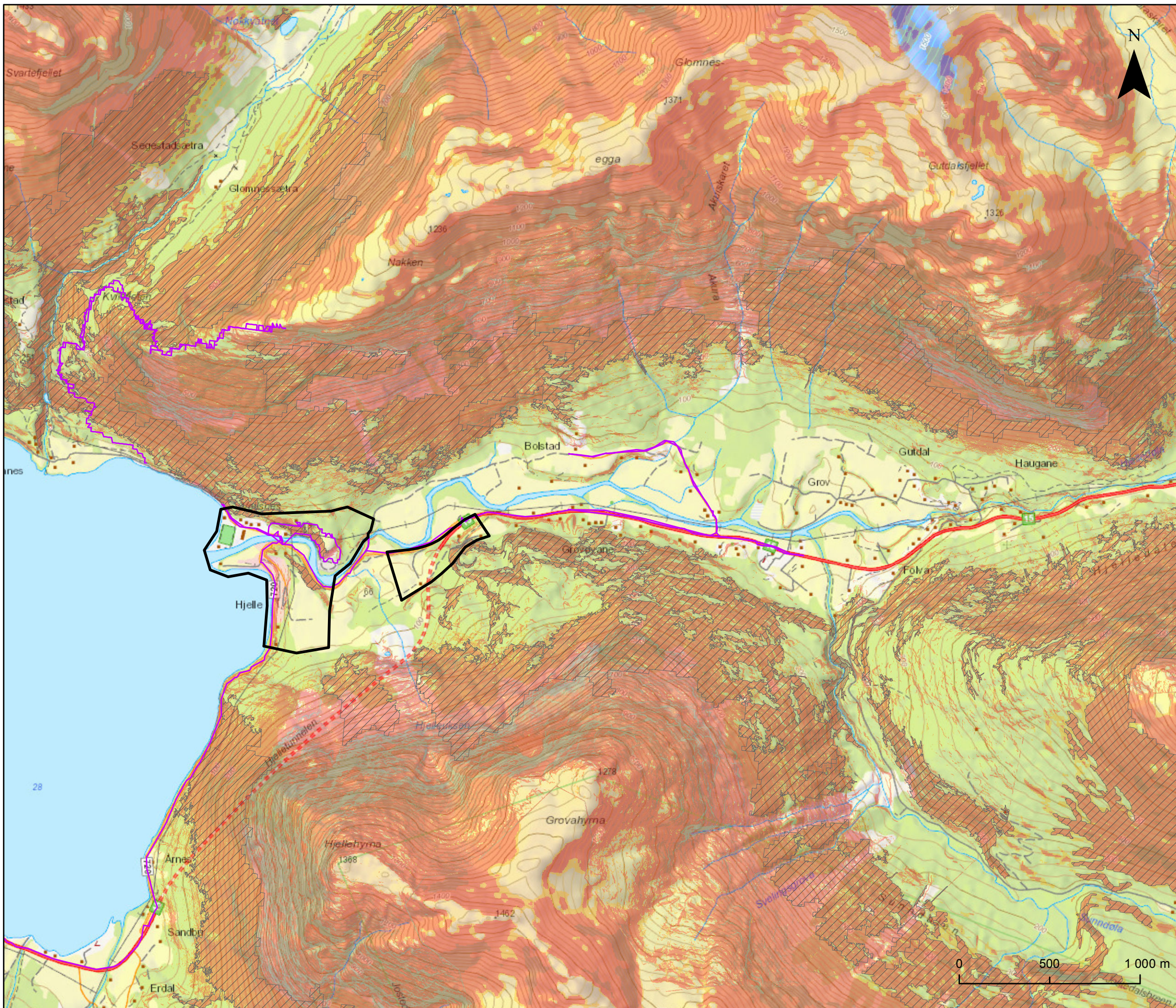
Hjellevongda, Stryn komune		
Detaljkartlegging skred	Prosjektnr. 20160570	Kart nr. 1
Detaljert skredkartlegging av områder ved Hjellevongda. Faresoner og dimensjonerende faretyper	Utført KST	Dato 2016-12-19
	Kontrollert FS	Godkjent KKr



