

Åknes Rapport 05.2011

Scenario og prognoser for fjellskred og flodbølger fra Åknes og Hegguraksla

Revidert og utvida utgave av Åknes Rapport 01.2010

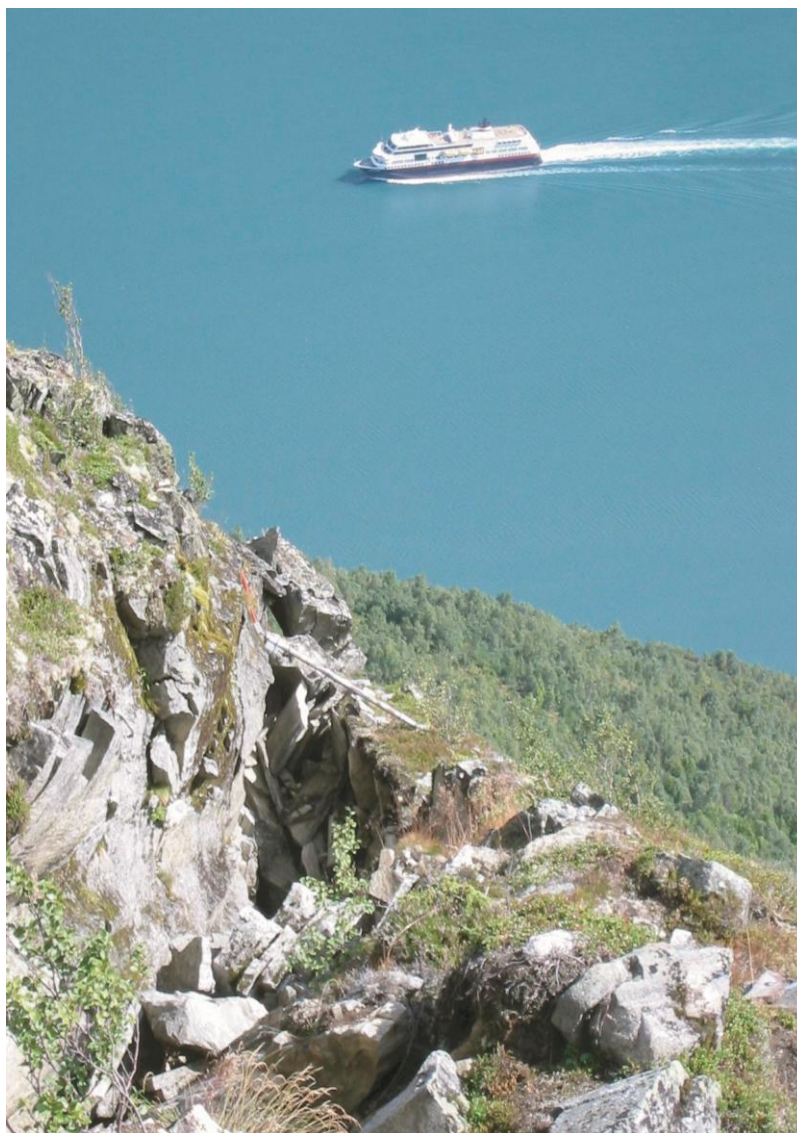


Foto Richard Nordland

Sammendrag

<i>Rapport nr.:</i>	Åknes 05.2011
<i>Tittel:</i>	Scenario og prognoser for fjellskred og flodbølger fra Åknes og Hegguraksla Revidert utgave av Åknes rapport 01.2010
<i>Forfattere:</i>	Jarle Hole, Lars Harald Blikra og Einar Anda, Åknes/Tafjord Beredskap
<i>Oppdragsgiver:</i>	Åknes/Tafjord Beredskap
<i>Fylke</i>	Møre og Romsdal
<i>Rapport dato</i>	07.06.2011
<i>Antall sider</i>	11
<p><i>Sammendrag:</i> Denne rapporten er en revidert og utvida utgave av Åknes Rapport 01.2010, og den 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.</p> <p>I ny Byggeteknisk forskrift i Plan og Bygningslov (FOR 2010-03-26 nr. 489: Forskrift om tekniske krav til byggverk) er det lagt inn nye krav for sikkerhetsklasse 3 der sannsynligheten for skred ikke skal være større enn 1/5000.</p> <p>Ut fra vurderinger gjort i denne rapporten og NGU Rapport 2006.039 (Sannsynligheter og risiko knyttet til fjellskred og flodbølger fra Åknes og Hegguraksla) anbefales det å bruke følgende scenarioer for de to aktuelle sikkerhetsklassene:</p> <p>Sikkerhetsklasse 2 (Største nominelle årlige sannsynlighet 1/1000):</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Scenario Åknes: 2B (18 mill m³)<input type="checkbox"/> Scenario Hegguraksla: H2 (2,5 mill m³) <p>Sikkerhetsklasse 3 (Største nominelle årlige sannsynlighet 1/5000):</p> <ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> Scenario Åknes: 1C (54 mill m³: Største estimerte scenario)<input type="checkbox"/> Scenario Hegguraksla: H3 (3,5 mill m³: Største estimerte scenario) <p>Det presiseres at det er faglig vanskelig å gi gode sannsynlighetsestimater, og anbefalingene er gitt ut fra dagens kunnskapsnivå. For scenarioene med årlig nominell sannsynlighet > 1/1000 er det ikke noen endring i forhold til tidligere anbefalinger. For scenario 1C og H3 har vi vurdert at årlig nominell sannsynlighet ligger mellom 1/1000 og 1/5000. Disse scenarioene er derfor anbefalt brukt for sikkerhetsklasse 3. I områder som har oppskyllingssoner fra både Åknes 1C og Hegguraksla H3 anbefaler vi å bruke største oppskyllingshøyde uavhengig av om det er fra Åknes eller Hegguraksla. Vi vurderer det slik at den årlige nominelle sannsynlighet i slike tilfeller ikke overstiger 1/5000 (sikkerhetsklasse 3). Det samme prinsippet vil gjelde for scenario Åknes 2B og Hegguraksla H3 når det gjelder sikkerhetsklasse 2..</p> <p>Ved fare for fjellskred fra Åknes eller Hegguraksla vil det bli sendt ut varsel til alle som bur eller oppholder seg i faresona til sikkerhetsklasse 3</p>	

