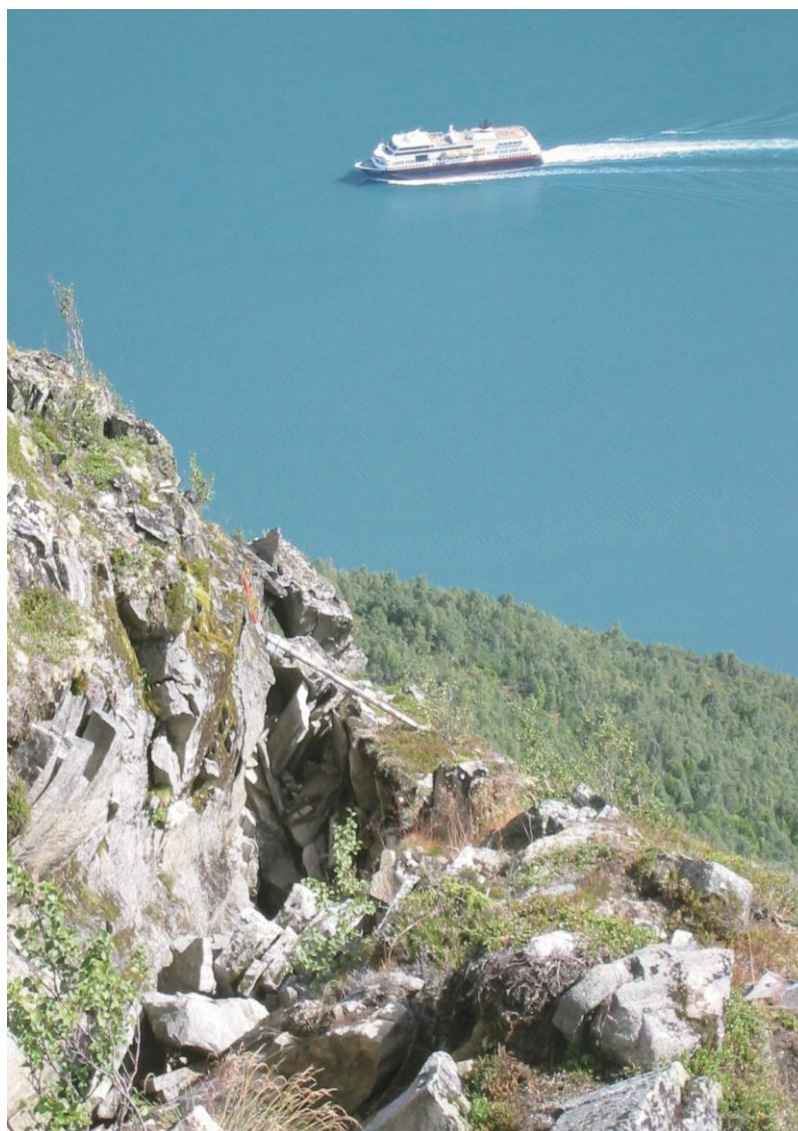


Åknes Rapport 01.2010

Scenario og prognoser for fjellskred og flodbølger fra Åknes og Hegguraksla



Sammendrag

<i>Rapport nr.:</i>	Åknes 01.2010
<i>Tittel:</i>	Scenario og prognoser for fjellskred og flodbølger fra Åknes og Hegguraksla
<i>Forfattere:</i>	Lars Harald Blikra og Jarle Hole, Åknes/Tafjord Beredskap Einar Anda, Møre og Romsdal fylkeskommune
<i>Oppdragsgiver:</i>	Åknes/Tafjord Beredskap
<i>Fylke</i>	Møre og Romsdal
<i>Rapport dato</i>	26.03 2010
<i>Antall sider</i>	11
<i>Sammendrag:</i>	<p>Rapporten gir en oppsummering av skredvolum, sannsynligheter og oppskyllingshøyder for mulige fjellskred fra Åknes og Hegguraksla. Målet er å gi et bedre grunnlag for å lage fare- og evakueringssoner for flodbølger. Dette er viktig for beredskapstiltak, arealplanlegging og byggesaker. Byggforskriften (TEK) er under revisjon og forventes å bli vedtatt sommeren 2010. Derfor er det usikkerhet om fremtidige grenseverdier og farenivå, men det forventes at sannsynligheten 1/1000 pr år fortsatt vil være en viktig grenseverdi. Av hensyn til beredskapen i Storfjorden er det også viktig å ha på plass prognoser for de maksimale flodbølgene. Med dette utgangspunktet fokuserer denne rapporten på følgende for Åknes og Hegguraksla:</p> <ol style="list-style-type: none">1. Identifisere maksimale skredvolum. Disse gir grunnlag for dimensjonering av evakueringssonene.2. Identifisere maksimalt skredvolum med sannsynlighet over 1/1000 pr år. Scenario for disse skredene har vært bestemmende for flodbølgeprognosene som definerer grensen for farenivået 1/1000 pr år. <p>Når ny TEK foreligger er det aktuelt å gi sannsynligheter for flere skredvolum, og tilhørende simuleringer av flodbølger, oppskyllingshøyder og faresoner.</p> <p>For Åknes antas skredvolum til og med 18 mill. m³ å ha en sannsynlighet over 1/1000 pr. år. Ved Hegguraksla er det to løse fjellparti. Ser man disse under ett, antas skredvolum til og med 2 mill. m³ å ha en sannsynlighet over 1/1000 pr år. Skred over 18 mill. m³ fra Åknes og over 2 mill. m³ fra Hegguraksla, antas hver for seg å ha årlig sannsynlighet som er lavere enn 1/1000 pr år.</p> <p>Maksimale skredvolum fra Åknes og Hegguraksla er estimert til henholdsvis 54 og 3,5 mill. m³. Denne rapporten oppsummerer også resultatene i NGIs siste bølgeprognoser (NGI, 2010).</p> <p>Det er flere usikkerheter i prognosene for oppskyllingshøyder, og det må vurderes hvor store sikkerhetsmarginer som må legges til disse faresonene. Spesielt for de maksimale skredene er dette viktig, slik at det ikke hersker noe tvil om hvor store evakueringssonene bør være. I utarbeidelse av evakueringssoner må sikkerhetsmarginen vurderes fra sted til sted.</p>

