



cRAPPORT

Skredfarekartlegging Tokheim og Askane

DETALJERT KARTLEGGING AV FARESONER

DOK.NR. 20190563-01-R

REV.NR. 0 / 2019-11-08

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: Skredfarekartlegging Tokheim og Askane
Dokumenttittel: Detaljert kartlegging av faresoner
Dokumentnr.: 20190563-01-R
Dato: 2019-11-08
Rev.nr. / Rev.dato: 0 /

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Odda kommune
Kontaktperson: Eirik Lia
Kontraktreferanse: E-post datert 17.07.2019 fra Tore Dolvik

for NGI

Prosjektleder: Frode Sandersen
Utarbeidet av: Katrine Mo, Peter Gauer, Frode Sandersen
Kontrollert av: Ulrik Domaas

Sammendrag

NGI har gjennomført en detaljert skredfarekartlegging av områdene Tokheim og Askane på oppdrag for Odda kommune. Kartleggingen er basert på tidligere skredhendelser, observasjoner gjort under befaringen, simuleringer av skredutløp og kartstudier. Området ble sist kartlagt i 1993. Etter denne kartleggingen er flere sikringstiltak bygget. Den fornyede kartleggingen inkluderer effekten av disse sikringstiltakene, og kartleggingen viser faresoner som tilsvarer kravene til sikkerhet beskrevet i TEK 17.

Snøskred er dimensjonerende faretype for størstedelen av området, men lengst nord dominerer steinsprang. Deler av den eksisterende bebyggelsen, særlig på Egne Hjem, ligger innenfor faresonen med årlig gjennomsnittlig sannsynlighet på 1/1000 som er minstekravet til sikkerhet for ny bebyggelse i henhold til TEK 17. Faresonekart med og uten skog er vist i Vedlegg A.

Innhold

1	Innledning	6
1.1	Forbehold	7
2	Krav til sikkerhet mot skred	7
3	Bakgrunn	8
3.1	Historiske data	8
3.2	Eksisterende tiltak	11
3.3	Topografi, geologi og vegetasjon	14
3.4	Klima	16
3.5	Observasjoner fra befarings	18
3.6	Observasjoner med drone	21
4	Modellkjøring	23
4.1	Snøskred	23
4.2	Steinsprang	38
5	Skredfarevurdering	41
5.1	Snøskred	41
5.2	Steinsprang	43
5.3	Jordskred	43
5.4	Flomskred	43
5.5	Sørpeskred	44
6	Vegetasjon	44
7	Referanser	46

Vedlegg

Vedlegg A Faresonekart

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

NGI har på oppdrag fra Odda kommune gjennomført detaljert skredfarekartlegging av områdene Tokheim og Askane (Figur 1). Området ligger på vestsiden av Sørfjorden, på nordsida av Odda sentrum. NVE gjennomførte i 2013 en detaljert faresonekartlegging i Odda kommune

(http://publikasjoner.nve.no/eksternrapport/2018/eksternrapport2018_04.pdf), men denne rapporten omfatter ikke det kartlagte området i denne rapporten. Områdene er kartlagt i forhold til sikkerhetsklasser beskrevet i TEK17 (<https://dibk.no/byggereglene/byggteknisk-forskrift-tek17/7-3/>), dvs. skred med gjennomsnittlig årlig sannsynlighet på hhv. 1/100 (S1), 1/1000 (S2) og 1/5000 (S3).

I forbindelse med vurderingen er det gjennomført befaring av terrenget ovenfor området, simuleringer av steinsprang og snøskred, samt studie av kart, nye og historiske flyfoto, fjellskyggekart, tidligere rapporter, historiske hendelser mm. Fastsettingen av faresonene er basert på innhentede data og samlede faglige skjønsmessige vurderinger.



Figur 1-1. Det undersøkte området ligger nord-øst for Odda innerst i Sørfjorden.

Faresoner for det kartlagte området ble utarbeidet i juli 1993 etter de mange snøskredene som rammet deler av bebyggelsen i Odda i januar og mars 1993. Etter denne kartleggingen er det etablert nye sikringstiltak, og foreliggende rapport inkluderer effekten av disse tiltakene.

1.1 Forbehold

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

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

2 Krav til sikkerhet mot skred

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.

3 Bakgrunn

3.1 Historiske data

Lang hele østsiden av Sørfjorden har det historisk vært mye skredaktivitet. Flere kjente skred har historisk vært utløst ved flere anledninger. NGI har utarbeidet flere rapporter og tekniske notat som omhandler områder i umiddelbar nærhet til Tokheim og Askane.

Følgende rapporter er utarbeidet av NGI for området:

- 73419-01 Sikring mot snøskred, Tokheim, Odda Skisseplaner
- 73419-02 Sikring mot snøskred, Tokheim, Odda Detaljerte planer
- 73419-03 Sikring mot snøskred Tokheim, Odda Ferdigbefaring
- 934011-01 Vurdering av skredfare og forslag til sikringstiltak
- 20120472-02-R Faresonekartlegging for utvalgte områder i Odda kommune
- 20160800-01-TN_Askane, Odda, planlagt garasjeanlegg
- 20180835-01-TN_Samlebasseng Odda kommune

Det er skrevet en masteroppgave ved UIB med navn "Koblinger mellom snøskred og klima langs vestsiden av Sørfjorden, i et historisk perspektiv" av Moberg, 2010.



Figur 3-1. Skredhendelser fra NGI rapport 1993.



Figur 3-2. Skredhendelser i 1928. Fra høyre: Husaskreda, Helleskreda, Rindaskreda, Røyhamarskreda og Breiskreda. Figur fra Moberg, 2010, ukjent fotograf.



Figur 3-3. Husaskreda i 1928. Figur hentet fra Moberg, 2010 (foto: arkiv Boliden Odda AS).

Tabell 2. Snøskredhendelser i Odda med tilhørende nedbørsdata. Data hentet fra NGI 1993.

Data	Skred	Sum nedbør (mm)		
		1 døgn	3 døgn	5 døgn
8. februar 1928	Husaskreda	86 (Nedre Ålvik)	190 (Nedre Ålvik)	251 (Nedre Ålvik)
8. januar 1949	Klungersetskreda	34,8 (Jøsendal)	89,6 (Jøsendal)	149,7 (Jøsendal)
2. mars 1976	Husaskreda	13.7 (Ullensvang)	25.8 (Ullensvang)	50.0 (Ullensvang)
17. mars 1990	Husaskreda	78.3 (Eidfjord)	174.3 (Eidfjord)	175.3 (Eidfjord)
13. januar 1993	Juvaskreda Breiskreda Røyhammarskreda	14 (Odda) 36.4 (Vintertun)	55 (Odda) 88.2 (Vintertun)	91 (Odda) 171.5 (Vintertun)
17. januar 1993	Klungersetskreda	17 (Odda) 57.8 (Vintertun)	80 (Odda) 153.5 (Vintertun)	107 (Odda) 222 (Vintertun)
18. januar 1993	Juvaskreda Klungersetskreda	40 (Odda) 48.6 (Vintertun)	107 (Odda) 171 (Vintertun)	133 (Odda) 234.2 (Vintertun)
18. mars 1993	Klungersetskreda Helleskreda Juvaskreda	18 (Odda) 30.1 (Vintertun)	47 (Odda) 93.7 (Vintertun)	48 (Odda) 98 (Vintertun)
19. mars 1993	Klungersetskreda Helgeliskreda Breiskreda Røyhammarskreda Husaskreda Juvaskreda	16 (Odda) 23 (Vintertun)	59 (Odda) 87.1 (Vintertun)	63.5 (Odda) 119.3 (Vintertun)
21. mars 1993	Breiskreda Helleskreda Husaskreda	20.5 (Odda) 84.3 (Vintertun)	68.5 (Odda) 155.4 (Vintertun)	111.5 (Odda) 219.5 (Vintertun)
17-20. mars 2017	Breiskreda Røyhammarskreda Helleskreda Husaskreda	12 (Tyssedal) 15 (Røldal)	57 (Tyssedal) 45.2 (Røldal)	69 (Tyssedal) 53.2 (Røldal)

Erfaringsmessig ser det ut til at det er store nedbørmengder som kan gi opphav til store snøskred som kan true bebyggelsen på Tokheim. De fleste litt større skred i fjellsidene her har kommet ned mot og inn i bebyggelsen 4-5 ganger på 100 år, med en gjennomsnittlig returperiode på 20-25 år.

I tillegg finnes det beskrivelser av en flomepisode i Tokheimselva 18. oktober 1962: "På Egne Hjem var det svært dramatisk. Tokheimselva grov laus og fylte opp enorme steinmassar. Elva gjekk gjennom bustadfeltet og vatnet rann gjennom hus og ut av vindaugo. Mange hus blei øydelagde og det vesle meieriutsalet begravd av steinmassane".

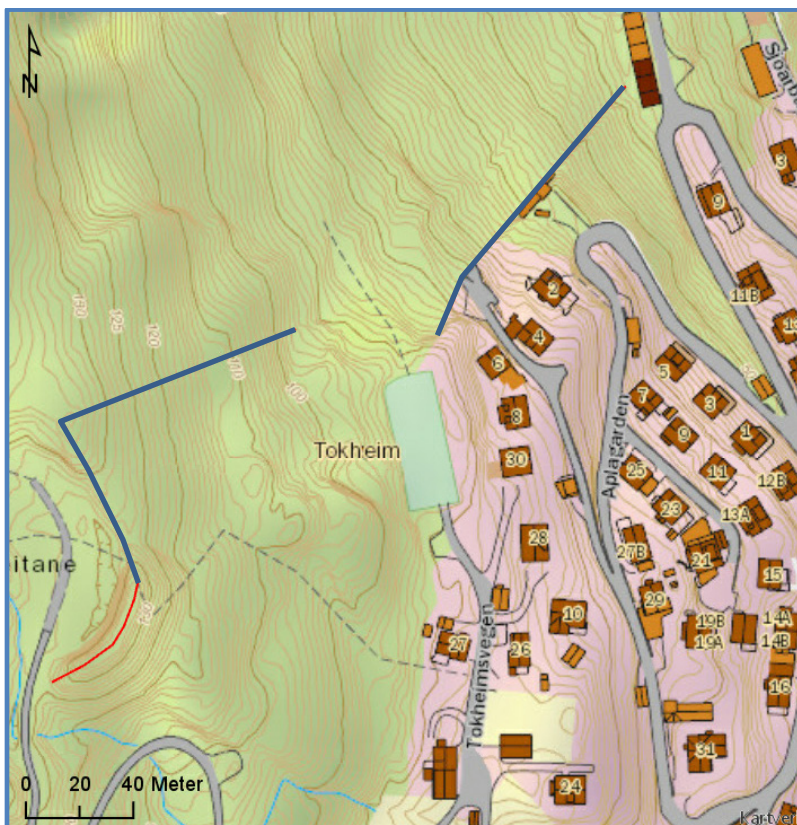
3.2 Eksisterende tiltak

Ved Askane har NGI ingen kjennskap til eksisterende sikringstiltak, men det er gjort flere tiltak ved Tokheim. Følgende tiltak er kjent for NGI

- ↗ Betongvegger
- ↗ Vull som forlengelse av betongvegger i øvre del.
- ↗ Ledevoll sør for Tokheim med to bremsekjegler.
- ↗ Forbygning av Tokheimselva.

Betongvegger

Betongveggene ble prosjektert 1972 av NGI, og de ble forhøyet etter skredhendelsene i 1993. Det er en stor usikkerhet knyttet til reduksjon av styrken til betong over tid, og hvorvidt de vil tåle belastningen fra et stort skred med årlig sannsynlighet 1/1000. Vi har i våre vurderinger antatt at betongveggene har tilstrekkelig styrke.



Figur 3-4 Beliggenhet av betongvegger merket med blå strek.



Figur 3-4. Betongvegg. Nedre del bygget i 1978, øvre del bygget på i 1993.



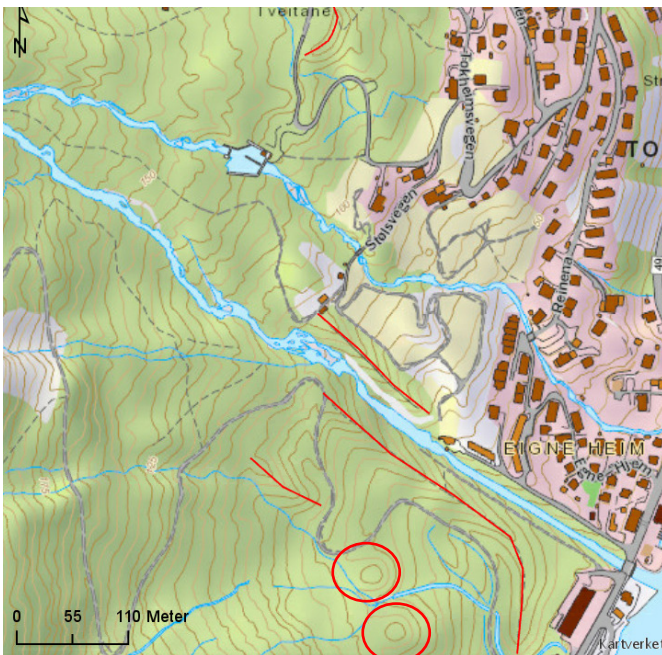
Figur 3-5. Betongvegg som er tiltenkt å lede massene ned nord for Tokheim.



Figur 3-6. Betongvegg, eksisterende tiltak. Nedre del av betongveggen er ikke bygget på etter 1978, slik som de øvre betongveggene.

Løsmassevoller

Etter snøskredene i 1993 ble det bygget flere voller og bremsekjegler av løsmasser for å redusere faren for skred mot eksisterende bebyggelse (Figur 3-8).



Figur 3-7 Sikringstiltak med bruk av løsmasser. Fang- og ledevoller er merket med rødt strek, bremsekjegler med røde ellipser

Forbygninger langs Tokheimselva

Nedre del av løpet fra om lag kote 100 er forbygd med erosjonssikring (plastring) av bunn og forhøyning av sidebanker. I tillegg er det etablert en 4-5 m høy armert mur, forankret i fjell, ved kote 210 ved Buksefoss der Tokheimselva har en nordlig forgrening. Muren kontrollerer innløpet av vann til vannbassenget som forsyner vann til industrianlegget på Eitrheimsneset (Figur 3-8).



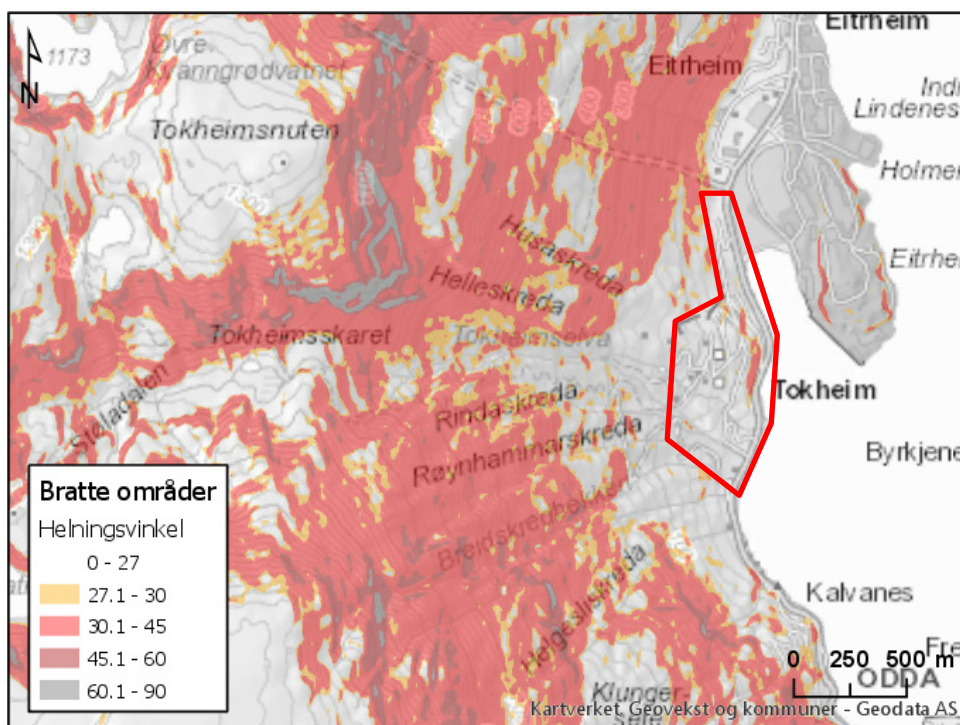
Figur 3-8 Mur som er etablert for å kontrollere vanninnløpet mot vannbassenget som forsyner vann til industrianlegget på Eitrheimsneset.

