14/127

Beregnet til
Jørn Svanborg, Lesja kommune

Dokument type
Rapport

Dato
06, 2014

HYTTEFELT BJORLI. VURDERING AV SNØSKRED OG SIKRINGSTILTAK

RAMBØLL

HYTTEFELT BJORLI. VURDERING AV SNØSKRED OG SIKRINGSTILTAK

Revisjon	**0**
Dato	**17-06-2014**
Utført av	**Cmotrh**
Kontrollert av	**Mbptrh**
Godkjent av	**Fjntrh**
Beskrivelse	**Sikringstiltak i gammelt skredløp**

Ref. 01

Rambøll
Mellomila 79
N-7493 Trondheim
T +47 73 84 10 00
F +47 73 84 10 60
www.ramboll.no

INNHOLDSFORTEGNELSE

1.	**Innledning**	**1**
2.	**Resultater fra Detaljkartlegging og ny vurdering av løsneområder**	**1**
2.1	Terrenghelninger	1
2.2	Skog	1
2.3	Skredløp	3
2.4	Ny vurdering av løsneområdene	4
3.	**Ny Vurdering av faresonen**	**7**
3.1	Snødybde i løsneområdet	7
3.2	Utløpsområde valg av metode	8
3.3	Modellering	8
3.4	Justering av faresone med nominell sannsynlighet på 1/1000	8
4.	**Risikovurdering for vurdering av sikringstiltak**	**10**
5.	**Vurdering av sikringstiltak i løsneområdene**	**10**
6.	**Dimensjonering og kostnadene for støtteforbygninger**	**11**
7.	**Kort Sammendrag og anbefaling for området**	**12**
8.	**Referanseliste**	**13**

TABELL: FIGURER I RAPPORTEN

Figur 1: Skredløp og løsneområdet for snøskred under Kongelberget..... 2
Figur 2: Løsneområdet under Kongelberget...... 2
Figur 3: Skjev vekst av skog som skyldes snølast om vinteren. (Snøsig)..... 3
Figur 4: Skjev vekst av skog som skyldes snølast om vinteren. (Snøsig)..... 3
Figur 5: Bart fjell i skredløpet. 4
Figur 6: Faresone 1/1000 og dimensjonerende løsneområder..... 5
Figur 7: Fjellskrent mellom 800 og 830 moh. 5
Figur 8: Området nedenfor fjellskrenten. Gammel bjørkeskog som er mer enn 15 år gammel..... 6
Figur 9: Ny lokalisering av løsneområder..... 6
Figur 10: Klimastasjon Bjorli fra senorge.no (3)..... 7
Figur 11: Inngangsparameter i ny utvalgte løsneområder for modelleringer i RAMMS..... 9
Figur 12: Resultater fra RAMMS. 9
Figur 13: Ny faresone 1/1000..... 10
Figur 14: Omtrentlig plassering av støtteforbygninger i begge løsneområdene. 11
Figur 15: Omtrentlig plassering av støtteforbygninger med Dk = 2m i begge løsneområdene. 12

VEDLEGG

Vedlegg 1
Befarings-logg

Vedlegg 2
Helningskart

Vedlegg 3
Skredhistorikk fra NVE og observasjoner i terrenget

Vedlegg 4
Grovanslag høyde av fangvoll

Vedlegg 5
Dimensjonering av støtteforbygninger mot Snøskred
1. Løsneområde Midt
2. Løsneområde under Kongelberget

Vedlegg 6
1. Faresonekart 1/1000
2. Faresonekart 1/1000 med flyfoto

1. INNLEDNING

Rambøll Norge har fått i oppdrag å prosjektere sikringstiltak for et område som skal reguleres til hyttefelt ved Bjorli i Lesja kommune. Øvre del av hyttefeltet ligger innenfor faresonen for snøskred med nominell årlig sannsynlighet på >1/1000.
For å finne egnet sikringstiltak ble området av gammelt skredløp kartlagt i detalj og ved hjelp av nye modellberegninger kunne løsneområdet under Kongelberget begrenses ytterligere.

2. RESULTATER FRA DETALJKARTLEGGING OG NY VURDERING AV LØSNEOMRÅDER

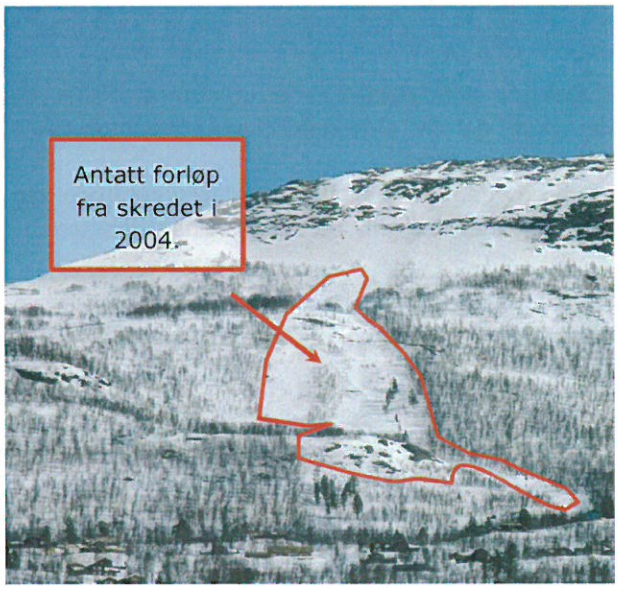
For å kunne prosjektere best mulig sikringstiltak for hyttefeltet ble det foretatt en ny befaring av området. Befaringen ble gjennomført den 20. mai 2014 av Christiane Mögele for Rambøll Norge og Jørn Svanborg fra Lesja kommune. På befaringsdagen var det oppholdsvær og det lå noen snøfonner i bakken.
Inntrykket av landskap og terreng var et litt annet på denne befaringen, etter en vinter med lavere snømengde enn ved befaringen for faresonekartleggingen den 16. mars 2012, se Figur 1 og Figur 2. Terrengformene vistes mere tydelig uten snø og det har blitt observert flere fjellskrenter, som ikke er synlig på helningskartet (Vedlegg 2).