Innhold

SAMMENDRAG	2
INNHold	3
INNLEDNING	3
SCENARIO OG SANNSYNLIGHETER	4
BØLGEHØYDER.....	5
USIKKERHETER OG SIKKERHETSMARGINER	9
KONKLUSJON	9
REFERANSELISTE	10

Innledning

Målet med denne rapporten er å gi et bedre grunnlag for å lage fare- og evakueringssoner for flodbølger etter mulige fjellskred fra Åknes og Hegguraksla. Dette er viktig for beredskapstiltak, arealplanlegging og byggesaker.

Åknes/Tafjord prosjektet har generert omfattende arbeid innenfor utvikling av verktøy for modellering av flodbølger. Dette arbeidet er utført av NGI/ICG, SINTEF, Universitetet i Oslo og NTNU, og har inkludert modellering av skred fra Åknes, numerisk modellering av flodbølger og laboratorieeksperiment av de indre fjordområder. Denne rapporten gir en beskrivelse og vurderinger av de ulike scenario og sannsynligheter som grunnlag for modelleringer av og prognoser for oppskyllingshøyder. Rapporten angir de scenario og sannsynligheter som skal brukes for fastlegging av faresoner, og de nye estimerte oppskyllingshøydene i Storfjorden blir oppsummert (NGI, 2010).

Scenario og sannsynligheter

De nye scenario for skred er basert på omfattende og detaljerte undersøkelser av Åknes og Hegguraksla fra 2004 og frem til i dag (Blikra m.fl., 2006 og 2007; Blikra, 2008; Elvebakk, 2008; Ganerød m.fl., 2007 og 2008; Kveldsvik m.fl., 2008; Kveldsvik, 2008; Jaboyedoff m.fl., 2009; Longva m.fl., 2009; Nordvik m.fl., 2009; Oppikofer, 2009; Rønning m.fl., 2007). Nedenfor gis en oppsummering av de 12 scenario som er brukt i sammenheng med modellering og analyse av flodbølger (**TABELL 1**). De historiske skredene som er brukt til kvalitetssikring for modelleringene er også angitt.

Tabell 1. Scenario for modellering av flodbølger. De utheva scenario er foreslått brukt for utarbeidelse av evakueringssoner og faresoner, inkludert detaljerte oppskyllingskart.

Nr	Navn	Volum Fjell (m ³)	Volum løsmasser nedenfor kilde (m ³)	Volum Scenario (m ³)	Skred form Høyde, Brekke, Lengde (m)	Årlig sannsynlighet	Høyde på kilde (m) (min – maks)	Kommentar
1	Åknes 1A			36	80, 450, 1000	< 1/1000		
2	Åknes 1B			45	100, 450, 1000	< 1/1000		
3	Åknes 1C.			54	120, 450, 1000	< 1/1000		Maksimum scenario. Evakueringszone
4	Åknes 2B			18	80, 450, 500	>1/1000		Faresone
5	Åknes 3A			11	60, 225, 800	>1/1000		Flanke
6	Åknes 3B			6	50, 200, 600	>1/1000		Flanke
7	Hegguraksla Nedre: H1	0,4	2	1	33, 150, 200	>1/1000	720-580	
8	Hegguraksla Øvre: H2	0,8 - 1	2,5	2	40, 200, 250	>1/1000	800-580	Faresone
9	Hegguraksla Øvre: H3	0,8-1	2,5	3,5	46, 250, 300	< 1/1000	800-580	Maksimum scenario. Evakueringszone
10	Langhammaren 1934, Tafjord	1,5	1,5	3	40, 250, 300	Historisk skred	750-450	
11	Skafjell 1731, Stranda			4	160, 250, 100	Historisk skred	500-100	
12	Tjelle 1756, Neset			15	60, 500, 500	Historisk skred	380-200	

Fjellskred er sjeldne hendelser og det er knyttet stor usikkerhet til sannsynligheter for slike skred. Av hensyn til arealbruk, byggesaker og beredskap, er det likevel ønskelig å ha estimat for slike sannsynligheter. Dette var også utgangspunktet for de estimerte sannsynlighetene fra Åknes og Hegguraksla av Blikra m.fl. (2006). Sannsynlighetene som er presentert i tabell 1 er basert på dette arbeidet, i tillegg til nye data og blant annet tolkninger fra fjorden (Longva m.fl., 2009). Som grunnlag for dimensjonering av evakueringssonene er det estimert maksimale skredvolum. For Hegguraksla er dette volumet av den største blokka, i tillegg til volumet av urmassene nedenfor. For Åknes er det benyttet et volum på 54 millioner m³, som er et scenario som har glideplan på over 100 m og en front som ligger på 100 moh. Volumanslaget er noe høyere enn det som er gitt av Ganerød m.fl (2008). Grunnen til dette er at det sannsynligvis er estimert noe for lave volum i øvre deler (sørlig flanke), og det er tatt noe høyde for et dypere skredplan og usikkerhet i volumanslagene.