3.3 Topografi, geologi og vegetasjon

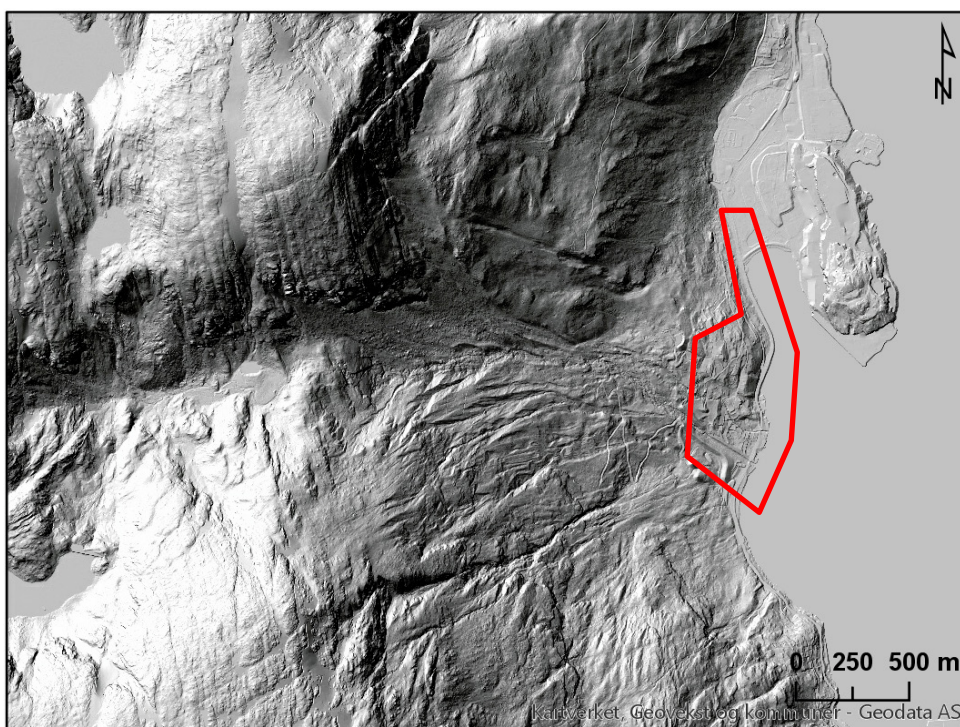
Tokheim og Askane ligger på vestsiden av Sørfjorden, like nord for Odda sentrum. Ovenfor Askane stiger terrenget relativt bratt opp til Tokheimsnuten (1346moh). Ovenfor Tokheim stiger terrenget noe slakere opp mot Tokheimsskaret, med Ruklenuten noe sør. Det er flere store områder med jevn helling mellom 30 og 45 grader ovenfor kartleggingsområdet, både fra Tokheimsnuten og Ruklenuten (Figur 3-8). Der er flere tydelige skredspor/renner i fjellskyggekart over området (Figur 3-9).

Bergarten i området består hovedsakelig av metaandesitt, delvis forgneiset granitt og monzogranitt ifølge NGUs bergrunnskart. I følge NGUs kvartærgeologiske kart består løsmassene i området hovedsakelig av skredmateriale, sammenhengende dekke, stedvis med stor mektighet. Ellers er det tynt med løsmasser og hovedsakelig bart fjell.

Vegetasjonen består av planeskog i områdene nær Tokheim. Over ca. 450 moh og opp til ca. 700 moh består vegetasjonen av naturlig vegetasjon, hovedsakelig spredt løvskog. Over Askane er det tynn vegetasjon i urmasser opp til ca. 350 moh. Herfra består vegetasjonen av planteskog opp til ca. 450 moh, og videre spredt naturlig løvskog opp til skoggrensen (Figur 3-10). I vegetasjonen kan det også sees spor etter tidligere skred.



Figur 3-9. Helningskart over området, basert på høydemodell med 10 meters oppløsning.



Figur 3-10. Fjellskyggekart over området. Flere renner er synlig i terrenget ned mot Tokheimselva.



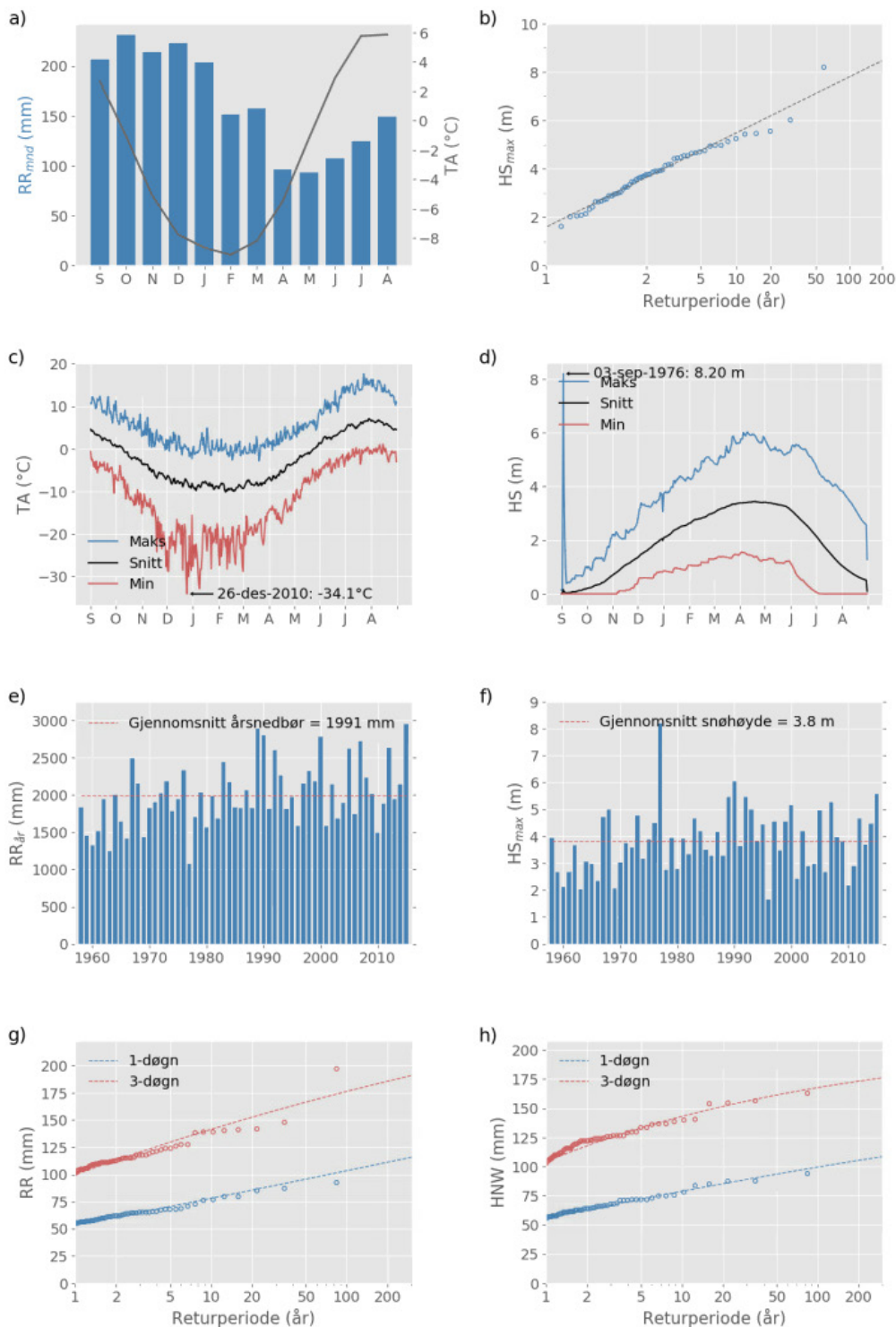
Figur 3-7. Flybilder over området. Sport etter snøskred er synlig som vegetasjonsvariasjoner.

3.4 Klima

Interpolerte klimadata fra SeNorge-datasettet (Lussana et al., 2016; Saloranta, 2014) for normalperioden 1981 - 2010 viser at normal årsnedbør i det undersøkte området er ca. 2113 mm, hvor ca. 1298 mm kommer om vinteren. Årsmiddeltemperatur i området er -2.1 °C og døgnmiddeltemperaturen varierer normalt fra -22.7 °C til +13.3 °C. Gjennomsnittlig snøhøyde er 402 cm og maksimal snøhøyde siste 50 år er 615 cm. Antall dager med snø på bakken er i gjennomsnitt 329. Høyde på valgt gridcelle er 1476 moh. (Figur 3-10).

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 140 mm/døgn, og 300-års snøhøyde 8.2 meter. Dette er estimater basert på korte observasjonsperioder og statistiske usikkerheter.

Klimafremskrivninger (Hanssen-Bauer et al., 2015) 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 16 % (scenario 2, RCP 8.5). Økningen om vinteren er henholdsvis 7 % og 17 % for de to scenariene. Temperaturen vil øke med mellom 2.5 °C og 4.4 °C. Dette har også en effekt på snødekket, som er forventet å minke med mellom -44 % og -63 %.



Figur 3-10. Dataperiode: 1958 – 2015. a) Månedsnedbør og –lufttemperatur, b) returverdier (gumbelfordeling) for årlig maks snøhøyde. Daglig minimum, maksimum og gjennomsnittlig lufttemperatur (c) og snøhøyde (d). Tidsserier av årsnedbør (e) og årlig maks snøhøyde (f). Returverdier (peak over threshold) for 1- og 3-døgns nedbør (g) og nysnøtilvekst (h).

Antall dager med snø på bakken er forventet å reduseres med henholdsvis -88 og -141 dager for de to scenariene.

3.4.1 Vind

Dominerende høydevind er fra sektoren sør-vest vist med data fra Folgefonna (Figur 3-11). Den aktuelle fjellsida er vendt mot øst og har potensial for å samle mye snø vinterstid. Folgefonna er et godt kildeområde for å plukke opp snø med vind. Denne kan transporteres mot Tokheimsnuten ved sørlig og sørvestlig vind.

Wind rose, frequency distribution of wind

Wind direction divided in sectors of 30°

Frequency distribution of wind speed in percent %

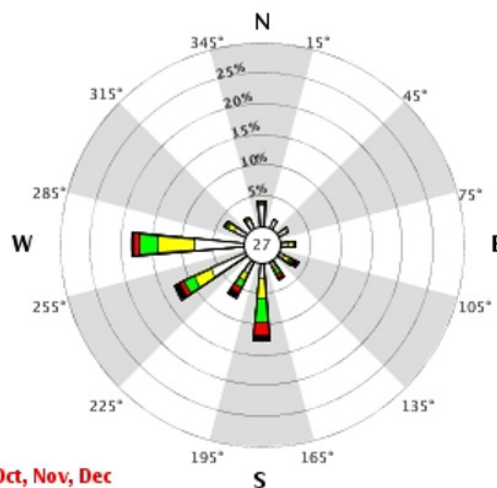
49087 FOLGEFONNA SKISENTER TOPP

Wind speed (m/s)

- > 20.2
- 15.3-20.2
- 10.3-15.2
- 5.3-10.2
- 0.3-5.2

Calm (%)

27



Year: 2014 - 2018

Jan, Feb, Mar, Apr, May, Jun, Jul, Aug, Sep, Oct, Nov, Dec

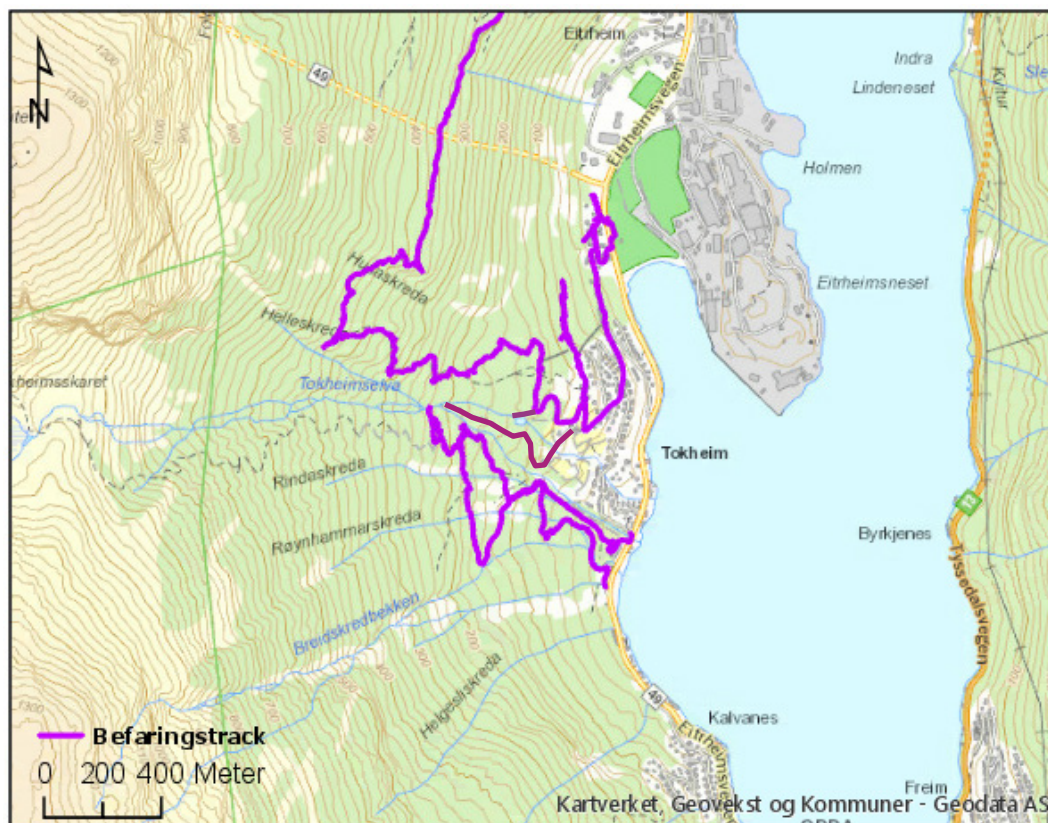
Hour: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23 (NMT)

Figur 3-11. Vindrose fra Folgefonna Topp (data fra 2014 til 2018).

