

Til: Aurland kommune
v/ Tor Mikkel Tokvam
Kopi til:
Dato: 2016-03-18
Rev.nr. / Rev.dato: 0 /
Dokumentnr.: 20160240-01-TN
Prosjekt: Skjerping - Flåm. Sikringstiltak med tunnelmasser
Prosjektleder: Ulrik Domaas
Utarbeidet av: Ulrik Domaas, Arni Jonsson, Peter Gauer
Kontrollert av: Peter Gauer

Sikringsforslag Flåm kommunalt lagerområde

Innhold

1	Innledning	2
2	Skredfare	2
2.1	Steinsprang	2
2.2	Snøskred	3
2.3	Flomskred	4
3	Sikringsforslag	5

Kart 01. Beregning av flomskred

Kart 02. Beregning av snøskred (bruddkant 1m)

Kart 03. Beregning av snøskred (bruddkant 0,5m)

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

Viser til oppdragsbekreftelse (ref. bestilling epost av 18.2.2016, Tor Mikkel Tokvam). Arbeidet omfatter tre sikringstiltak i Aurland kommune. Foreliggende arbeid gjelder pkt 3. Flåm kommunalt lagerområde.

Arbeidet omfatter:

- Vurdering av skredfaren i de tre områdene, primært snø- og flomskred. Det kan være noe steinsprangproblem som også må tas hensyn til.
- Beregning av skredutbredelse med dynamisk skredmodell RAMMS og MOT-Voellmy.
- Beregning av nødvendig sikringstiltak basert på modellbruk og erfaring.
- Skissering av sikringstiltak for å fange opp skredmasser, evt lede snøskred forbi aktuelt område.
- Løsningene diskuteres med kommunen for evt justeringer.
- NGI vil deretter prosjektere framkomne sikringstiltak.
- Anbudsutarbeidelse kan vi bistå med om det er aktuelt.

Vi er kjent med at utbedringsarbeidene i tunnel starte i mai og vi vil søke å levere forslagene relatert til oppstart. Utarbeidelse av anbudsdokumenter kan gjøres om ønskelig men er ikke avklart ennå.

Rapport om beregninger, sikringsløsninger. Plantegninger som viser omfang av tiltak. For byggefasen leveres digitale modeller og eller detaljerte byggetegninger ved behov.

På grunn av kort tidsfrist er det ikke utført klimavurdering i denne omgang, kun benyttet erfaringen vi har med værforholdene for området. Dersom det er ønskelig med mer detaljer kan vi utføre dette på et senere tidspunkt.

I epostutvekslingen framkom ønsker om plasseringen av tiltaket inntil foten av fjellsiden slik at det dekker hele lagerplassen. Vår vurdering baserer seg på denne plasseringen i det videre.

2 Skredfare

Det aktuelle området i Flåm er utsatt for flomskred, snøskred og steinsprang. Vi har vurdert og beregnet rekkevidde til snøskred og flomskred og har erfaring med steinspranghendelser i området.

2.1 Steinsprang

Et steinsprang gikk inn på lagerområdet i 1995 og det kom mange steinblokker ned i den flate dalbunnen (Ref. Sogn Avis april 1995). Den største blokka var ca 3 m³. Fra tidligere

ligger det ei blokk på oppsiden av veien som er ca 60 m^3 ($5 \text{ m} \times 4 \text{ m} \times 3 \text{ m}$). Den bratte delen av fjellsiden her når opp i ca 1000 m høyde og steinsprang kan få stor rekkevidde her. Erfaringsmessig kan steinsprang i sjeldne tilfeller trolig nå inn på lagerområdet. Et sikringstiltak bør derfor kunne stanse steinblokker av normal størrelse. Steinblokker på størrelse med den største i området er sjelden forekomster og lar seg vanskelig sikre mot. Sikringen som er forslås forventes å stanse det meste av steinblokker som er noen kubikkmeter store.

2.2 Snøskred

Utløsningsområdene er bratte, rundt 40 – 45 grader. Det er snøskred fra tre utløsningsområder under Kyrjukelen som kan gi snøskred i retning av den kommunale lagerplassen (Figur 1).