Sannsynlighetene for fjellskred fra Hegguraksla i Tafjord er nedjustert noe i forhold til tidligere estimat (Blikra m.fl., 2006). Hovedårsaken er at det ikke er dokumentert vesentlige bevegelser i fjellområdet.

En av leveransene fra flodbølgeprosjektene er utarbeidelse av oppskyllingskart for flodbølger i de utsatte fjordområdene. Det er utarbeidet detaljerte kart med oppskyllingshøyder for strandsonen innenfor eierkommunene i Åknes/Tafjord Beredskap (ÅTB). Selv om det er estimert oppskyllingshøyder for alle scenario vil vi bruke følgende for faresoneringsa:

- Åknes 2B: 18 millioner m³. Den årlige sannsynligheten er vurdert til å være over 1/1000 pr. år. Dette er et stort skred i øvre flanke med størst bevegelse.
- Åknes 1C: 54 millioner m³. Den årlige sannsynlighet er vurdert til å være under 1/1000 år. Dette er scenario som er regnet å være det maksimale volumet basert på eksisterende data.
- Hegguraksla H1/H2: 2 millioner m³. Den årlige sannsynligheten er vurdert til å være over 1/1000 pr. år. Sannsynligheten som er satt må ses som en felles sannsynlighet for de to fjellblokkene som er overvåket.
- Hegguraksla H3: 3,5 millioner m³. Den årlige sannsynligheten er vurdert til å være under 1/1000.

Scenarioene er valgt ut fra følgende behov i kommunene:

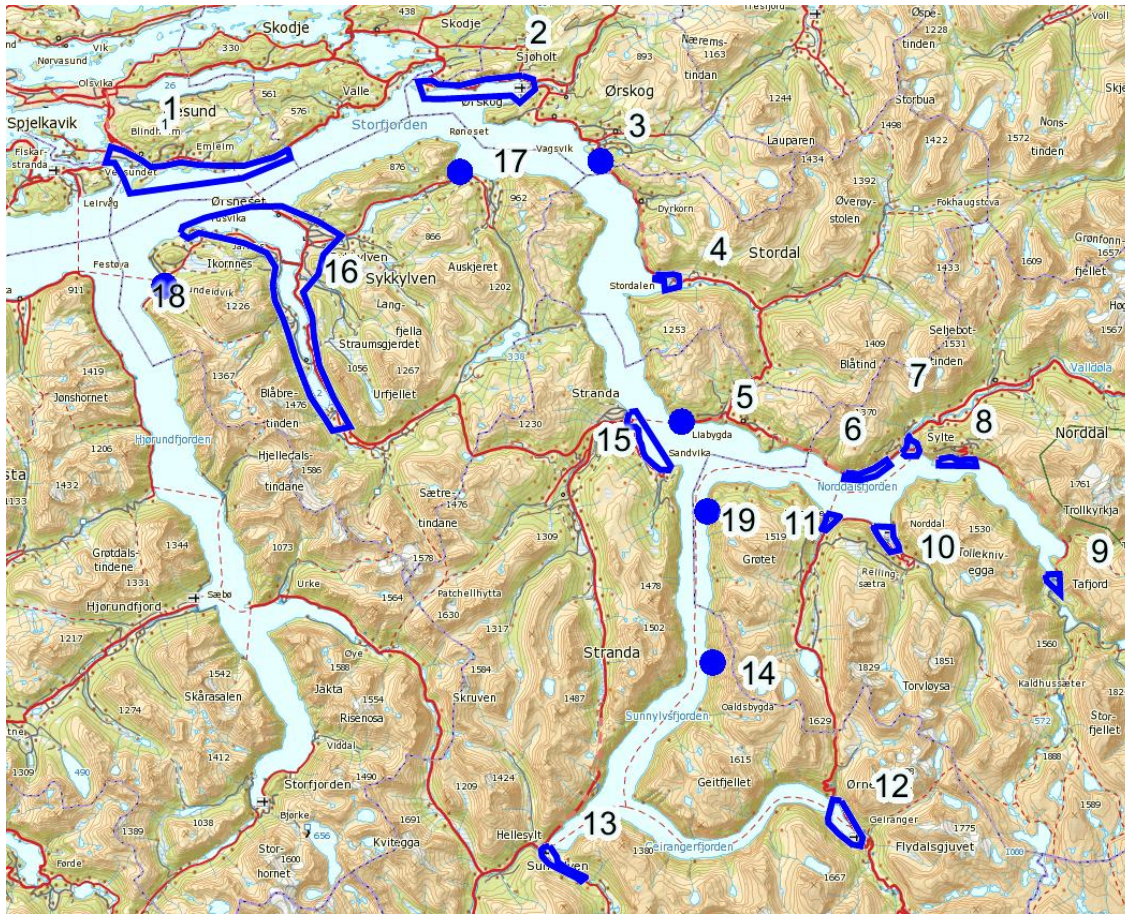
1. Evakueringssonene bør baseres på maksimale skredvolum og tilhørende oppskyllingshøyder. Det vil være naturlig å benytte scenario som gir maksimum oppskylling (Åknes 1C og Hegguraksla H3) som grunnlag for utarbeiding av evakueringssoner.
2. Faresoner for arealplanlegging og byggesaker som må tilpasses de nye grenseverdiene i ny TEK.