- Utløsningsområde**
-  Steinskred/-sp...
 -  Snøskred
 -  Steinblokk
- Skredspor**
-  Løsmassevifte
 -  Ravine
 -  Skredkant
- Historiske skred**
-  ID/avn/årstall

Målestokk (A3): 1:12 000 Datum: EUREF89, Kartprojeksjon: UTM33

Hjelle, Stryn kommune		
Detaljkartlegging skred	Prosjektnr. 20160570	Kart n. 2
Registreringskart	Utført KST	Dato 2016-12-19
	Kontrollert FS	Godkjent KKr
		



Helning

- 0° - 27°
- 27° - 30°
- 30° - 45°
- 45° - 60°
- 60° - 90°

GPS-spor

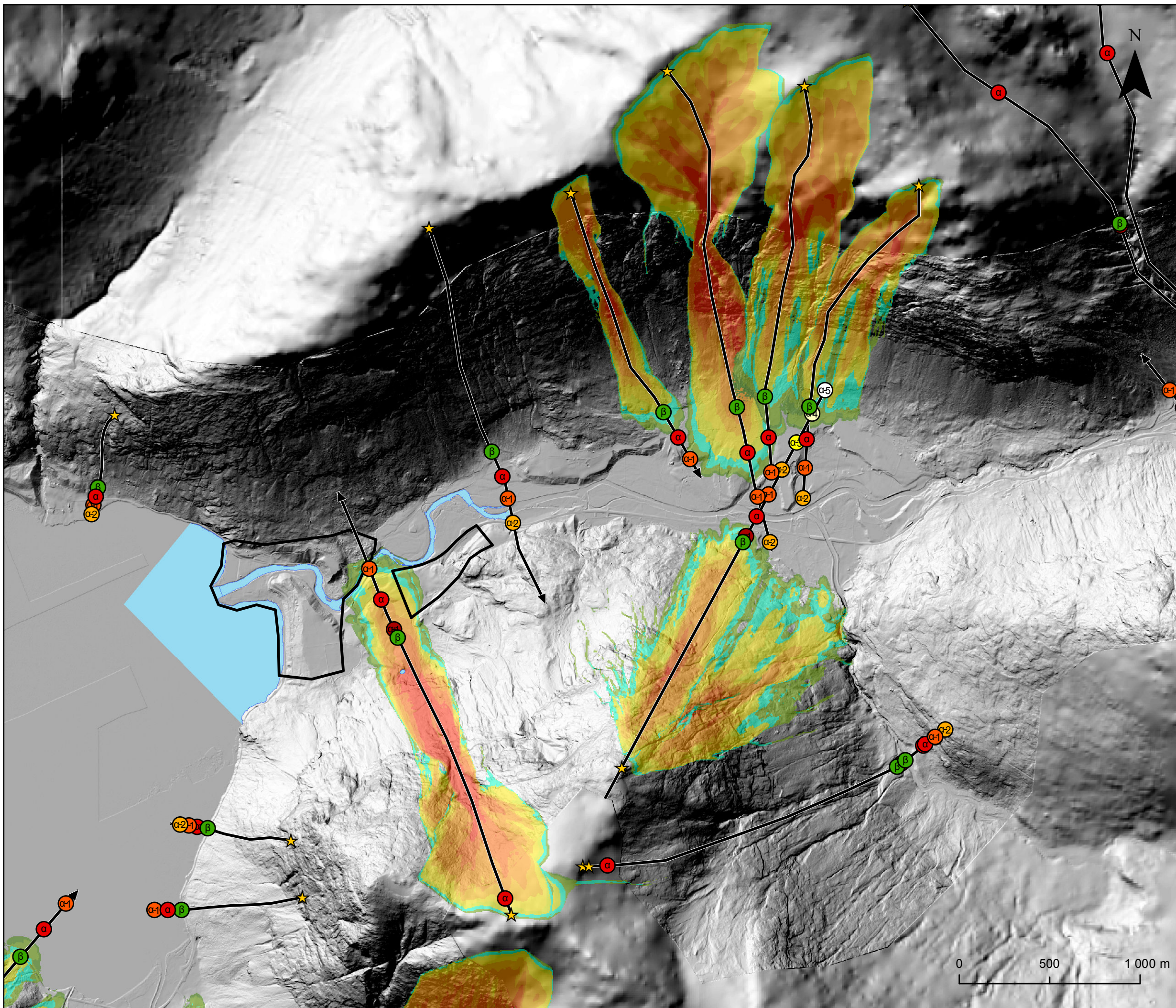


Skog i terreng over 30°

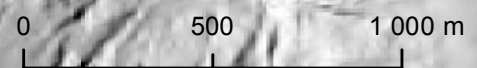


Målestokk (A3): 1:20 000 Datum: EUREF89, Kartprojeksjon: UTM33

Hjelle, Stryn kommune		
Detaljkartlegging skred	Prosjektnr. 20160570	Kart nr. 3
Helningskart, befaringsruter og skog	Utført KST	Dato 2016-12-19
	Kontrollert FS	Godkjent KKr



- Kartlagt område**
 [Black outline box]
- RAMMS**
 [Color scale legend]
- Hastighet (m/s)**
- [White box] 0 - 2.5
 - [Light green box] 2.5 - 5
 - [Green box] 5 - 10
 - [Cyan box] 10 - 15
 - [Yellow box] 15 - 20
 - [Orange box] 20 - 25
 - [Dark orange box] 25 - 30
 - [Red-orange box] 30 - 40
 - [Red box] 40 - 50
 - [Dark red box] > 50
- Skredprofil**
 [Black arrow]
- Alfa-Beta**
- [Green circle with beta] Beta
 - [Red circle with alpha+] Alfa+1
 - [Red circle with alpha] Alfa
 - [Orange circle with alpha-1] Alfa-1
 - [Yellow circle with alpha-2] Alfa-2



Målestokk (A3): 1:20 000 Datum: EUREF89, Kartprojeksjon: UTM33

Hjelle, Stryn kommune		
Detaljkartegging skred	Prosjektnr. 20160570	Kart nr. 4
