



RAPPORT

Skredfarevurdering Kvina, Lurøy kommune

SKREDFAREVURDERING I KVINA OG STOKKVÅGEN

DOK.NR. 20170584-01-R
REV.NR. 0 / 2017-10-04

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: Skredfarevurdering Kvina, Lurøy kommune
Dokumenttittel: Skredfarevurdering ved Kvina og Stokkvågen
Dokumentnr.: 20170584-01-R
Dato: 2017-10-04
Rev.nr. / Rev.dato: 0 /

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Lurøy kommune
Kontaktperson: Vaidotas Suveizdis
Kontraktreferanse: NGI oppdragsbekreftelse datert 18.07.2017

for NGI

Prosjektleder: Øyvind A Høydal
Utarbeidet av: Øyvind A Høydal
Kontrollert av: Frode Sandersen

Sammendrag

NGI har utført faresonekartlegging i Kvina og i Stokkvågen, Lurøy kommune. Kartleggingen er gjort innenfor avgrensede områder. I Kvina er det hovedsakelig steinsprang som kan forekomme. Enkelte bygg ligger berører eller ligger nært faresone for 1/1000. Der skrentene er lokale, vil en ofte kunne sikre mot løs stein. Bratte sva kan også gi snøglidning. Snøglidning, dvs. små snøskred med liten fart, er hovedfaren vurdert område i Stokkvågen.

Innhold

1	Innledning	5
2	Farevurdering og sikkerhetsklasse	7
3	Topografi	7
4	Vær og vind	8
4.1	Nedbør, temperatur og snødybde	8
4.2	Vindretning og nedbør	9
5	Skredvurdering	14
5.1	Generelt	14
5.2	Vurdering av steinsprang	15
5.3	Snøskred	19
5.4	Jord-, flom-, sørpeskred	21
5.5	Eventuell kvikkleire og sprøbruddmateriale	23
6	Faresonekart	25
7	Referanser	25

Kart

Vedlegg 01	Faresonekart Kvina
Vedlegg 02	Faresonekart Stokkvågen

Vedlegg

Vedlegg A	Modellbeskrivelse MoT-Voellmy
-----------	-------------------------------

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

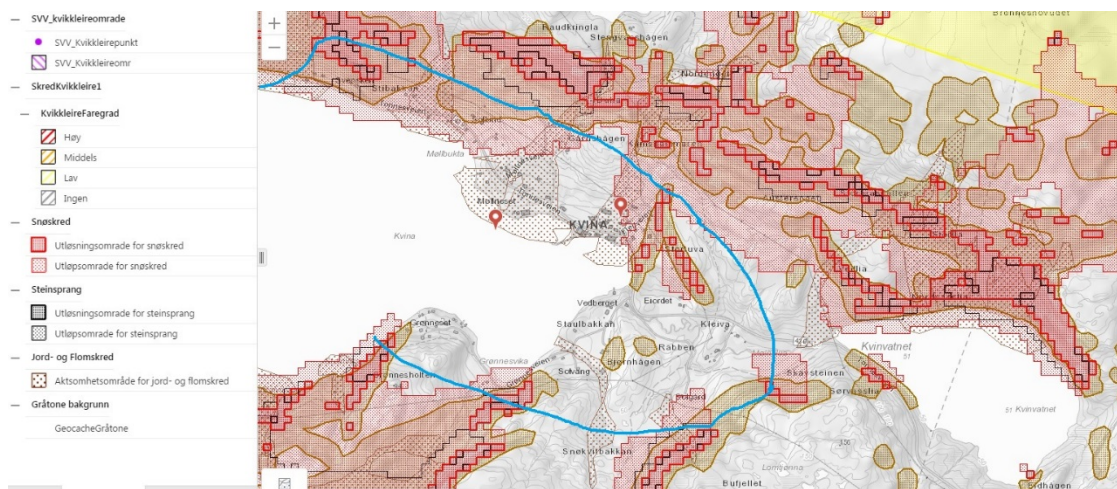
NGI har på oppdrag for Lurøy kommune utført skredvurderinger i Kvina og et område ved Stokkvågen i forbindelse med revisjon av kommunens arealdel. Områdene ligger i Lurøy kommune på fastlandet ca. 5 mil vest og nordvest for Mo i Rana (figur 1). Befaring ble foretatt av Øyvind Armand Høydal, 23-24 august 2017. Områdene ble gjennomgått på kart med Vaidotas Suveizdis, Lurøy kommune i møte på teknisk kontor på Tonnes i forbindelse med befaringsen. De vurderte områdene er vist i Figur 2 og Figur 3.

De topografiske og klimatiske forholdene fører til at de viktigste skredtypen er steinsprang. Områdene har mange små og store skrenter, der noen også er glatte sva. Vurdering på bratte sva omfatter også områder med fare for glidning av mindre snømasser. Vurdering av andre skredtyper som snø-, jord-, sørpe- og flomskred er også inkludert der de er relevante.

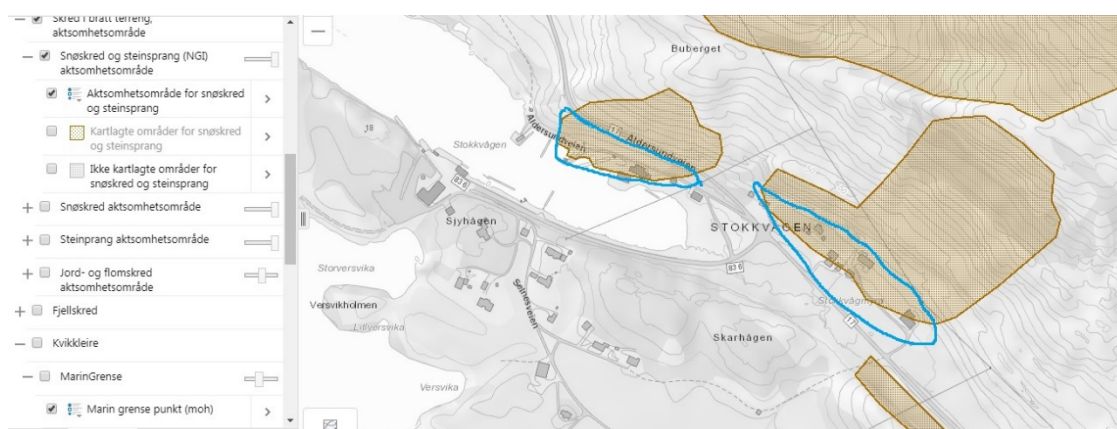
Andre naturfarer som stormflo, vind og flom er ikke vurdert.



Figur 1 Kartutsnitt med aktuelle områder angitt med rød sirkel



Figur 2 Område som ønskes farekartlagt rundt Kvina (fra Lurøy kommune). Aksjonsområder fra NVE er vist.



Figur 3 Område som ønskes farekartlagt ved Stokkvågen (fra Lurøy kommune). Aksjonsområder fra NVE er vist.

2 Farevurdering og sikkerhetsklasse

Plan- og bygningsloven med tilhørende forskrift (TEK17) stiller krav til sikkerhet mot skred. For byggverk i skredfareområde skal sikkerhetsklasse for skred fastsettes. Byggverk og tilhørende uteareal skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot skred, herunder sekundærvirkninger av skred, slik at største nominelle årlige sannsynlighet i tabellen nedenfor ikke overskrides.

Tabell 1: Sikkerhetsklasser ved plassering av byggverk i skredfareområde

Sikkerhetsklasse for skred	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
S1	liten	1/100
S2	middels	1/1000
S3	stor	1/5000

Nauts/båthus hører inn under sikkerhetsklasse S1. Hytter og eneboliger (opptil 10 boenheter, maksimalt 25 personer) tilhører sikkerhetsklasse S2. Uteområder kan i en del tilfeller klassifiseres i en klasse lavere enn klassen for bygning.

Næringsbygg med mer enn 10 medarbeidere er normalt plassert i sikkerhetsklasse S3, mens bygg med opphold til færre medarbeidere er plassert i S2. Kommunen har ansvaret for å definere hvilken sikkerhetsklasse reguleringsområdet skal tilhøre.

3 Topografi

Kvina ligger innerst i en ytre fjordarm med høye fjell i sør mens det på nordsiden er noe lavere fjell med en rekke hyller og skog som dekker store deler av lia.