2.1 Terrenghelninger

Hytteområdet ligger med ytterste hjørne ved 795 moh, i slakt terreng med helninger på 0 til 25 grader. Bak hyttefeltet stiger terrenget med 10 til 25 grader opp til en fjellskrent ved 815 moh. Terrenget under og i fjellskrenten er bevokst med bjørkeskog, som er beskrevet nærmere i kap.2.2. Ved 845 moh., ovenfor fjellskrentene går terrenget over til et lite platå, som ligger midt ovenfor hyttefeltet. Bakenfor platået er en renne som førløper i NØ-SV retning. Deretter stiger terrenget med 20 til 45 grader opp til 950moh i nordøst og 980moh mer sørøst ovenfor hyttefeltet. Det følger et slakere parti på 5 til 20 grader til 1000 moh., som faller sammen med skoggrensen. Etter det stiger terrenget først med 20 til 40 grader til 1020 moh. og går over til bratte fjellvegger med opp til 76 grader terrenghelning til 1105 moh. Deretter slakes terrenget igjen ut og går med 5 til 20 grader opp til Kongelberget, som ligger ved 1175 moh.

2.2 Skog

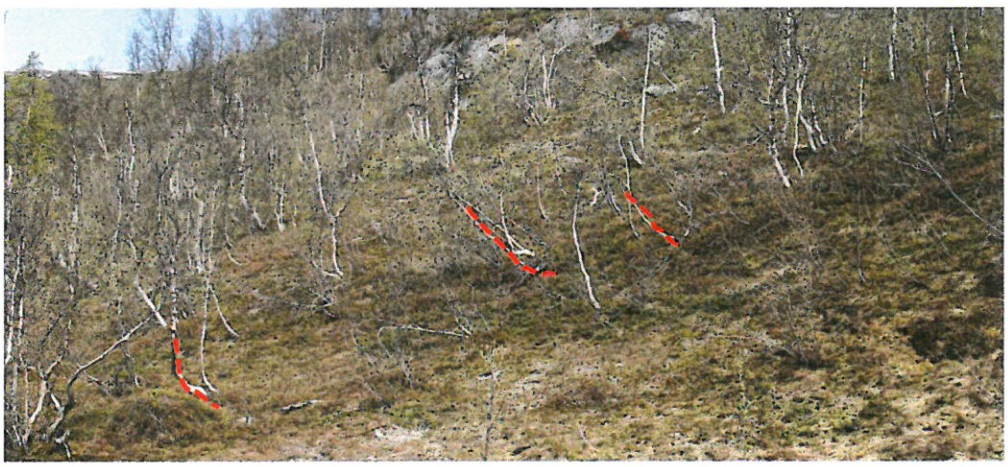
Skogen i området ovenfor hyttefeltet består av bjørk og enkelte furu. Trærne står meget tett med en anslått avstand på maksimal 2-4 m mellom trestammene. Diameter av trestammene til bjørk varierer mellom 2 til 25 cm. Bjørketrær oppnår høyder på opp til 4 m og viser ofte skjev vekst på trestammer, som resultat av store laster fra snødekket om vinteren (Figur 3 og 4).
Siden bjørkene viser tydelig skjev vekst og ser ut til å dø etter å ha nådd en høyde på omtrent 6 m, vurderes skogen til ikke å ha noen stoppende virkning på potensielle skred. Men der det vokser skog er det mindre sannsynlig at det vil løsne snøskred.



Figur 1: Skredløp og løsneområdet for snøskred under Kongelberget.

Figur 2: Løsneområdet under Kongelberget.

Figur 3: Skjev vekst av skog som skyldes snølast om vinteren. (Snøsig)



Figur 4: Skjev vekst av skog som skyldes snølast om vinteren. (Snøsig)

2.3 Skredløp

Tydelige spor etter et skred som har løsnet under Kongelberget ved 1030 moh er tydelig synlig i terrenget, pga. manglende og yngre bjørkeskog som vokser i skredløpet. Det antas at skredløpet stammer fra snøskredet som ble løst ut av en skiløper våren 2004 (1).

Løsneområdet til skredet ligger i en slags søkk, som grenser mot fjellskrenten mot nord. Vind fra nordøst, som er hovedvindretning for området kan føre til at snøen akkumulerer noe bak fjellskrenten. Snøen ligger også langt ut over våren i dette området, noe som kunne observeres ved befaringen (Figur 9).

Skredløpet er stort sett fritt for steinblokker. Mellom 900 og 950 moh. er terrenget stort sett bart (Figur 5). Det vises tydelige renner i skredløpet. Utløpet av skredet er noe diffust og vanskelig å fastsette. Det er mulig at noe av skredmassene har gått over fjellskrenten men må ha stoppet i bjørkeskogen under skrenten, siden trærne der stort sett eldre enn 10 år. I rennen sør for fjellskrenten er terrenget skogfritt og det vises bart fjell på ortofoto (2). Skredet har trolig stoppet ved utflatingen av terrenget ved 770 moh.

På Skrednett (1) er det angitt at skredet hadde et volum på 60.000 m³. Dette virker litt urealistisk siden det skredløpet som er vist på ortofoto har i startfasen bare en bredde på omtrent 30m og utvider seg mer vifteartig nedover.

Figur 5: Bart fjell i skredløpet.

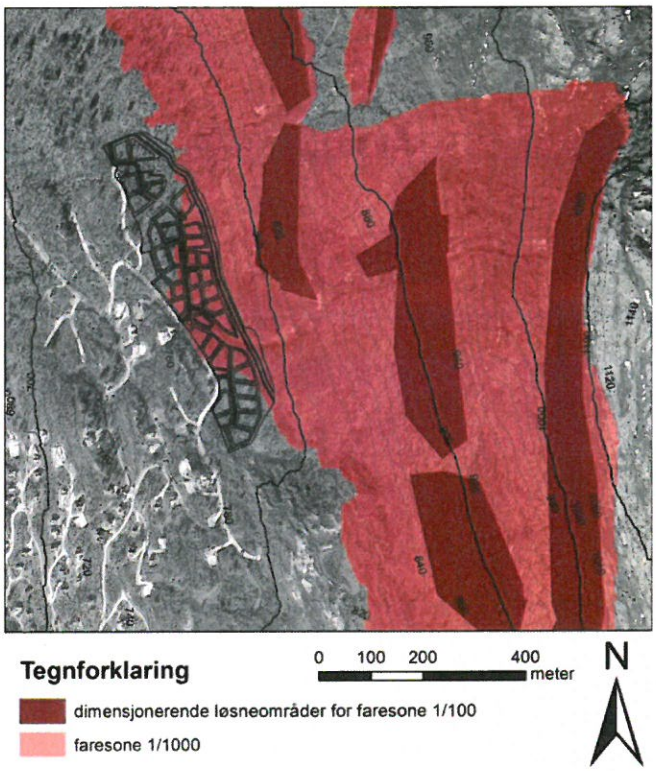
2.4 Ny vurdering av løsneområdene

Etter gjennomført befaring ble løsneområdene og skredløpet som er beskrevet i tidligere rapporter vurdert på nytt.