Bølgehøyder

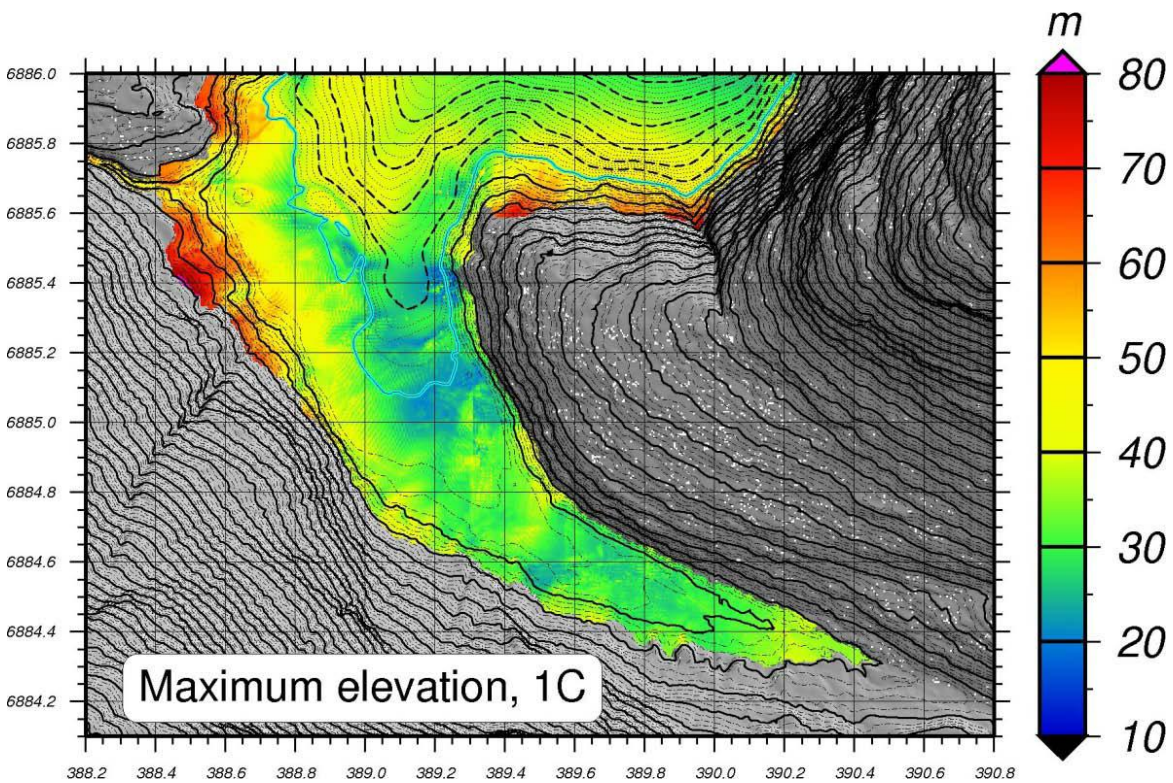
Modellering av bølgehøyder for ulike scenario er utført av Norges Geoteknisk Institutt (NGI Rapport 2010). I tillegg er det produsert kart over bølgehøyder i prioriterte områder (**Figur 1**). Alle kart over oppskyllingshøyder er også levert digitalt. Et eksempel er vist for Hellesylt (**Figur 2**).

NGIs analyser legger til grunn at skredene går i fjorden som en hel blokk. Mindre bølger vil forventes dersom skredene går fragmentert i mindre enheter.

OMRÅDENE HVOR DET ER FORETATT NYE OG DETALJERTE BEREKNINGER ER VIST I



Figur 1. Oversikt over hvor det er utført detaljerte analyser og produsert kart over oppskyllingshøyder.

