



RAPPORT

Skredsikringstiltak i Gjølmunna, Stryn kommune

FARESONER ETTER FERDIGSTILLING

DOK.NR. 20160581-01-R
REV.NR. 0 / 2017-06-29

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: Skredsikringstiltak i Gjølmunna, Stryn kommune
Dokumenttittel: Faresoner etter ferdigstilling
Dokumentnr.: 20160581-01-R
Dato: 2017-06-29
Rev.nr. / Rev.dato: 0 /

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Norges vassdrags- og energidirektorat
Kontaktperson: Anders Muldsvor
Kontraktreferanse:

for NGI

Prosjektleder: Krister Kristensen
Utarbeidet av: Krister Kristensen, Peter Gauer, Kjetil Sverdrup-Thygesen
Kontrollert av: Peter Gauer

Sammendrag

Ut fra simuleringer og skredobservasjoner antar vi at vollen oppfyller funksjonen som var hensikten med sikringsanlegget. Det er ikke grunnlag for å si at endringene av utforming av vollen vil føre til at faresonene som var angitt i forhold til den opprinnelig planlagte vollen må utvides. På grunn av snøskypeproblematikken er det på den andre siden heller ikke holdepunkt for å redusere av utbredelsen av faresonene, selv om vollen stedvis er høyere enn planlagt.

På grunn av en viss iboende usikkerhet i teorigrunnet for denne type tiltak og fordi det vil være en verdifull anledning til å skaffe nyttig erfaring med funksjonen av et anlegg av dette omfanget, vil vi foreslå overvåkning og registrering av kommende snøskred ved anlegget. NGI kan være behjelpelig med konkretisering av et opplegg for overvåkning og registrering.

Innhold

1	Innledning	5
2	Utforming av anlegget	5
3	Vurderingsgrunnlag	10
	3.1 Simulering	10
	3.2 Observasjoner av snøskred	12
4	Konklusjon	15
5	Referanser	16