Dimensjonerende løsneområder for faresonen er vist på kart, Figur 6. Det har vist seg etter befaringen med snøfritt terreng, at det finnes en del forhold, som gjør at løsneområdene kan endres litt.
I løsneområdet mellom 800 og 840 moh. ble det observert en del fjellskrenter med helning på opp til 60 grader, Figur 7. Det vil ikke legge seg opp store snømengder i brattsidene. Terrenghelning fra hyttefelt til brattkanten har terrenghelninger på mindre enn 25 grader. Terrenghelning og gammel bjørkeskog med stammediameter på 10 - 20 cm, vist i Figur 8, gjør at det er usannsynlig at det vil løsne snøskred i området. Samme forhold finnes i alle områder som ligger i skogen. Disse områdene ble derfor tatt ut fra vurderingen.
Da gjenstår løsneområder som ligger i skredløpet mellom.

Løsneområdene ligger i gammelt skredløp mellom 890 og 930 moh. og under Kongelberget mellom 1025 og 1110 moh.

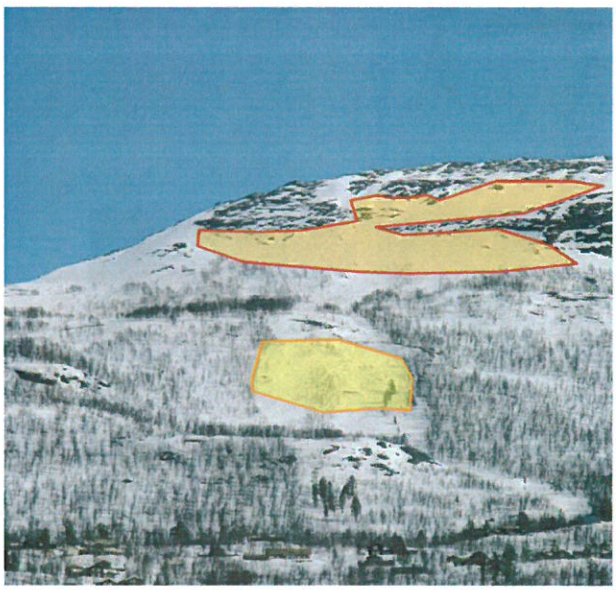
Terrenget i løsneområdet under Kongelberget har varierende terrenghelning.



Figur 6: Faresone 1/1000 og dimensjonerende løsneområder

Figur 7: Fjellskrent mellom 800 og 830 moh.

Figur 8: Området nedenfor fjellskrenten. Gammel bjørkeskog som er mer enn 15 år gammel.



Figur 9: Ny lokalisering av løsneområder.

3. NY VURDERING AV FARESONEN

Befaringen har ført til nye og mer nøyaktige opplysninger om situasjonen i løsneområdene. Basert på de nye vurderinger ble faresonen vurdert på nytt.

3.1 Snødybde i løsneområdet

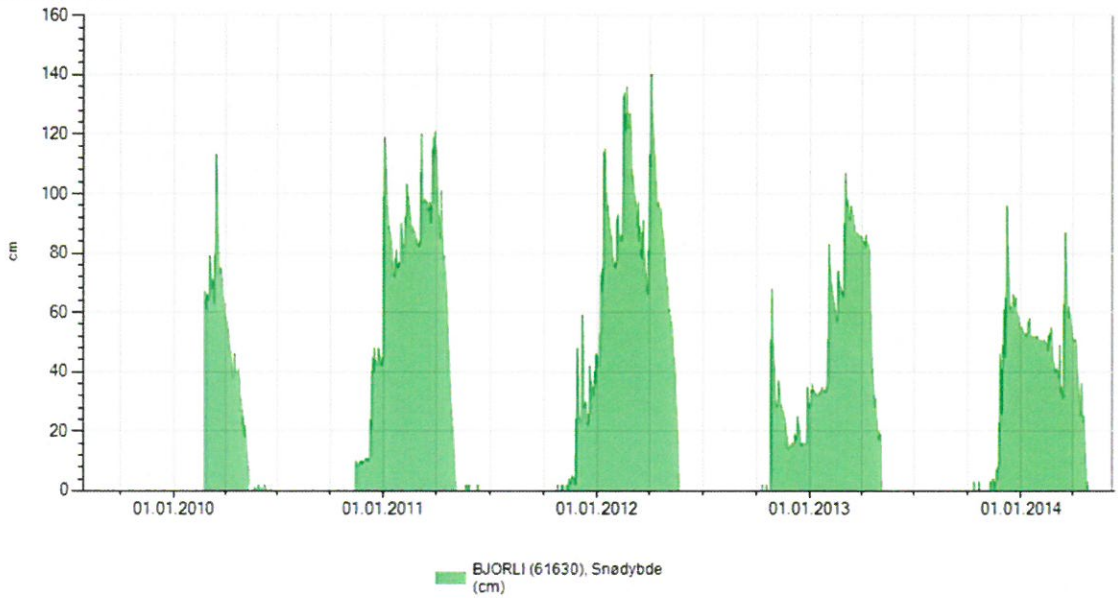
Det foreligger ingen direkte målinger av snødybden i løsneområdet, men den ble observert i tidlig vår 2012 og sent vår 2014. Snøen ligger lengst i områder med omtrent 25-40 grader terrenghelning og samler seg bak og under forstikkende fjellskrenter.

Det finnes ingen direkte målinger fra klimastasjoner i umiddelbar nærhet. Derfor inneholder antakelsene noen usikkerheter og er basert på erfaringer fra lignende områder.
Fra klimastasjon i Bjorli, som ligger 579 ved moh., foreligger snødybder fra 2010 til 2014. Maksimal målt snødybde er 140 cm.