For begge områdene ligger vurderingsområdene i stor grad under marin grense (ca. 95 moh.), men det er lite eller få sedimenter i områdene som kan karakteriseres som marine. I hovedsak er det er det isskurt berg har blitt vasket fri for sedimenter på oppstikkende fjellknatter i dette høydenivået.

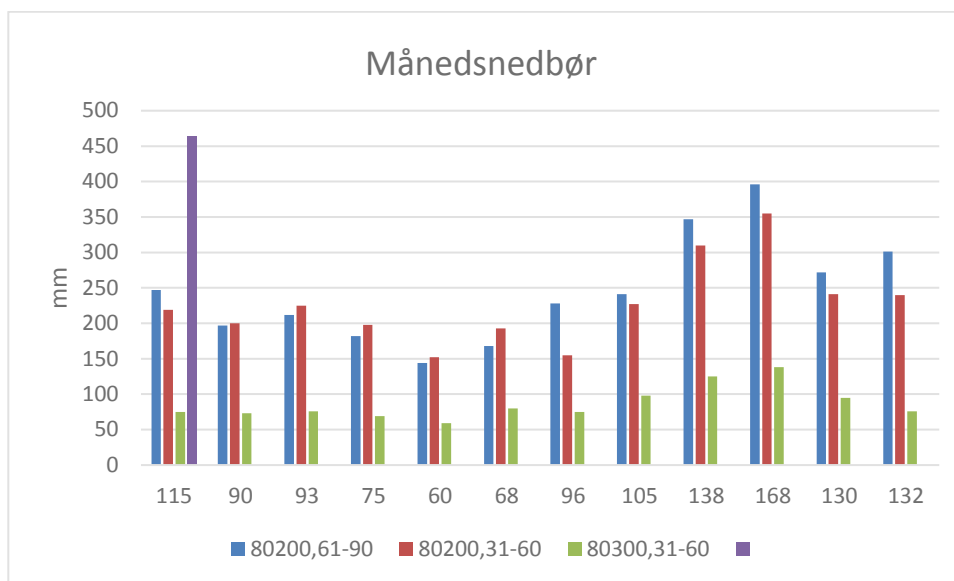
I Stokkvåg ser en strandlinje med rullestein som ligger litt høyere enn bebyggelsen, deretter iskurte skråstilte flater med lite vegetasjon og flatere terrasser med noe vegetasjon.

4 Vær og vind

4.1 Nedbør, temperatur og snødybde

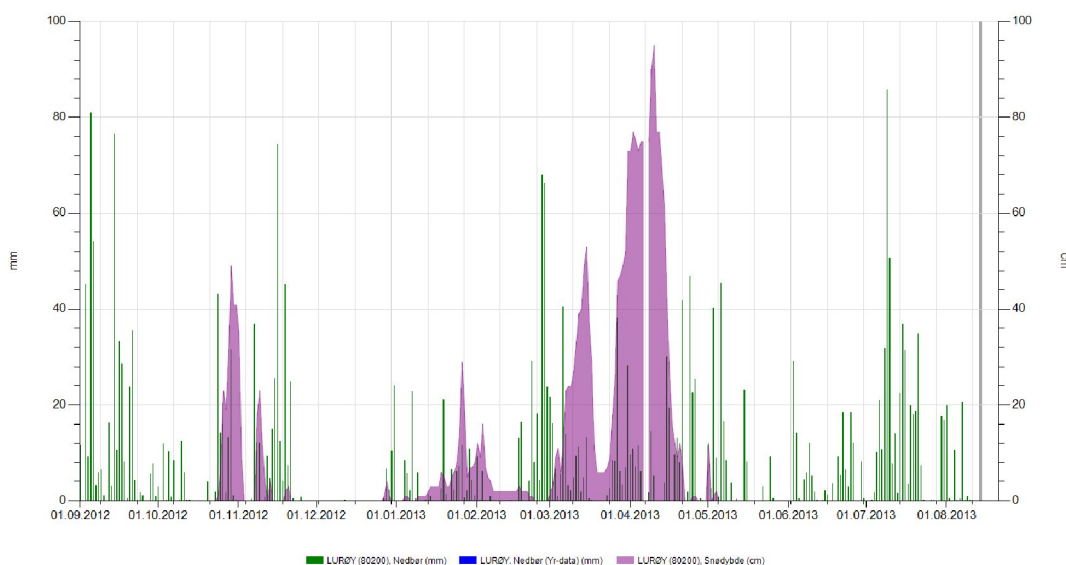
I det aktuelle området er nedbøren sterkt preget av topografien, fuktig luft slår inn fra vest og gir betydelig større nedbørmengder der fjella stiger høyt. Figur 4 viser normal månedsnedbør (1961-1990) for stasjonene Lurøy (80130- på øya Lurøy, 10 moh.) og Tonnes 80300 (15 moh.), samt Lurøy 80200 på innsiden av Aldrasundet (115 moh.) for normalperioden 1931-1960. Normal for året er 2935 mm i Aldrasundet, 1270 mm på Lurøy (61-90) og 1037 mm på Tonnes (31-60). Nedbøren i selve Tonnes er altså sammenlignbar med hva en finner på øyene Lurøy, Solvær og Myken. Årsnedbøren for Aldrasundet som ikke bør være helt ulikt Kvina, er mer enn 2,5 ganger større enn ute på Tonnes. Årsnedbøren synes ha økt 8 % i Aldrasundet fra normalperioden 1931-1960 til 1961-1990. Ut fra figuren ser det ut til at nedbøren fra september til ut januar har høyere verdier i normalperioden 1961-1990 enn i normalperioden 1931-1960.

Generelt kan en si at gjennomsnittstemperaturen nede i kystnære strøk holder seg over null grader stort sett hele året.



Figur 4 Normal månedsnedbør (mm) for stasjonene Lurøy #80130, Lurøy #80200 og Tonnes #80300.

En eldre stasjon, Lurøy 702, (110 moh.) for observasjonsperioden 1923-1943 oppgir maksimal snødybde for februar og mars til henholdsvis 95 og 94 cm. Sist vinter (2012-2013) lå snøen lenge på Tonnes. Av Figur 5 ser en at snødybdene på stasjon 80200 (Aldrasundet) var betydelige denne vinteren.



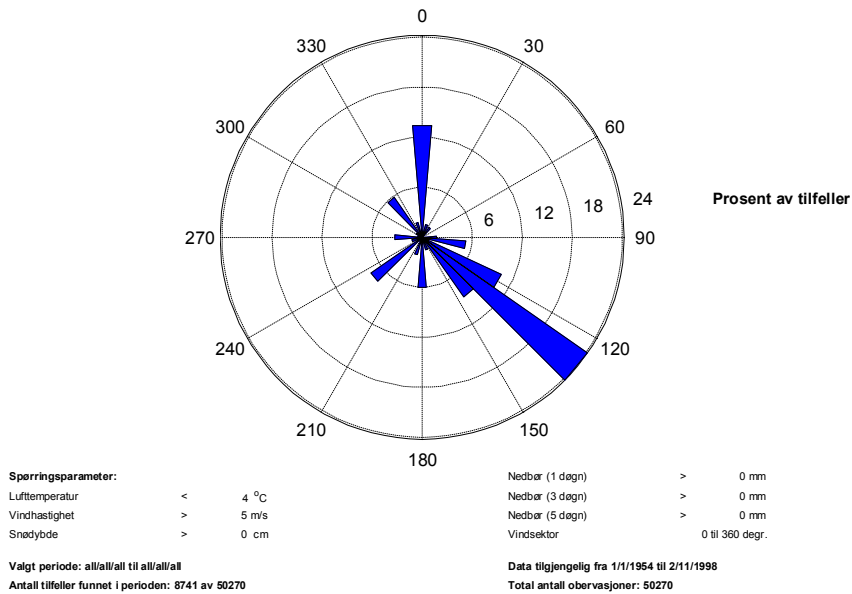
Figur 5 Nedbør (grønn) og snødybde (lilla) ved stasjonen Lurøy #80200 (Aldrasundet).