3.5 Observasjoner fra befaring

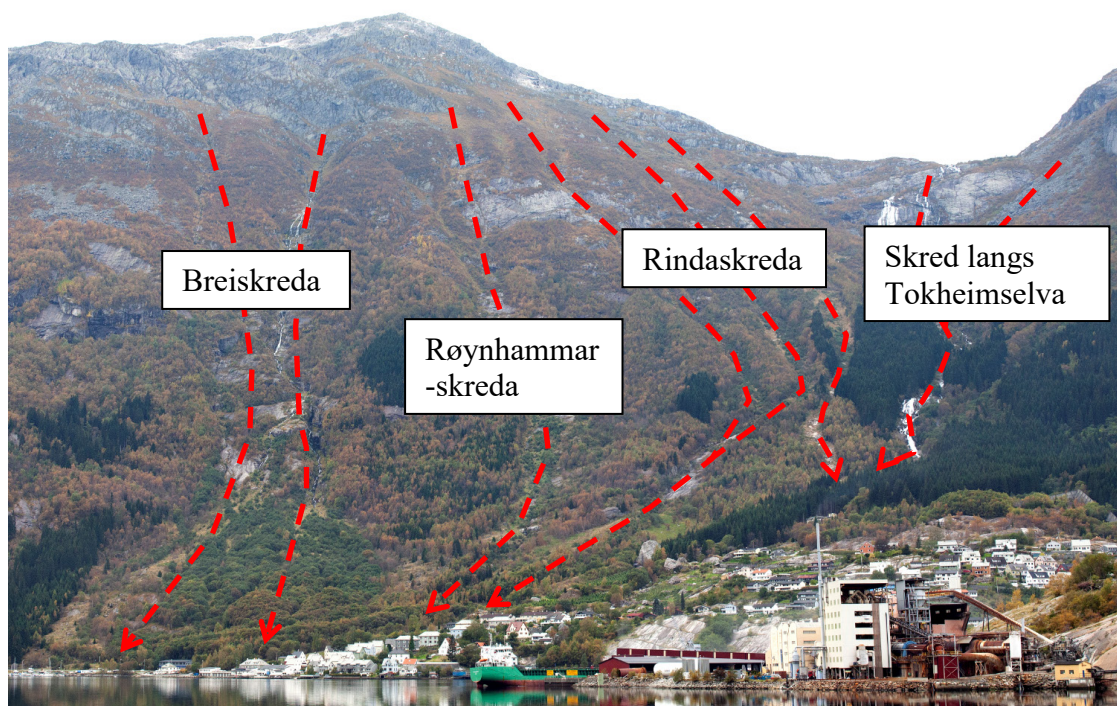
Området ble befart av NGI ved Frode Sandersen og Katrine Mo, den 1. og 2. august 2019. Befaringsrute er vist i Figur 3-11. I tillegg ble det tatt oversiktsbilder fra Sinkverket på Eitrheimsneset og Byrkjenes, som er brukt som en støtte til kartgrunnlaget for blant annet å bestemme løснеområder.

I felt ble det fokusert på å finne endringer i vegetasjon, og avgrense de ytre grensene av skredløpene. Eksempelvis ble det observert jevngammel skog (omtrentlig 20-30 år) ovenfor vollen på Egne Heim. Dette stemmer godt overens med skredutløp registrert i 1993. Vegetasjonsgrenser er også brukt for å vurdere utbredelsen av skred høyere opp i terrenget og for å tilpasse RAMMS-kjøringene til realistiske 1/1000 og 1/5000 scenarier.

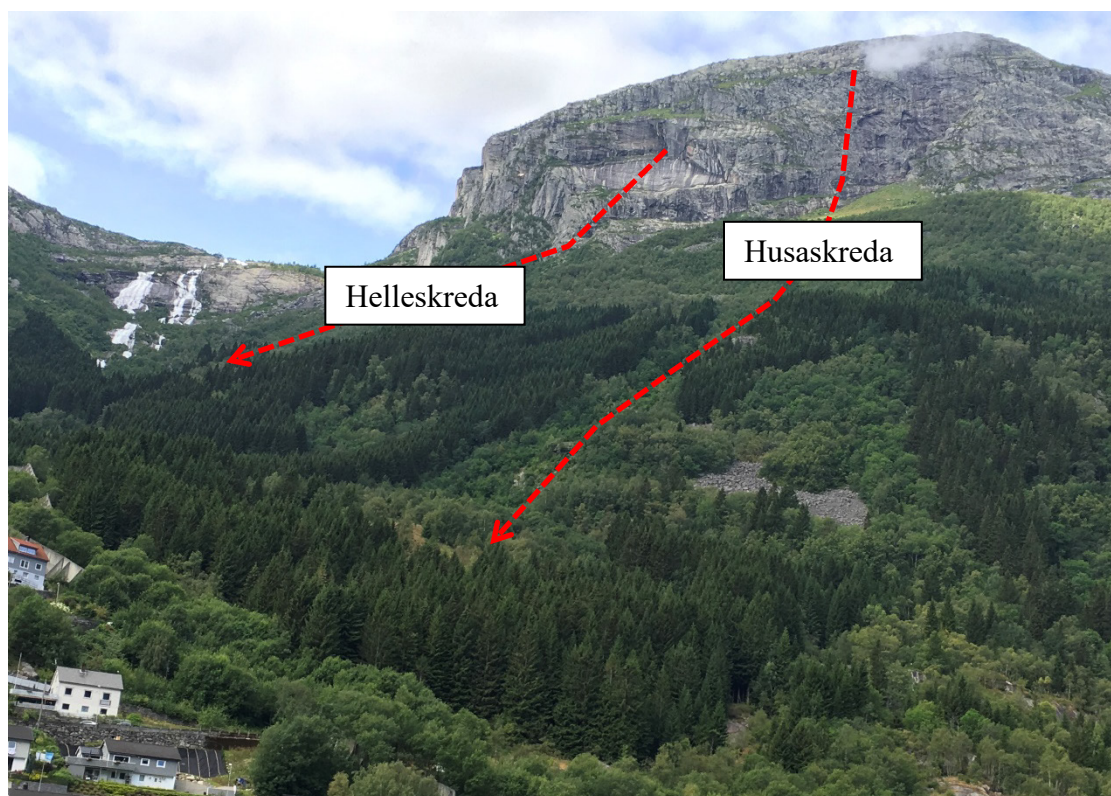


Figur 3-8. GPS logg fra befaringen 1. og 2. august. 1. august ble fokuset lagt på Helleskredet og Husaskredet, samt steinsprangproblematikken på Askane. I tillegg ble det tatt oversiktsbilder for forskjellige lokaliteter. 2. august ble de resterende skredløpene sør for Tokheimselva gjennomgått.

Utvalgte oversiktsbilder fra befaringen er vist i Figurene 3-12 – 3-14.



Figur 3-9. Oversiktsbilde, typiske skredbaner på sørlig side av Tokheimselva.



Figur 3-10. Oversiktsbilde av skredbaner på nordlig side av Tokheimselva.



Figur 3-11. Bilde fra midt i skredløpet til Rindaskreda.

3.6 Observasjoner med drone

I forbindelse med et tidligere prosjekt for Odda kommune, har NGI brukt drone til observasjoner (NGI, 2018). Disse ble brukt som en støtte til feltobservasjonene ved Askane, da uren i overkant av bebyggelsen ble vurdert og dokumentert.

Følgende observasjoner er gjengitt fra rapporten i 2018:

"Området i overkant av samlebassenget består av to godt utviklede ur-partier. Det øvre strekker seg fra 230 moh. til ca. 170. moh. og består hovedsakelig av blokker med noe mindre volum enn den nedre delen. Det nedre partiet strekker seg fra ca. 150 moh. til 125 moh., og består av noe større blokker. Mellom disse partiene er det en skogkledd ur. Blokkene i uren ser gamle ut, og det ble ikke observert noen nye utfall (ca. under 10 år) under befaringen.

Området ble befart med drone (DJI Mavic Pro), for å få en bedre oversikt. Det ble ikke observert noen tydelige skrenter i nedre del av området, ettersom stort sett hele fjellsiden er dekket av ur. Deler av uren er vegetasjonskledd. Uren i øvre del av fjellsiden er presentert i Figur 3-15. Her er blokkstørrelsen relativt liten (med noen få unntak), og

det virker som det er størst aktivitet i dette området. Den midtre delen ser mindre aktiv ut, og uren er vegetasjonskledd (Figur 3-16). Den nedre delen av uren, nærmest samlebasenget er vegetasjonsfri (Figur 3-17). Blokkene i nedre del er større enn de i øvre del."



Figur 3-12. Observasjon fra øvre del av ur over Askane-sør. Øvre del består av en del mindre blokkstørrelser.



Figur 3-13. Observasjon fra midtre del av ura over Askane-sør. Denne deler av ura er delvis vegetasjonskledd.



Figur 3-14. Observasjon fra nedre del av ura, Askane sør. Den vegetasjonskledde ura skiller de to urene. Det er antydning til forskjeller i blokkstørrelse i urene, med største blokker nederst.

4 Modellkjøring

Som en støtte i vurderingen er det kjørt simuleringer for både snøskred, og steinsprang med både statisk-empiriske og dynamiske modeller. I simuleringene av snøskred, er både et 1/1000 og et 1/5000 års scenario gjennomført, både med og uten skog.

4.1 Snøskred

Generelt

Modellering av utvalgte snøskredbaner er utført med modellen *RAMMS::Avalanche*. *RAMMS::AVALANCHE* er en fluidmekanisk modell, utviklet ved WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF, i Sveits, fra omtrent 1995 til 2010. Skredet beskrives som en væske med friksjon som et fast materiale og viskositet som en væske. Friksjonsloven går tilbake til en modell fra 1950-tallet (Voellmy, 1955) som er basert på klassisk hydraulikk. Modellen forutsetter konstant skredtetthet ρ og beskriver bevegelsen av skred"væsken" gjennom balanseligninger for masse (eller flyte høyde h) og impuls.

En stor forskjell i forhold til enklere modeller er at både skredets lengde, bredde og høyde forandrer seg langs skredbanen. Denne forandringen beregnes ved å dele opp skredbanen i små celler (typisk 5×5 m) og å samtidig beregne 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

nabocellene. Dette fører bl.a. til det at hastigheten ved skredets hale er lavere enn ved fronten, i overensstemmelse med målingene.

Modellen tar hensyn både til startmassen gjennom startlengde, -bredde og -høyde, og til variasjoner i terrenget. Friksjonsparameterne μ og ξ velges av brukeren i hvert enkelt tilfelle. I modellen kan brukeren fastsette ulike verdier for friksjonsparameterne i ulike deler av skredbanen. Dette gjør det mulig å ta hensyn til ujevnheter av terrenget eller skog. RAMMS-modellen ble testet og kalibrert i Sveits mot skredhendelser i Alpene.

Anbefalte verdier for friksjonsparameterne i forhold til skredstørrelse, høyde over havet, kanaliseringsgrad og frekvensen av skredet (SLF, 2016) er gitt i Tabell 3.8.2. Denne tabellen ble tilpasset norske forhold gjennom tilbakeberegning av mange kjente skredhendelser fra NGIs skreddatabase med RAMMS. For norske forhold hvor skogen påvirker skredutløpet benytter vi høyere verdier for $\mu=0,04$, $\xi=1000$ og reduserer høyden "Altitude" med 500m for hvert av høydenivåene i beregningene. Merk imidlertid at denne kalibreringen gjelder simuleringer *uten medrivning*. Det finnes for tiden ingen publisert kalibrering av modellen med medrivning av snø i fjellsiden nedenfor utløsningsområdet.

Det har imidlertid vært kjent i lang tid at Voellmys friksjonslov med de anbefalte parameterverdiene gir for lave hastigheter i store deler av skredbanen. En analyse av hastighetsmålinger av snøskred fra mange land (Gauer m.fl., 2010) viste at man oppnår betydelig bedre overensstemmelse mellom målte og simulerte hastigheter for riktig utløpsdistanse ved å velge den hastighetsuavhengige delen av friksjonen (parameter μ) større og den hastighetsavhengige delen (parameter k eller g/ξ) langt mindre enn anbefalt for RAMMS (SLF, 2016). For å oppnå de samme utløpsdistansene som med alfa-beta-modellen, velges $\mu \approx \tan(\alpha(\beta))$ og $k \ll 10^{-3}$ ($\xi \gg 10^4$ m/s²). Disse verdiene kan imidlertid justeres for klimaforholdene, terrengekarakteristikk, skogsvirkning og lignende faktorer.

Typisk observerte bruddhøyder for sjeldne snøskred (returperiode 100-1000 år) er 100–200 cm (Gauer, P. & Kristensen, K. 2016). Klimadata indikerer at forventede bruddhøyder for sjeldne skred i aktuelt område er i øvre sjiktet av dette.

Inngangsverdier: For modeller av Voellmy-typen øker terminalhastigheten i banen tilnærmet med kvadratrotten av flyte høyden og utløpsdistansen fra foten av skråningen omtrent lineært med flyte høyden. Flyte høyden for sin del er omtrent proporsjonal med bruddkanthøyden. Derfor er det viktig å anslå realistiske bruddkanthøyder og utløsningsområder som inngangsdata.

En metodikk for dette ble utarbeidet av SLF (Salm m.fl., 1990):

- Som utgangspunkt tar man den forventede maksimale snøhøydetilveksten innen 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.

- 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. Utløsningssannsynligheten kan imidlertid 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. Modellene tilbyr også muligheter for å ta hensyn til bremsevirkningen av skog. Denne effekten er det tatt hensyn til i beregningen.

Tabell 4-1. Eksempel på standardverdier av friksjonsparameterne μ og ξ i modellen RAMMS for ulike returperioder, tilpasset sveitsiske forhold (fra (SLF, 2016))

RAMMS::Avalanche 1.1

Friction Parameters

Large avalanche (> 60'000 m ²)		300-Year		100-Year		30-Year		10-Year	
		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 ($\mu=\text{delta}$, $\xi=\text{fix}$)		0.02	400	0.02	400	0.02	400	0.02	400

Input

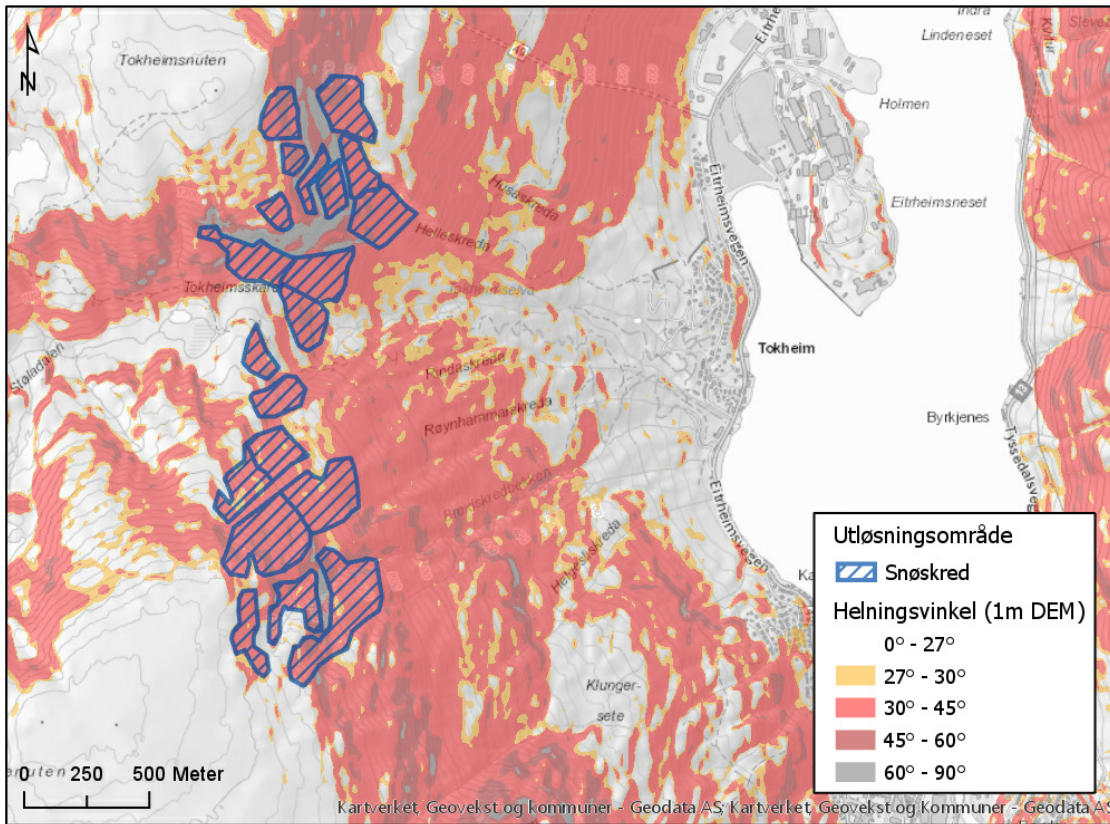
I denne modelleringen er det undersøkt to metoder for å inkludere skog. Både som shapefil (enten skog eller ingen skog) etter standard metode i RAMMS, og med raster (forskjellig verdier for forskjellig skogtykkelse). Dette betyr at i områder med tynn skog, vil metoden som bruker shapefil være den mest konservative. I området med tykk skog, vil derimot metoden med shape-skogfil bremse skredet for lite sammenlignet med

metoden som bruker raster input. Det ble besluttet å bruke den mest nøyaktige inkluderingen av skogdata, som betyr raster. Et eksempel på friksjonsparameterne μ og ξ med skog er gitt i Figur 4-2.