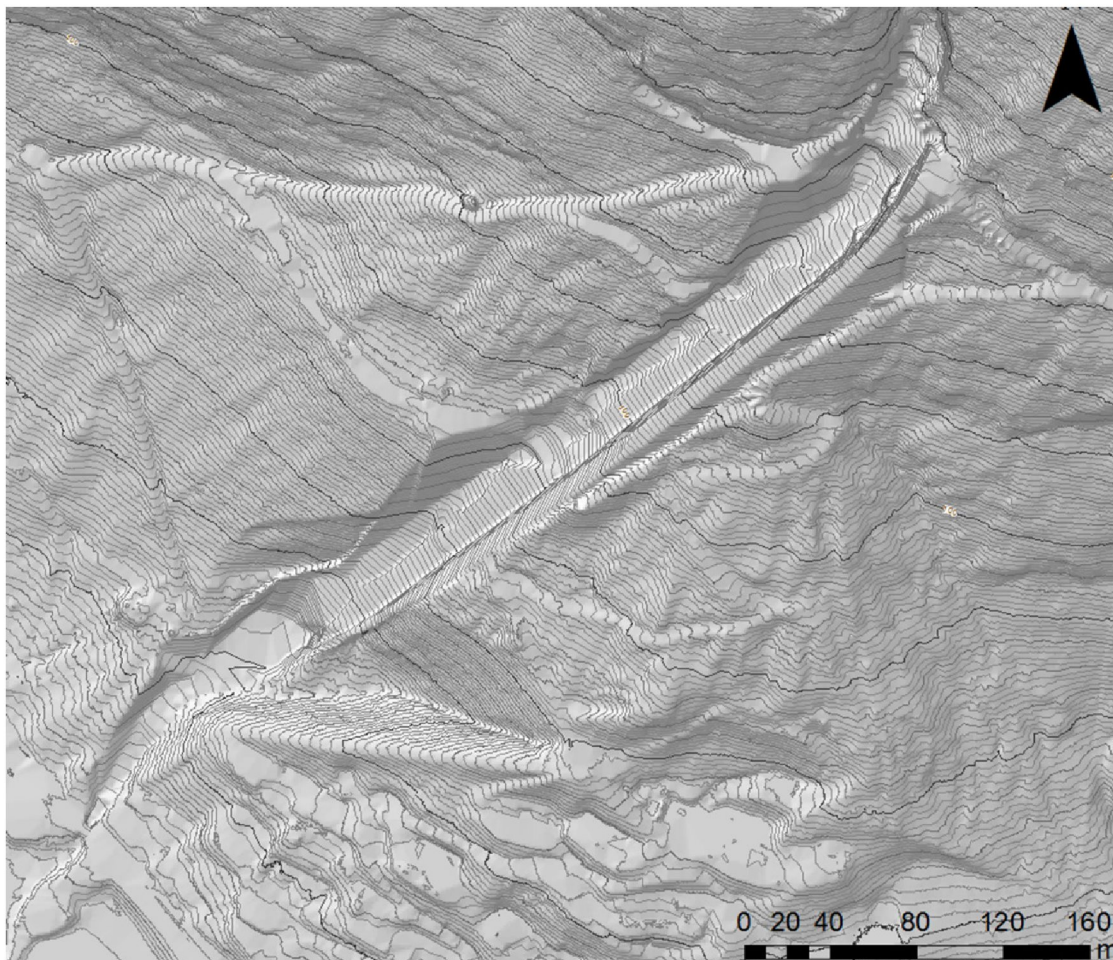
Kontroll- og referanseside

1 Innledning

På oppdrag fra NVE, har NGI vurdert funksjonen av et skredsikringsanlegg med ledevoll bygget langs Gjølmunna i Loen, Stryn kommune. Funksjonen av ferdig utført anlegg skulle vurderes i forhold til utforming og dimensjonering foreslått av NGI. Bakgrunnen for denne nye vurderingen er at det i løpet av byggeperioden ble nødvendig med justeringer av den opprinnelige utformingen. Funksjonen skal vurderes i forhold til hvorvidt endringene kan antas påvirke den forventede sikringseffekten og føre til justering av faresonene som ble utarbeidet på grunnlag av den opprinnelig foreslåtte utformingen av anlegget.

Terrengmodellen som er benyttet er basert på høydedata av det ferdige anlegget innmål av Amir Saracevic ved NVE og sydd sammen med tilgjengelige eksisterende høydedata av omgivende terreng.

2 Utforming av anlegget



Figur 1. Kart over voll og kanal etter ferdigstilling, basert på NVEs oppmåling i 2016.

Hensikten med sikringsanlegget er å lede snøskred og vannrelaterte masser til side for bebygde område på vifta under Gjølmunna. Tiltaket er ment som hovedbidraget for å oppnå en årlig sannsynlighet for skredskade på $\leq 1/333$ for eksisterende bebyggelse i dette området. En følge av dette er også at det blir mulig å utnytte større områder til utbygging lenger nede på vifta.

I *Rapport 20111008-00-1-R* vises faresoner med årlig sannsynlighet på 1/100, 1/333, 1/1000 og 1/5000 under de da eksisterende forholdene. I en påfølgende rapport 20110102-00-2-R beskriver NGI en sikringsvoll som skal sikre eksisterende bebyggelse og ny bebyggelse som er planlagt i henhold til aktuelle reguleringsplaner for utbyggingsareal nedenfor Gjølmunna i Loen. I notat *20111008-00-3-TN Endring av faresoner etter bygging av stor voll* beskrives forventet funksjon av denne vollen i forhold til faresonene.