Snømengdene i området for normalperioden 1971-2000 er 40 cm i dalbunnen og 120 cm i toppområdene (normalfordelt). Vår vurdering av mulige snøhøyder under toppen av Kyrjukelen tilsier at en sannsynlig maksimal verdi kan være rundt 1 m snø med en 1000 års returperiode.

Det er flere faktorer foruten klima som virker inn og det viktigste er at utløsningsområdene her er for bratte til at mye snø kan legge seg ut før skred vil løsne. Trolig vil skred løsne før det legger seg 1m snø i utløsningsområdet så beregningen er trolig konservativ.

Beregningen av snøskred er utført med en dynamisk modell MoT-Voellmy utviklet av NGI og gir resultater tilsvarende RAMMS-snøskred. Eksempel på resultat fra beregningene er vist på Kart 02. Beregningene gir en indikasjon på hastighetene av snøskred.

Rekkevidden av snøskred i området virker rimelig og snøskred kan dermed nå ned til elva med en 1000-års returperiode. Skredvolumene er moderate, dvs at utløsningsområdene er beregnet til ca 5000 m^2 for det sørligste området, $15\,000 \text{ m}^2$ for det midtre og 4000 m^2 for det nordligste området. Det er lite trolig at skredene går ut samtidig og det midterste skredet kan komme ned til vollen med anslagsvis $20\,000 \text{ m}^3$ skredsnø (+/- $10\,000 \text{ m}^3$). Dette er moderat skredstørrelse. Våte snøskred vil kunne stanses av fangvollen forutsatt tilstrekkelig volum på innsiden av vollen, anslagsvis $1000 \text{ m}^3/\text{lm}$ voll. Foreløpig er det ikke gjort beregninger av voll/utgraving men på Figur 3 som viser et 3D utsnitt av vollen er det tydelig at terrenget der vollen ønskes plassert er litt i bratteste laget til å fange våtsnøskred uten terrenginngrep ovenfor vollen.

Tørrskred forventes å bli relativt små og vollen kan trolig fange det meste av skredsnøen. Snøsky kan utvikle seg for tørre snøskred og trykke kan bli over 2 kPa og kan skade bygg i vanlige trekonstruksjoner. Bygninger som plasseres der kraften fra snøskya er sterkest kan forsterkes til å tåle belastningene. Detaljerte beregninger av trykk kan utføres dersom det blir aktuelt.



Figur 1 Foto av fjellsiden vinterstid

2.3 Flomskred

Det er utført beregninger av flomskred med antakelse av utløsningsområder innunder de øverste bratte partiene ved bruk av beregningsmodellen RAMMS. Beregningene er vist på Kart 01. Terrenget i dalbunnen er vist med Figur 2.

Hastigheten nede ved vollen kan være rundt 10 – 15 m/s og hoveddelen av flomskredmassene vil eroderes ned langs talus. I øvre del av flomskredløpene er det lite løsmasser. Fangvollen som vi har foreslått kan mest sannsynlig stoppe flomskredmassene som kan forventes i dette området. Detaljprosjektering vil vise nødvendig oppsamlingsvolum bak vollen.

Ved plassering av sprengsteinen fra tunnelarbeidene til sikring vil det være nødvendig å jevne ut terrenget der massene skal plasseres. Flomskred kan fylle opp volumet bak vollen og redusere effekten av fangvollen. Skredmasser bør fjernes etter hvert flomskred. Flomskred inntreffer relativt ofte i dette området og en del vedlikehold av området bak vollen må derfor påregnes.