Potensielt løsneområde i skredløpet er mot nord og sør avskjermet av tynn bjørkeskog. Området er meget strukturert med bratte fjellskrenter med opp til 60° terrenghelning og mindre brattere partier med terrenghelninger på 27. Gjennomsnittlig helning i dette løsneområde ligger på 30°.

I potensielt løsneområde under Kongelberget er gjennomsnittlig terrenghelning 37° og er også strukturert med bratte fjellkrenter med terrenghelninger mellom 50-70°. I de bratte områdene, som også er tydelig på Figur 9, vil ikke snøen legge seg opp med store tykkelser.

For modelleringer i RAMMS er en snøtykkelse på 150 cm valgt for begge løsneområdene. Dette vil, etter vår vurdering, samsvare maksimale snøtykkelse for et snøskred med en sannsynlighet på 1/1000.



Figur 10: Klimastasjon Bjorli fra senorge.no (3).

3.2 Utløpsområde valg av metode

Som metode for å finne maksimal utløp for snøskred er det valgt å bruke modelleringer med RAMMS (4) istedenfor α-β metoden (5). Dette valg av metode begrunnes med at terrenget er såpass strukturert med fjellskrenter og naturlige voller, noe som ikke kan vurderes med α-β metoden, som er mer egnet til å finne utløp langs ett skredløp uten å ta hensyn til sideterreng.

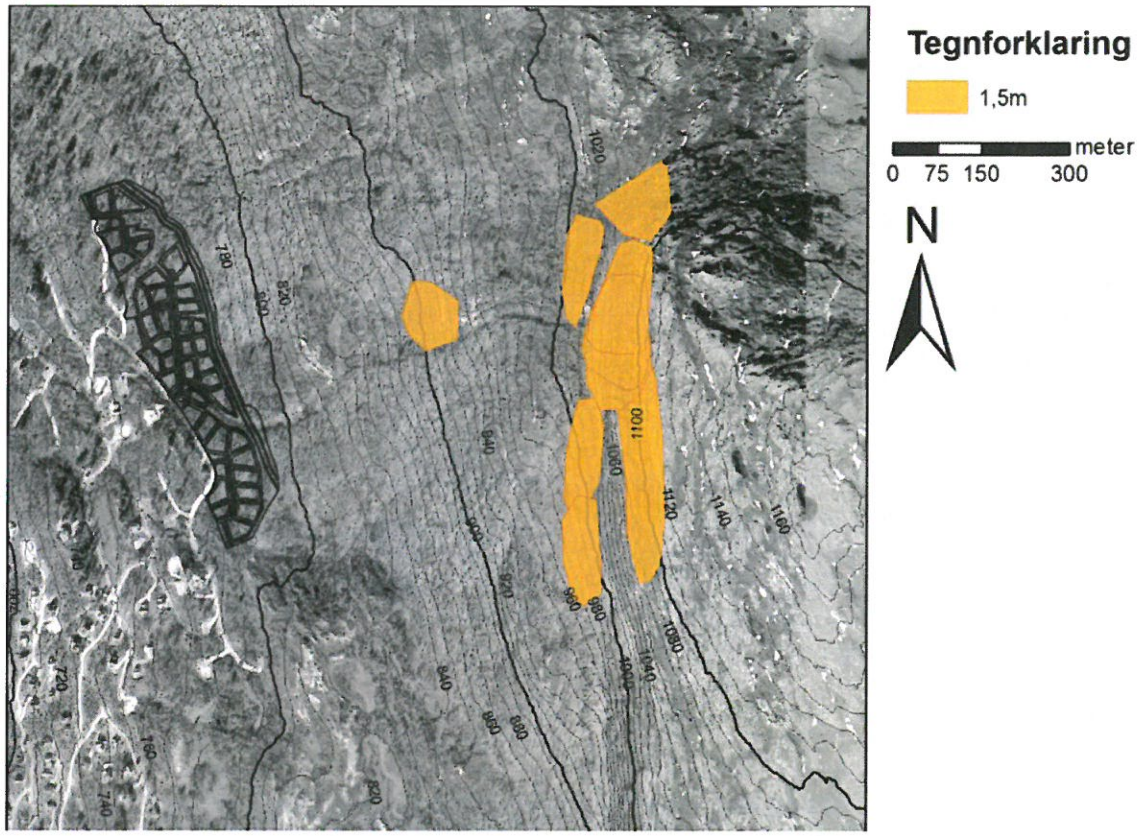
Skredsimuleringsprogrammet RAMMS er utviklet av det sveitsiske institutt for snø- og snøskred forskning (Institut für Schnee- und Lawinenforschung SLF) og det sveitsiske forskningsinstitutt for skog, snø og landskap (Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft WLS). Programmet er basert på Voellmys modell for skreddynamikk og beregner utløpsdistanser, hastigheter og skredvolum. Parameterne som inngår i programmet er løsneområder med snødybde, terrengruhet og friksjonsparametere. Programmet beregner 10, 30, 100 og 300 års tilfeller for ras med forskjellige friksjonskoeffisienter.