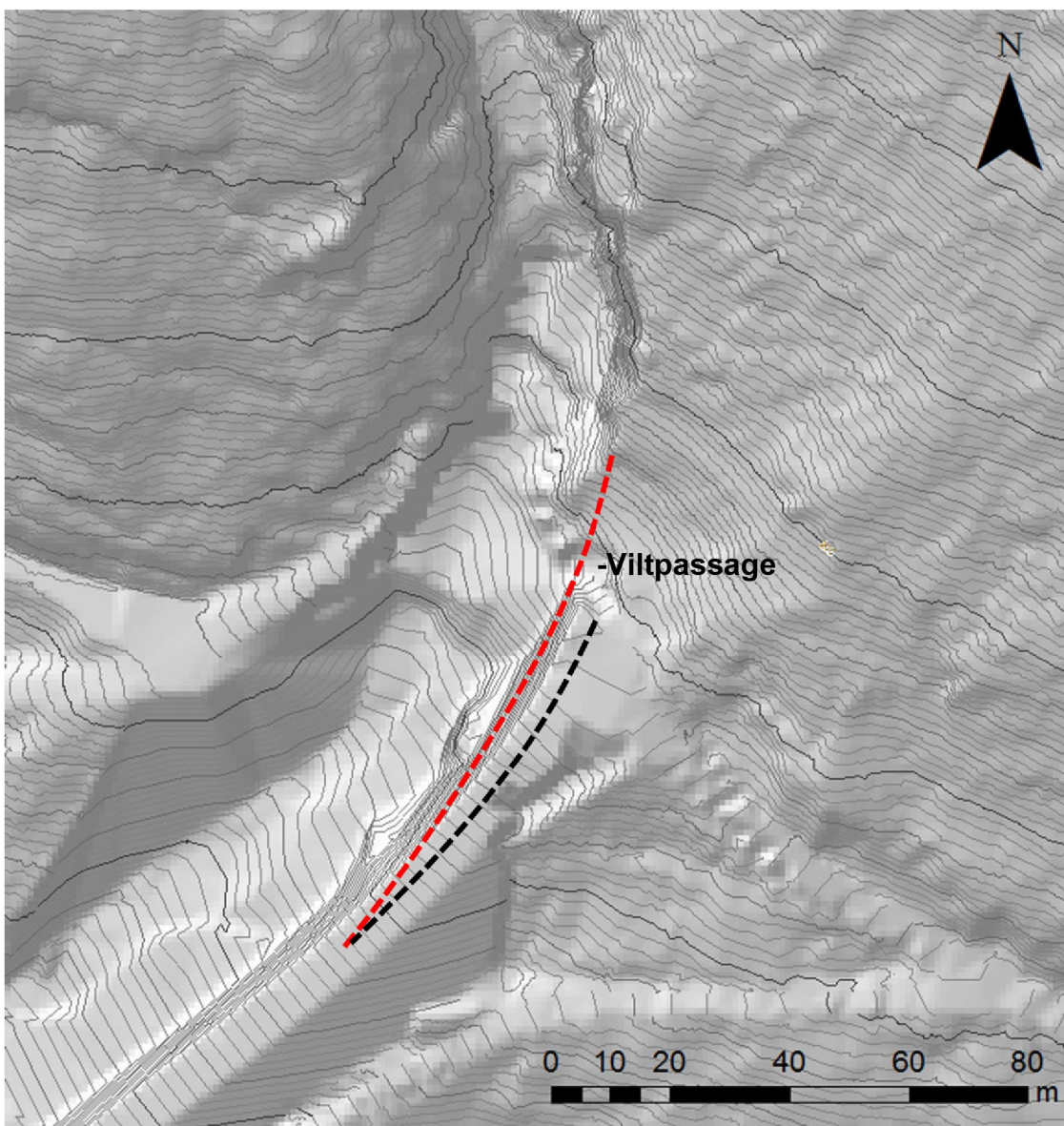
Det første utkastet til voll ble så nedskalert i *20111008-00-6-TN Faresoner etter bygging av voll for sikring av eksisterende bebyggelse, sikringsnivå 1/333 årlig sannsynlighet. 6. juli 2012*. I dette notatet er effektiv høyde på støtsiden satt til 10 m og bredden på vollkrona satt til 3 m.

Den planlagte, nedskalerte vollen er så noe modifisert i *20111008-00-2-TN Gjølmunna, Loen Kostnadssparende modifisering av voll. 30. januar 2012. 20110102-00-2-R Beskrivelse av skredsikringsvoll. 1. april 2011*. Modifikasjonene ble vurdert med følgende konklusjoner:

1. *vollhellingen på skredsidene kan reduseres gradvis over ca 50 m fra pel 200 og nedover til 1:1. Hellingen er bratteste fall (fallinje).*
2. *vollhellingen på baksiden kan økes til 1:1 i fallinjen, så framt siden kan bygges opp med stabile masser og sikres mot erosjon. Hellingen er bratteste fall (langs fallinjen). Tverrprofilet vil bli noe slakere.*
3. *eksisterende forbygning kan bevares der dette er hensiktsmessig og det ikke fører til vesentlig endring av linjeføring og kurvatur.*
4. *i øvre del av tiltaket kan utsprengt skjæring benyttes som en del av den effektive høyden. Utsprengt skjæring bør være like bratt eller brattere en vollsiden. Bredden på utgravd og sprengt bunn bør være minst den samme som den naturlige gjølmunningen og utformes som en mest mulig naturlig overgang i forhold til denne.*
5. *kronebredde og bredde på adkomstveg kan økes til 4 m.*
6. *mindre sideforskyving (~10-15 m) av linja er uproblematisk. Kurvaturen bør i størst mulig grad opprettholdes både av hensyn til funksjon og glidelinje, samt å gi en visuelt akseptabel linjeføring*
7. *ved sideforskyving mot øst av vollen i nedre del kan vollen avkortes ca 40 m i tilknytning til eksisterende basseng. I øvre del kan vollen avkortes og reduseres i høyde ved tilknytning av vollen mot fjell og i forhold til den effektive høyden som oppnås ved utsprengning.*