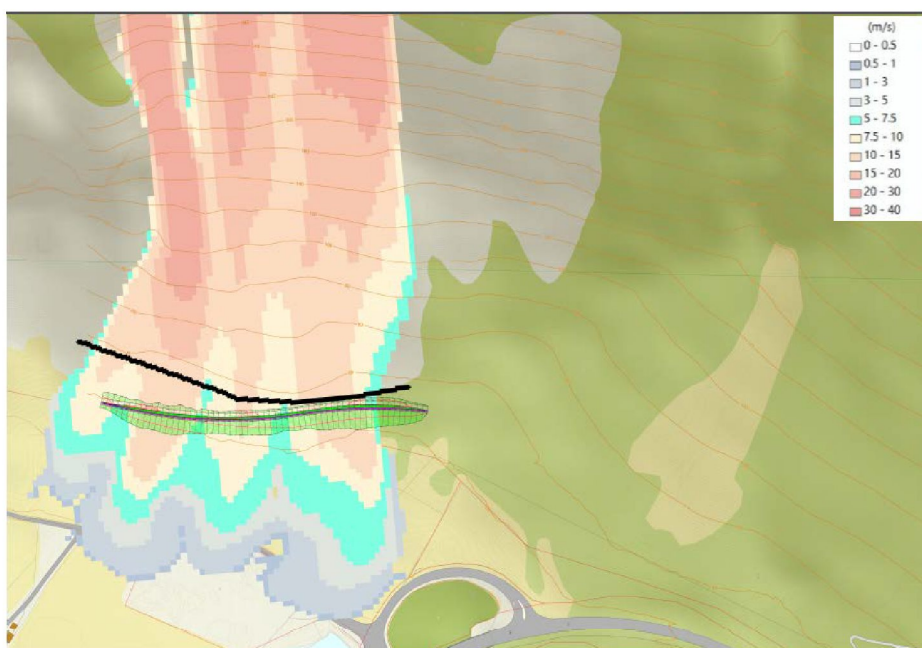
Figur 2 Figuren viser avsetninger fra flomskred sør for lagerplassen (Utsnitt fra: www.seeiendom.no).

3 Sikringsforslag

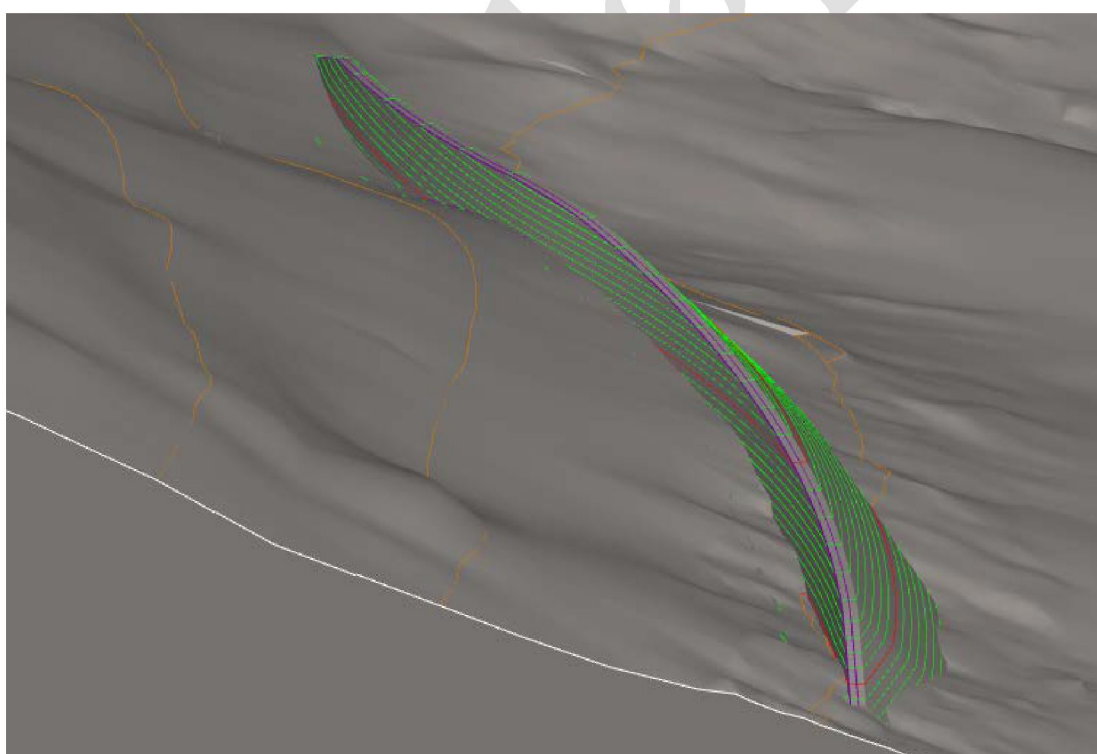
En utfordring med plasseringen som er ønsket er at det må tas ut masse ovenfor vollen for å få vannet drenert ut til ene siden med et jevnt fall Figur 3. Som Figur 4 viser er det vanskelig å få til en effektiv fangvoll uten å fjerne mye løsmasse fra skråningen ovenfor vollen for å lage et tilstrekkelig stort oppsamlingsvolum for snøskred.