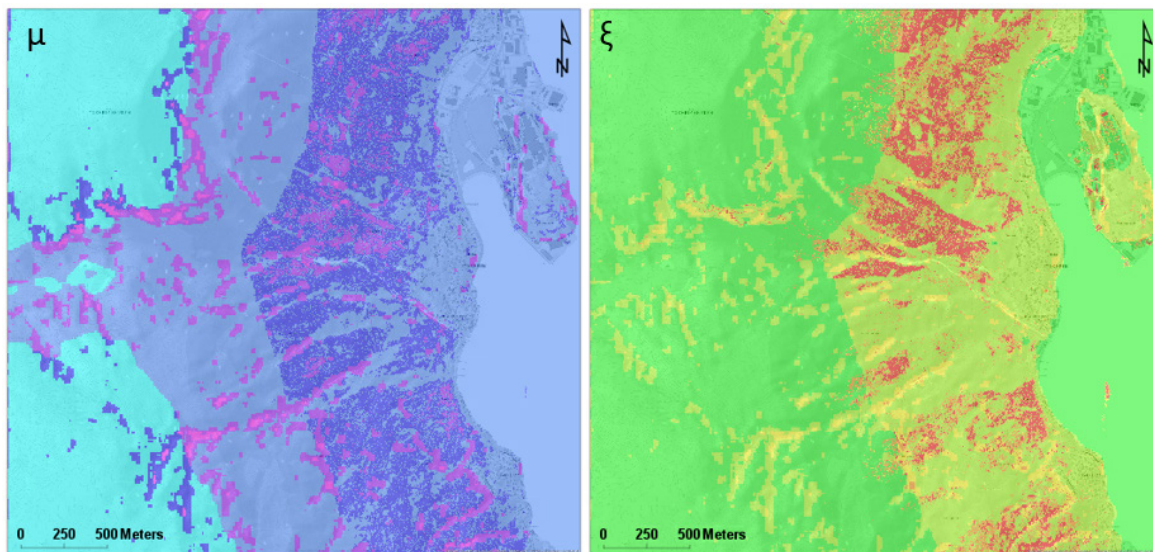
Løsneområdene er kartlagt ved hjelp av helningskart. Typiske løsneområder omfatter partier der helningen er mellom 30 og 45 grader. De største løsneområdene har store partier der helningen ligger jevnt mellom disse. Løsneområder inkludert i simuleringen er presentert i Figur 4-1.

Bruddhøyde for snøskredmodellering er delvis basert på returverdier fra SeNorge for aktuelt løsneområde. Basert på vurderinger av faktorene klima, eksposisjon, tilfangsområder for snø og lokal topografi er verdier for bruddhøyde valgt som rundt 110 cm. Skredvolum er avgjørende for modelleringsresultatene, og valgt bruddhøyde må ses i sammenheng med valgt areal for utløsningsområde.

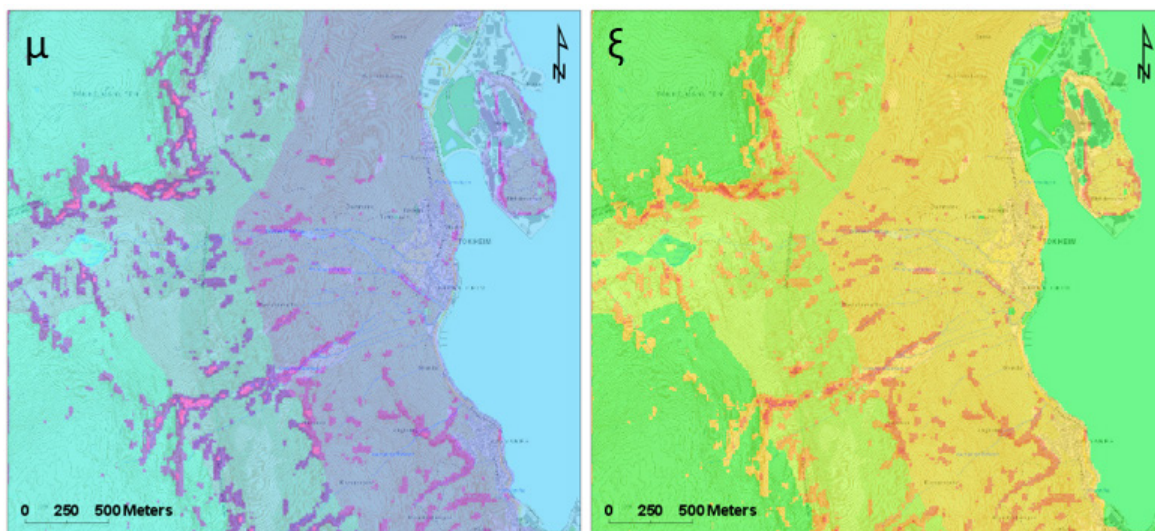
Det er testet ut flere forskjellige størrelser på løsneområdene og bruddhøyder for å komme frem til et 1/1000 scenario og et 1/5000 scenario både med og uten skog. Det antas at for et scenario med 1/5000 årlig sannsynlighet vil store sammenhengende løsneområder løses ut samtidig, mens for 1/1000 er løsneområdene mer begrenset i utstrekning.



Figur 4-1. De potensielle løsneområdene for snøskred er inkludert i blå skravur og brukt i RAMMS simuleringene. Løsneområdene er kjørt hver for seg eller i kombinasjoner, avhengig av hvilken returperiode som er simulert.



Figur 4-2. Friksjonsparameterne μ (venstre) og ξ (høyre) med skog inkludert som raster.

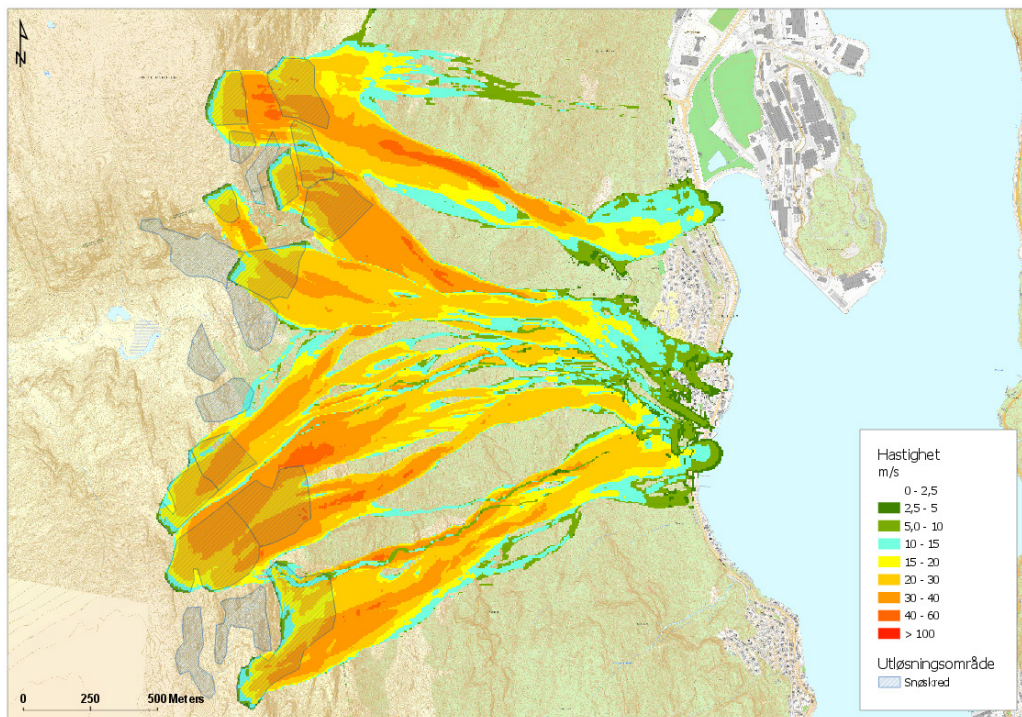


Figur 4-3. Friksjonsparameterne μ (venstre) og ξ (høyre) uten skog.

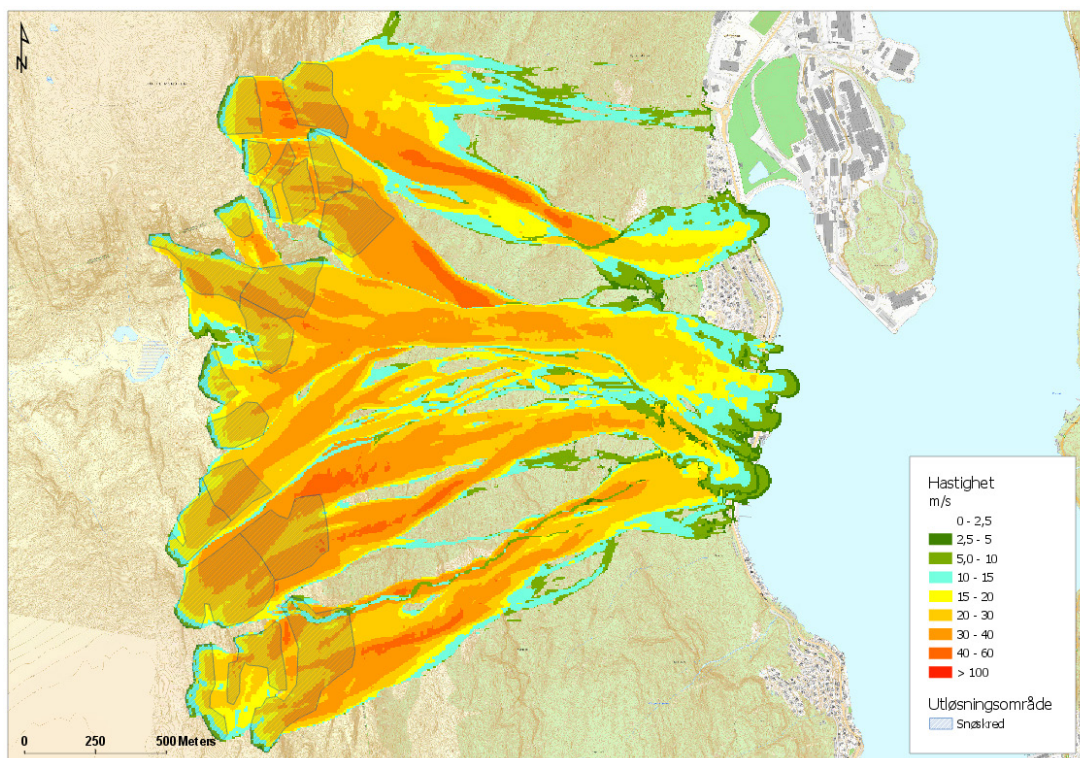
Resultater

En oversikt over simuleringsresultatene for både 1/1000 og 1/5000 scenarier både med og uten skog er gitt i Figur 4-4 til Figur 4-7 der vi har vist alle simuleringer. En oversikt over de forskjellige scenarioene fokusert på utbredelsen ved Tokheim er gitt i Figur 4-8. En gjennomgang av de forskjellige skredene og deres utbredelse samt effekt av sikrings tiltak er gitt i kapittel 5.1.

4.1.1 Uten skog

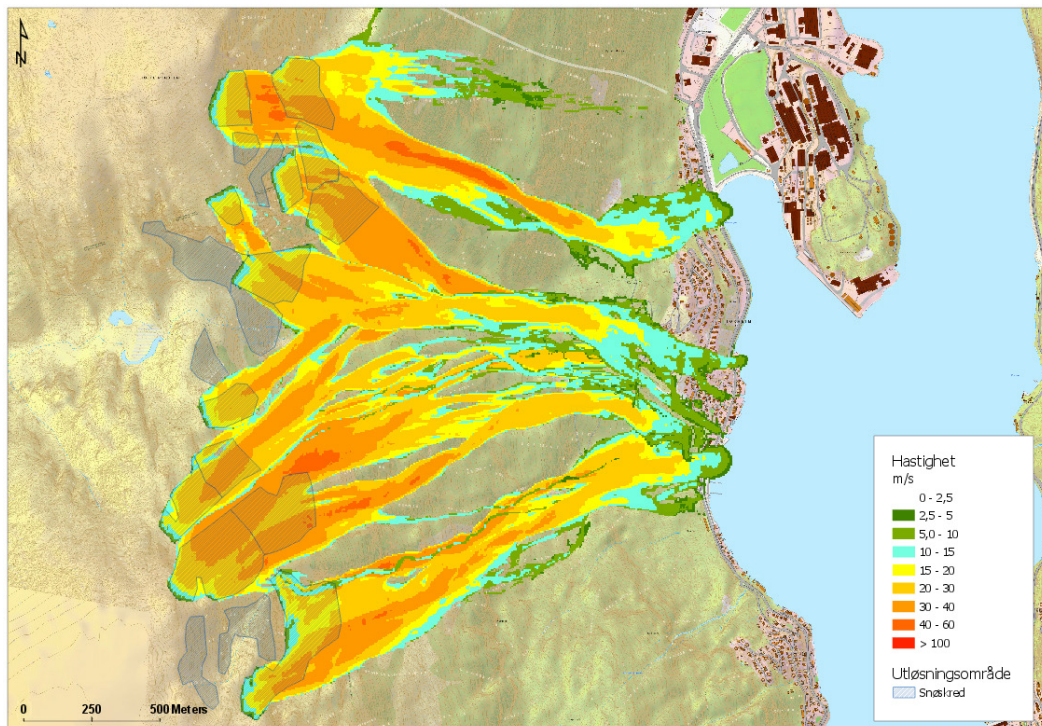


Figur 4-4. Simulering 1/1000 uten skog.

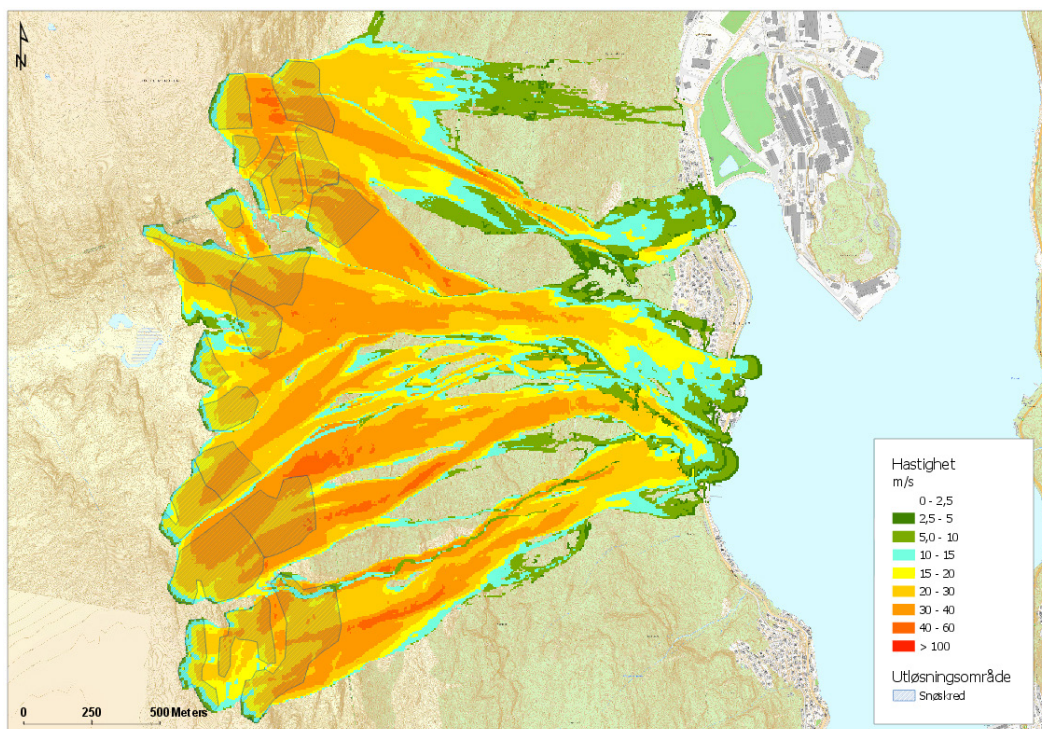


Figur 4-5. Simulering 1/5000 uten skog.