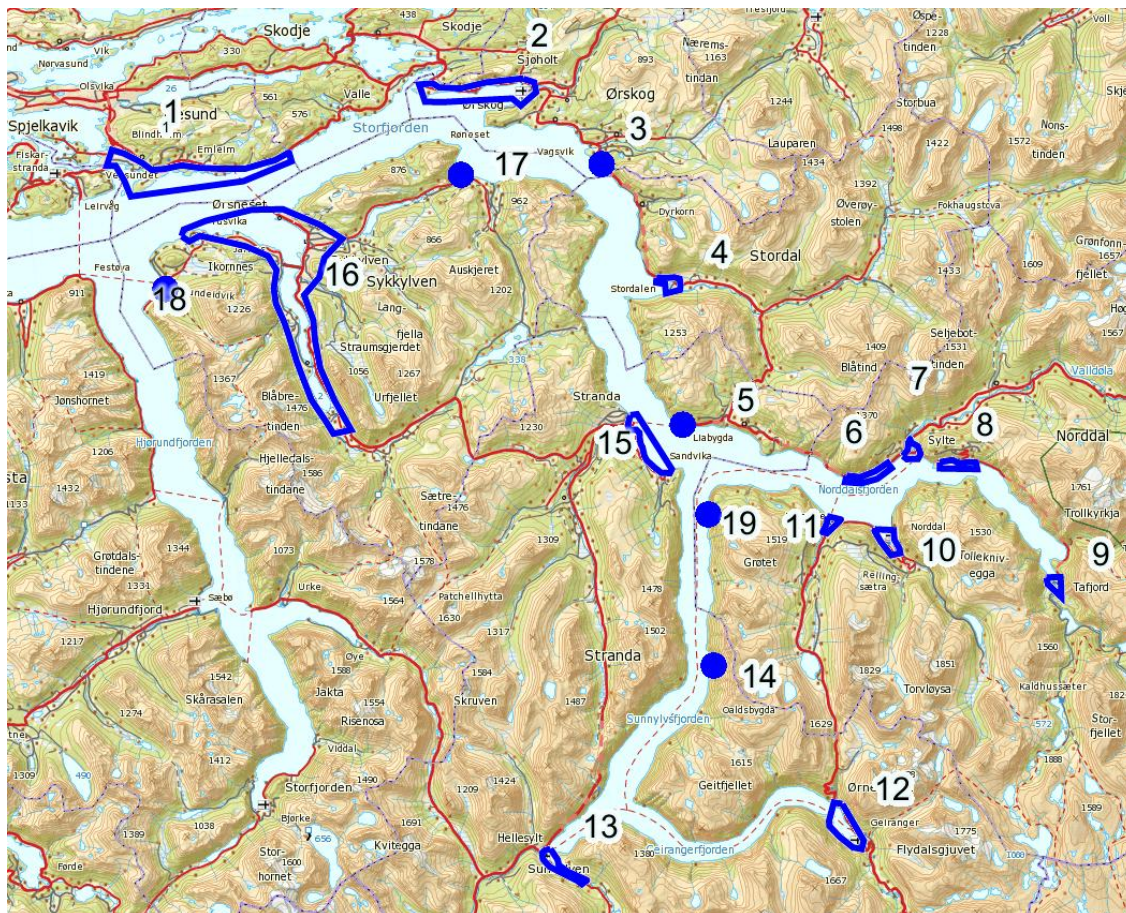


Figur 2: Maksimum vannivå i Hellesylt ved scenario på 54 mill m³ (1C) (NGI, 2010).

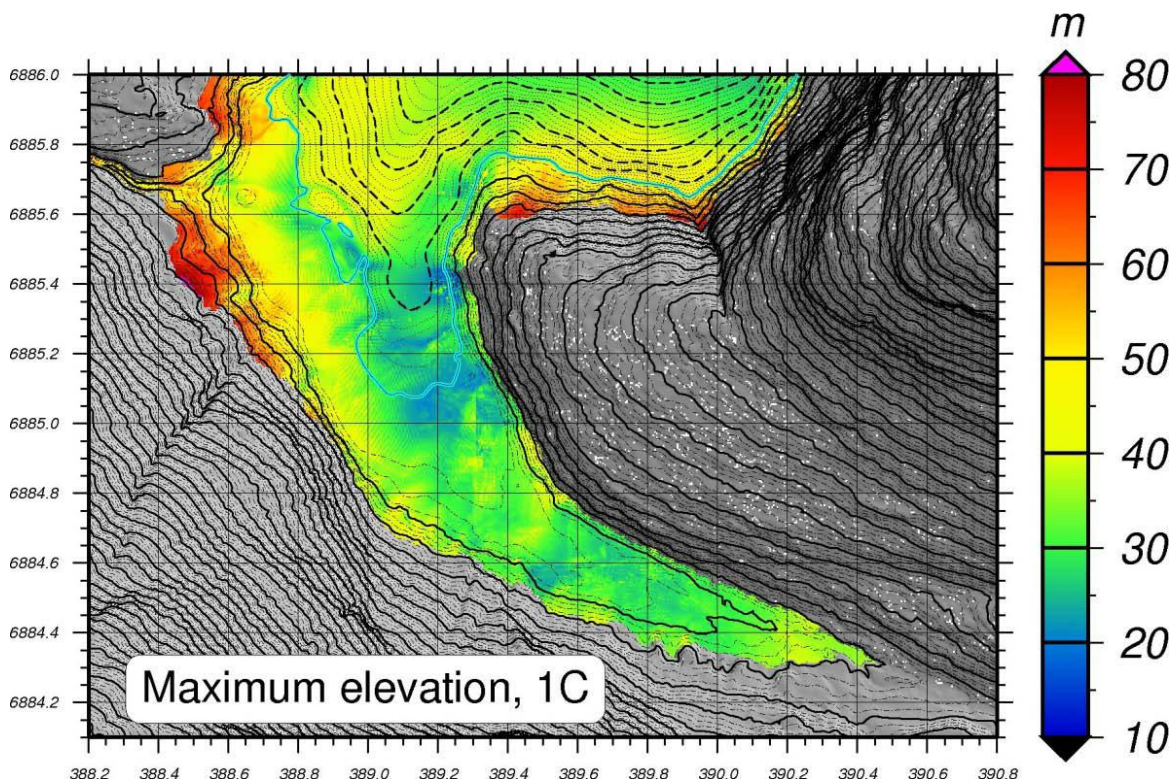
Tabell 2. Dette gjelder for alle eierkommunene i ÅTB og er gjort for to scenario fra Åknes (18 og 54 mill. m³) og for to scenario fra Hegguraksla (2 og 3,5 mill. m³).