3.3 Modellering

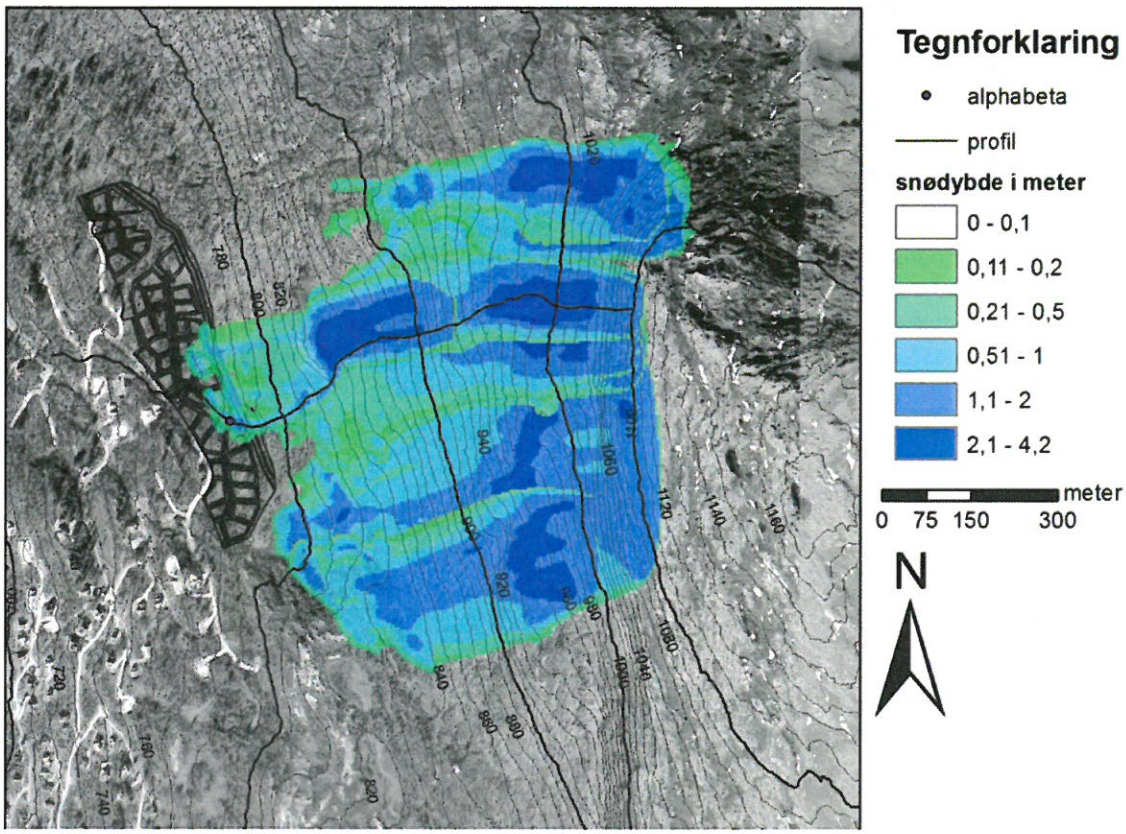
Som parameter i modelleringen med RAMMS ble det valgt å simulere løsneområdene med en snøtykkelse på 150 cm.
Siden terrenget er såpas strukturert er det mer sannsynlig at det løsner mindre skred. Derfor er det i modelleringene brukt skredvolum mellom 8.000 og 37.000 m³, vist i Figur 11.
Resultatene av skredmodelleringer i RAMMS er vist i Figur 12.
Skredløpet ble også vurdert etter α-β metoden og vurdert utløpspunkt ligger i utløpssonen som er modellert med RAMMS, resultatet er også vist i Figur 12.

3.4 Justering av faresone med nominell sannsynlighet på 1/1000

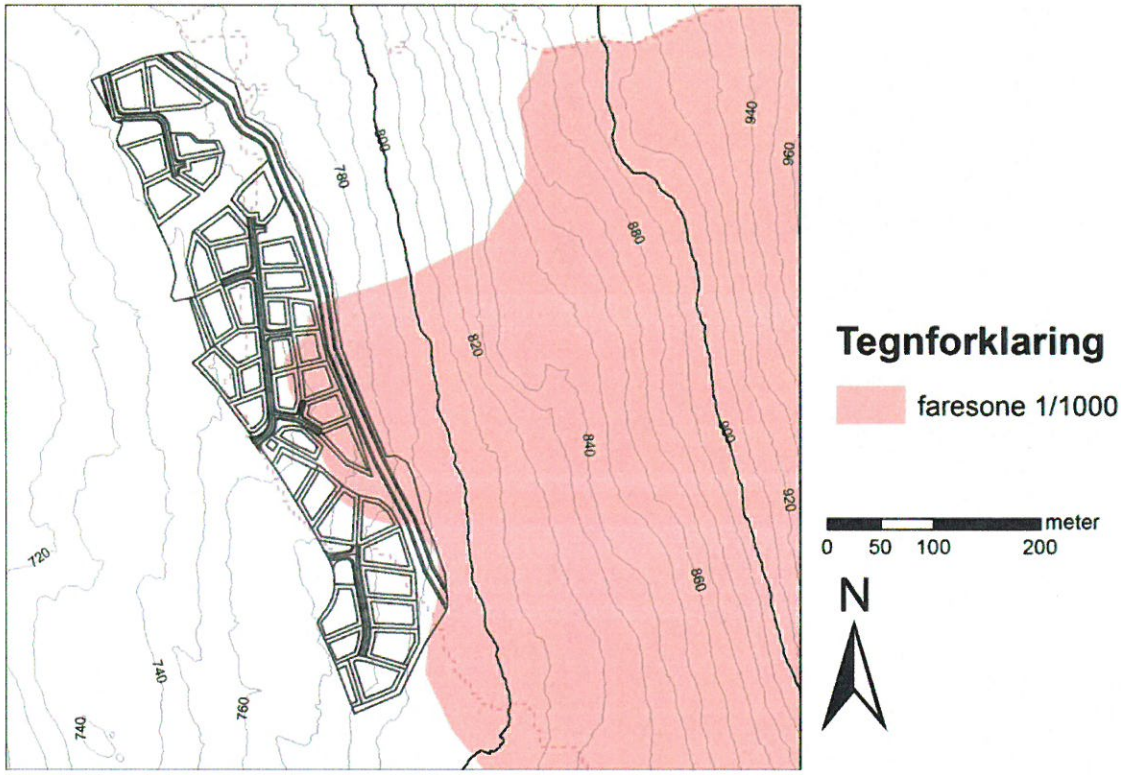
Ifølge ny vurdering av løsneområdene og nye simulering med RAMMS ble faresonen justert noe. Faresonen er vist i Figur 13 og vedlegg 4. Den ligger omtrent 50 m øst for den opprinnelige faresonen 1/1000.
Helt sør i området blir faresonen trukket omtrent 20 m lenger mot vest, noe som skyldes løsneområdet ved 980 moh. Denne sonen kommer ikke i konflikt med hyttefeltet og eksisterende bebyggelse.
Faresonene er basert på statistiske vurderinger og dermed knyttet til noen usikkerheter. Dersom terrenget og forutsetninger forandrer seg stort, bør vurderingene justeres til nye endrede forhold.



Figur 11: Inngangsparameter i ny utvalgte løsneområder for modelleringer i RAMMS.



Figur 12: Resultater fra RAMMS.