4.2 Vindretning og nedbør

På stasjonene Myken (35 km mot nordvest) og Nordre Solvær (22 km mot sør-sørvest, nedlagt) er det registrert bl.a. vind, temperatur og nedbør. Stasjonene er ganske like når det gjelder temperatur, vindretning og nedbørretning, og en antar at de er representative for nedbørretning også inn mot Tønnes. Figur 6 og Figur 7 viser generelle vindroser og vindroser for situasjoner med nedbør der en kan forvente nedbør som snø. Figurene viser at det hovedsakelig kommer nedbør som snø når det blåser fra nord, (sekundært NNV. Med denne nedbørretningen forventes det akkumulering av snø særlig i sør og sørøstlige helninger. Det er få situasjoner med vinternedbør med vind fra sør og øst.

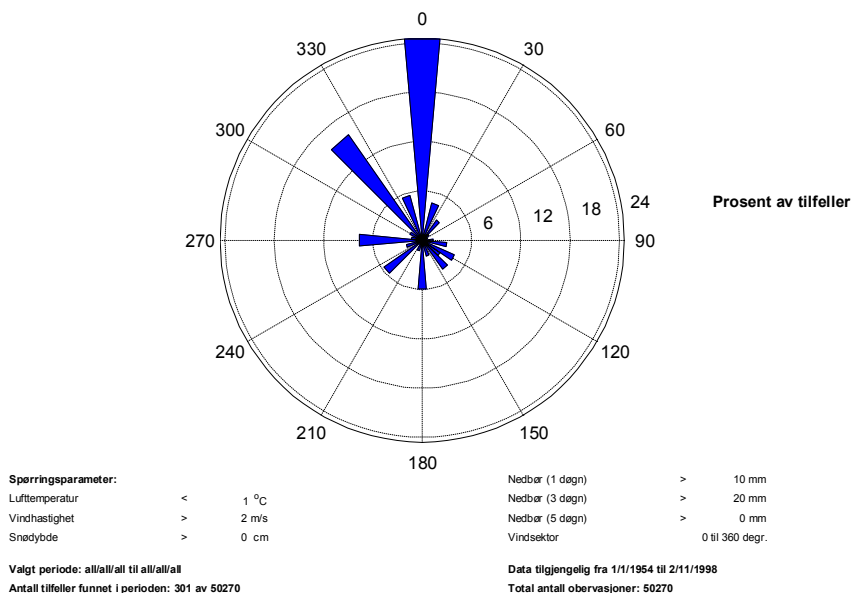
Vanligste vindretning er fra sørøst, og dette er situasjoner med lite nedbør. Dette er en vindretning som kan refordele snødekket og føre til at snø avlagres i skråninger som vender mot nordvest.

Stasjonsnavn: 80100 NORD SOLVÆR 1954 1998



Figur 6 Generell vindrose for Nord Solvær. Ved vindhastighet større en 5 m/s, er retningen i hovedsak fra sørøst. Dette er mest dominerende vindretning om vinteren.

Stasjonsnavn: 80100 NORD SOLVÆR 1954 1998



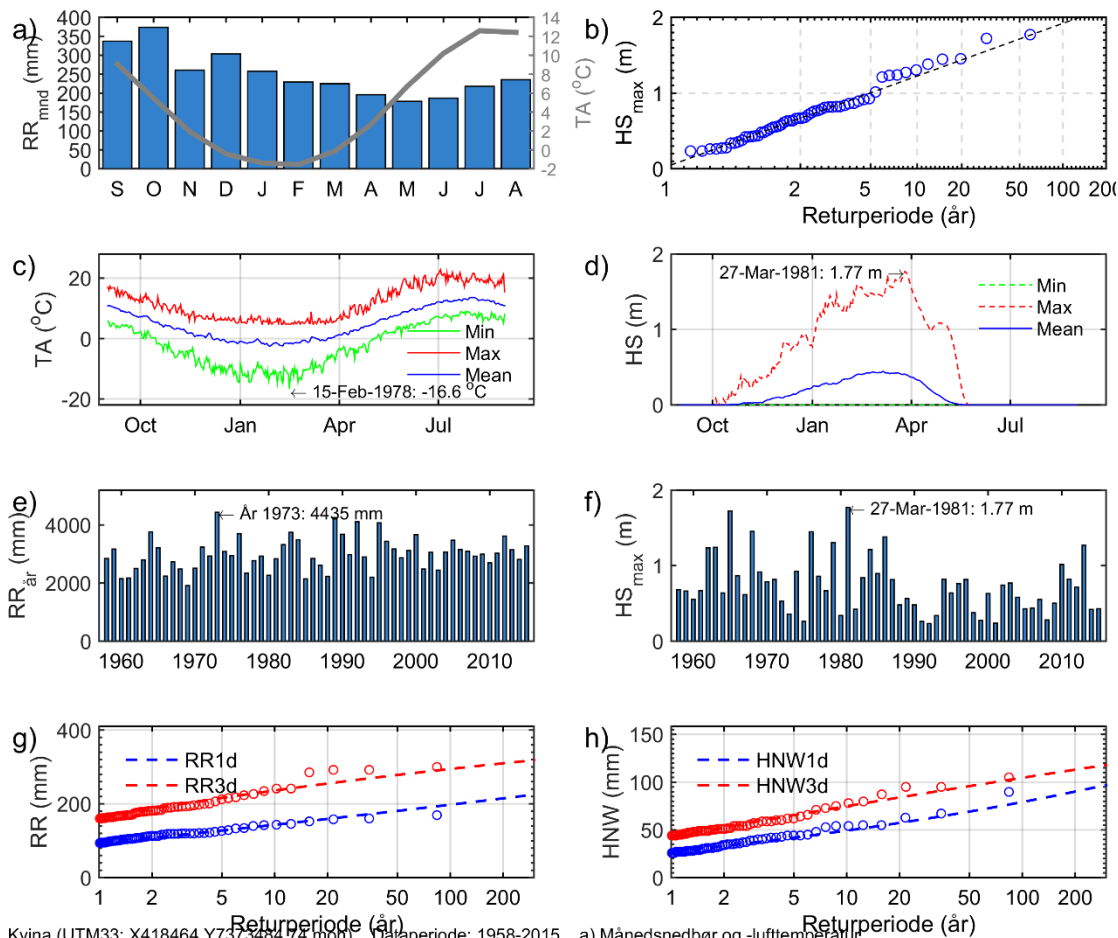
Figur 7 Vindrose for 3 døgns nedbør større enn 20 mm og lavere lufttemperatur enn 1 C.

Vi har kjørt analyser av lokale nedbør- og snøhøydedata basert på interpolerte data fra SeNorge for Kvina og Stokkvågen. Også vurderinger av klimaendringer er inkludert.

Kvina:

Høyde på valgt gridcelle i Kvina er 74 moh. Interpolerte klimadata fra SeNorge-datasettet (Ref. 1 og Ref. 2) for perioden 1981 - 2010 viser at normal årsnedbør i det undersøkte området er ca. 3103 mm, hvor ca. 1687 mm kommer om vinteren. Årsmiddeltemperatur i området er 5.0 °C. Gjennomsnittlig snøhøyde er 64 cm og maksimal snøhøyde siste 50 år er 177 cm. Antall dager med snø på bakken er i gjennomsnitt 122.

Ved å bruke de maksimale nedbør- og snøhøydeverdiene i de interpolerte dataene kan man estimere forventet 1000-års nedbør og 300-års snøhøyde for området. I dette området er 1000-års nedbør beregnet å være 223 mm/døgn, og 300-års snøhøyde 2.3 meter. Dette er estimater basert på korte observasjonsperioder og statistisk usikkerhet. Klimafremskrivinger (Klima 2100, 2015) som er foretatt for Norges fastland frem mot år 2100 viser at man kan forvente en økning i nedbørmengdene på mellom 10 % (scenario 1, RCP 4.5) og 18 % (scenario 2, RCP 8.5). Økningen om vinteren er henholdsvis 2 % og 9 % for de to scenariene. Temperaturen vil øke med mellom 2.6 °C og 4.0 °C. Dette har også en effekt på snødekket, som er forventet å minke med mellom 76 % og 91 %. Antall dager med snø på bakken er forventet å reduseres med henholdsvis 83 og 108 dager for de to scenariene.