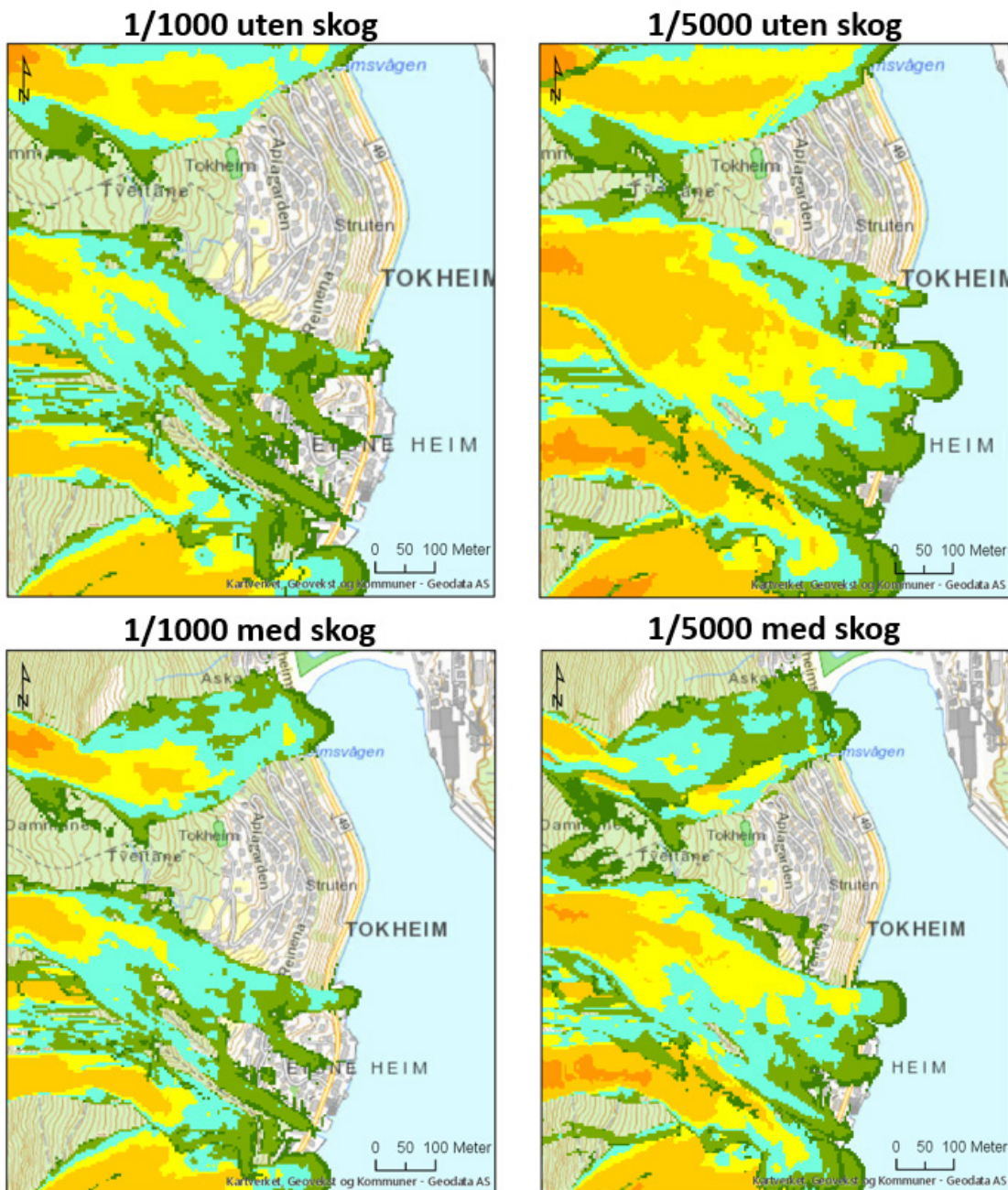
4.1.2 Med skog (raster)



Figur 4-6. 1/1000 simulering med skog.



Figur 4-7. 1/5000 simulering med skog.



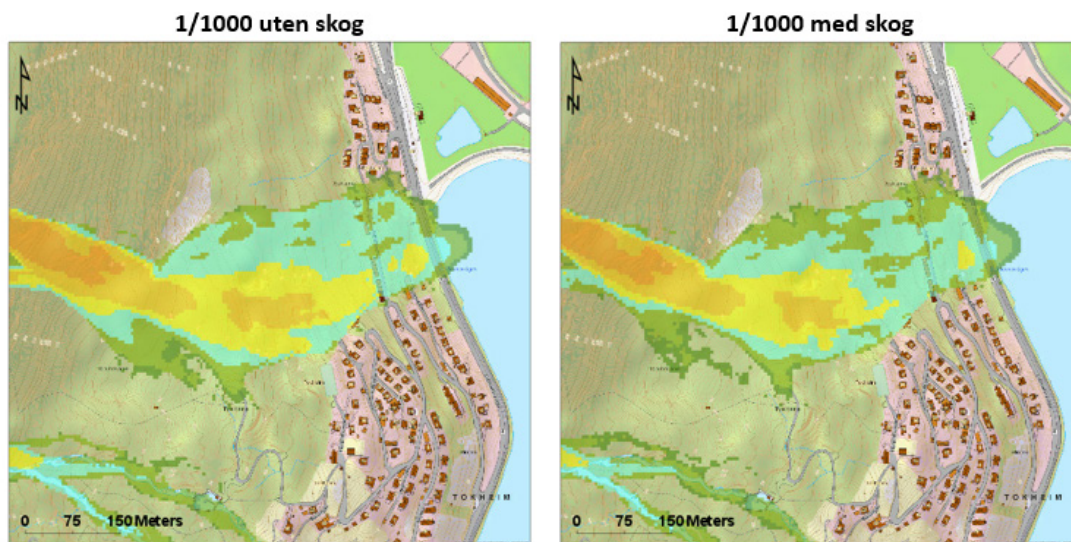
Figur 4-8. simulering med og uten skog gir noen forskjeller for 1/1000 og 1/5000 scenario. Midtre del av boligfeltet påvirkes av snøskred ikke ifølge disse simuleringene. Dette forutsetter at sikringstiltakene (betongveggene) tåler belastningen fra snøskred.

4.1.3 Skred som påvirkes av eksisterende sikringstiltak

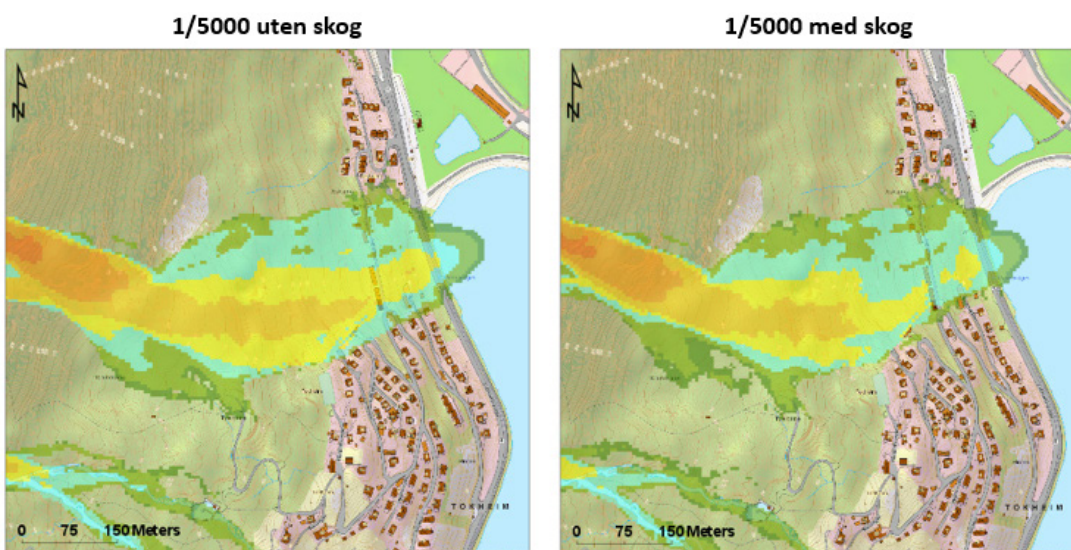
I det følgende har vi beskrevet hver enkelt skredbane og vurdert effekten av tiltak.

Husaskreda

I simuleringen påvirkes Husaskreda i stor grad av sikringstiltaket men i stor grad også av topografien, og bøyes av mot nord og Askane. Husaskreda er derfor antatt å kunne nå inn i den sørligste delen av Askane i sjeldne tilfeller. Skala viser hastighet, tilsvarende tidligere presenterte verdier. Muren er inkludert i modellen som en 7 meter høy vegg. I modellen har denne veggen uendelig styrke, som også vurderes ved tegning av faresonene.



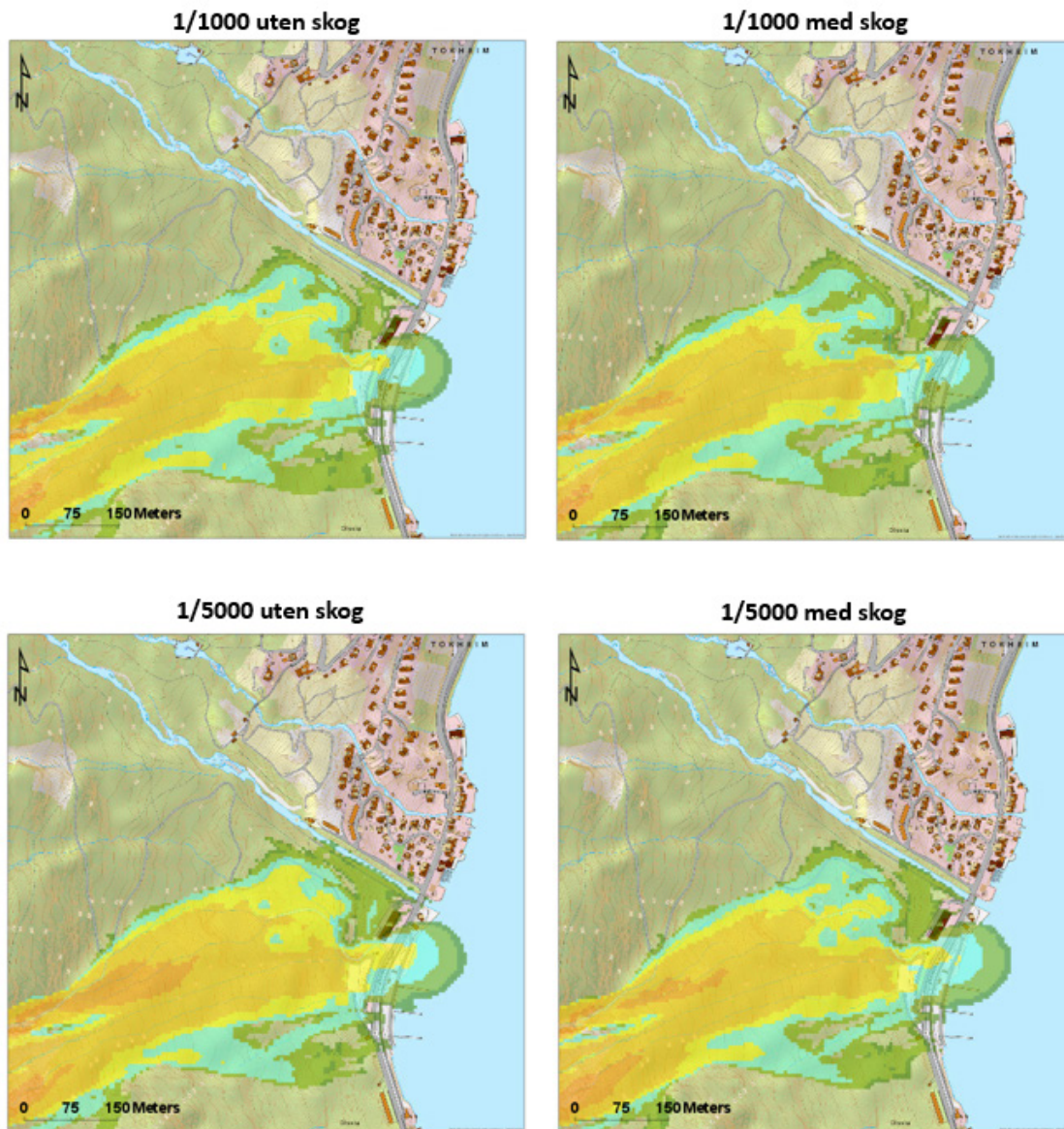
Figur 4-9. Husaskreda. Skala viser hastighet, tilsvarende tidligere presenterte verdier.



Figur 4-10. Scenariene 1/1000 og 1/5000 med og uten skog.

Breiskreda

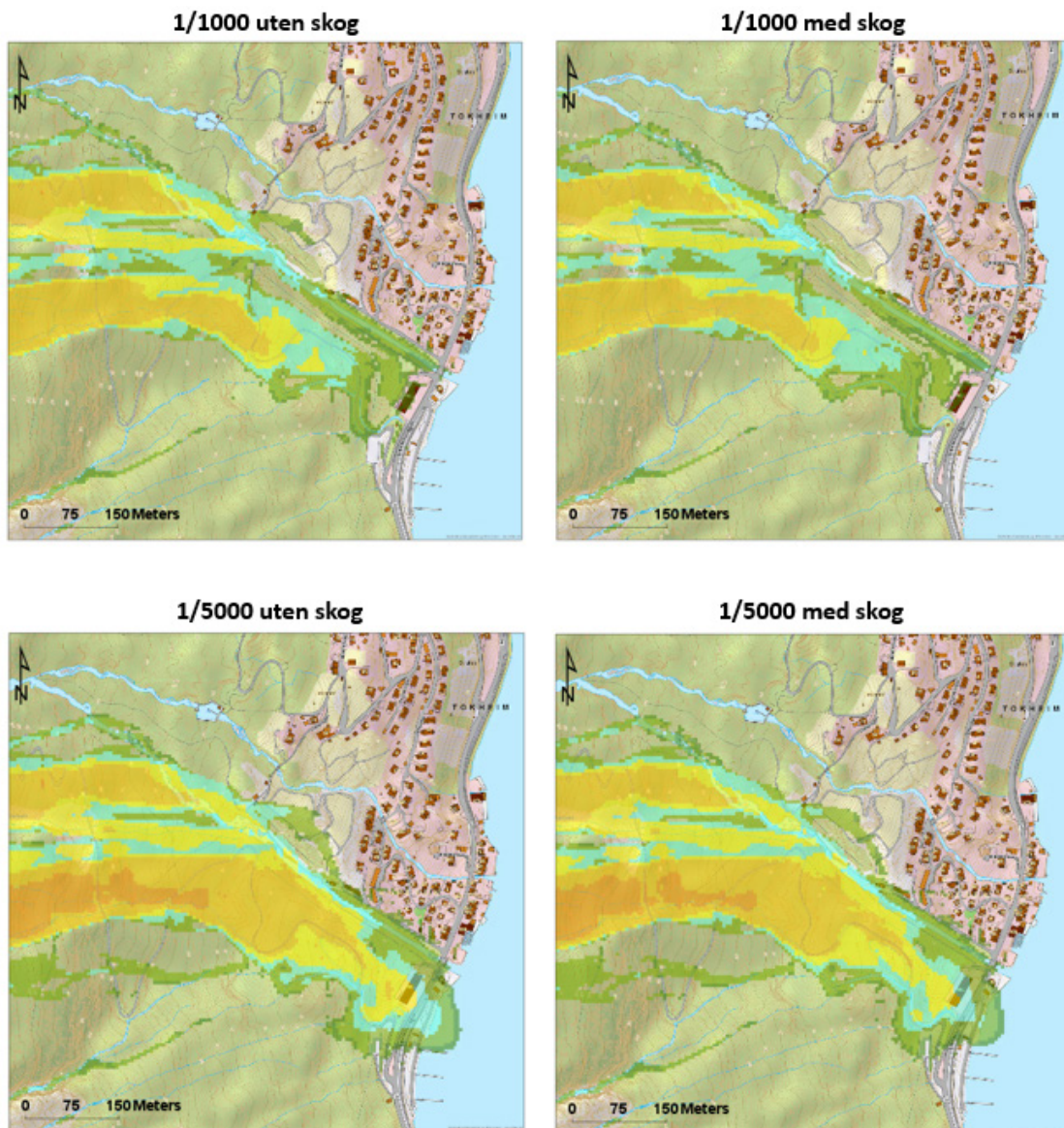
Breiskreda påvirkes tydelig av bremsekjeglene, da energien reduseres i samtlige simuleringer av disse. I følge simuleringen går ikke masser av høy hastighet over vollen, selv om noe renner over og ned på elven, spesielt i 1/5000 scenariolet.