Figur 13: Ny faresone 1/1000

4. RISIKOVURDERING FOR VURDERING AV SIKRINGSTILTAK

I de to beskrevne løsneområdene som er mest avgjørende, kan snøen bygges opp, grunnet morfologien av terrenget, som gjør det mulig at snøen blåses ut og akkumuleres bak fjellskrentene i slakere terreng.
Bart fjell har lite friksjon og vannet renner om våren direkte på fjelloverflaten. Dette kan øke risikoen for utglidninger av snødekket.
Siden området for skredløpet ikke er dekket med skog, er det ytterlig fare for at skiløpere som kjører ned i skredløpet løser ut snøskred.
Skredene som løsnes midt i skredløpet eller under Kongelberget vil nå den øverste delen av reguleringsområdet. Derfor beskrives det i det følgende sikringstiltak for begge løsneområdene.

5. VURDERING AV SIKRINGSTILTAK I LØSNEOMRÅDENE

Det er brukt håndbok 283 til Statens Vegvesen (6) til dimensjonering av sikringstiltak mot snøskred. Der sies det at dimensjoneringen blant annet kan foretas i henhold til sveitsiske retningslinjer (7).

Det ble i en tidligere rapport av Rambøll vurdert sikringstiltak mot snøskred. Kort oppsummert var mulighetene a) ny beplantning av skredløpet og løsneområdene, b) en fangvoll eller c) støtteforbygninger i løsneområdene.

a) Beplantning er en løsning som NVE ikke vil godta og som er teknisk vanskelig fordi det er lite matjord og løsmasse i skredløpet, slik at plantene ikke vil kunne vokse.
b) Beregninger viser til at en fangvoll må ha høyder mellom 3 til 6,5 meter, vist i vedlegg 4. Fundamenteringen av en så høy voll i relativt bratt terreng med mellom 10 til 30 grader helning, er meget krevende og det krever mye grunnarbeid og grundig drenering av vannet bak vollen. Derfor ble dette vurdert til å være for kostbart og sjenerende i landskapsbildet.

c) Støtteforbygninger i løsneområdene, som holder snøen på plass, ble valgt ut som best egnet tiltak for formålet.
Støtteforbygninger kan utføres i stål, wirenett og/eller treverk. Treverk brukes ofte som midlertidig tiltak i gamle skredløp for å sikre området til skogen har vokst opp igjen. I løsneområdene ovenfor hyttefeltet finnes det, som nevnt tidligere lite grunnlag for at skogen kan vokse igjen, slik at en midlertidig sikring med støtteforbygninger av treverk ikke anbefales for området her.

6. DIMENSJONERING OG KOSTNADENE FOR STØTTEFOR-BYGNINGER

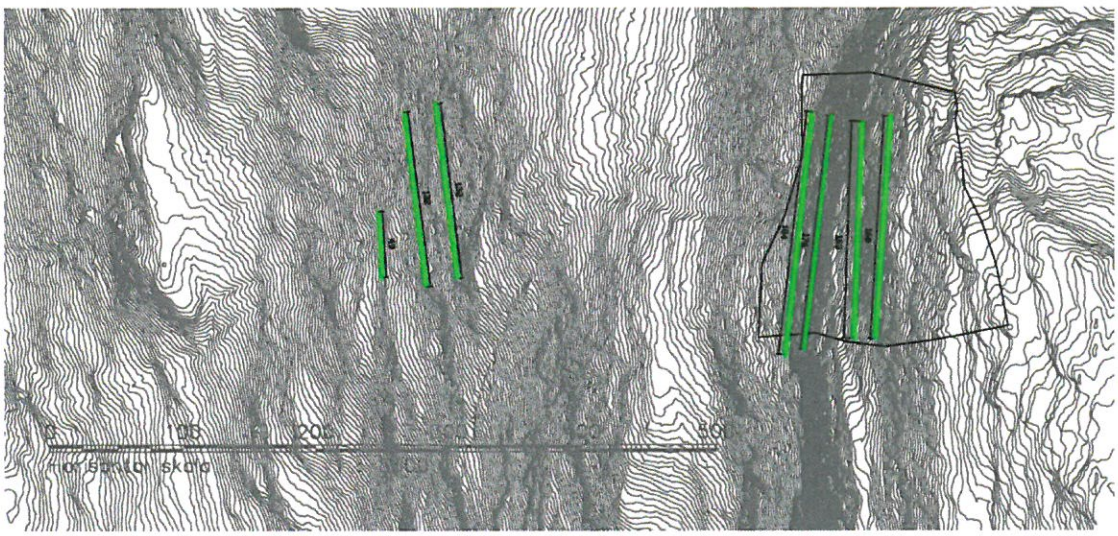
Støtteforbygninger plasseres i løsneområder for snøskred og potensielle løsneområder for snøskred.

Sigetrykk mot forbygninger er beregnet etter (6) og ligger mellom 16 og 28 kN/m2, beregningene er vist i vedlegg 5.

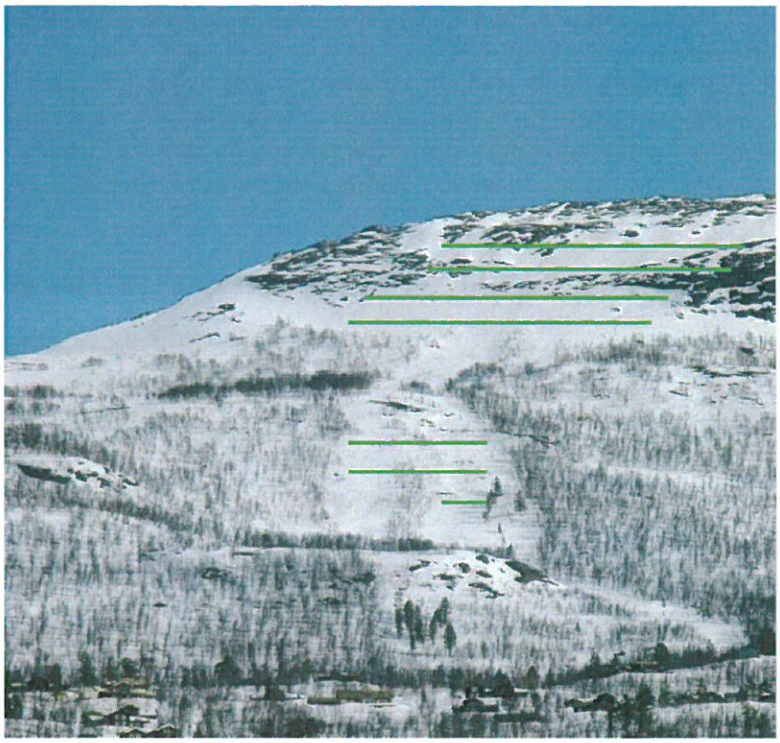
Nett- eller risthøyde for støtteforbygninger løsneområdet midt i skredløpet er, med en gjennomsnittlig terrenghelning på 30°, beregnet til å være 2 m ved en maksimalsnødybde på 150cm og 50cm sikkerhetsmargin. Lengde av forbygninger er omtrent 313 m.