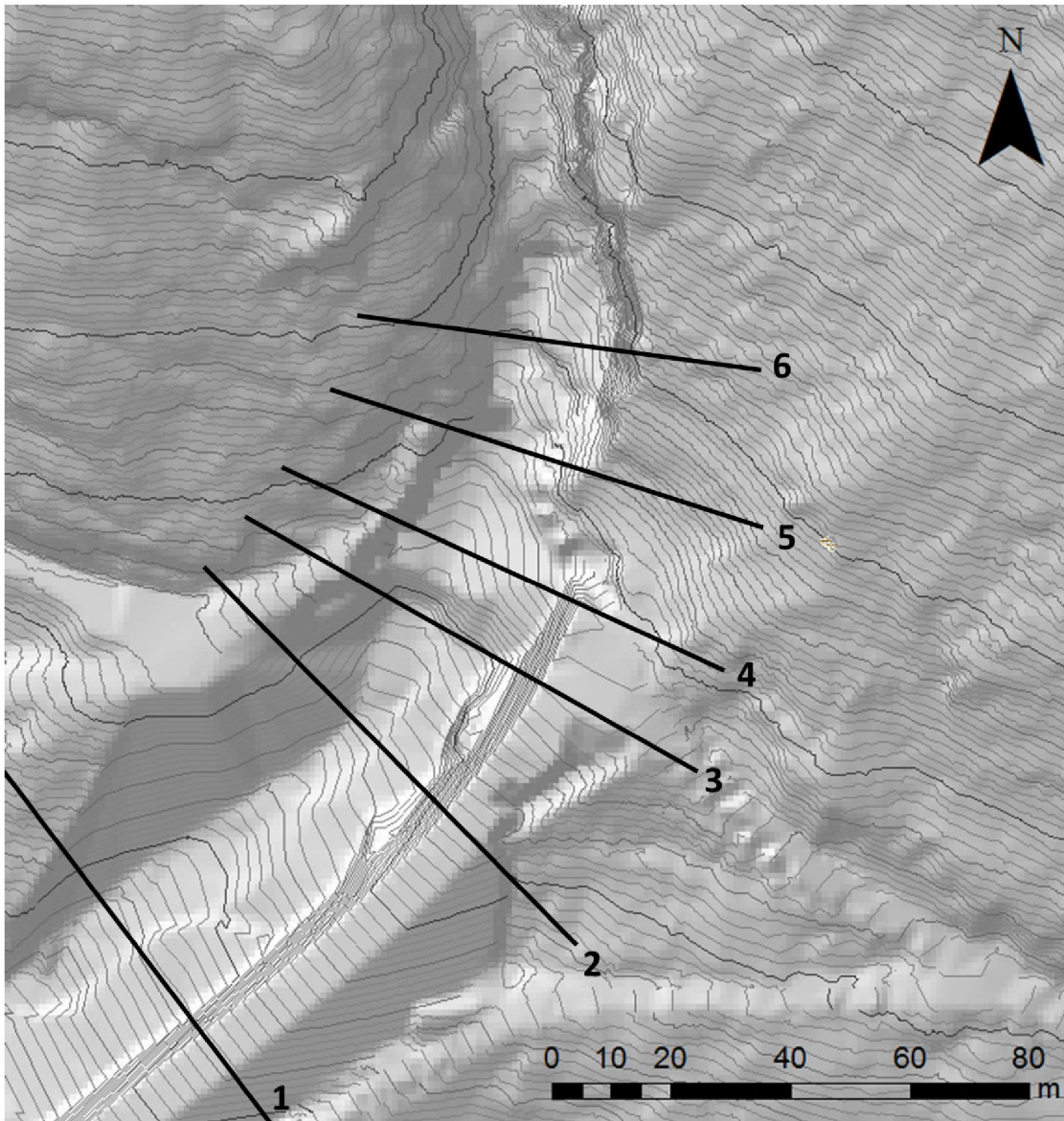
En del justeringer ble også gjort i løpet av selve byggeperioden. Hovedjusteringen av anlegget ble gjort i den øverste delen av vollen. På grunn av krav om en viltpassage i dette området ble det utført en mindre åpning i den aller øverste delen av vollen der denne støter mot fjellkanten som utgjør den østre flanken av gjølet hvor skredene kommer ut fra. Dette innebar også en senkning av vollkrona i dette området. Senkningen ble delvis kompensert ved utspregning i bunnen.