Eksempel på snømodellkjøringer (RAMMS) og Alfa-Beta modeller.	Utført KST	Dato 2016-12-19
	Kontrollert FS	Godkjent KKr

Vedlegg E

BESKRIVELSE AV BEREGNINGSMODELLER FOR SNØSKRED

Innhold

E1	Innledning	2
E2	RAMMS	2
E3	Statistisk-empirisk modell (α - β modell)	3
E4	Referanser	5

E1 Innledning

Modellene som oftest blir brukt for utløpsberegninger i Norge er den topografisk-statistiske alfa-beta-modellen (Lied and Toppe 1989), blokkmodellen PCM (Perla, Cheng, og McClung 1980), den en-dimensjonale modellen NIS (Norem, Irgens og Schieldrop 1989) og RAMMS (Christen m.fl., 2010). I dette prosjektet har vi brukt alfa-beta-modellen og RAMMS. Mange av skredbanene er ikke typiske verken for alfa-beta-modellen eller RAMMS. RAMMS er en to-dimensjonal modell som gir god spredning og strømningsretning, forutsatt at hastighet blir rett beregnet. Alfa-beta-modellen og RAMMS er vurdert sammen med observasjoner for å få realistiske resultater.

Det er relativt stor forskjell mellom potensielle snøskredbaner i kartleggingsområdene. Store og ekstreme skred tar mindre hensyn til underliggende styrende topografi og kan få en noe annen utbredelsesform enn de årlige skredene.

RAMMS-modellen har gått gjennom en lang prosess av uttesting og kalibrering mot målinger og observasjoner av snøskred i Alpene for utbredelse av skredets tette del. I tillegg har NGI utført en del kalibreringer mot målinger fra NGIs forsøksfelt Ryggfonn på Strynefjellet. Generelt sett gjengir begge modellene skredenes utløpsdistanse godt, men oftest undervurderer RAMMS 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).