Kvina (UTM33: X418464, Y7373484, 7.4 moh). Dataperiode: 1958-2015. a) Månedsnedbør og -lufttemperatur. b) Returværdier (gumbelfordeling) for årlig maks snøhøyde. Daglig minimum, maksimum og gjennomsnittlig lufttemperatur (c) og snøhøyde (d). Tidserier av årsnedbør (e) og årlig maks snøhøyde (f). Returværdier (peak over threshold) for 1- og 3-døgns nedbør (g) og nysnøtilvekst (h).

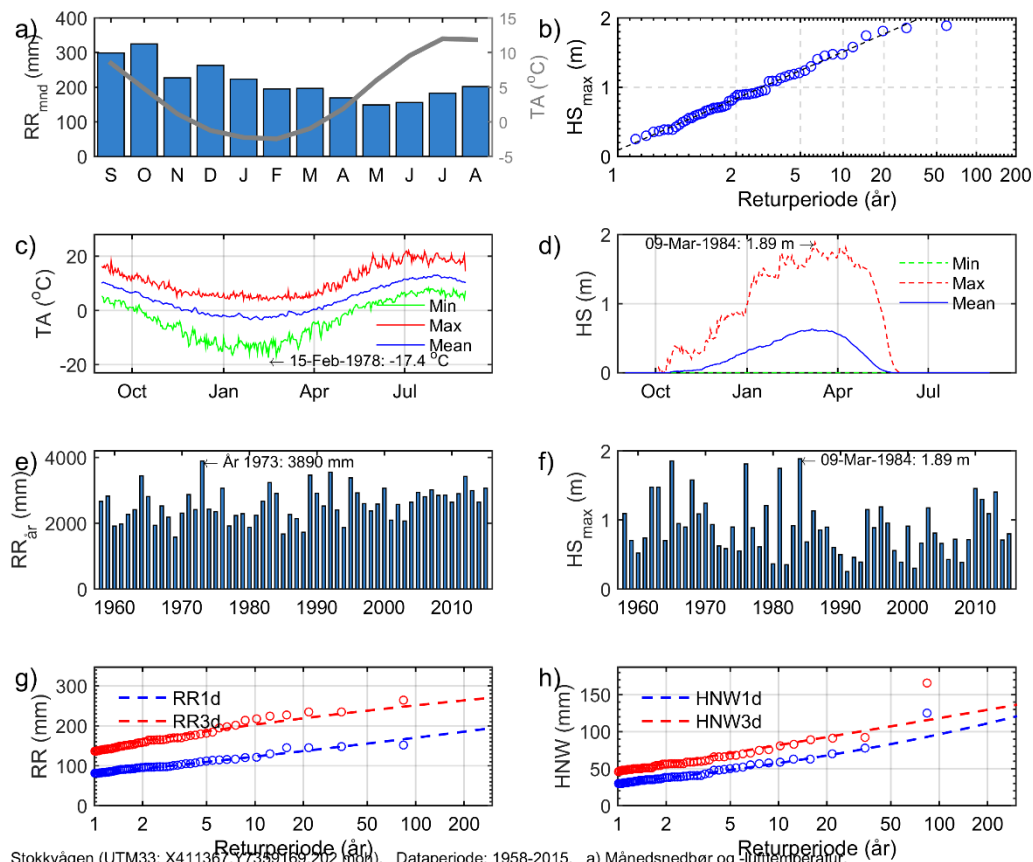
Figur 8 Klimaanalyse Kvina

Stokkvågen:

Høyde på valgt gridcelle på Stokkvågen er 202 moh. Interpolerte klimadata fra SeNorge-datasettet (Ref. 1 og Ref. 2) for perioden 1981 - 2010 viser at normal årsnedbør i det undersøkte området er ca. 2645 mm, hvor ca. 1445 mm kommer om vinteren. Års-middeltemperatur i området er 4.3 °C. Gjennomsnittlig snøhøyde er 78 cm og maksimal snøhøyde siste 50 år er 189 cm. Antall dager med snø på bakken er i gjennomsnitt 144.

Ved å bruke de maksimale nedbør- og snøhøydeverdiene i de interpolerte dataene kan man estimere forventet 1000-års nedbør og 300-års snøhøyde for området. I dette området er 1000-års nedbør beregnet å være 247 mm/døgn, og 300-års snøhøyde 2.7 meter. Dette er estimater basert på korte observasjonsperioder og statistiske usikkerheter.

Klimafremskrivinger (Klima 2100, 2015) som er foretatt for Norges fastland frem mot år 2100 viser at man kan forvente en økning i nedbørmengdene på mellom 9 % (scenario 1, RCP 4.5) og 18 % (scenario 2, RCP 8.5). Økningen om vinteren er henholdsvis 2 % og 9 % for de to scenariene. Temperaturen vil øke med mellom 2.6 °C og 3.9 °C. Dette har også en effekt på snødekket, som er forventet å minke med mellom 76 % og 91 %. Antall dager med snø på bakken er forventet å reduseres med henholdsvis 98 og 120 dager for de to scenariene.



Stokkvågen (UTM33: X411367, Y7359169, 202 mdd). Dataperiode: 1958-2015. a) Månedsnedbør og lufttemperatur. b) Returverdier (gumbelfordeling) for årlig maks snøhøyde. Daglig minimum, maksimum og gjennomsnittlig lufttemperatur (c) og snøhøyde (d). Tidserier av årsnedbør (e) og årlig maks snøhøyde (f). Returverdier (peak over threshold) for 1- og 3-døgns nedbør (g) og nysnøtilvekst (h).

Figur 9 Klimaanalyse Stokkvågen

5 Skredvurdering

5.1 Generelt

Kartgrunnlaget for området er sammensatt av det best tilgjengelige datasettet. Deler av området har laserdata (Følger ei stripe langs Tonnesvegen og utover på nordsiden av fjorden.) Nordsiden av denne stripa og på sørsiden av fjorden har grovere høydedata med der det er en 10 m høydemodell som er lagt til grunn for analysene. Denne forskjellen påvirker også hvor godt det er mulig å angi faresoner.

Innenfor kartleggingsområdet er det ingen registrerte skredhendelser (skredregistrering.no). Nærmeste registrering steinsprang er borte ved Rånbakken,

Skredvurderingen baserer seg på dagens tilstand med hensyn til skog og vegetasjon og ut fra dagens topografi i reguleringsområdene.

Faregrenser for skredfare er trukket ut fra en totalvurdering av en samlet fare for snø-, stein-, flom- og jordskred. Under farevurdering for snøskred, ligger også vurdering av utglidning av mindre snømasser som vil ha langt mindre trykkvirkninger enn snøskred (snøglidning: snø som glir ned uten at hastigheten blir kritisk – dvs. kort utløp). I forhold til snøglidning kan en ofte tilpasse bygget med å forsterket bakvegg uten vinduer og beskyttet inngangsparti.

I all hovedsak er det utenom bekker og dreneringsveier, steinsprang som er dommeinerender skredtype. Området er preget av mange lave isskurte sva som stedvis kan gi blokkutfall. Disse svaene kan gi snøglidning I en del tilfeller vil en kunne bygge helt oppunder lavere bratte skrenter, men da bør dette være sjekket av fagkyndig og eventuelt sikret før tiltak iverksettes. Dette gjelder også småskrenter utenfor

5.2 Vurdering av steinsprang



Figur 10 Møllneset, Gårdshågen

Gårdshågen står opp som en haug med en dalforsenking på nordsiden som hindrer at stein eller annen masse går over og ned mot bebyggelsen. Gårdshaugen har store partier med lite vegetasjon, og fra enkelte mindre skrenter kan stein bli løst ut. Faregrensene må ta hensyn til utfall av stein og snøglidning. Forøvrig er berget av god kvalitet og ved lokal sikring av løse blokker i skrentområdene, kan området i stor grad bebygges.



Figur 11 Møllneselva kommer ned i gjelet, Gårdshågen til høyre i bilde. Møllneset i front.

Vest for Gårdshågen, ned for Raudkringla ligger en gård (Sollund?) der selve huset vurderes sikkert for skred med årlig sannsynlighet 1/1000. Rett inn for innmarka ligger det flere store blokker med utfall fra berget opp mot Raudkringla.

I lia vestover ved Todalen er det enkelte mindre skrenter med kortere utfall. Vest for Todalen og utover langs fjorden øker høyden av dalsiden og potensielle utløsningsområder. I vestligste delen er hele fjellsiden del av faresone for steinsprang.