Linjeføringen av vollkrona ble også justert ved at senterlinja ble forskjøvet til side for hovedløpet og gjølmunningen og fikk en noe større krumningsradius enn opprinnelig planlagt, se figur 2.

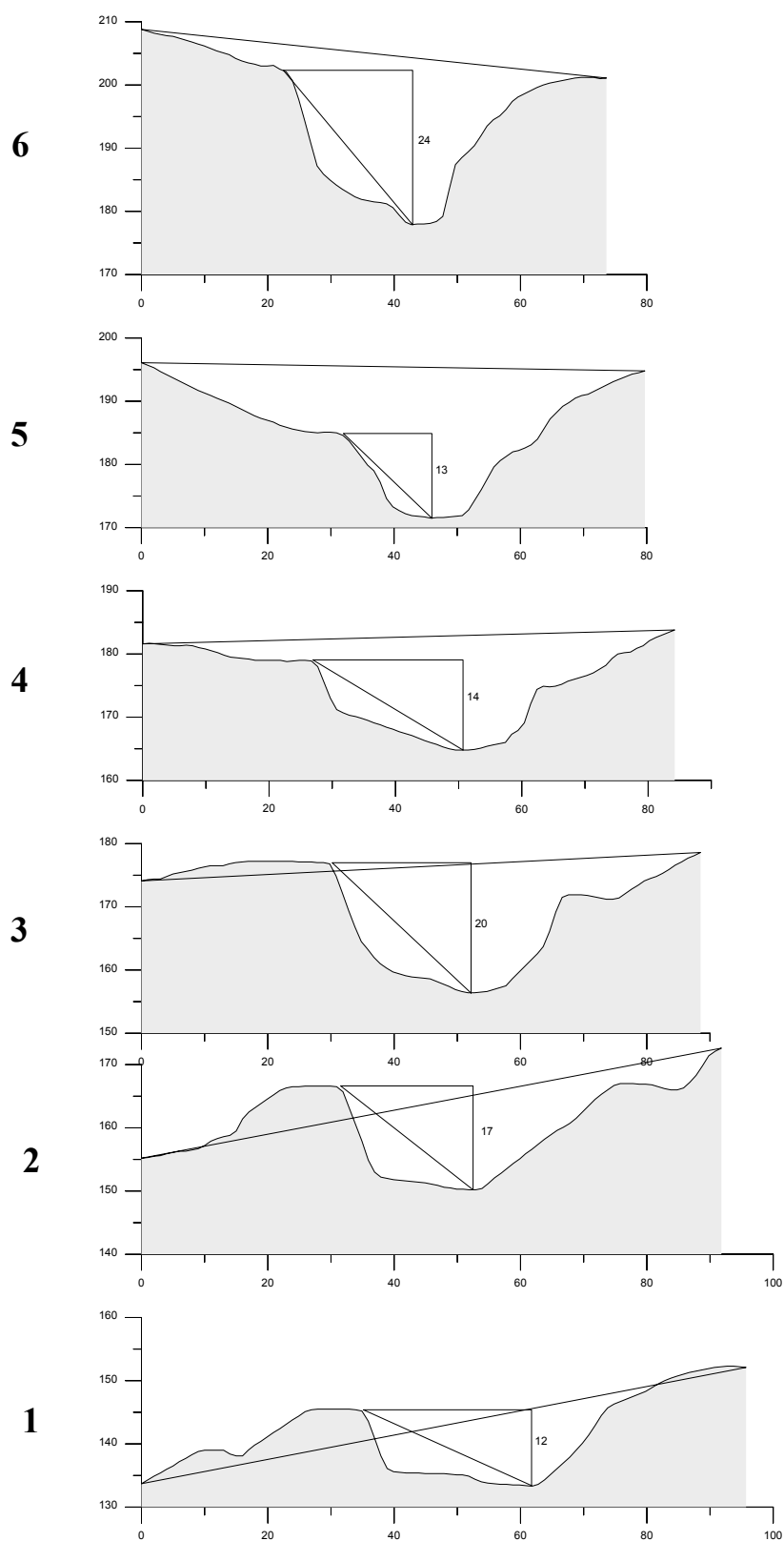


Figur 2. Hovedjusteringen på vollen ble gjort i øverste del av anlegget. Rød linje er planlagt linjeføring, mens den sorte viser den utførte vollen.

På grunn av lokale grunnforhold ble det gjort en vesentlig større utgraving i området nedenfor gjølmunningen enn det som opprinnelig var planlagt. Dette medførte at vollhøyden på støtsiden ble vesentlig høyere enn forutsatt langs denne delen av vollen, se figur 3 og 4. Den laveste effektive høyden er like ovenfor viltpassagen, langs profil 5 på figur 3. Her er høyden ca 13 m, mens den ved tverrprofil 2 nedenfor er ca 20 m.