Våte snøskred vil kunne stanses av fangvollen forutsatt tilstrekkelig volum på innsiden av vollen, anslagsvis $1000\text{m}^3/\text{lm}$ voll. Foreløpig er det ikke gjort beregninger av voll/utgraving men på Figur 3 som viser et 3D utsnitt av vollen er det tydelig at terrenget der vollen ønskes plassert et litt i bratteste laget til å fange våtsnøskred uten terrenginngrep ovenfor vollen.

Fangvollen kan fange opp det meste av skredsnøen i tørre snøskred som nevnt i Kap.2.2. Dersom det er akutelt å sette opp bygg nedenfor vollen bør disse dimensjoneres til å tåle trykket fra snøskyen som kan utvikles. I tillegg bør det være en buffersone like nedenfor vollen hvor det ikke bygges. Beregninger av kreften kan utføres detaljert om ønskelig.



Figur 3 Plassering av fangvoll (grønn). Dimensjonerende hastighet for voll ca ved svart strek.



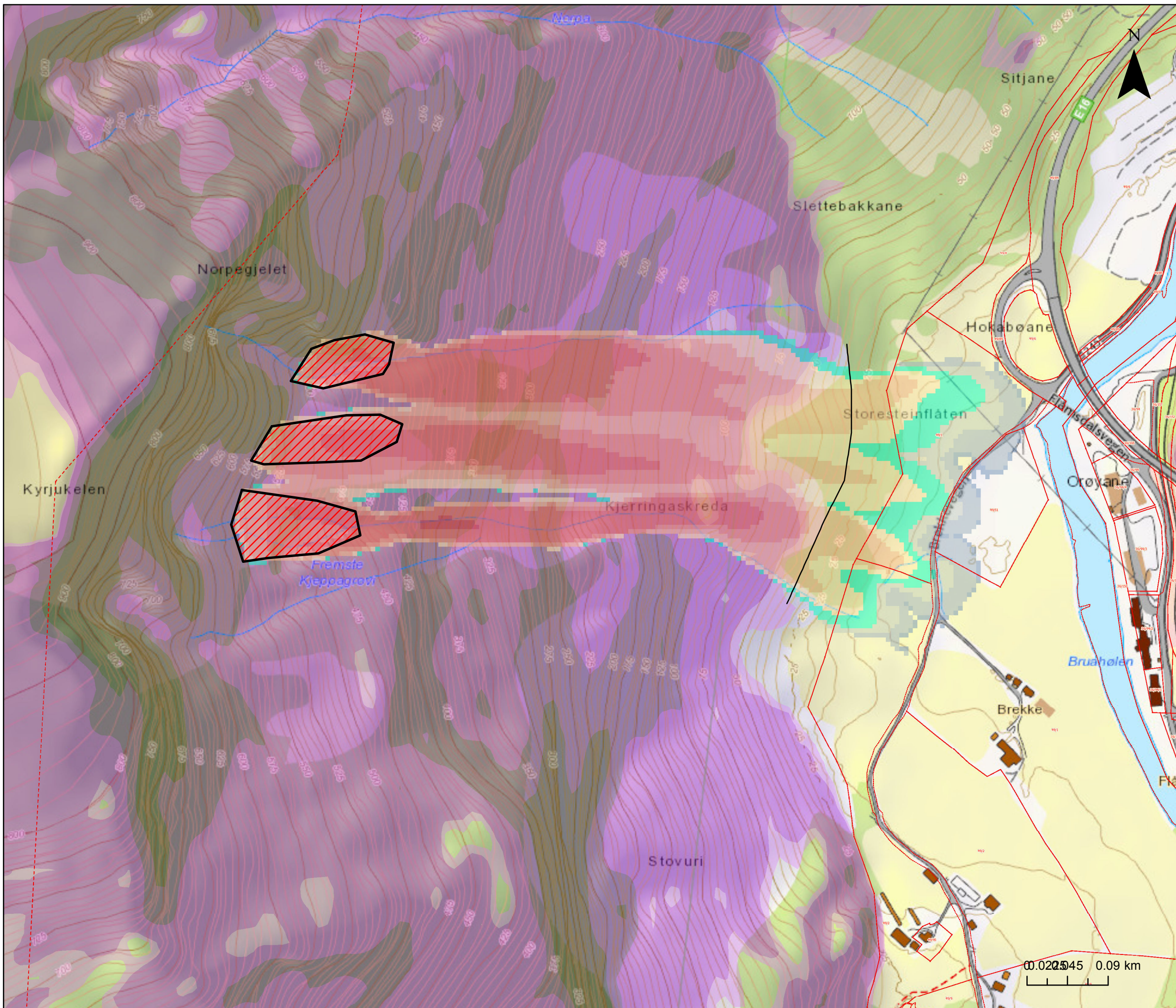
Figur 4 3D figur av foreslått vollplassering litt ovenfor den flate dalbunnen. I midtre del av vollen er terrenget noe høyere og utgraving evt utforming kan justeres.