Resultatene samsvarer rimelig godt med tidligere analyser (NGI, 2005 og 2008), og dessuten med laboratorieforsøkene ved SINTEF. Siden det nå opereres med større volum for det største scenarioet er bølgehøydene også høyere.

For eierkommuner i ÅTB er det gjort detaljerte analyser av oppskylling, inkludert kart. Resultatene presentert i Tabell 2 er basert på disse detaljerte analysene. Det vises til NGI rapport for detaljerte opplysninger om metodikk og resultater (NGI, 2010).



Figur 1. Oversikt over hvor det er utført detaljerte analyser og produsert kart over oppskyllingshøyder.



Figur 2: Maksimum vannivå i Hellesylt ved scenario på 54 mill m³ (1C) (NGI, 2010).

Tabell 2. Nye detaljerte estimat for maksimale oppskyllingshøyder for mulige fjellskred er utført for to scenario for Åknes og to for Hegguraksla. Det er store lokale variasjoner, og tallene gir høyeste beregnede verdi. Tallene er presentert i NGI rapport (2010).

Område	Åknes 1C 54 mill m ³	Åknes 2B 18 mill m ³	Hegguraksla H3 3,5 mill m ³	Hegguraksla H2 2 mill m ³
Geiranger	63,5 m	22,8 m	2,5 m	0,9 m
Hellesylt	82,9 m	32,6 m	2,4 m	0,9 m
Oaldsbygda	97,2 m	68,5 m		
Raubeigvika	17,7 m	7,0 m		
Gravaneset	6,0 m	2,1 m		
Stranda	5,7 m	2,3 m	1,4 m	
Tafjord	13,1 m	5,4 m	13,8 m	7,9 m
Fjøra	4,7 m	2,5 m	21,2 m	17,1 m
Vika	8,6 m	4,3 m	12,5 m	8,0 m
Valldal (Sylte)	7,7 m	2,5 m	9,6 m	6,3 m
Linge	5,9 m	2,3 m		
Norddal	14,7 m	5,5 m		
Eidsdal	7,3 m	2,6 m		
Stordal	7,6 m	3,2 m		
Dyrkorn	4,6 m	1,6 m		
Ramstadvika	2,6 m	0,9 m		

Sjøholt (Ørskog)	6,0 m	2,8 m		
Magerholm	1,5 m	0,6 m		
Vegsundet	2,5 m	1,5 m		
Sykkylvsfjorden (Aure – Ikornes)	2,5 m	0,8 m		
Hundeidvik	0,9 m	0,4 m		

DET ER OGSÅ GJORT NYE ESTIMAT PÅ BØLGEHØYDER I DE YTRE OMRÅDENE AV STORFJORDEN, ANALYSEMETODE (

TABELL 3).

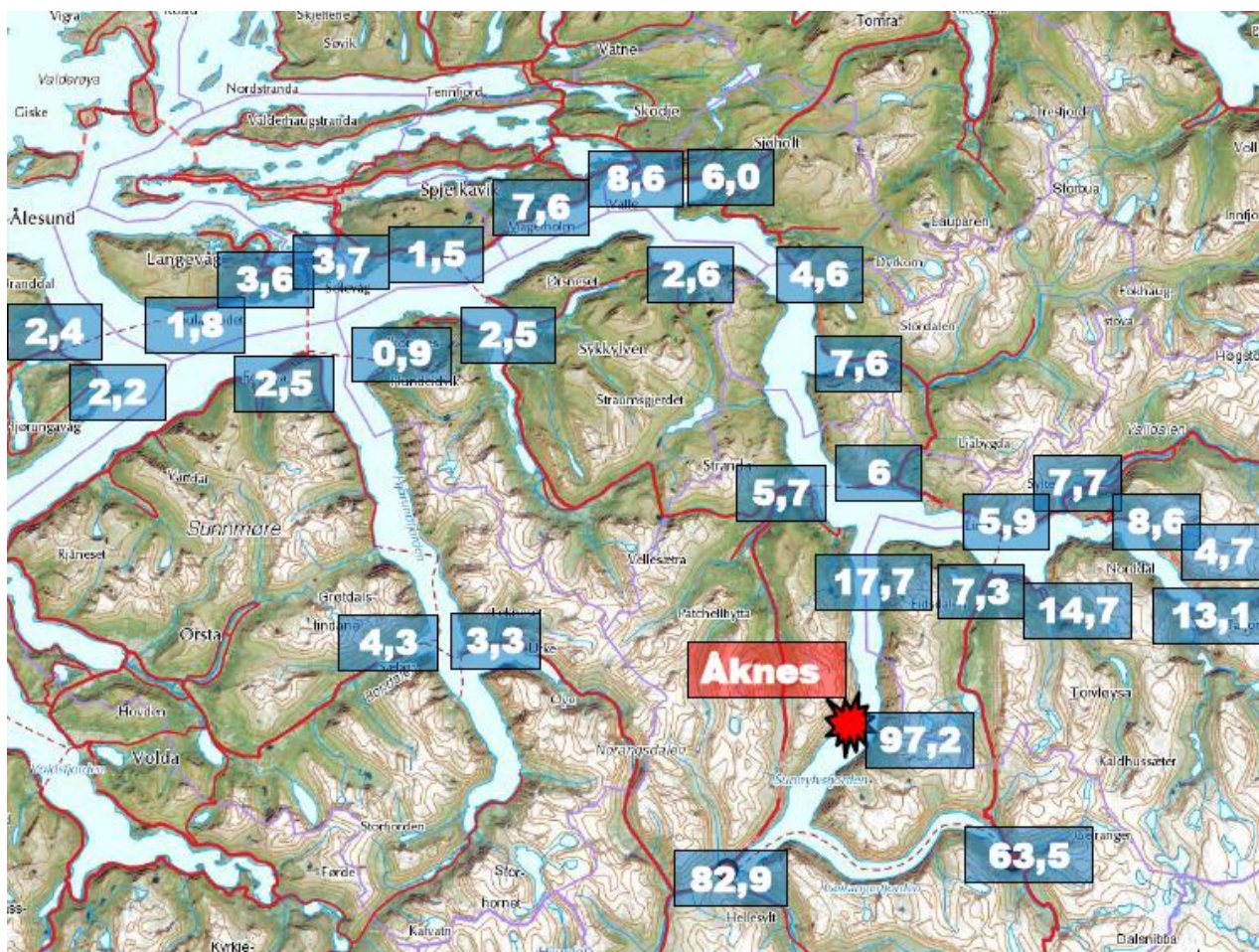
Resultatene samsvarer godt med tidligere analyser (NGI, 2005 og 2008), men noen steder gir den nye prognosen større oppskyllingshøyder. Forskjellene skyldes endret form på skred og annen utløpsretning og utløpslengde.