E2 RAMMS

Utløpslengden av skred er vurdert blant annet med den dynamiske modellen RAMMS (Christen m.fl. 2010; RAMMS Manual Ver 1.4.1). 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. 1.4.1). Friksjonsparametrene ξ og μ svarer til store skred (Large) med 300 års gjentaksintervall. Tabell 1 gjengir verdier for Store og Middels skred. Skredbaner er i modellene beregnet med hensyn til skog basert av dataene fra SAT-SKOG og friksjon parameter er tilpasset til skogstetthet og stammediameter. Disse friksjon parameter fraviker fra den som er gitt i Tabell 1. I anvendt modell er erosjon og opptak av snø i skredbanen ikke inkludert (entrainment). Beregningene tar generelt ikke hensyn til bebyggelse. Skredvolumet i simuleringsmodellen er en direkte funksjon av løsnearealet. I botner kan dette gi svært store teoretiske løsneområder. I dette prosjektet har vi benyttet ulike verdier for utløst snøhøyde (bruddkanthøyde), basert på klimatiske forhold i områdene, mellom 1,2 m og 1,5 m.

Tabell 1 Eksempel på for standard verdier for ulike returperioder (Sveits)

RAMMS::Avalanche 1.1

Friction Parameters

Large avalanche (> 60'000 m ³)		300-Year		100-Year		30-Year		10-Year	
	Altitude (m.a.s.l.)	μ	ξ	μ	ξ	μ	ξ	μ	ξ
unchannelled	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

E3 Statistisk-empirisk modell (α - β modell)

Den statistiske/topografiske α/β -modellen er utviklet ved NGI og gir maksimal utløpsdistanse utelukkende som en funksjon av topografi (Lied og Bakkehøi, 1980). Likningene for utløpsdistanse er funnet ved regresjonsanalyse, og korrelerer den lengste registrerte utløpsdistanse i mer enn 200 skredbaner med et utvalg av topografiske parametre. Parametrene som har vist seg å være mest betydningsfulle er gitt i Tabell 2, jfr. Figur 1.

Tabell 2. Topografiske parametre for beregning av maksimal utløpsdistanse

Symbol:	Parameterbeskrivelse:
β (grader)	Gjennomsnittlig helning av skredbanen mellom øvre del av utløsningsområdet og "fjellfoten" (punktet med 10° helning i skredbanen).
θ (grader)	Helning av de øvre 100 høydemeterne av utløsningsområdet.
H (m)	Total høydeforskjell mellom øvre del av utløsningsområdet og det laveste punktet langs best tilpassede parabel $y=c_2x^2+c_1x+c_0$, der c_0 , c_1 og c_2 er konstanter.
y'' (m ⁻¹)	$y'' = 2c_2$, beskriver krumningen av skredbanen.

β -vinkelen har vist seg å gi den beste beskrivelsen av helningen i skredbanen, og regresjonsanalyse har vist at β -vinkelen også er den eneste statistisk viktige terrengparameteren. Modellen aksepterer kun β -punkt som er innenfor den delen av skredbanen der tangenten til den best tilpassede parabelen har en helning mellom 5° og 15° .

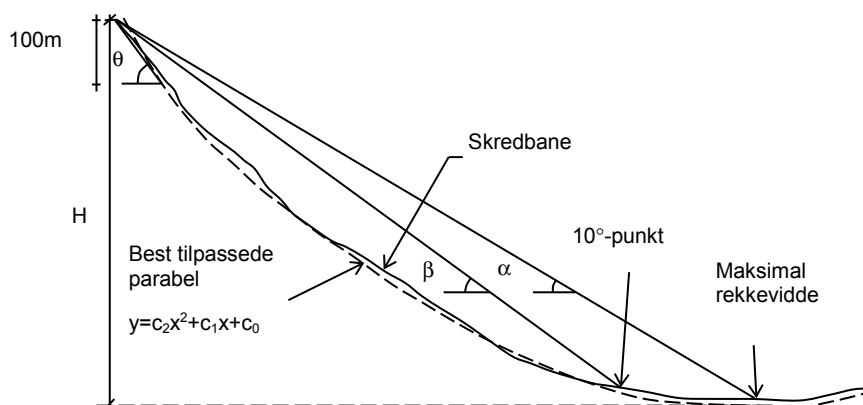
Helningen θ av de øvre 100 høydemetrene i utløsningsområdet bestemmer indirekte bruddhøyden og derved skredets tykkelse, som er større i slake helninger enn i bratte helninger. Lavere verdier av θ gir således lengre utløpsdistanser, dvs. lavere gjennomsnittlig helning av den totale skredbanen, α .

Lavere verdier av produktet $H\gamma''$ betyr lavere verdier av β . Dette resulterer i teoretisk lengre utløp (lavere α -verdier), fordi skredene går med lavere hastighet og har et mindre energitap gjennom hastighetsavhengig friksjon.