Innhold

SAMMENDRAG	2
INNHold	3
INNLEDNING	3
SCENARIO OG SANNSYNLIGHETER	4
BØLGEHØYDER.....	5
USIKKERHETER OG SIKKERHETSMARGINER	8
KONKLUSJON	9
REFERANSELISTE	10

Innledning

Denne rapporten er en revidert og utvida utgave av Åknes rapport 01.2010 og bygger på data fra NGI sin reviderte rapport (NGI 2011) og Byggteknisk forskrift (Kommunal- og regionaldepartementet 2010).

Målet med rapporten er å lage et sammendrag av NGI-rapporten (NGI 2011), og sette den i sammenheng med den nye byggtekniske forskriften for 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, UiO 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 vurdering av de ulike scenario og sannsynligheter som grunnlag for modelleringer av og prognoser for oppskyllingshøyder. Rapporten angir de scenario og sannsynligheter som brukes for fastlegging av evakueringssoner og byggegrenser basert på de nye estimerte oppskyllingshøydene (NGI, 2011).

Scenario og sannsynligheter

De nye scenario for skred er basert på omfattende og detaljerte undersøkelse 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; Kveldevik m.fl., 2008; Kveldevik, 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	1/1000-1/5000		
2	Åknes 1B			45	100, 450, 1000	1/1000-1/5000		
3	Åknes 1C.			54	120, 450, 1000	1/1000-1/5000		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 - 1/5000	800-580	Maksimum scenario. Evakueringszone
10	Langhammaren 1934, Tafjord	1,5	1,5	3	75 130 400	Historisk skred	750-450	
11	Ska fjell 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 et 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 tolkinger 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. 54 mill m³ er vurdert som den mest sannsynlige verdi av et volum estimert til 50-60 mill m³

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 der det er størst bevegelse.
- Åknes 1C: 54 millioner m³. Den årlige sannsynlighet er vurdert til å være over 1/5000 pr. 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 over 1/5000.

Scenarioene er valgt ut fra følgende behov i kommunene:

1. Evakueringssonene bør baseres på maksimale skredvolum og tilhørende oppskyllingshøyder og sikkerhetsmarginer. 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 2011). 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 (**figur2**).