Figur 12 Vestover fra Kvina

Vest for Stortuva, innerst i Kvina ligger det 3 hus på rekke mot en bergskrent. Et par steder ligger det mange blokker, men disse stammer hovedsakelig fra det øverste bratte feltet. Rett øst for øverste eiendom, er det et parti med oppsprukket berg og her er det høyest sannsynlighet for utfall. Det er mulig med utfall ned til huset, og her bør det utføres detaljvurdering for eventuell sikring. Skog har en viss bremsende effekt på steinsprang på blokker under 1 m^3 , men for en effektiv vern skog mot steinsprang, må en generelt ha minst 100 m lengde på skog i fallretningen og grovere skog enn 16 cm diameter målt i brysthøyde. For enkelte hus, ned for Stortuva og borte ved Svensken står det tett planteskog av gran. Selv om disse trærne ikke gir fullstendig sikring, bidrar den i vesentlig grad for sikkerheten mot enkelte bygg.



Figur 13 Stortuva, hus nr. 3 ligger ved flaggstang til venstre for kraftledning



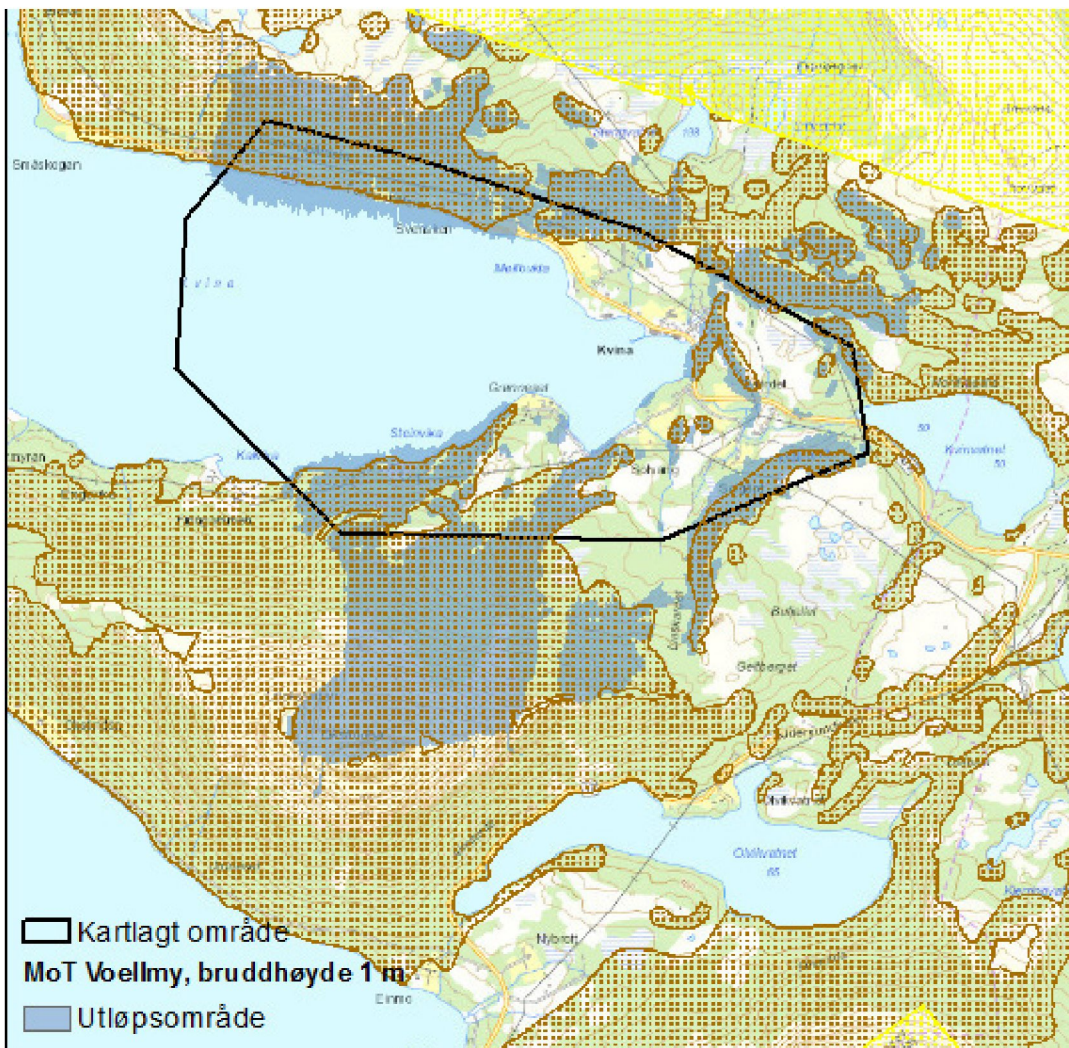
Figur 14 Okstinden, Grønneset og vika Staulen

Inn for Staulen er det en brattkant med blokker som ligger ut mot jordekanten. Bekken ut i vika fører med seg noe masser og har også en aktiv erosjon/utglidning på østsiden av bekken.

5.3 Snøskred

I området fra Todelan og vestover mot Kvinura er det flere områder som har helning som tilsier at snøskred kan løse ut. Skogen medvirker til at eventuelle snøskred blir av begrenset størrelse og utbredelse. Større snøskred løser vanligvis ut mellom 30 og 45°. Er det brattere løses skred ut før snømengden blir kritisk for store skred. Stedvis er det skog i potensielle løsneområder. Skredfaren vurderes utfra mulige løsneområder, eksposisjon i forhold til å akkumulere snø, og beregninger av skredutbredelse.

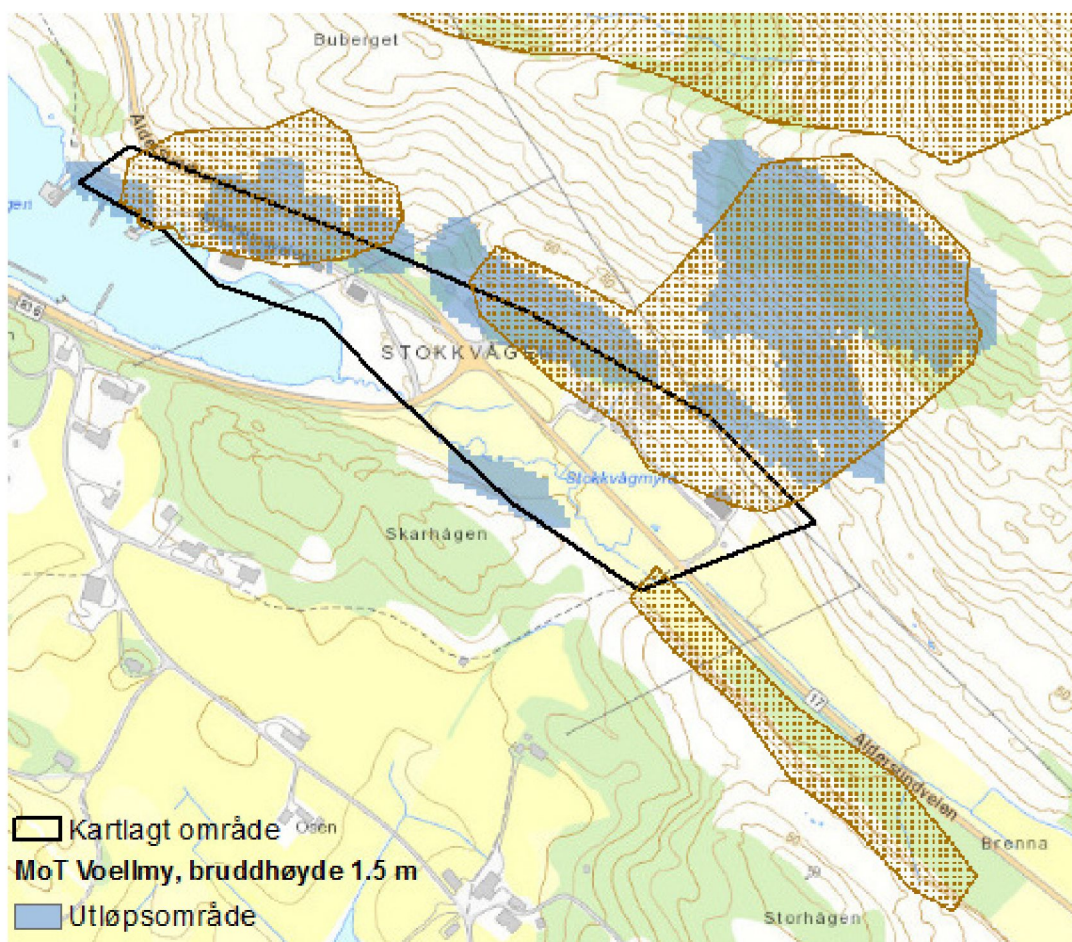
Mange steder er det sva med lengder under 30 m uten nevneverdig vegetasjon, og dette er områder der det kan gli ut snø og is. I slike områder vil en vurdere en sikker byggegrense typisk 10-15 m ut fra det bratte partiet ($> 30^\circ$).