Topografien, bredden og graden av sideveis avgrensning i utløsningsområdet, samt transport av fokksnø inn i utløsningsområdet, har liten innflytelse på utløpsdistansen. Det er intet som tyder på at en innsnevring i skredbanen gir lengre utløp.

Modellen er best egnet for analyse av utløpsdistanse langs skredbaner som er konkave i lengderetningen. De beregnede utløpsdistansene er de som kan forventes under snøforhold som favoriserer lange utløp (dvs. tørr og lett snø i hele skredbanen).

Antagelsen om at det er små variasjoner i de fysiske snøparametrene som gir de lengste utløpsdistansene, er kun gyldig innenfor én klimasone. Det kan nevnes at det benyttes en annen relasjon mellom α og β på Island enn i Norge.



Figur 1. Topografiske parametere som beskriver terrengprofilen.

NGIs skreddatabase inneholder i dag ca. 230 tilfeller. Både de statistiske og de dynamiske modellene blir i blant oppgradert. Den mest brukte formen av α/β -modellen er i dag $\alpha = 0.96 \beta - 1.4^\circ$. Standardavviket er 2.3° og korrelasjonskoeffisienten er 0.92.

I det kartlagt området har vi vurdert at rekkevidden for mange skredbaner med årlig sannsynlighet 1/1000 til å samsvare godt med middelverdien av α der skredbanen er en jevn parabel. Ved spesielt store skred kan α -verdien med fratrekk at ett standardavvik (2.3°) være brukt.

E4 Referanser

- Bozhinskiy, A. N., og Losev, K. S. (1998). *The Fundamentals of Avalanche Science*. Mitteilung 55, Det sveitsiske institutt for snø- og snøskredforskning WSL-SLF, Davos Dorf, Sveits.
- Cepeda, J.; Chavez, J. A. & Martínez, C. C (2010). Procedure for the selection of runout model parameters from landslide back-analyses: application to the Metropolitan Area of San Salvador, El Salvador
Landslides, **2010**, 7, 105--116
- 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.
- Gauer, P.; Kronholm, K.; Lied, K.; Kristensen, K. og Bakkehøi, S. (2010). Can we learn more from the data underlying the statistical α - β model with respect to the dynamical behavior of avalanches? *Cold Regions Science and Technology* **62**, 42–54.
- Hussin, H. Y.; Luna, B. Q.; van Westen, C. J.; Christen, M.; Malet, J.-P. & van Asch, T. W. J. Parameterization of a numerical 2-D debris flow model with entrainment: a case study of the Faucon catchment, Southern French Alps
Natural Hazards Earth System Science, **2012**, 12, 3075-3090
- Hürlimann, M.; Rickenmann, D.; Medina, V. & Bateman, A. Evaluation of approaches to calculate debris-flow parameters for hazard assessment. *Engineering Geology*, **2008**, 102, 152-163
- Issler, D, Gauer, P., Schaer, M. og Keller, S. (1996). Staublawineneignisse im Winter 1995: Seewis (GR), Adelboden (BE) und Col du Pillon (VD). Intern rapport IB 694. Det sveitsiske institutt for snø- og snøskredforskning (WSL-SLF), Davos Dorf, Sveits.
- 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.
- RAMMS Manual Ver 1.4.1. Det sveitsiske institutt for snø- og snøskredforskning (WSL-SLF), Davos Dorf, Sveits.
- Schaerer, P. A., and Salway, A A. (1980). Seismic and impact-pressure monitoring of flowing avalanches. *Journal of Glaciology* **26**(94), 179–187.

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Faresonekartlegging av utvalgte områder		Dokumentnr./Document no. 20160570-01-R
Dokumenttype/Type of document Rapport / Report	Oppdragsgiver/Client Stryn kommune	Dato/Date 2017-01-04
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 faresone, naturfare, skred		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Sogn og Fjordane	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Stryn	Felt navn/Field name
Sted/Location Hjelle	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	2016-12-21 Kristen Kristensen	2016-12-21 Frode Sandersen		

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 4. januar 2017	Prosjektleder/Project Manager Frode Sandersen
--	------------------------------------	---

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