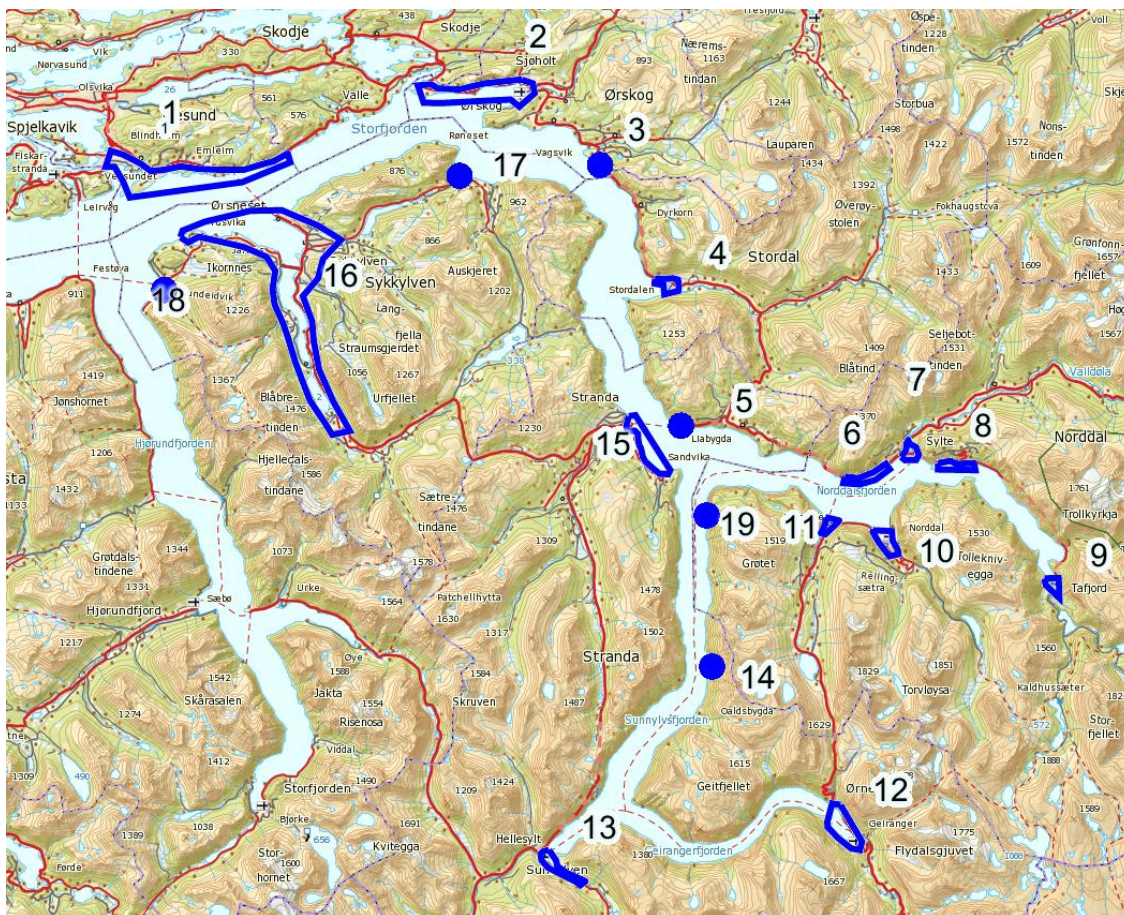
NGIs analyser legger til grunn at skredene går i fjorden som en hel blokk. Mindre bølger vil forventes dersom skredene går fragmentert i mindre enheter. Alle høyder er angitt i forhold til middelvannstand, og det er og tatt omsyn til ei framtidig havnivåstigning på 0,7 m.