Figur 15 Aktsomhetssoner Stein- og snøskred, NGI samt NASKIN (aktsomhetsmodell-NGI) simuleringer av snøskred, Kvina

Figur 16 viser aktsomhetssoner stein- og snøskred, samt NASKIN simuleringer (modell MoT Voellmy) for å vurdere hensynssoner for snøskred. Modellen her simulert 1,0 m bruddhøyde. Området på nordsiden er rufsete med hyller, skrenter og skog, og det er ingen tegn på større snøskred på denne siden av Kvina. Enkelte bratte sva forekommer. Disse gir ikke typiske snøskred med lange utløp, men kan gi fare for snøglidning.

Fra Okstinden på sørvestsiden av vurderingsområdet går det snøskred, men disse er går ikke inn i vurderingsområdet.



Figur 16 Aktsomhetssoner Stein- og snøskred, NGI samt NASKIN (aktsomhetsmodell-NGI) simuleringer av snøskred, Stokkvågen.

Figur 16 viser aktsomhetssoner stein- og snøskred, samt NASKIN simuleringer (modell MoT Voellmy, Vedlegg A) for å vurdere hensynssoner for snøskred. Modellen her simulert 1,5 m bruddhøyde i Stokkvågen, noe som er ganske mye i dette lavtliggende kystområdet. Modellen viser at det ikke er sannsynlig at snøskred skal nå fram det øvre løsneområdet bak samfunnshuset (lengst øst). En står da igjen med de lokale skrentene rett bak husene. Disse gir ikke typiske snøskred, men det er fare for snøglidning.

5.4 Jord-, flom-, sørpeskred

Det er få eller ingen tegn på jord, flomskred eller sørpeskred i området. Dette skyldes at bekleleier i bratte områder for en stor del går i forkastninger eller sprekker med steinblokker. Løsmassedekket er generelt tynt. Det er ingen bekker som har bygd seg opp med typiske vifter i de områdene som her er vurdert.

Sentralt i område ligger Møllneselva. Selve Møllneset har i ytre del berg i fjæra, i indre deler er gammel fjæra overfylt. Det mange steder opp langs og i elva der det er berg i

dagen. Det vil si at det er svært lite sedimenter og former som indikerer flomskred. Møllneselva er et gammelt anlegg som har blitt regulert oppe i Stengevatn. Utløp Stengevatn er ikke befart, men i de brattere partiene går elva på berg eller rundt store blokker, fra ca. 80 moh. og lavere har elveleie sparsomt med sedimenter og det er hugget ut en kanal i berget (Figur 17). Steiner ligger dels som en forbygning på berg langs elva. Faresoner langs elva er trukket ut på grunnlag av at elveleiet dels går nedsenket på bergområder. Ved ekstrem flom, dette kan også være i kombinasjon med sørpe, vil stein og masse kunne flyttes seg på sidene.

Det er gitt konsesjon for minikraftverk fra Stengevann. Vi kjenner ikke detaljer, men en må anta at flomforhold ikke forverres.



Figur 17 Møllneselva nedhogd i berg

Fra Todalen kommer det ned 2 bekker som har senket seg ned i løsmasser i nedre del. Det samme gjelder bekker som kommer ned inne i Kvina fra Kamsmyra. Her er det også nedsenking i løsmasser i de nedre 25 høydemetrene mot veg og sjø. Bekken inn for Staulen er noe masseførende, og har aktiv erosjon med utglidning i de lavere områdene. Her kan det være mindre jordskred være mulig.

Teoretisk marin grense er opp i 95 moh. Det er ikke observert særlige leirige masser i området, Tynt eller manglende løsmasser på høyder som Gårdshågen kan være et resultat av at løsmassene er vasket bort i en strandsone opp til dette nivået. En ser det samme på høydene eller rabbene som Stortuva og ved Kleiven sør for fjorden.

Sørpeskred kan opptre både i bekker og i terrengformer som kan samle vann. En plass der forholdene ligger til rett for dette, er ved Rapskardet sør for Solgård. Her er myrer som drenerer ut i et bratt parti. Bekker som er kartlagt eller påtruffet ved befarung er vurdert at største avløp finner sted ved en situasjon med regn på våt snø.

5.5 Eventuell kvikkleire og sprøbruddmateriale

Kvikkleire er ikke et direkte tema i denne kartleggingen. Det er ikke indikasjon på skred av denne typen på land. Bortsett fra noen lokaliteter med løsmasser langs noen av bekkene, er det ikke funnet tegn på tykkere løsavsetninger på land I Kvina er massene i fjøra grovt kartlagt (1:250 000) som: "Hav- og fjordavsetning og strandavsetning er usammenhengende eller tynt dekke over berggrunnen (sediment type 43), der definisjonen er: «*Grunnlendte områder/hyppige fjellblotninger. Tykkelsen på avsetningene er normalt mindre enn 0,5 m, men den kan helt lokalt være noe større. Det er ikke skilt mellom hav-, fjord- og strandavsetning. Kornstørrelser angis normalt ikke, men kan være alt fra leir til blokk*». Langs store deler av området, er det berg ned i fjøra. Imidlertid, hvis en skal bygge ut eller drive fyllingsarbeider i strandsonen vil en vanligvis finne løst avlagrede masse ut mot og i markbakken. Slike prosjekter bør omfatte grunnundersøkelser fordi det er stor sannsynligheten for rotasjonsskred og tap av store mengder masse i slike prosjekter. Figur 18 viser marbakken rundt Kvina.



Figur 18 Flyfoto som viser marbakke og grunne områder i Kvina.

6 Faresonekart

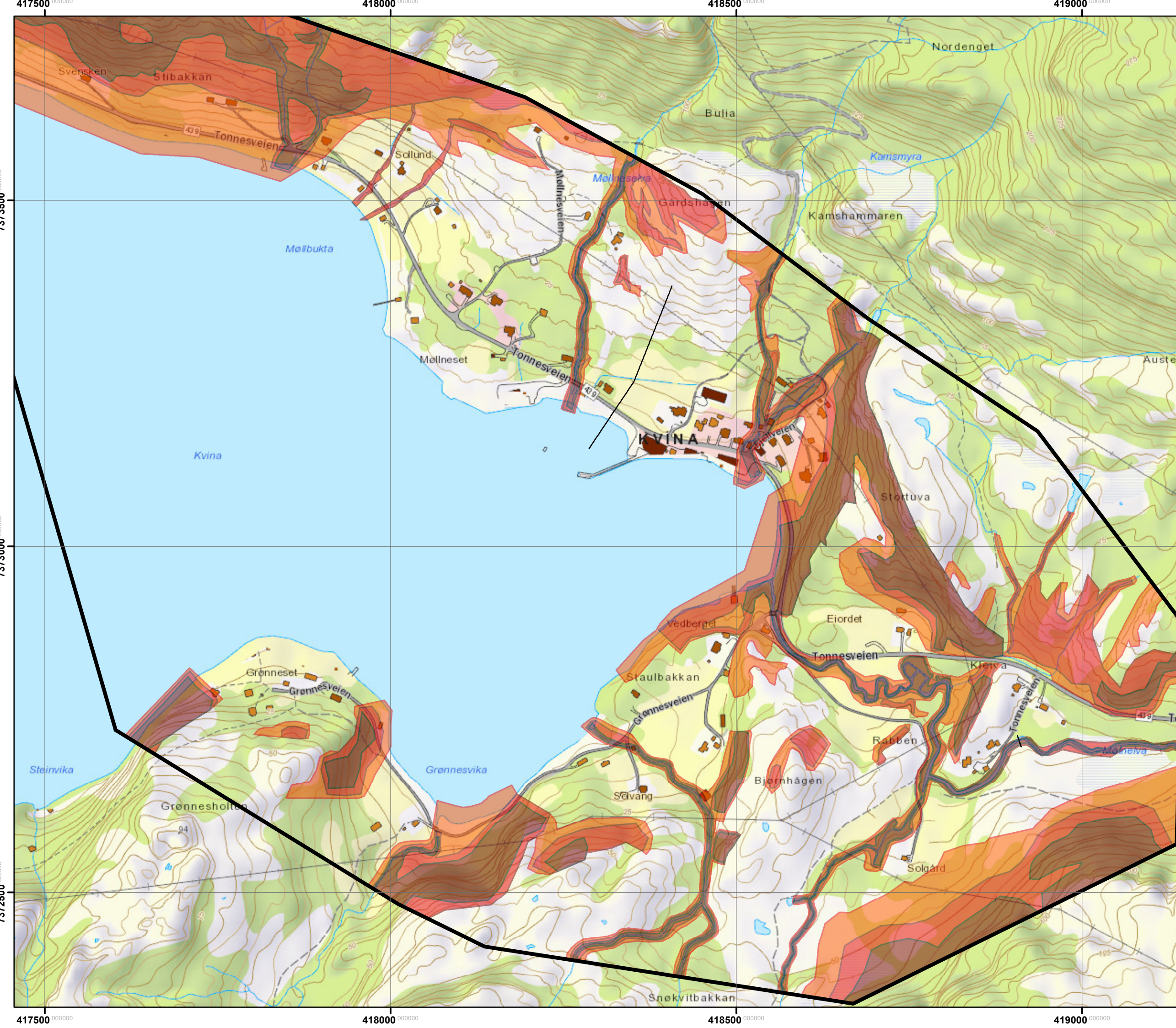
Faresonekart for Kvina er gitt i Vedlegg 01.