4 Konklusjon

Det er mulig å plassere voll som ønsket, men det er fortsatt noe restrisiko forbundet med denne plasseringen mht tørrsnøskred. Området nedenfor vollen vil ikke uten videre tilfredsstille dagens krav til sikkerhet for ny bebyggelse. Bygg som settes opp nedenfor vollen må derfor forsterkes mot trykk fra skredskyen for å tilfredsstille kravene i TEK10 7.3. Det bør samtidig være en buffersone nedenfor vollen for mindre overløp av den fase skredsnøen.

Dette arbeidet er utført på relativt kort tid og det kunne være ønskelig å gjøre en mer grundig vurdering av klima og snøforhold for å gi et bedre estimat på sannsynlighet for skredutløsning og rekkevidde/faresoner.

Foreløpig



Tegnforklaring

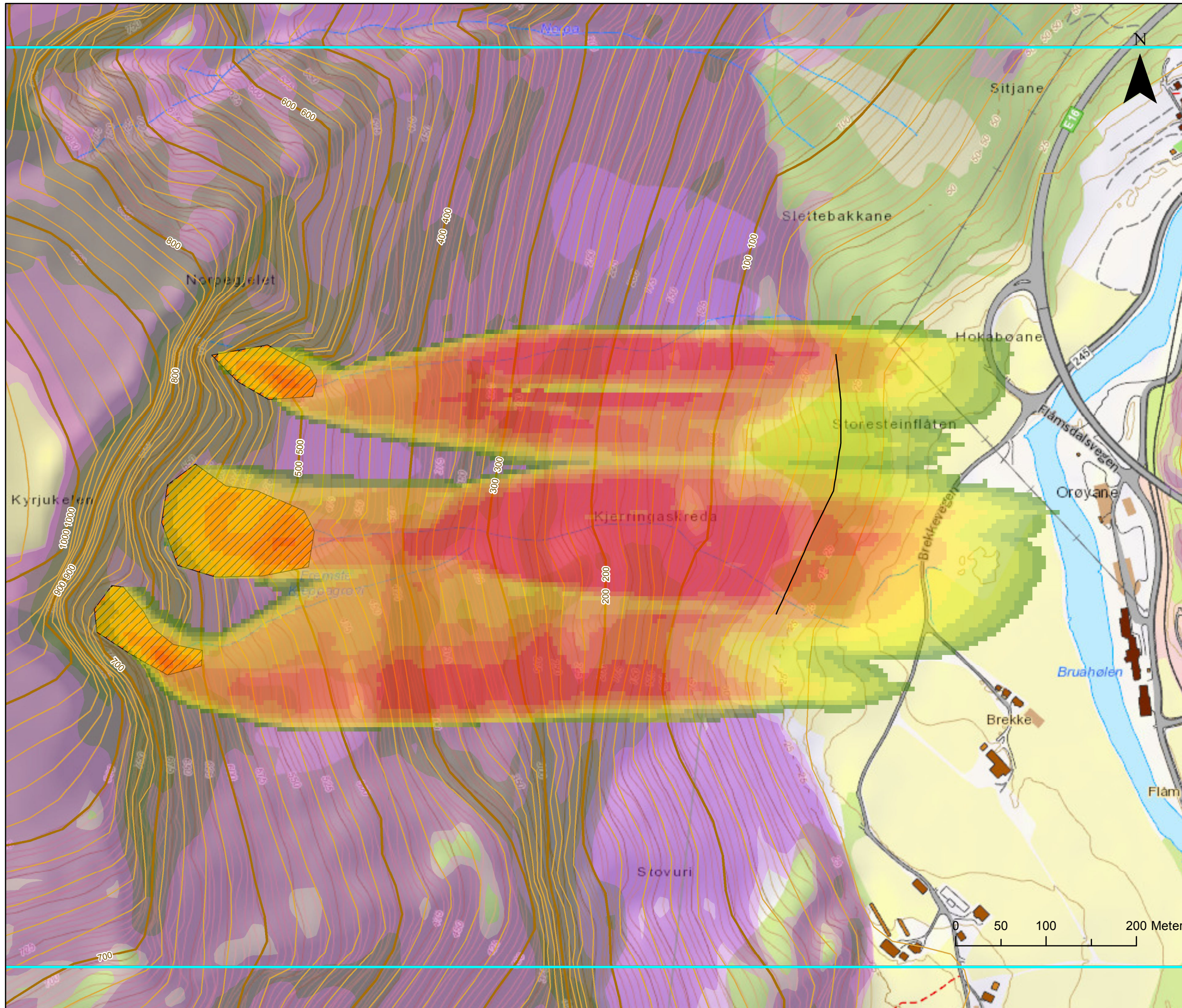
release_area

RA01_A1_a321_D100_MU005XI750_FS

- 0 - 0.5
- 0.5 - 1
- 1 - 3
- 3 - 5
- 5 - 7.5
- 7 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- 30 - 40

Målestokk (A3): 1:4.000

Aurland kommune		
Sikringstiltak Flåm.	Prosjektnr. 20160240	Kart nr. 01
Beregning av flomskred mot Lagerplassen.	Utført PG	Dato 2016-03-18
	Kontrollert UD	Godkjent UD

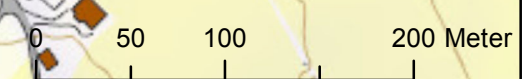


Tegnforklaring

- Hastighet m/s (A1_s_max.bt)**
- 0
 - 0 - 5
 - 5 - 10
 - 10 - 15
 - 15 - 20
 - 20 - 25
 - 25 - 30
 - 30 - 35
 - 35 - 40
 - 40 - 50
 - Beregningsområde
 - Utløsningsområde
 - Tellekurver (20m)

Målestokk (A3): 1:4.000 Datum: Euref89, Kartprojeksjon: UTM XX

Aurland kommune		
Sikringstiltak Flåm	Prosjektnr. 20160240	Kart nr. 02
Beregning av snøskred mot Lagerplassen	Utført UD	Dato 20XX-MM-DD
	Kontrollert PG	Godkjent UD



Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Sikringsforslag Flåm kommunalt lagerområde		Dokumentnr./Document no. 20160240-01-TN
Dokumenttype/Type of document Teknisk notat / Technical note	Oppdragsgiver/Client Aurland kommune	Dato/Date 2016-03-18
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/Proprietary rights to the document according to contract Oppdragsgiver / Client		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 Snøskred, flomskred, steinskred		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Sogn og Fjordane	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality Aurland	Felt navn/Field name
Sted/Location Flåm	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	Velg kontrolldato Ulrik Domaas	Velg kontrolldato Peter Gauer	Velg kontrolldato Ditt navn her	Velg kontrolldato Ditt navn her

Dokument godkjent for utsendelse/Document approved for release	Dato/Date 18. mars 2016	Prosjektleder/Project Manager Ulrik Domaas
---	-----------------------------------	--

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 datterselskap 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 laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

www.ngi.no

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 tredjemand 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.