Figur 3. Profillinjer for tverrprofiler på figur 5. I området mellom profil 1 og 3 er det gjort en større utgraving enn planlagt. Det innebærer også at vollhøyden i dette området er vesentlig høyere.



Figur 4. Tverrprofiler langs øvre del av løpet med effektiv høyde av vollen

Bredden på kanalen er utført med en minste bredde på rundt 25 m, som forutsatt. I tillegg ble det konstruert et sedimentasjonsbasseng i ca 25 m o.h. for håndtering av løsmasser ført med elva.

Formålet med den foreliggende rapport er å vurdere hvorvidt endringene som er gjort i forhold til planen beskrevet i notat 20111008-00-6-TN påvirker faresonene som er angitt i dette notatet.

3 Vurderingsgrunnlag

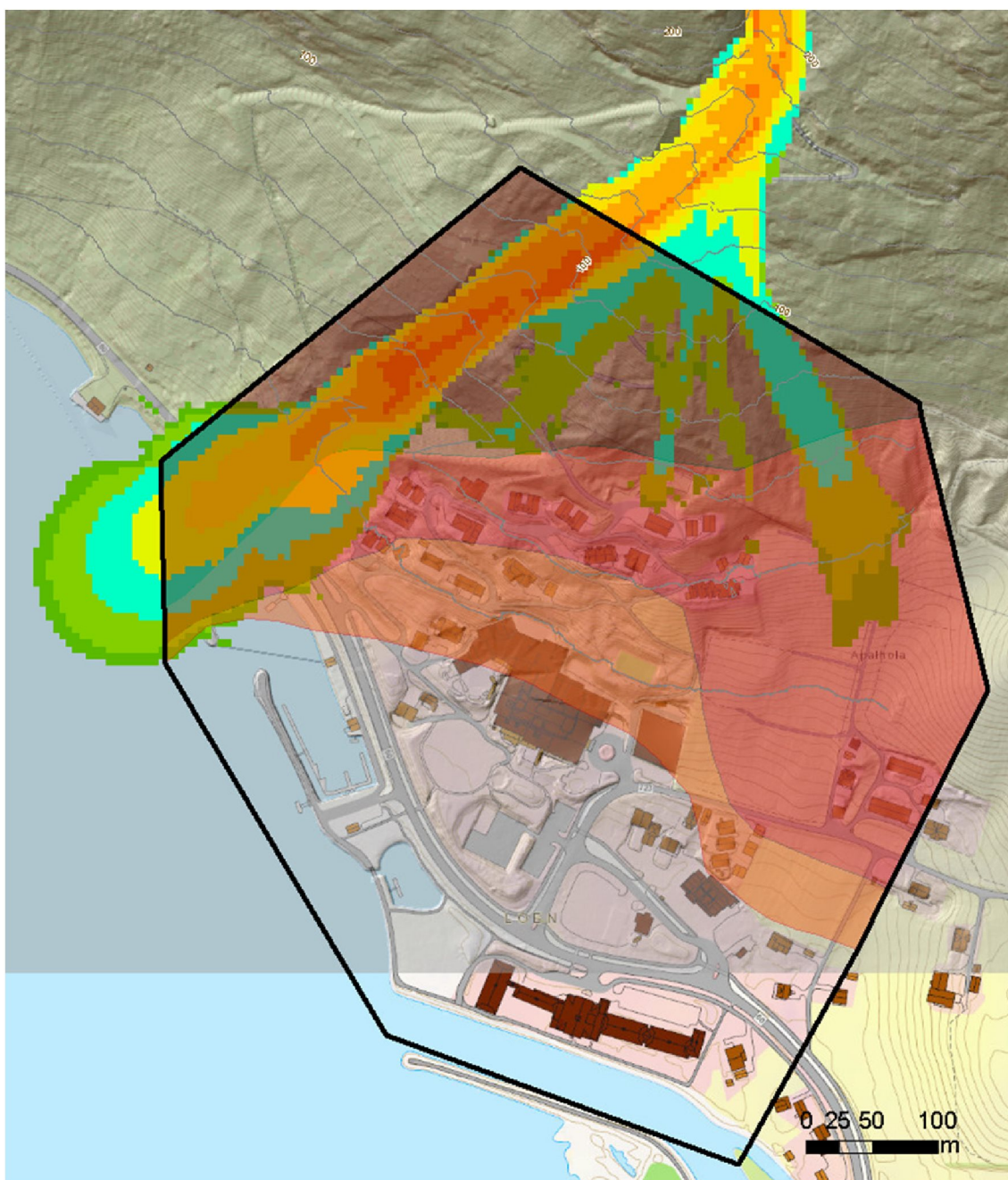
3.1 Simulering

RAMMS-modellen som er beskrevet i tidligere rapporter ble også benyttet på det nye terrenget med ferdigstilt voll. Et komplikasjon er at den nye terrengmodellen som ble konstruert ikke er helt identisk med den opprinnelige med hensyn til oppløsning. Dette gjør at de gamle og de nye modellberegningen ikke er helt sammenlignbare. Vi antar likevel at den nye terrengmodellen som følge av mer nøyaktige høydedata også vil gi et bedre bilde av skredbevegelsen.

Høyden av vollen er beregnet på grunnlag av sannsynlige skredhastigheter. Vurderingen av disse er basert på forskjellige skredscenarier fra mulige utløsningsområder, se tidligere rapport NGI 20110102-00-2-R. Et utgangspunkt har vært at dimensjonerende snøskred har en gjennomsnittlige bruddhøyder på 1-1,5 m i snødekket ved skred-utløsning.

RAMMS er i utgangspunktet ikke laget for denne graden av detaljvurdering, men den kan gi en noenlunde beskrivelse av strømningsforholdene. Basert på vurderingene i 20111008-00-6-TN ble vollhøyden satt til 10 m for å oppnå hensikten om å sikre eksisterende bygninger til en årlig sannsynlighet for skredskade på 1/333. Et forbehold var at vollen ville ha begrenset virkning på snøskydelen av store tørre snøskred, siden denne ikke ledes i samme grad som de faste massene. Dette ble vurdert til å kunne føre til noe vindtrykk mot enkelte av de øverste bygningene, se notat til Stryn kommune, 20130410-01-TN. *Gjølmunna, Loen. Skredsikring av enkeltbygninger til 1/333 årlig sannsynlighet.*