Faresonekart for Stokkvågen er gitt i Vedlegg 02.

7 Referanser

Ref. 1 Lussana C., Tveito O.E. and Uboldi F. 2016. seNorge v2.0: an observational gridded dataset of temperature for Norway. MET-report 14/2016.

Ref. 2 Saloranta T. 2014. New version (v.1.1.1) of the seNorge snow model and snow maps for Norway. NVE Report 06/2014.



Tegnforklaring

Kartlagt område

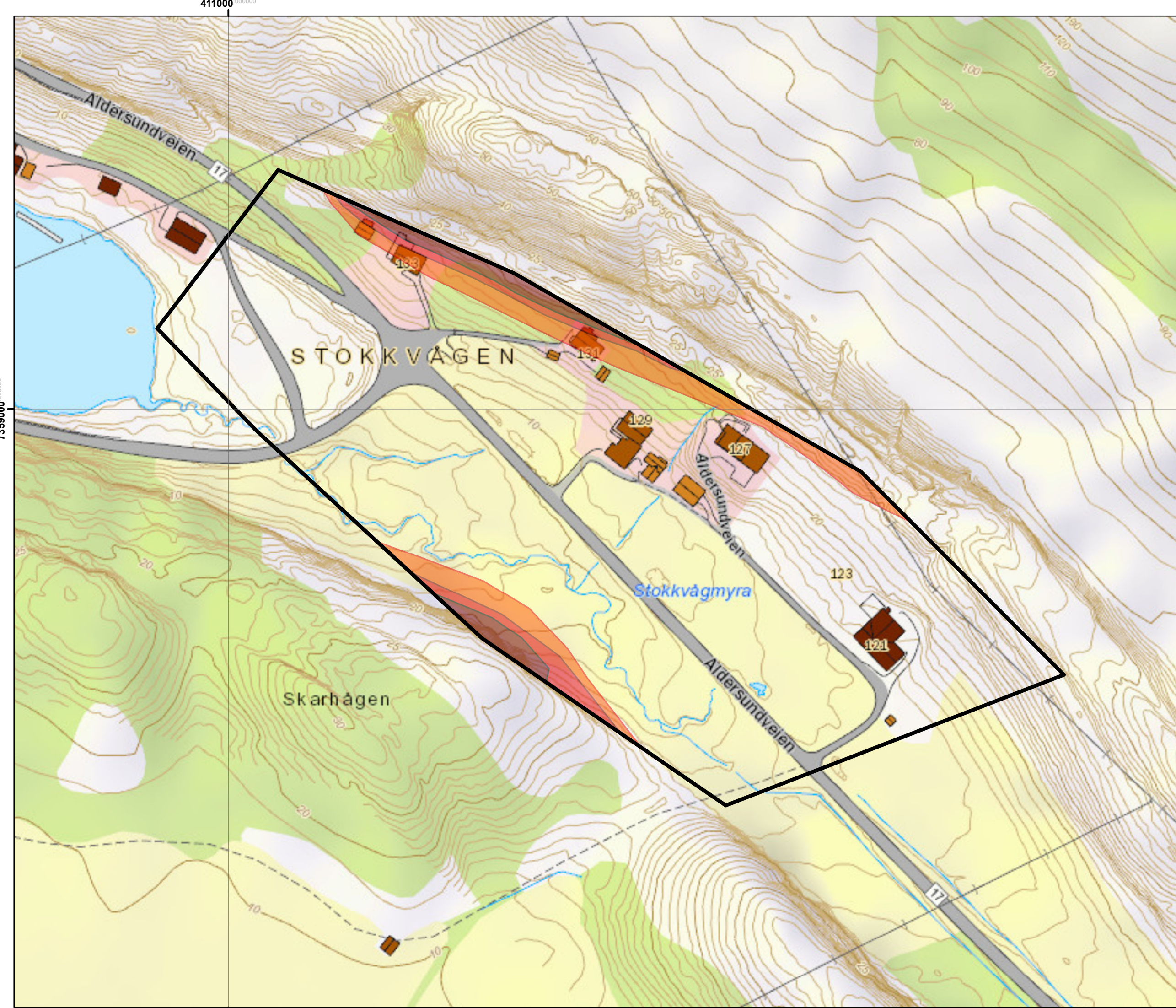
Faresone

Nominell årlig frekvens

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

Målestokk (A3): 1:5,000 Datum: Euref89, Kartprojeksjon: UTM XX

Kvina, Lurøy kommune		
Faresonekarlegging	Prosjektnr. 20170584	Kart nr. 01
Faresoner 1:100 1:1000 1:5000	Utført oah	Dato 2017-10-02
	Kontrollert FS	Godkjent oah






Tegnforklaring

 Kartlagt område

Faresone

Nominell årlig frekvens

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

Målestokk (A3): 1:1,623 Datum: Euref89, Kartprojeksjon: UTM XX

Stokkvågen, Lurøy kommune

Faresonekarlegging	Prosjektnr. 20170584	Kart nr. 02
	Utført oah	Dato 2017-10-02
Faresoner 1:100 1:1000 1:5000	Kontrollert FS	Godkjent oah



411000 000000

411000 000000

7359000 000000

Vedlegg A

MODELLBESKRIVELSE

Innhold

A1 MoT-Voellmy

2

A1 MoT-Voellmy

MoT-Voellmy er en fluidmekanisk modell utviklet ved NGI i 2011/2012, som beskriver skredet som en spesiell væske som har både friksjon som et fast materiale og viskositet som en væske. Denne friksjonsloven går tilbake til en modell fra 1950-tallet¹ som er i stor grad basert på klassisk hydraulikk. Den samme friksjonsloven ble senere brukt i kontinuumsmekaniske modeller i en dimensjon^{2,3} og to dimensjoner⁴. Alle disse modellene forutsetter konstant skredtetthet ρ og beskriver bevegelsen av skred"væsken" gjennom balanseligninger for masse (eller flyte høyde h) og impuls (hu , hv) i retningene x , y parallell med bakken:

$$\begin{aligned} \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} &= 0, \\ \frac{\partial(hu)}{\partial t} + \frac{\partial(hu^2)}{\partial x} + \frac{\partial(huv)}{\partial y} &= hg_x + \frac{\partial(h\bar{\sigma}_{xx})}{\partial x} - \frac{\sigma_{xz}^b}{\rho}, \\ \frac{\partial(hv)}{\partial t} + \frac{\partial(huv)}{\partial x} + \frac{\partial(hv^2)}{\partial y} &= hg_y + \frac{\partial(h\bar{\sigma}_{yy})}{\partial y} - \frac{\sigma_{yz}^b}{\rho}. \end{aligned}$$

$\mathbf{g} = (g_x, g_y, g_z)$ er tyngdeakselerasjonen i et lokalt koordinatsystem der x og y er parallell med bakken og z er i rett vinkel med bakken. σ_{xx} og σ_{yy} er normalspenningene i retning x og y og det antas at de der motsatt til det hydrostatiske trykket:

$$\bar{\sigma}_{xx} = \bar{\sigma}_{yy} = \bar{\sigma}_{zz} = \frac{1}{2} \rho h g_z.$$

σ_{xz}^b og σ_{yz}^b beskriver friksjonen av skredet på snødekket:

$$\sigma_{xz}^b = \text{sgn}(u) \rho \left(-\mu g_z h + k u \sqrt{u^2 + v^2} \right)$$

og tilsvarende for σ_{yz}^b . Friksjonsparameterne μ og k må velges av brukeren i hvert enkelt tilfelle.