I løsneområdet nedenfor Kongelberget, med en gjennomsnittlig terrenghelning på 37°, bør støtteforbygningene ha en nett- eller risthøyde på 2 m. Lengde av forbygningene er omtrent 691 m.

Totallengde på gjennomgående forbygninger mot snøskred er omtrent 1004 m. Estimert kostnadene for en løpemeter støtteforbygning ligger rundt 11.000 kr, noe som vil utgjør kostnadene på omtrent 11 mill. kr for støtteforbygninger mot snøskred.



Figur 14: Omtrentlig plassering av støtteforbygninger i begge løsneområdene.



Figur 15: Omtrentlig plassering av støtteforbygninger med Dk = 2m i begge løsneområdene.

7. KORT SAMMENDRAG OG ANBEFALING FOR OMRÅDET

- Bare den øverste delen av hytteområdet ligger utsatt til for potensielle snøskred.
- Best egnet tiltak er støtteforbygninger i løsneområdet, dimensjonert og plassert ihht kapittel 6.

8. REFERANSELISTE

1. **Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE).** skrednett. [Internett] 17 02 2014. www.skrednett.no.
2. **Geovekst.** *Norge i bilder.* [Ortofoto] 2009.
3. **NVE, met.no og kartverket.** seNorge.no. [Internett] [Sitert: 03 06 2014.] http://www.senorge.no/.
4. **Bartelt, P., Buehler, Y., o.a.** *RAMMS User Manual v1.4: Avalanche.* s.l. : WSL Institute for Snow and Avalanche Research SLF, 2011.
5. *Empirical calculations of snow avalanche run-out distance based on topographic parameters.* **Lied, K. og Bakkehoi, S. o.a.** Oslo : s.n., 1980, Journal of Glaciology, Vol. 94.
6. **Statens Vegvesen.** *Veger og snøskred - Håndbok om sikring mot snøskred Nr. 27.* Olso : Statens Vegvesen, 2011. VD rapport.
7. **Bundesamt für Umwelt (BAFU), WSL Eidgenössisches Institut für Schnee und Lawinenforschung SLF.** *Lawinenverbau im Anbruchgebiet - Technische Richtlinie als Vollzugshilfe.* Bern : Bundesamt für Umwelt (BAFU), WSL Eidgenössisches Institut für Schnee und Lawinenforschung SLF, 2007.
8. **Salm, B, Burkard, A. o.a.** *Berechnung von Fliesslawinen, eine Anleitung für Praktiker mit.* Davos : Mitteilung des Eidgenössischen Institutes für Schnee und Lawinenforschung, 1990.

VEDLEGG 1
BEFARINGS-LOGG

VEDLEGG 2
HELNINGSKART

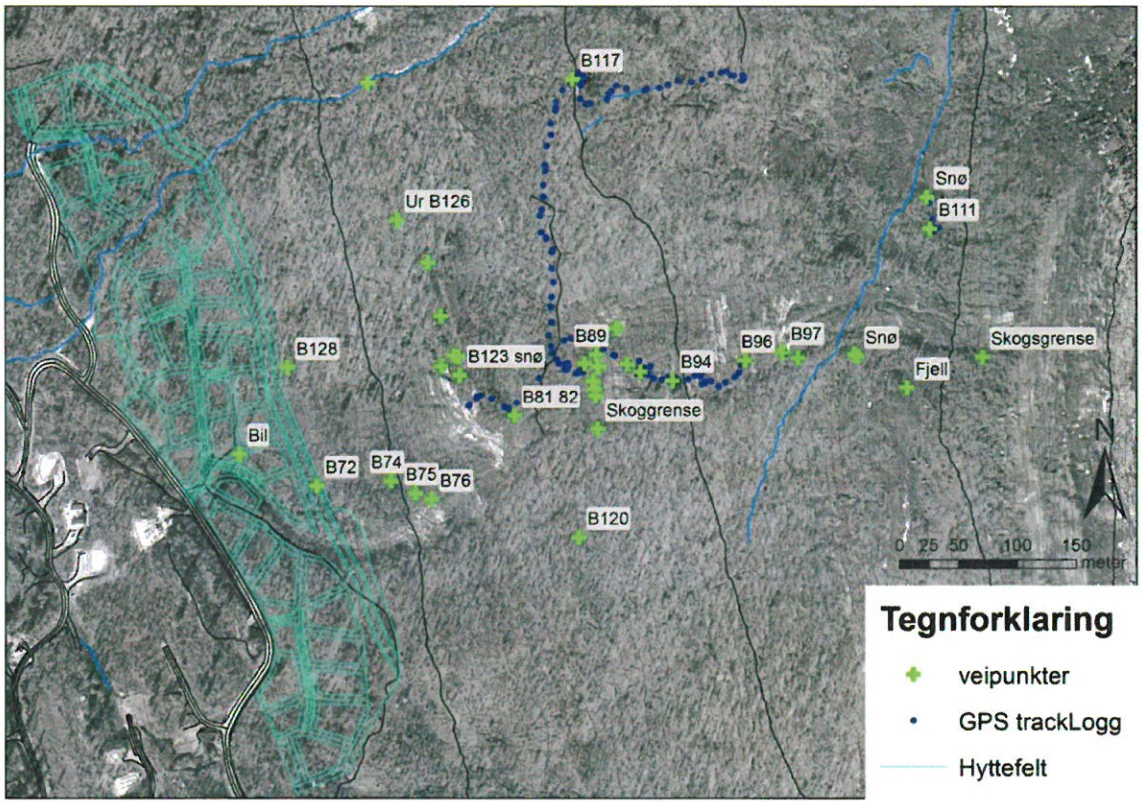
VEDLEGG 3
SKREDHISTORIKK FRA NVE OG OBSERVASJONER I TERRENGET

VEDLEGG 4
GROVANSLAG HØYDE AV FANGVOLL

VEDLEGG 5
DIMENSJONERING AV STØTTEFORBYGNINGER MOT SNØSKRED
1. LØSNEOMRÅDE MIDT
2. LØSNEOMRÅDE UNDER KONGELBERGET

VEDLEGG 6
1. FARESONEKART 1/1000
2. FARESONEKART 1/1000 MED FLYFOTO

VEDLEGG 1
BEFARINGSLOGG



Figur 1: Oversikt over TracLogg fra befaringen, punkt hvor bilder er tatt er betegnet med B##.