Simulering av snøskred med omtrentlig årlig sannsynlighet på 1/1000 fra det viktigste utløsningsområdet viser ikke vesentlige endringer i forhold til resultatene av simuleringene som var grunnlag for vurderingen gjort i notat 20111008-00-6-TN, se figur 5.



Figur 5. Simulering med RAMMS for det mest aktuelle scenariet viser eksempel på maksimale hastigheter fra modellberegninger med RAMMS med i dagens terreng/voll. Her er det simulert et snøskred med omtrentlig årlig sannsynlighet på 1/1000 fra det viktigste utløsningsområdet. Faresonene er de som er angitt i notat 20111008-00-6-TN.

3.2 Observasjoner av snøskred

Observasjon av skredtilfeller før og etter bygging av vollen kan også gi en indikasjon på hvordan vollen fungerer. Det er begrenset med god dokumentasjon av historisk skredutbredelse, men et snøskred i desember 2011 gir et bilde av hvordan det da eksisterende flomverket påvirket utbredelse av dette spesifikke skredet, se figur 6.



Figur 6. Bildet viser elvefaret fra Gjølmunna med et snøskred fra desember 2011. I overkant av løpet er den da eksisterende elveforbygningen godt synlig.



Figur 7. Snøskred i desember 2011. En del av skredmassene har stuvet seg opp i utløpet mot forbygningen, noe som reduserer effekten av denne i forhold til etterfølgende skred.

På den tiden lå elveforbygningen ved utløpet av gjølet i ca 45° vinkel i forhold til skredretningen. Nedenfor dette var det også en innsnevring av løpet. Det mest påtagelige inntrykket fra dette skredtilfellet er at det er en relativt stor oppstuvning i dette området, se figur 7. Som det går fram av bildet var det omtrent ikke gjenværende fribord i forbygningen som kunne fange opp påfølgende skred.

Tidlig i mars 2016, etter at den planlagte vollen var ferdigstilt, gikk det også et middels stor snøskred i Gjølmunna, se figur 8. Som ved skredet i 2011 ser det ut til at dette skredet trolig løsnet som et tørt snøskred som så har tatt opp i seg fuktig snø i nedre del av banen. Skredvolumene ser ut til å være noenlunde sammenlignbare. Dette skredet gikk nedover langs vollen i ca 3/4 av lengden til denne og fordelte seg nokså jevnt seg i kanalen uten særlig tendens til oppstuvning.