Imidlertid ser det ut til at de mer detaljerte analysene der det benyttes mer avanserte modeller for oppskylling gir noe lavere bølgehøyder.

De oppsummerte tallene er visuelt vist i **FIGUR 3**.

Tabell 3. Nye estimat på maksimale oppskyllingshøyder i noen områder i de ytre deler av Storfjorden basert på en forenklet fremgangsmåte. Tallene er presentert i NGI rapport (2010).

Område	Åknes			
	<i>Gammel analyse 35 mill m³</i>	<i>1A 35 mill m³</i>	<i>1C 54 mill m³</i>	<i>2B 18 mill m³</i>
Festøy	1-2 m	1,7 m	2,5 m	1,1 m
Glomset	3-4 m	5,1 m	7,6 m	3,4 m
Håheimsvika	3-4 m	5,0 m	8,6 m	3,1 m
Hareid	1-2 m	1,6 m	2,4 m	0,9 m
Hjørungavåg	1-2 m	1,4 m	2,2 m	0,8 m
Leknes	1-2 m	2,1 m	3,3 m	1,4 m
Ørsnes	2 m	2,9 m	4,5 m	1,7 m
Sæbø	2-3 m	2,8 m	4,3 m	1,8 m
Solevåg	3 m	2,4 m	3,6 m	1,5 m
Sulesund	1-2 m	1,2 m	1,8 m	0,7 m
Sunde	2-3 m	2,4 m	3,7 m	1,5 m



Figur 3. Oversikt over estimerte maksimale oppskyllingshøyder ved et fjellskred fra Åknes på 54 millioner m³ (data fra NGI 2010).

Usikkerheter og sikkerhetsmarginer

Det må vurderes hvor store sikkerhetsmarginer som bør legges til grunn i tall og kart for oppskyllingshøyder. Usikkerhet og feilmarginer må vurderes for følgende:

- Volumestimat
- Skredets form, hastighet og oppførsel når det treffer sjøen
- Bølgemodellen i fjorden
- Modell for oppskylling

Ved risikoanalyser for tsunamier i USA legges til grunn en sikkerhetsfaktor på 1,25. I British Columbia i Canada er det blitt brukt en sikkerhetsfaktor på 1,5 for bølgeoppkylling ved tsunami. I forbindelse med bølgehøyder og konstruksjoner til havs, for eksempel oljeinstallasjoner, er det også ofte brukt en sikkerhetsfaktor på 1,5. Sikkerhetsmarginene må vurderes fra sted til sted etter situasjon og konsekvens.

NGI har ikke lagt til sikkerhetsmarginer i oppskyllingsprognosene, men i alle fasene legger de til grunn parametre som gir høyest bølgehøyder. For eksempel er den største usikkerhetene knyttet til hvordan skredet treffer fjorden, og her er det tatt utgangspunkt i at skredet kommer som en hendelse. Sikkerhetsmarginene må vurderes ut fra dette.

Konklusjon

Rapporten gir estimat for sannsynligheter på ulike scenario for store fjellskred fra Åknes og Hegguraksla. Ut fra kommunenes behov har følgende vært fokusert:

1. Estimere maksimale skredvolum. Disse gir grunnlag for dimensjonering av evakueringssonene.
2. Identifisere grenseverdi for skredvolum med sannsynlighet større eller lik 1/1000 pr år. Disse scenario vil være bestemmende for oppskyllingshøyder med tilsvarende sannsynlighet.

Når ny TEK foreligger i løpet av 2010 kan det være aktuelt å gi sannsynligheter for flere skredvolum, og tilhørende simuleringer av flodbølger, oppskyllingshøyder og faresoner.

For Åknes antas skredvolum til og med 18 millioner m³ å ha en sannsynlighet som er større eller lik 1/1000 pr. år. Ved Hegguraksla er det to løse fjellparti. Ser man disse under ett, antas skredvolum til og med 2 mill. m³ å ha en sannsynlighet som er større enn 1/1000 pr år. Nevnte skredvolum legges til grunn for å fastsette oppskyllingshøyden med en sannsynlighet tilsvarende 1/1000 pr år. Skred over 18 mill. m³ fra Åknes og over 2 mill. m³ fra Hegguraksla, antas hver for seg å ha årlig sannsynlighet som er lavere enn 1/1000 pr år.