Figur 4-11. Scenariene 1/1000 og 1/5000 med og uten skog.

Røynhammarskreda

Røynhammarskreda består i simuleringen av en del som ledes av ledevollen sør for Tokheim. Denne vollen leder store deler av massene vekk fra bebyggelsen i sørligste del av Tokheim. Noe av massene følger forsenkninger i terrenget lengre mot nord, og ender med å følge Tokheimselva. Den godt forbygde elva gjør at massene følger dette løpet uten å gå over mot bebyggelsen.

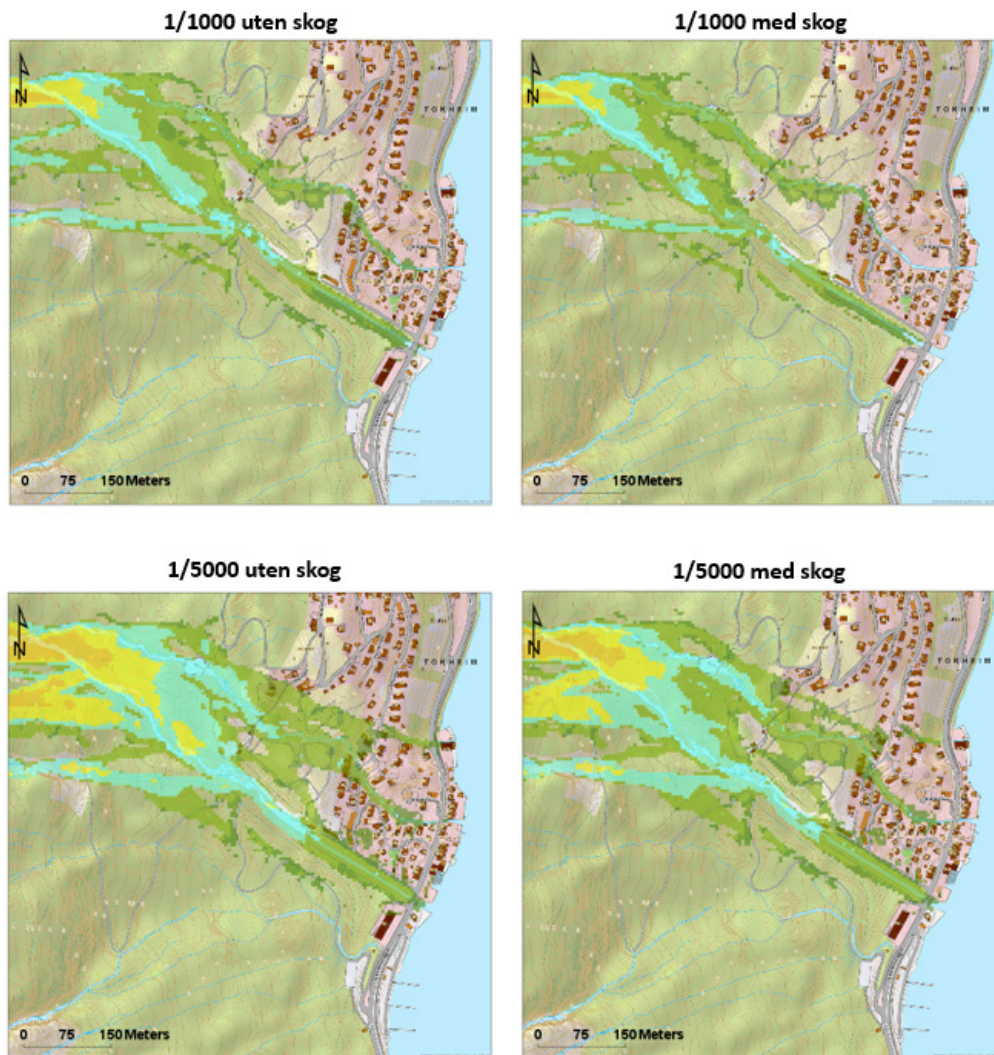


Figur 4-12. Scenariene 1/1000 og 1/5000 med og uten skog.

Rindaskreda

Rindaskreda påvirkes bare delvis av elveutbyggingen i nedre del og av den sørligste vollen. Sikringstiltakene bidrar til at en stor andel av massene følger elveløpet, men massene som kommer ned den nordlige delen av Tokheimselva (der den deler seg), er mindre kontrollert. For 1/5000 scenarioet, kan massene spre seg i relativt stor grad nedover den sørlige delen av Tokheim. Massene som går inn i boligfeltet har riktignok lav hastighet, og dermed lav energi slik at de følger forsenkninger i terrenget bedre.

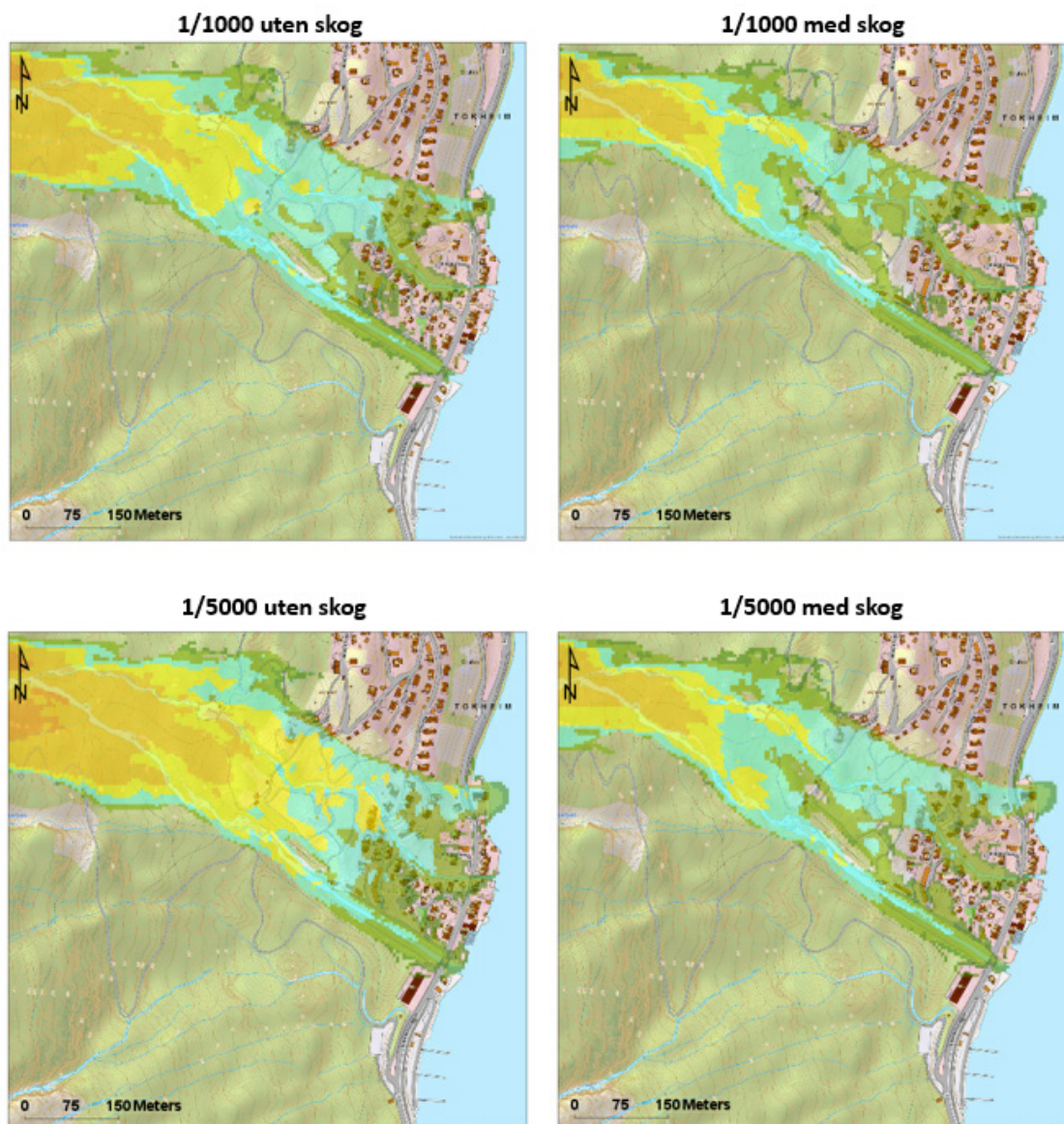
Muren ved Buksefoss vil lede mesteparten av skredmassene ned langs Tokheimselva, men under ekstreme forhold kan deler av skredmassene hoppe over muren og følge løpet ned mot vannbassenget. Muren lar seg vanskelig representere i terrengmodellen, og vi har derfor ikke gjennomført simuleringer som viser effekten av muren.



Figur 4-13. Rindaskreda. Scenariene 1/1000 og 1/5000 med og uten skog.

Helleskreda

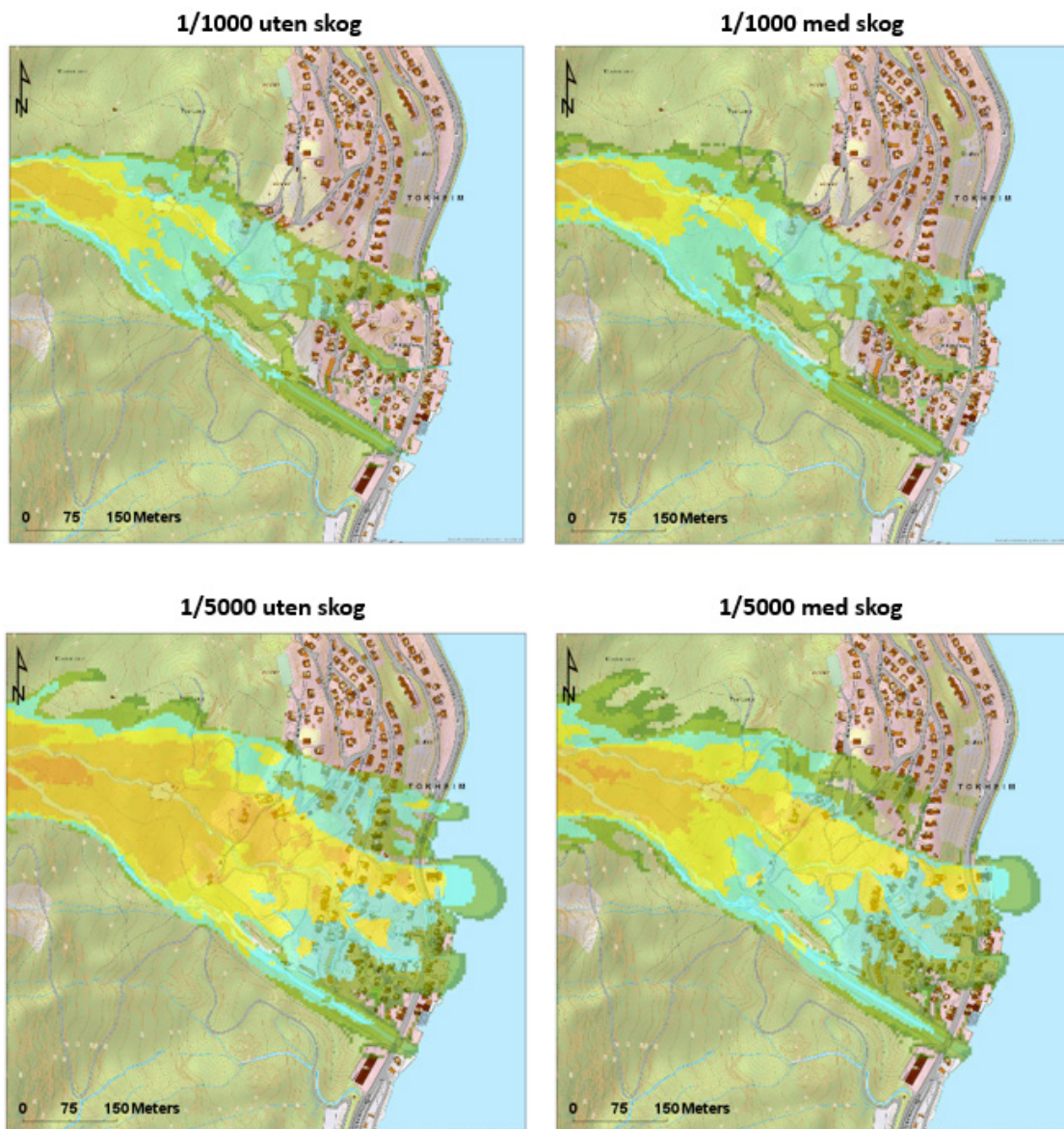
De eksisterende sikringstiltakene påvirker ikke utløpet av Helleskreda i noen av beregningene, da hoveddelen av skredet går sør for den eksisterende vollen og murene over Tokheim. En del av skredmassene følger Tokheimselva, og at denne er godt utbygd er tolket å ha en effekt på å minske andel masser og energi på massene rettet mot Egne Hjem. Muren ved Buksefoss vil lede mesteparten av skredmassene ned langs Tokheimselva, men under ekstreme forhold kan deler av skredmassene hoppe over muren og følge løpet ned mot vannbassenget.



Figur 4-14. Helleskreda. Scenariene 1/1000 og 1/5000 med og uten skog.

Skred langs bekk

Beregningene av skred langs bekken viser at utløpet er noe likt som for Helleskreda. Det er relativt stor forskjell på 1/1000 og 1/5000 scenarioene, der 1/5000 skredet går med relativt høy energi helt ned til fjorden. Det er noe forskjell på simuleringene med og uten skog, men effekten er mest synlig for 1/5000 skredet. Muren ved Buksefoss vil lede mesteparten av skredmassene ned langs Tokheimselva, men under ekstreme forhold kan deler av skredmassene forsere muren og følge løpet ned mot vannbassenget.



Figur 4-15. Skred langs Tokheimselva. Scenariene 1/1000 og 1/5000 med og uten skog.

4.2 Steinsprang

Generelt

Som en støtte i vurderingen av steinsprang ved Askane har NGI modellert steinsprang med programverktøyet RAMMS Rockfall (RAMMS:Rockfall User Manual v1.6).

RAMMS: Rockfall er et program for simulering av steinsprang. Modellen ble tilgjengelig i april 2015, og er utviklet av SLF (WSL – Institute for Snow and Avalanche Research SLF) i samarbeid med ETH ([Eidgenössische Technische Hochschule Zürich](https://www.ethz.ch/en/research-and-education/department-of-land-and-atmospheric-science/avalanche-research-center.html)). Programmet bruker en hard-contact, rigid-body tilnærming, og baserer seg på blokk/-bakke interaksjon med friksjonsparametere som påvirker blokkens overflate. Her vil hard-contact, rigid-body fremstillingen påføre bremsende krefter på blokkens kanter og hjørner. Blokkens form vil derfor bli tatt hensyn til i blokk/bakke interaksjonen.