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

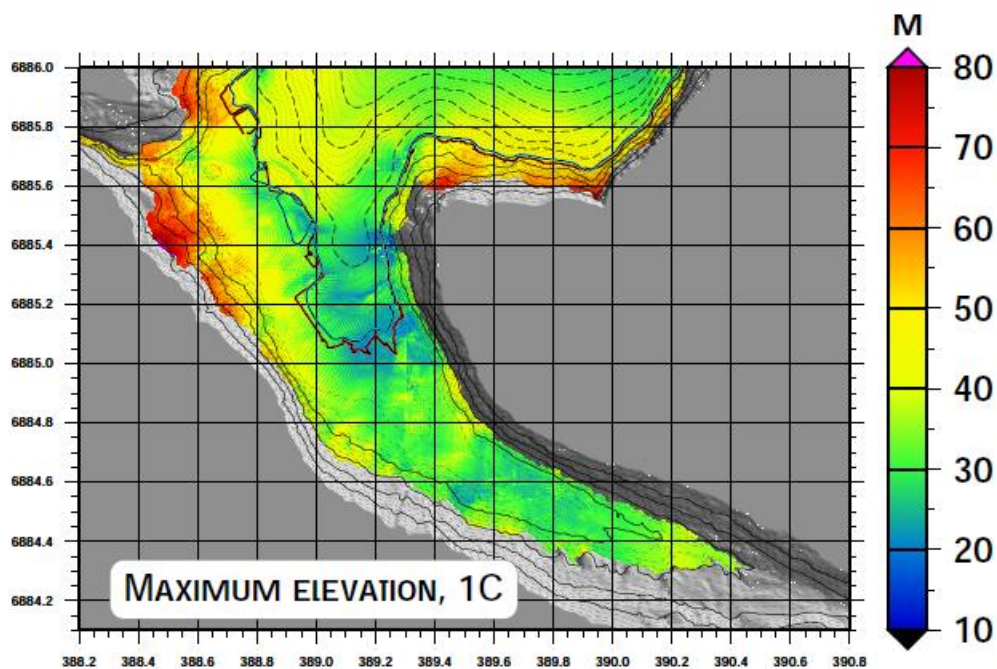
For eierkommuner i ÅTB er det gjort detaljerte analyser av oppskylling, inkludert kart. Resultatene presentert i Tabell 2 er basert på disse detaljerte analysene. Det vises til NGI rapport for detaljerte opplysninger om metodikk og resultater (NGI, 2011).

Det er også gjort nye estimat på bølgehøyder i de ytre delene av Storfjorden. Dette er basert på en forenklet analysemetode (nederst i tabell 2)

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.



FIGUR 1 OVERSIKT OVER HVOR DET ER UTFØRT DETALJERTE ANALYSER OG PRODUSERT KART OVER OPPSKYLLINGSHØYDER



FIGUR 2 MAKSIMUM OPPSKYLLING PÅ HELLESYLT VED SCENARIO 54 MILL M³ (1C) (NGI 2011)

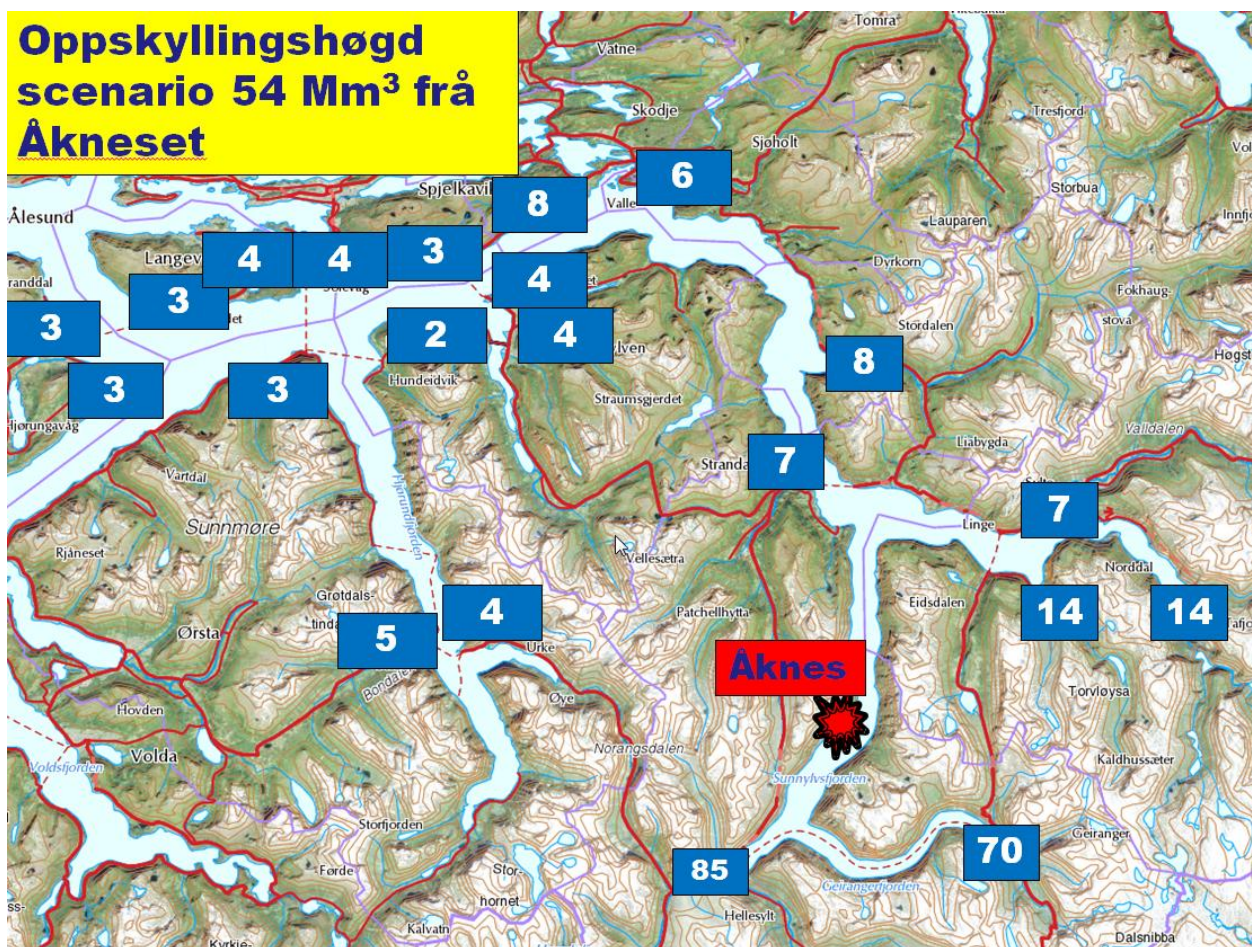
Imidlertid ser det ut til at de mer detaljerte analysene der det benyttes mer avanserte modeller for oppskylling gir noe lavere bølgehøyder.