En stor forskjell i forhold til enklere modeller er at både skredets lengde, bredde og høyde forandrer seg langs banen. Denne forandringen beregnes ved å dele opp skredba-

¹ Voellmy, A. (1955). Über die Zerstörungskraft von Lawinen. *Schweizerische Bauzeitung* **73**, 159–165, 212–217, 246–249, 280–285.

² Briukhanov, A. V., Grigorian, S. S., Miagkov, S. M., Plam, M. Ya., Shurova, I. Ya., Eglit, M. E. og Yakimov, Yu. L. (1967). On some new approaches to the dynamics of snow avalanches. I Ôura, H. (ed.), *Physics of Snow and Ice*, Proceedings of the Intl. Conference on Low Temperature Science, Sapporo, Japan, 1966. Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, Sapporo, Japan. Bind. I, del 2, sider 1223–1241.

³ Christen, M., Bartelt, P., og Gruber, U. (2002). AVAL-1D: An avalanche dynamics program for the practice. International Congress INTERPRAEVENT 2002 in the Pacific Rim – Matsumoto / Japan. Internationale Forschungsgesellschaft INTERPRAEVENT. Bind 2, sider 715–725.

⁴ 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**, 1–14.

nen i små celler (typisk $5 \times 5 \text{ m}^2$) og å beregne samtidig hvordan massen (og derfor flyte- høyden) i en celle endrer seg pga. ulikhet mellom innstrømning og utstrømning, og hvordan hastigheten endrer seg pga. gravitasjon, friksjon og trykk fra massene i nabo- cellene. Dette fører bl.a. til det at hastigheten ved skredets "hale" er lavere enn ved fron- ten, i overensstemmelse med målingene.

Modellen tar hensyn både til startmassen gjennom startlengde, -bredde og -høyde, og til variasjoner i terrenget. Videre kan brukeren fastsette ulike verdier til friksjonsparame- terne i ulike deler av skredbanen. Dette gjør det mulig å ta hensyn til ujevnheter av ter- renget eller skog. Modellen RAMMS ble testet og kalibrert i Sveits mot skredhendelser i Alpene på lignende måte som alfa-beta-modellen i Norge. Det finnes en tabell med anbefalte verdier til friksjonsparameterne i forhold til skredstørrelse, høyde over havet, kanaliseringsgrad og frekvensen av skredet. Denne tabellen ble tilpasset norske forhold gjennom tilbakeberegning av mange kjente skredhendelser fra NGIs skreddatabase. NGIs modell MoT-Voellmy implementerer de samme ligningene som RAMMS, men med annerledes numeriske teknikker. Direkte sammenligning av de to modellene viste at de gir tilnærmet de samme resultatene dersom de samme inngangsdataene og para- meterverdiene brukes.

Det har imidlertid vært kjent i lang tid at Voellmys friksjonslov med de anbefalte para- meterverdiene gir for lave hastigheter i store deler av skredbanen. En analyse av hastig- hetsmålinger av snøskred fra mange land⁵ viste at betydelig bedre overensstemmelse mellom målte og simulerte hastigheter ved riktig utløpsdistanse oppnås ved å velge den hastighetsuavhengige delen av friksjonen (parameter μ) større og den hastighetsavheng- ige delen (parameter k) langt mindre enn anbefalt. For å oppnå de samme utløpsdistan- sene som med alfa-beta-modellen, velges $\mu \approx \tan(\alpha(\beta))$ og $k \ll 10^{-3}$. Disse verdiene kan imidlertid justeres for klimaforholdene, terrengkarakteristikk, skogsvirkning og lig- nende faktorer.

Inngangsverdier: For modeller av Voellmy-typen øker terminalhastigheten i banen til- nærmet med kvadratrotten av flyte- høyden og utløpsdistansen fra foten av skråningen om- trent lineært med flyte- høyden. Flyte- høyden for sin del er omtrent proporsjonal med bruddkanthøyden. Derfor er det viktig å anslå realistiske bruddkanthøyder og utløsnings- områder som inngangsdata. En metodikk for dette ble utarbeidet av det Sveitsiske snø- og skredforskningsinstitutt⁶:

- Som utgangspunkt tar man den forventede maksimale snøhøydetilveksten in- nen tre døgn med en gitt returperiode T (eller årlig sannsynlighet), $\Delta h_0^*(T)$. Denne verdien gjelder målinger på flatmark, avhenger av klimaforholdene og varierer sterkt mellom regionene.

⁵ Gauer, P., Kronholm, K., Lied, K., Kristensen, K., og Bakkehøj, S. (2010). Can we learn more from the data underlying the statisti- cal alpha -beta model with respect to the dynamical behavior of avalanches? *Cold Regions Science and Technology* **62**(1), 42–54.

⁶ Salm, B., Burkard, A., og Gubler, H.-U. (1990). Berechnung von Fliesslawinen. Eine Anleitung für Praktiker mit Beispielen. *Mitteil- ung des Eidgenössischen Institutes für Schnee- und Lawinenforschung* Nr. 47. Davos, Sveits.

- ↗ Det tas hensyn til de lokale forholdene ved å korrigere $\Delta h_0^*(T)$ med 5 cm per 100 m høydedifferanse mellom målestasjonen og utløsningsområdet, og med opptil ± 50 cm for vindeffekten.
- ↗ En sentral antagelse i den sveitsiske metodikken er at et skred utløses innenfor nysnølaget i løpet av enhver tre døgn nedbørperiode med årlig sannsynlighet på 1/30 eller mindre. Dette kan være meget pessimistisk fordi utløsningssannsynligheten kan være langt mindre enn 1 i relativt slake skråninger (dvs. med helningsvinkel nær 30°), ved relativt lave nedbørmengder eller i ujevnt terreng. Omvendt kan bruddet også skje i eller mellom gamle lag, noe som fører til større bruddkanthøyder.

Denne metoden blir mer realistisk hvis man tar hensyn til utløsningssannsynligheten. Sannsynligheten for et skred med gitt bruddhøyde d_0 er produktet av sannsynligheten $P_s(d_0)$ for snøhøydetilvekst tilsvarende bruddhøyden d_0 og utløsningssannsynligheten $P_b(d | d = d_0)$ ved gitt snøhøydetilvekst. I samsvar med intuisjonen viser NGIs mangeårige observasjoner fra Strynefjellet at det er store forskjeller mellom ulike skredbaner og at P_b øker kraftig med Δh fra nesten 0 ved $\Delta h < 0,3$ m til nærmere 1 ved $\Delta h > 1,5$ m.

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Skredfarevurdering i område Lurøy		Dokumentnr./Document no. 20170584-01-R
Dokumenttype/Type of document Rapport / Report	Oppdragsgiver/Client Lurøy kommune	Dato/Date 2017-10-04
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 Steinsprang, farevurdering, skred		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Norge, Norland	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Lurøy	Feltnavn/Field name
Sted/Location Kvina	Sted/Location
Kartblad/Map	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: Øst: 418400 Nord: 7373160	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	2017-10-04 Øyvind Armand Høydal	2017-10-04 Frode Sandersen		

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 4. oktober 2017	Prosjektleder/Project Manager Øyvind Armand Høydal
----------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------------------------------

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