Et komplekst terreng modelleres ved å bruke en digital terrengmodell med høy oppløsning. Minste anbefalte oppløsning er satt til 5 m. Det er mulig å kjøre simuleringer med grovere terrengmodell en dette også, men resultatene vil ikke bli like nøyaktige som ved en mer detaljert høydemodell. Der en 1-5meter DEM ikke er tilgjengelig, bør det tas høyde for at viktige terrengformasjoner ikke blir korrekt representert i modellen.

Den naturlige variasjonen i sprett defineres automatisk basert på blokkform og orientering ved kontakt. Detaljerte beskrivelser av modellens oppbygning finnes i brukermanualen (Ramms rockfall user manual v1.6). Ruhet og hardhet på terrenget inkluderes i modellen ved å kartlegge de forskjellige terrengtypene ut fra felt-observasjoner, hellingskart eller flybilder.

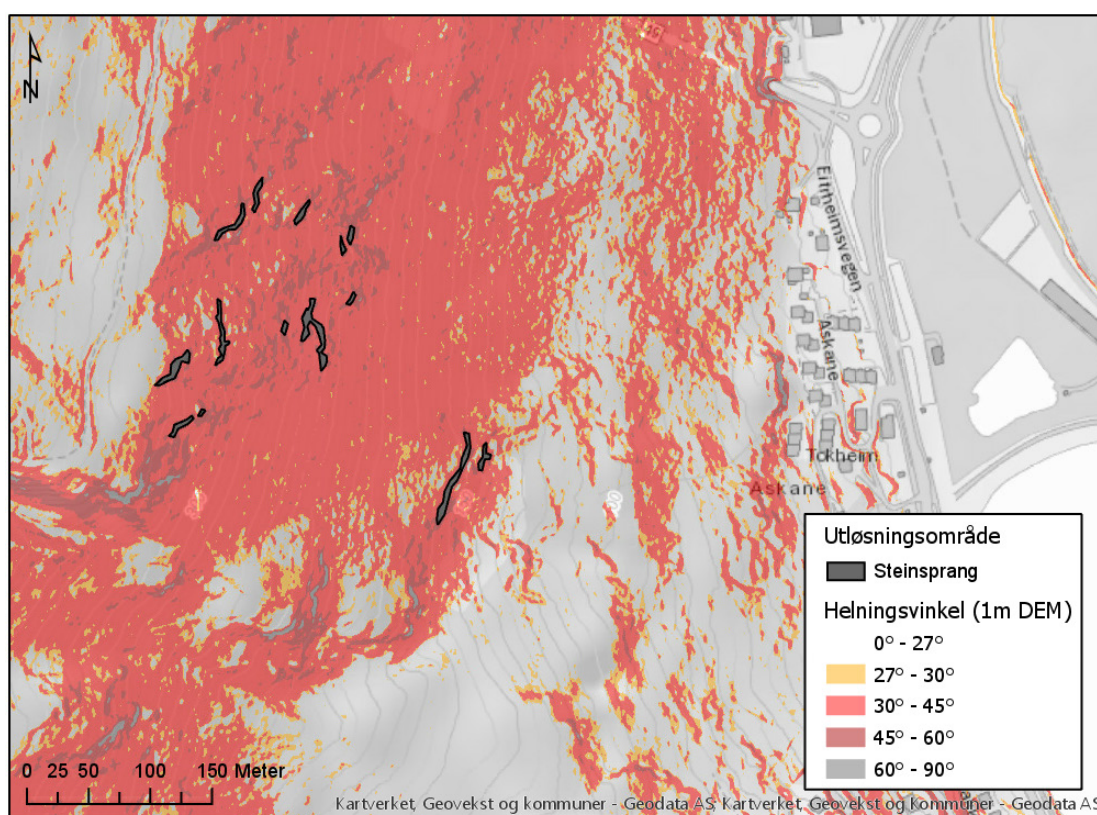
Terrengkategoriene er:

- ↗ Extra soft
- ↗ Soft
- ↗ Medium soft
- ↗ Medium
- ↗ Medium hard
- ↗ Hard
- ↗ Extra hard
- ↗ Snow

Blokkene i modellen kan defineres realistisk ved bruk av verktøyet "*real rock geometries*" som er blokkformer samlet inn ved å laserskane blokker i felt. Disse blokkene eksisterer i modellen, og volumet kan endres av brukeren. Blokkene i programmet blir ikke fragmentert, men vil bestå som hele blokker gjennom hele simuleringen. Modellen inkluderer også gyroskopiske krefter som er introdusert av rotasjon av blokkene. Dette gjør det mulig å modellere hjulblokker som kan ha et ekstremt langt utløp.

Løsneområdet defineres enten som punkt, linje eller polygon, i dette tilfellet polygon. Hva som er definert som løsneområdet baseres normalt på hellingsgrad i området. Generelt er helning over 45 grader ansett som potensielt løsneområde for steinsprang. Det er relativt begrensede områder ovenfor Askane som har helning over 45 grader over et større areal. Noen mindre potensielle løsneområder er inkludert i Figur 4-16.

Det ble under befaringen observert overflateblokker med dårlig forankring mot underlaget og som kan reaktiviseres dersom for eksempel en rotvelt setter blokka i bevegelse. Slike enkeltblokker er det ikke mulig å simulere ved hjelp av RAMMS, men det må tas høyde for slike utfall i bestemmelsen av faresonene.



Figur 4-16. Løsneområder inkludert i simuleringen av steinsprang ved Askane.

Input-parameter og oppsett

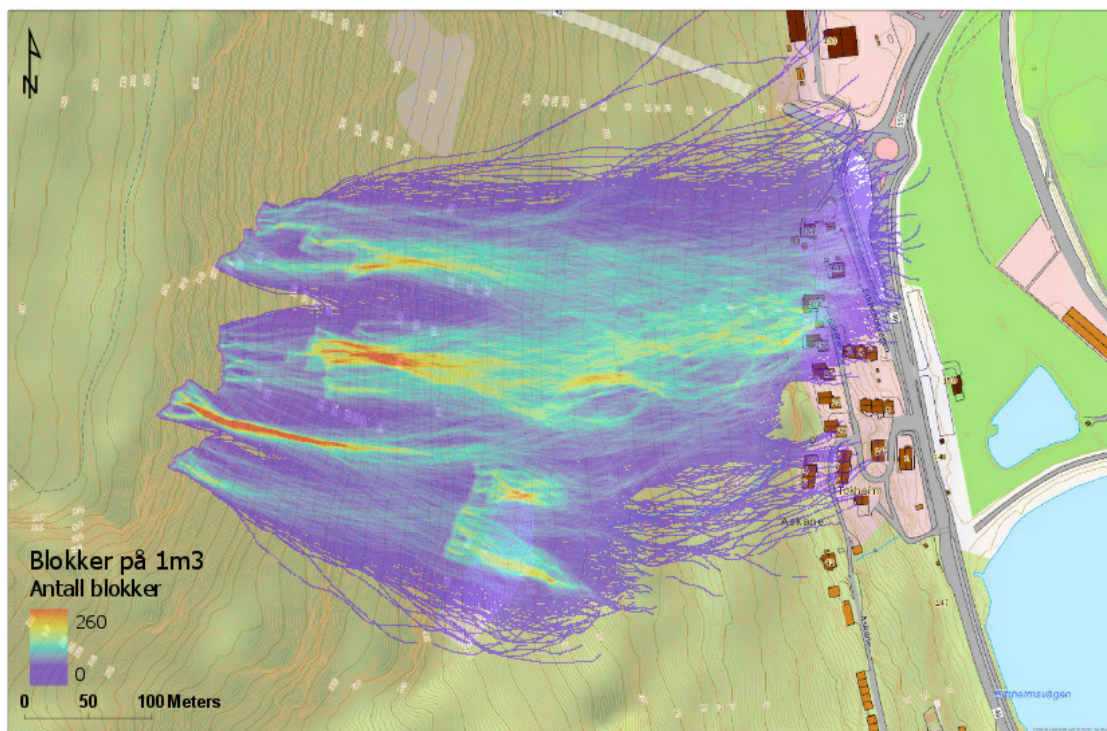
Generelt er input i modellen basert på observasjoner fra felt og eksisterende kartmateriale. Som grunnlag for kjøringene er det brukt en digital terrengmodell med 1 m oppløsning. Det er viktig å være klar over at regnemodeller ikke gir absolutte svar, og derfor er det fokusert på statistikken for flere tusen blokker, og lagt lite vekt på utløpet av enkeltblokker. Aktivitet kan også variere innenfor løsneområdet (dvs. hvor ofte steiner løsner i de forskjellige deler av fjellskrenten).

Det er sluppet ca. 8500 blokker i simuleringen, hovedsakelig fra områder som er brattere enn 45°. Vegetasjon er identifisert på oppdaterte flyfoto og er inkludert som "tynn vegetasjon" som tilsvarer 20 m²/ha (stammediameter). Basert på observasjoner gjort under befaringen har vi brukt kubiske blokker på 1 m³ i simuleringen.

Vi har ikke simulert steinsprang uten skog ettersom skogen bare har begrenset effekt på utbredelsen.

Resultater

Simuleringsresultater er vist i Figur 4-17. Disse indikerer at steinsprang kan komme ned mot nordlige delen av boligfeltet på Askane.



Figur 4-17. Simulering av steinsprangblokker over Askane viser en konsentrasjon av blokker som har retning mot den nordlige delen av bebyggelsen.

5 Skredfarevurdering

På bakgrunn av de historiske hendelsene og simuleringene av skredutbredelsen har vi angitt faresoner for skred med årlig sannsynlighet på 1/100, 1/1000 og 1/5000 på kartnr. 01 i Vedlegg A. Faresonene er vurdert ut fra dagens vegetasjonsforhold, og vi har antatt at betongmurene tåler belastningen fra skred.

Basert på simuleringsresultatene kjørt uten skog har vi også angitt faresoner uten skog, og disse er vist i Vedlegg A, kartnr. 02.

Som det fremgår av kartene ligger deler av bebyggelsen på Tokheim innenfor faresonen 1/1000 som tilsvarer minstekravet til sikkerhet for ny bebyggelse i sikkerhetsklasse S2. Dette gjelder særlig bebyggelsen nærmest Tokheimselva.

I det følgende har vi kort beskrevet skredfaren for de ulike skredtypene som er relevante.

5.1 Snøskred

Snøskred anses å være dimensjonerende skredtype for kartleggingsområdet, bortsett fra helt i nordenden der det er steinsprang som utgjør den største faren. De topografiske og klimatiske forholdene ligger til rette for utløsning av snøskred, og snøskred har flere ganger nådd ned mot bebyggelsen.

De eksisterende sikringstiltakene har redusert faren for skred mot bebyggelsen på Tokheim, men ut fra dagens kunnskap om dimensjonering av murer og vuller antar vi at områdene nedenfor tiltakene fortsatt kan nås av snøskya som ledsager tørre snøskred. Dersom det går flere snøskred samme vinter kan også faste skredmasser gå over tiltakene.

Basert på gamle foto fra 1970-tallet ser vi at skogen i nedre del av fjellsidene har vokst både tettere og høyere, og også dette har bidratt til at faren for skred i dag er mindre enn tidligere. Vår erfaring med skog er at den har en bremsende effekt på skredmassene, men dersom hastigheten er stor nok vil denne effekten reduseres. Vi har gjort simuleringer av snøskred både med og uten skog, og disse viser at skogen har en positiv effekt på sikkerheten for bebyggelsen, og det er derfor viktig at skogen i skjottes forsvarlig slik at skogens verneverdi opprettholdes.

Husaskreda kan nå ned til fjorden på nordsida av Tokheim, mens skredvind kan slå ut av skredløpet der dette gjør en sving mot venstre rundt kote 200. Likevel antar vi at sikringsmurene gir størstedelen av bebyggelsen god sikkerhet mot skred.

Helleskreda kan følge Tokheimselva nedover mot fjorden. En betongmur er bygget ved Buksefoss for å kontrollere vanninnløpet ned mot vannbassenget. Muren vil bidra til å lede skredmassene for en stor del langs hovedløpet, men under ekstreme situasjoner kan deler av skredmassene følge dette løpet ned mot vannbassenget.

Det kan bli utløst snøskred fra åpne flater både nord og sør for Tokheimselva som også vil følge elveløpet nedover mot fjorden. Også disse skredene kan følge en nordlig bane langs en forgrening av Tokheimselva.

Skred langs Tokheimselva vil i hovedsak følge løpet og kan nå helt ned til fjorden. En utløper av skred kan under ekstreme forhold gå over muren ved Buksefoss med retning mot vannbassenget.

Rindaskreda følger vanligvis Rindaskredbekken ned mot Tokheimselva, og vil deretter følge Tokheimselva videre nedover. Skredmassene kan også komme ned langs forsinking nord for bekkeløpet, og under befaringen kunne det observeres et ferskt skred, antagelig fra sist vinter, som har fulgt denne banen (Figur 5.1). Muren ved Buksefoss vil bidra til å lede skredmassene for en stor del langs hovedløpet, men under ekstreme situasjoner kan deler av skredmassene følge dette løpet ned mot vannbassenget.



Figur 5-1 En nordlig forgrening av Rindaskreda har gått ned Tokheimselva sist vinter.

Røynhammarskreda kan føre skredmasser ned på skrå mot Tokheimselva, men normalt skredmassene her bli ledet av sikringsvoller i retning fjorden til side for bebyggelsen. Vi er usikre på om vollene vil sikre bebyggelsen mot trykket fra snøskya som følger store

og sjeldne tørre snøskred. Vollene kan også få redusert sikringseffekt som følge av at det går flere skred samme vintre og lagringsplassen bak vollene blir redusert.

Breiskreda kommer ned mot den nederste delen av sikringsvollene nede ved fjorden. Skredmassene vil for en stor del stanse mot vollen, men for store og sjeldne tørre snøskred kan trykket fra snøskya nå inn i bebyggelsen på Egne Hjem.

5.2 Steinsprang

Steinsprang er vurdert å være dimensjonerende skredtype lengst nord i det kartlagte området på Askane. Her ligger det urmasser i overkant av bebyggelsen som det er litt vanskelig helt å forstå opprinnelsen til, men vi vil anta at massene stammer fra en større utglidning langt tilbake i tid. Ut fra helningskartet er det ikke store og sammenhengende kildeområder for steinsprang som typisk skjer fra skrenter med helning brattere enn 45°. Under befaringen ble det observert mange overflateblokker som i noen tilfeller har dårlig forankring til underlaget og som kan frigjøres ved for eksempel rotvelt. Slike blokker alene er neppe nok til å forklare det store arealet som er dekket av ur. En annen forklaring kan være at massene stammer fra eldre og store fjellskred som har gått like etter at isen trakk seg tilbake, eller de kan også ha blitt fraktet ditt med isen.

Uansett må det tas høyde for at den kan komme blokker rullende nedover mot urområdet. Her vil blokkene for en stor del stanse i urmassene, men store enkeltblokker kan i verste fall forsere ura og nå inn i bebyggelsen. Ut fra simulering av blokkutbredelse antar vi at faresonen 1/1000 berører de fire nordligste bolighusene på Askane, jfr. kart i Vedlegg A.

5.3 Jordskred

Jordskred er teoretisk mulig å bli utløst i alle skråninger dekket med løsmasser og som står brattere enn 25°. Det finnes ikke dokumentert tidligere hendelser som har gått mot bebyggelsen, og under befaringer, men ut fra skyggekartet kan det se ut som det har skjedd utglidninger som har gått ned mot en utflating ovenfor bebyggelsen. ble det heller ikke avdekket spor etter tidligere utglidninger eller skråninger med stabilitetsproblemer.

Vi vurderer derfor at faren for jordskred er så lav at den ikke influerer på utbredelsen av faresoner innenfor kartleggingsområdet. Vi vil likevel påpeke at man generelt bør unngå å foreta utgravinger i foten av bratte skråninger.