Inntrykket her er at det ikke er tendens til oppstuvning av skredmasser ved utløpet eller vesentlig grad av klatring langs vollsiden. Der det er noe tendens til klatring er også i det området hvor vollen har størst effektiv høyde, se figur 9. Ellers ser skredmassene ut til å har fordelt seg noenlunde jevnt nedover løpet. Dette er en del av hensikten med vollen og en følge av både linjeføringen og kanalbredden. Dette gjør at funksjonen kan opprettholdes også for påfølgende snøskred som måtte gå samme vinter.



Figur 8. Snøskred fra begynnelsen av mars 2016. Skredet har gått ned 3/4 av vollengden og har fordelt seg nokså jevnt i kanalen.



Figur 9. Snøskredet fra begynnelsen av mars 2016 viser ikke tendens til oppstuvning av skredmasser eller vesentlig grad av klatring langs vallsiden. Der det er noe tendens til klatring er i området hvor vollen har bort imot den største effektive høyden.

4 Konklusjon

Ut fra simuleringer og skredobservasjoner antar vi at vollen oppfyller funksjonen som var hensikten med sikringsanlegget. Det er ikke grunnlag for å si at endringene av utforming av vollen vil føre til at faresonene som var angitt i forhold til den opprinnelig planlagte vollen må utvides. På grunn av snøskypeproblematikken er det på den andre siden heller ikke holdepunkt for å redusere av utbredelsen av faresonene, selv om vollen stedvis er høyere enn planlagt.

På grunn av en viss iboende usikkerhet i teorigrunnet for denne type tiltak og fordi det vil være en verdifull anledning til å skaffe nyttig erfaring med funksjonen av et anlegg av dette omfanget, vil vi foreslå overvåkning og registrering av kommende snøskred ved anlegget. NGI kan være behjelpelig med konkretisering av et opplegg for overvåkning og registrering.

5 Referanser

- Christen, M.; Kowalski, J. & Bartelt, P. (2010). RAMMS: Numerical simulation of dense snow avalanches in three-dimensional terrain. *Cold Regions Science and Technology*, 63, 1-14.
- Jóhannesson, T.; Gauer, P.; Issler, D. & Lied, K. (Eds.) (2009). *The design of avalanche protection dams. Recent practical and theoretical developments* European Commission, Directorate-General for Research
- NGI Rapport 20071898-1 Gjølmunna, Stryn. Vurdering av fare for skred for planlagte byggeområder. 25. januar 2008. Aaland Arkitektkontor AS
- NGI 20110102-00-2-R. Gjølmunna, Loen, Stryn kommune: Beskrivelse av skredsikringsvoll
- NGI Teknisk notat 20111008-00-3-TN. Endring av faresoner etter bygging av stor voll. 27. april 2012
- NGI Teknisk notat 20111008-00-6-TN. Faresoner etter bygging av voll for sikring av eksisterende bebyggelse, sikringsnivå 1/333 årlig sannsynlighet. 6. juli 2012.
- NGI Teknisk notat 20111008-00-2-TN. Gjølmunna, Loen Kostnadssparende modifisering av voll. 30. januar 2012.
- NGI Teknisk notat 20111008-00-4-TN Voll for sikring av eksisterende bebyggelse, sikringsnivå 1/333 årlig sannsynlighet
- NGI Rapport 20130410-01-TN Gjølmunna, Loen. Skredsikring av enkeltbygninger til 1/333 årlig sannsynlighet

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Faresoner etter ferdigstilling		Dokumentnr./Document no. 20160581-01-R
Dokumenttype/Type of document Rapport / Report	Oppdragsgiver/Client Norges vassdrags- og energidirektorat	Dato/Date 2017-06-29
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract Oppdragsgiver / Client		Rev.nr.&dato/Rev.no.&date 0 /
Distribusjon/Distribution FRI: Kan distribueres av Dokumentsenteret ved henvendelser / FREE: Can be distributed by the Document Centre on request		
Emneord/Keywords Skredfare, sikringstiltak, snøskred, faresone		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Sogn og Fjordane	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Stryn	Feltnavn/Field name
Sted/Location Loen	Sted/Location
Kartblad/Map	Felt, blokknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: Øst: Nord:	Koordinater/Coordinates Projeksjon, datum: Øst: Nord:

Dokumentkontroll/Document control Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev/Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll av/ Self review by:	Sidemanns-kontroll av/ Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/ Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/ Inter-disciplinary review by:
0	Originaldokument	2017-06-27 Kristen Kristensen	2017-06-28 PeterGauer		

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 29. juni 2017	Prosjektleder/Project Manager Kristen Kristensen
--	-----------------------------------	--

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