De oppsummerte tallene for maksimal oppskylling er visuelt vist i FIGUR 3.

Tabell 2. Estimerte, vertikale oppskyllingshøyder (m) for fjellskred med sannsynlighet > 1/1000 og > 1/5000 for Åknes og for Hegguraksla. Oppskyllingshøydene er beregnet ut fra middelvannstand, pluss 0,7 m som tar høyde for estimert, framtidig økning i vannstanden. Det er store lokale variasjoner innenfor hver lokalitet. Tallene (NGI, 2011) viser høyeste verdi for den enkelte lokalitet. Blå og røde tabellruter viser anbefalte oppskyllingshøyder/grenser for areal- og byggesaker for sikkerhetsklassene S2 og S3.

Område	Scenario			
	Åknes 1C 54 mill. m ³	Åknes 2B 18 mill. m ³	Hegguraksla H3 3,5 mill m ³	Hegguraksa H2 2 mill. m ³
Årlig nominell sanns.	1/5000-1/1000	> 1/1000	1/5000-1/1000	> 1/1000
Geiranger	70	30		
Hellesylt	85	35		
Oaldsbygda	100	70		
Raubergvika	13	6		
Gravaneset	7	3		
Stranda	7	4	2	
Tafjord	14	7	13	9
Fjøra	6	3	20	17
Vika	9	4	15	11
Valldal (Sylte)	7	3	8	6
Linge	6	3		
Norddal	14	7		
Eidsdal	8	4		
Stordal	8	4		
Dyrkorn	3	2		
Ramstadvika	3	2		
Sjøholt (Ørskog)	6	3		
Magerholm	3	1		
Vegsundet	4	3		
Sykkylvsfjorden	4	2		
Hundeidvik	2	1		
Festøy	3	2		
Glomset	8	4		
Håheimsvika	9	4		
Hareid	3	2		
Hjørungavåg	3	2		
Leknes	4	2		
Ørsnes	4	2		
Sæbø	5	2		
Solevåg	4	2		
Sulesund	3	1		
Sunde	4	2		

Prognosene for disse områdene bygger på forenklet metodikk



Figur 3. Oversikt over estimerte maksimale oppskyllingshøyder ved et fjellskred fra Åknes på 54 millioner m³ (data fra NGI 2011).

Feilkilder og sikkerhetsmarginer

Prognoser for flodbølgenes oppskyllinger mot land har to hovedformål. Det ene er å fastsette sikre og hensiktsmessige evakueringssoner. Det andre er å definere grenser for arealbruk og byggesaker i forhold til sikkerhetskravene i byggforskriften.

Flere forhold kan medvirke til feilkilder i de estimerte oppskyllingshøydene. For det første er det usikre faktorer i modelleringen av skredet som lager flodbølgene (skredets volum, form, retning og hastighet). For det andre er det feilkilder knyttet til simuleringene av flodbølgenes spredning i fjordsystemet og oppskyllingene mot land. Matematiske modeller og simuleringer vil aldri helt feilfritt kunne etterligne de virkelige prosessene ved slike hendelser.