5.4 Flomskred

Flomskred blir gjerne utløst langs bekkeløp som følge av erosjon med påfølgende sedimenttransport. Tokheimselva peker seg ut som et løp med potensiell fare for flomskred, men historisk er elva først og fremst beskrevet som å være forbundet med flomproblematikk. Flommen i 1962 antas å være forårsaket av problemer knyttet til erosjon og sedimenttransport i forbindelse med flommen. Elveløpet går for det meste på fast

berg med små muligheter for at elva graver seg nedover, mens langs begge sider av løpet finnes det løsmasser som kan bli erodert under store flommer.

Det må derfor tas høyde for at det inntreffer flomsituasjoner med stor sedimenttransport i Tokheimsleva. En forgrening av Tokheimselva går gjennom bebyggelsen på Egne Hjem, og flomskredmasser kan også følge dette løpet.

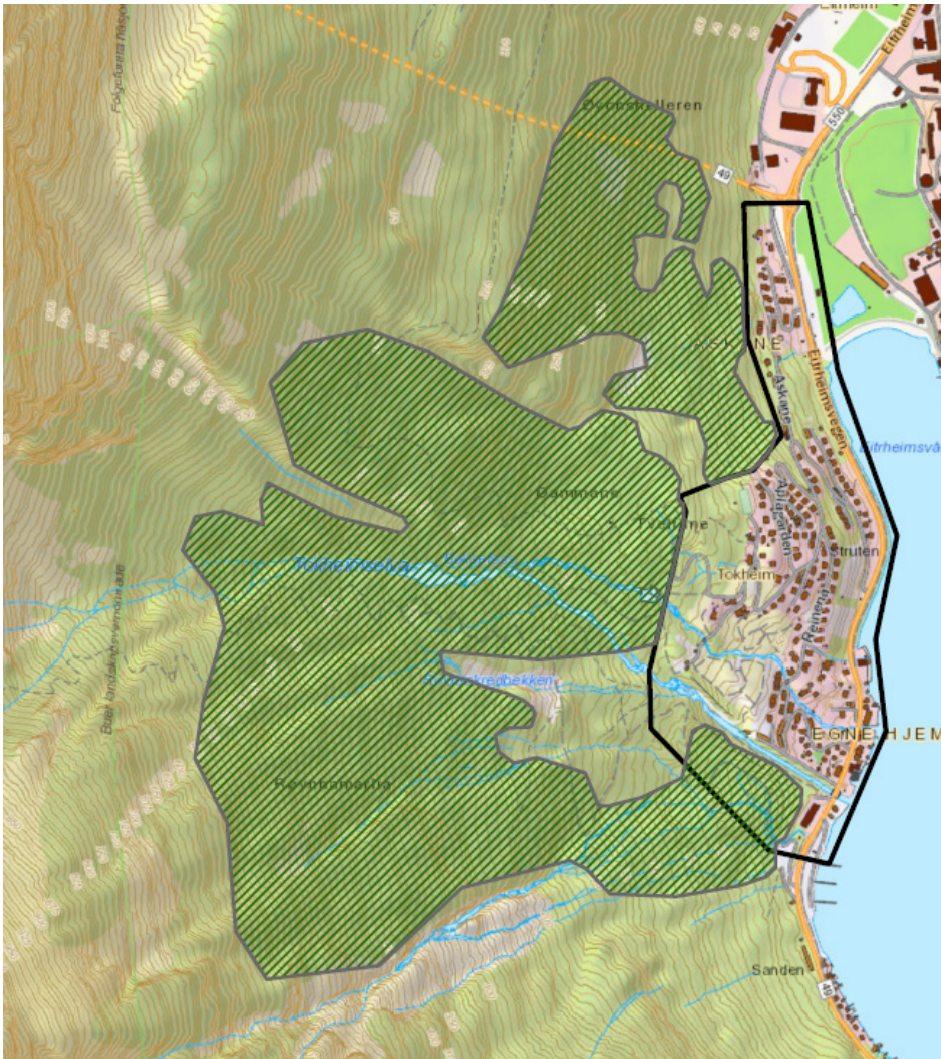
NVE har gjennomført forbygningsarbeider langs Tokheimselva siste gang i 1965, og vi antar at flomskred vil følge løpet ned til fjorden uten å kunne true bebyggelsen på Egne Hjem.

5.5 Sørpeskred

Sørpeskred antas å kunne bli utløst i Tokheimselva i forbindelse med flomsituasjoner på vintertid etter at det har bygget seg opp mye is langs løpet eller dersom det går store snøskred som fyller seg opp i løpet. Likevel mener vi at faren for flomskred er større enn tilfellet er for flomskred. Eventuelle sørpeskred vil høyst sannsynlig følge løpet ned mot fjorden uten å true bebyggelsen på Egne Hjem.

6 Vegetasjon

Simuleringene viser at skogen har en bremsende effekt på skred. Våre angitte faresoner i Vedlegg A med utgangspunkt i dagens vegetasjon (Karnr. 01) og uten skog (Kartnr. 02) viser effekten av skogen. Dersom vesentlige deler av skogen forsvinner bør faresonene revurderes. Kommunen bør derfor ha en plan for hvordan skogen skal skjøttes slik at skogen opprettholder sin verneverdi (Figur 6-1).



Figur 6-1 Skog som vurderes å ha en verneverdi i forhold til utbredelse av faresoner.

7 Referanser

Hanssen-Bauer, I., Førland, E.J., Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer S., Nesje, A., Nilsen, J.E.Ø., Sandven, S., Sandø, A.B., Sorteberg, A. & Ådlandsvik B. (Red.) (2015). Klima i Norge 2100. Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015. NCCS report no. 2/2015.

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

Moberg, H. Koblinger mellom snøskred og klima langs vestsiden av Sørfjorden, i et historisk perspektiv. Masteroppgave UIB, 2010

NGI 1973 (73419-(01/02/03)– Sikring mot snøskred, Tokheim Odda (Skisseplaner /Detaljerte planer/ Ferdigbefaring).

NGI 1993 (934011-01) Vurdering av skredfare og forslag til sikringstiltak.

NGI 2016 (20160800) Askane, Odda, planlagt garasjeanlegg.

NGI 2018 (20180835) Samlebasseng Odda kommune.

RAMMS (2016) RAMMS::ROCKFALL User Manual v.1.6. http://ramms.slf.ch/ramms/downloads/RAMMS_ROCK_Manual.pdf

RAMMS (2017) RAMMS::AVALANCHE User Manual v1.7.9 http://ramms.slf.ch/ramms/downloads/RAMMS_AVAL_Manual.pdf

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

Disclaimer

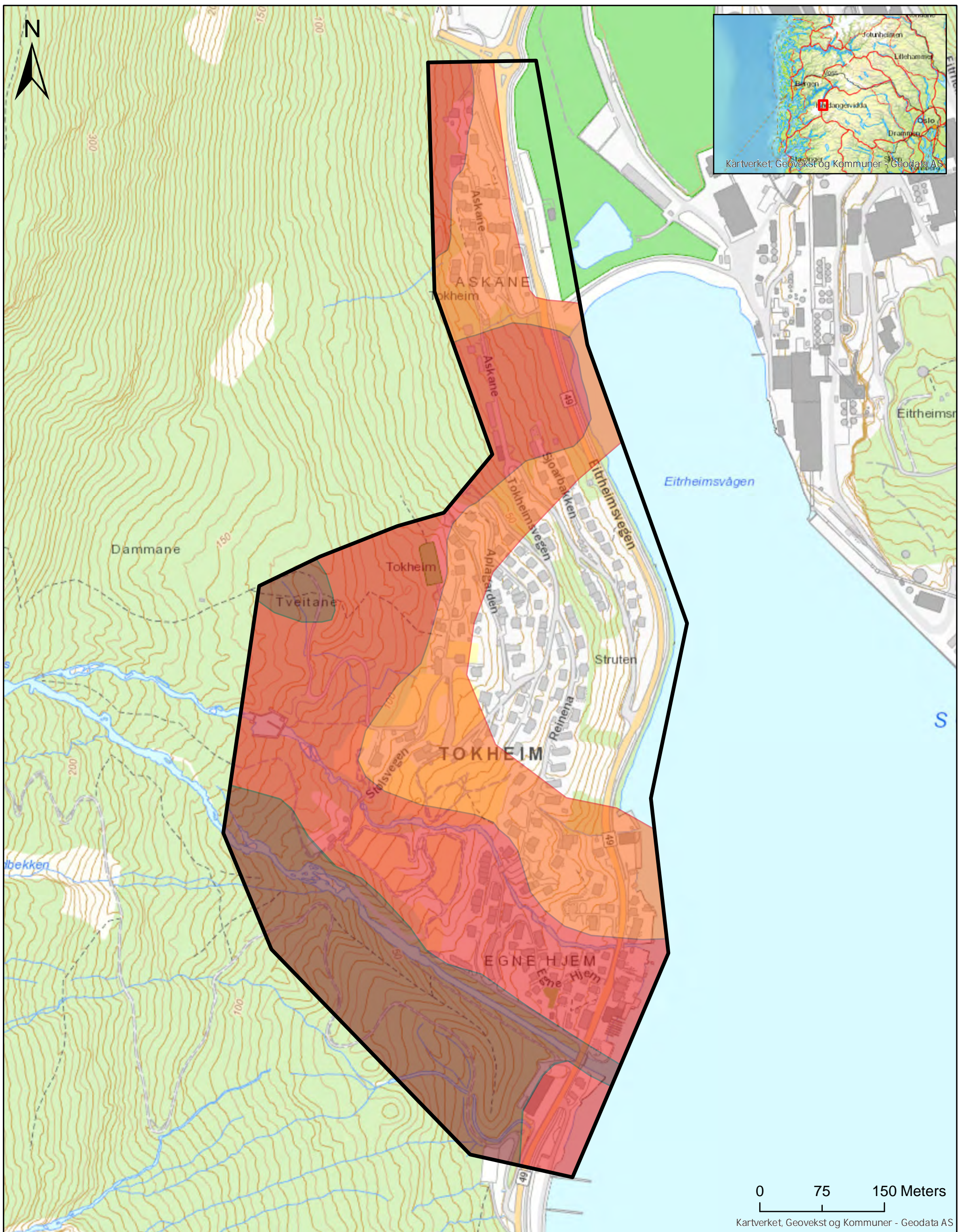
Skredfarevurderingene gjelder så lenge vesentlige endringer i forutsetningene for vurderingene ikke forekommer. (Eksempler på vesentlige endringer er endringer i Plan og Bygningslovens krav, nye opplysninger om historiske eller nyere skred, endringer i klima, terreng eller vegetasjon, anlegg av ny infrastruktur,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

Vedlegg A

FARESONEKART

Innhold

Kartnr. 1	Faresonekart med skog
Kartnr. 2	Faresonekart uten skog

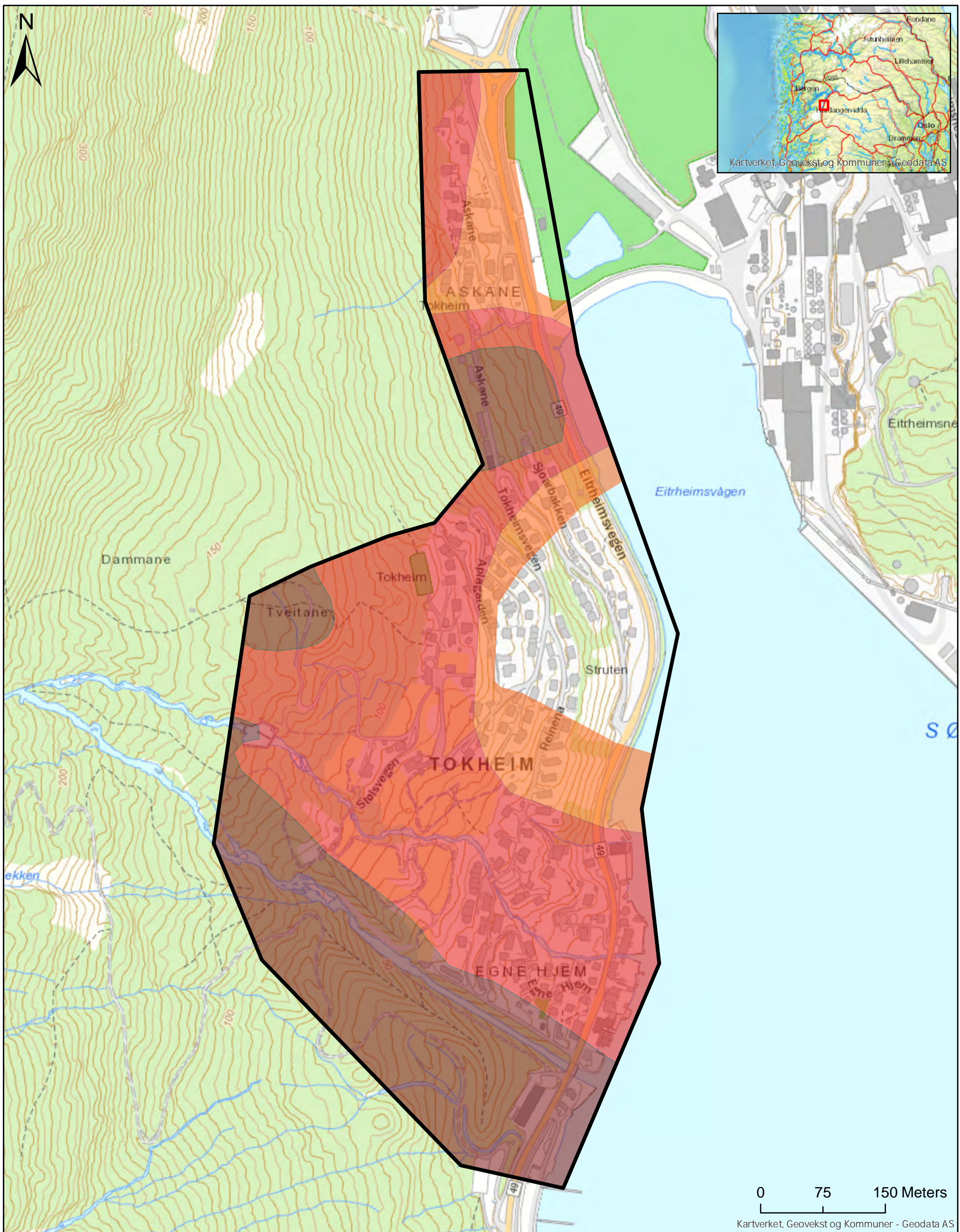


Faresoner

Nominell årlig sannsynlighet

- $\geq 1/5000$
- $\geq 1/1000$
- $\geq 1/100$
- < all other values >
- Kartlagt område

Tokheim og Askane			
Faresoner (med skog)			
Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2019-11-06	KMo	UD	FS
Original format og målestokk		Kartprojeksjon	
A3			
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20190563	01	0	
NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO Sognsveien 72 Tlf: 22 02 30 00 Faks: 22 23 04 48 www.ngi.no			



Tokheim og Askane			
Faresoner (Uten skog)			
Ikke gjeldende soner etter TEK 17			
Dato	Utført	Kontrollert	Godkjent
2019-11-06	KMo	UD	FS
Original format og målestokk		Kartprojeksjon	
A3			
Prosjektnr.	Kartnr.	Rev.	
20190563	02	0	
NORGES GEOTEKNISKE INSTITUTT Postboks 3930 Ullevål Stadion, 0806 OSLO Sognsveien 72 Tlf: 22 02 30 00 Faks: 22 23 04 48 www.ngi.no			

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Detaljert kartlegging av faresoner		Dokumentnr./Document no. 20190563-01-R
Dokumenttype/Type of document Rapport / Report	Oppdragsgiver/Client Odda kommune	Dato/Date 2019-11-08
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 Skredfare, Faresonekartlegging		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Norge, Hordaland	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Odda	Felt navn/Field name
Sted/Location Tokheim, Odda	Sted/Location
Kartblad/Map 1315 III	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: 32 Øst: 362551 Nord: 6663327	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	2019-11-07 Frode Sandersen	2019-11-07 Katrine Mo / Ulrik Domaas		

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 8. november 2019	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