Maksimale skredvolum fra Åknes og Hegguraksla er estimert til henholdsvis 54 og 3,5 mill. m³.

Det er utarbeidet nye tall for oppskyllingshøyder i aktuelle områder og for ulike scenario. For eierkommunene i Åknes/Tafjord Beredskap er det utført detaljerte bølgeberegninger, og det er også produsert kart over utvalgte områder.

Det er flere usikkerheter i prognosene for oppskyllingshøyder, og det må vurderes hvor store sikkerhetsmarginer som må legges til disse faresonene. Spesielt for de maksimale skredene er dette viktig, slik at det ikke hersker noe tvil om hvor store evakueringssonene bør være. I utarbeidelse av evakueringssoner må sikkerhetsmarginen vurderes fra sted til sted.

Referanseliste

- Blikra, L.H. 2008: The Åknes rockslide; monitoring, threshold values and early-warning. In: ZUYU Chen; Jian-Min Zhang; Ken Ho; Fa-Quan Wu; Zhong-Kui Li (Eds). Landslides and Engineered Slopes. From the Past to the Future. Proceedings of the 10th International Symposium on Landslides and Engineered Slopes, 30 June - 4 July 2008, Xi'an, China. Taylor and Francis. ISBN: 978-0-415-41196-7.
- Blikra, L.H., Jogerud, K., Hole, J. & Bergeng, T. 2007: Åknes/Tafjord prosjektet – Status og framdrift for overvaking og beredskap. Åknes/Tafjord prosjektet Rapport 01-2007. 30 s.
- Blikra, L.H., Anda, E., Høst, J. og Longva, O. 2006: Åknes/Tafjord prosjektet: Sannsynligheter og risiko knyttet til fjellskred og flodbølger fra Åknes og Hegguraksla. Norges geologiske undersøkelse Rapport 2006.039. 20 s.
- Elvebakk, H. 2008: Borehullslogging, Åknes, Strnda kommune. Norges geologiske undersøkelse Rapport 2008.030. 36 s.
- Ganerød, G. V., Grøneng, G., Rønning, J. S., Dalsegg, E., Elvebakk, H., Tønnesen, J. F., Kveldevik, V., Eiken, T., Blikra, L. H., & Braathen, A. 2008. Geological model of the Åknes rockslide, western Norway. Engineering Geology, 102(1-2), 1–18.

- Ganerød, G., Grøneng, G., Aardal, I.B. og Kveldsvik, V. 2007: Logging of drill cores from seven boreholes at Åknes, Stranda municipality, Møre and Romsdal County. Norges geologiske undersøkelse Rapport 2007.020. 418 s.
- Jaboyedoff, M., Oppikofer, T., Derron, M.-H., Böhme, M., Blikra, L. H., & Saintot, A. submitted. Complex landslide behaviour controlled by the structures: the example of Åknes, Norway. Special Publications of the Geological Society of London.
- Kveldsvik, V. 2008. Static and dynamic stability analyses of the 800m high Åknes rock slope, western Norway. Doctoral thesis NTNU. ISBN 978-82-471-8592-6.
- Kveldsvik, V., Einstein, H. H., Nilsen, B., & Blikra, L. H. 2008. Numerical Analysis of the 650,000 m² Åknes Rock Slope based on Measured Displacements and Geotechnical Data. Rock Mechanics and Rock Engineering.
- Kveldsvik, V., Einstein, H. H., Nilsen, B., & Blikra, L. H. 2008. Numerical Analysis of the 650,000 m² Åknes Rock Slope based on Measured Displacements and Geotechnical Data. Rock Mechanics and Rock Engineering.
- Longva, O., Blikra, L.H. og Dehls, J. 2009: Rock avalanches – distribution and frequencies in the inner part of Storfjorden, Møre og Romsdal County, Norway. Norges geologiske undersøkelse Rapport 2009.002. 23s.
- NGI (2005). Innledende numeriske analyser av flodbølger som følge av mulige skred fra Åkneset. NGI rapport 20031100-2.
- NGI (2008) The Aknes Tafjord project. Semi-annual report: Tsunami impact in the outer part of Storfjorden, testing of numerical models for rock slide and tsunami, coupling to laboratory experiments. NGI report 20051018-2.
- NGI (2010): The Åknes/Tafjord project. Numerical simulations of tsunamis from potential and historical rock slides in Storfjorden; Hazard zoning and comparison with 3D laboratory experiments. NGI Report 20051018-00-1-R.
- Nordvik, T., Grøneng, G., Ganerød, G., Nilsen, B., Harding, C. & Blikra, L.H. 2009: Geovisualization, gemetric modelling and volume estimation of the Åknes rockslide, western Norway. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 68, 245-256.
- Oppikofer, T. 2009: Detection, analysis and monitoring of slope movements by high-resolution digital elevation models. University of Lausanne, Dr.grads avhandling. 193 s.
- Rønning, J.S., Dalsegg, E., Heincke, B. og Tønnesen, J.F. 2007: Geofysiske målinger på bakken og ved Hegguraksla, Stranda og Nordal kommuner, Møre og Romsdal. Norges geologiske undersøkelse Rapport 2007.026. 60 s.

www.skrednett.no: Informasjon om historiske skredhendelser, Astor Furset.