Evakueringssonene må være absolutt sikre. Det vil være en katastrofe om en varslet flodbølge skulle ta mange liv, fordi evakueringssonen var underdimensjonert. Langs vestkysten av Nord Amerika som også er utsatt for tsunamier, legger man i USA til en sikkerhetsmargin på 25 % over varslet oppskyllingshøyde. I Canada legges det til en margin på 50 %. Evakueringssonene i Storfjorden er ikke endelig fastsatt. I tillegg til en definert sikkerhetsmargin (meter eller prosent), må det også tas praktiske hensyn, for eksempel at man innlemmer sikre areal i en evakueringszone, dersom det er fare for fysisk isolasjon etter en flodbølge.

For faregrenser relatert til byggforskriften, anbefaler vi at det ikke legges til noen sikkerhetsmargin til de beregnede oppskyllingshøydene. For det første har simuleringsverktøyet innebygde mekanismer som favoriserer store oppskyllingshøyder ("konservative" estimat). For det andre krever ikke byggforskriften absolutt sikkerhet. I den grad det måtte være tvil om grensene er sikre nok, er det et viktig poeng at beredskapen sikrer menneskeliv. Det er ikke ønskelig med overdimensjonerte faresoner som unødvendig vanskeliggjør bygging og utvikling.

Sikkerhetskrav ved plassering av byggverk i skredfareområde

Byggteknisk forskrift (TEK10, §7-3) har to ledd med sikkerhetskrav i forhold til skred. Byggverk med særlig store konsekvenser skal ikke plasseres skredutsatt ("nulltoleranse"), mens andre bygg må oppfylle kravene i tabellen vist nedenfor.

Tabell 3. Sikkerhetsklasser for skred med scenario for flodbølger fra Åknes og Hegguraksla, jfr. tabell 2.

Sikkerhetsklasse for skred	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet	Scenario
S1	Liten	1/100	
S2	Middels	1/1000	2B fra Åknes H2 fra Hegguraksla
S3	Stor	1/5000	1C fra Åknes H3 fra Hegguraksla

Langs Storfjorden vil bygg i sikkerhetsklasse 2 (S2) bli omfatta av flodbølge fra scenario 2B fra Åknes og scenario H2 fra Hegguraksla. Bygg i sikkerhetsklasse 3 (S3) vil bli omfatta av flodbølge fra scenario 1C fra Åknes og scenario H3 fra Hegguraksla (**Tabell 3**)

Byggforskriften (§ 7-4) gir muligheter for unntak fra sikkerhetskravene i tabell 3, for flodbølge som skyldes fjellskred. Hovedforutsetningen er at man har etablert en fullverdig beredskap basert på overvåking og tidlig varsling, men det er også en del andre vilkår som skal oppfylles.

Varsel

Ved fare for skred fra Åkneset eller Hegguraksla vil det bli sendt ut varsel til alle som bur eller oppholder seg i faresona for sikkerhetsklasse 3, med ei sikkerhetssone i tillegg. Det vil si faresona for scenario H3 fra Hegguraksla og 1C fra Åkneset med ei sikkerhetssone i tillegg. Sikkerhetssona blir vurdert ut fra terrengforhold i hvert område.

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 og utforming av evakueringssonene.
2. Identifisere grenseverdi for skredvolum med sannsynlighet større eller lik 1/1000 og 1/5000 pr år og tilhørende oppskyllingshøyder.

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 (sikkerhetsklasse 2). Skred over 18 mill. m³ fra Åknes og over 2 mill. m³ fra Hegguraksla, antas hver for seg å ha årlig sannsynlighet som er større enn 1/5000 pr år.

Maksimalt skredvolum fra Åknes og Hegguraksla er estimert til henholdsvis 54 og 3,5 mill. m³, og med en sannsynlighet større enn 1/5000 (sikkerhetsklasse 3)

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., Hole, J. & Anda, E. 2010: Scenario og prognoser for fjellskred og flodbølger fra Åknes og Hegguraksla. Åknes Rapport 01.2010. 11s.
- 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, Stranda kommune. Norges geologiske undersøkelse Rapport 2008.030. 36 s.
- Ganerød, G. V., Grøneng, G., Rønning, J. S., Dalsegg, E., Elvebakk, H., Tønnesen, J. F., Kveldsvik, 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.
- Kommunal- og regionaldepartementet 2010: Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift).
- 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.
- NGI (2011): 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 Rev.: February 2011
- 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.
- Statens byggtkniske etat 2011: <http://byggeregler.be.no/dxp/content/tekniskekrav/kap-07/3/>
- www.skrednett.no: Informasjon om historiske skredhendelser, Astor Furset.