Figur 2: B72

Figur 3: B74

Figur 4: B75

Figur 5: B76

Figur 6: B81

Figur 7: B89

Figur 8: B94

Figur 9: B96

Figur 10: B97

Figur 11: B111

Figur 12: B117

Figur 13: B123

Figur 14: B126

Figur 15: B128

VEDLEGG 2
HELNINGSKART

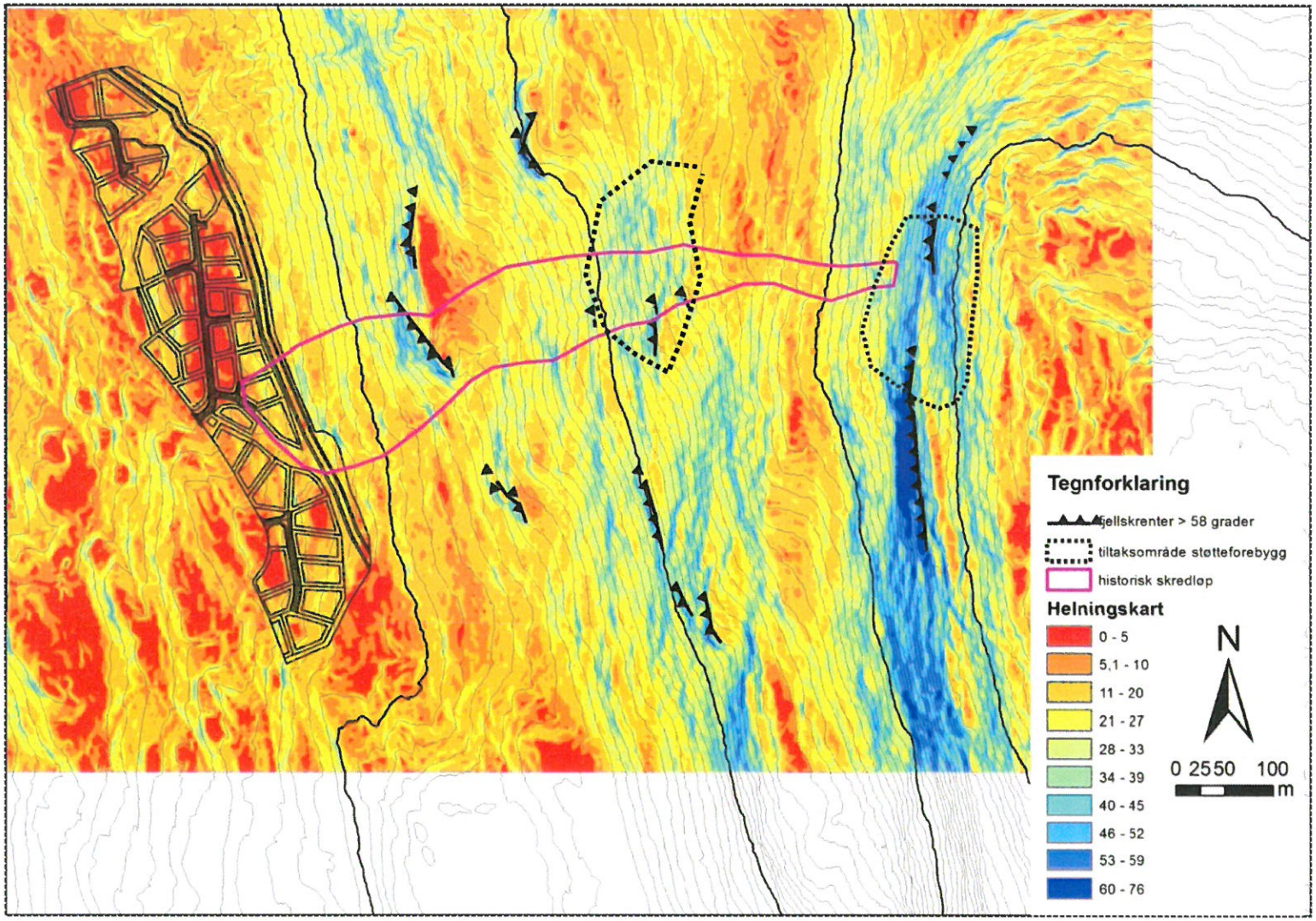


Fig. V3.1: Kart fra skredhendelser fra oven nevnte kilder

VEDLEGG 3
SKREDHISTORIKK FRA NVE OG OBSERVASJONER I TERRENGET

I. *Mellom Bjorlihøi og Kollhøi har det gått et stort løsmasseras i 1789, denn kalles for «Stor-ofsen» ifølge lokale kilder.*

II. *Lesja. Bjorli. Kl 1800 laurdag 13. mars 2004 vart ein mann på skitur teken av eit snøskred rett vest for Kongelberget (1175 moh). Oppe i skoggrensa veg oppover frå sør mot nord kom eit stort flakskred, ca. 200x300meter med ca 1 meter høg brotkant (60 000 m3). Det var umuleg å kome seg ut av raset, og han vart ført 100-150 m ned gjennom skogen og stoppa til slutt mot ei bjørk. Han var heilt dekt av snø bortsett frå høgre arm, og han greidde sjølv å grave seg fri og karre seg ned til folk. Med ambulanse og helikopter vart han frakta til sjukehus. Der påviste dei brot i ryggen, ribbeinsbrot og store indre blødningar i lår og arm. (Rapport til NGI av han som opplevde skredet: Frode Guldal) [NVE, fra skrednett 2014]*

III. *Den 31. 01. 2010 gikk det et snøskred ved Bjorli skisenter som tok to mennesker. [internett 02.06.2014,* http://www.tv2.no/a/3123388*]*

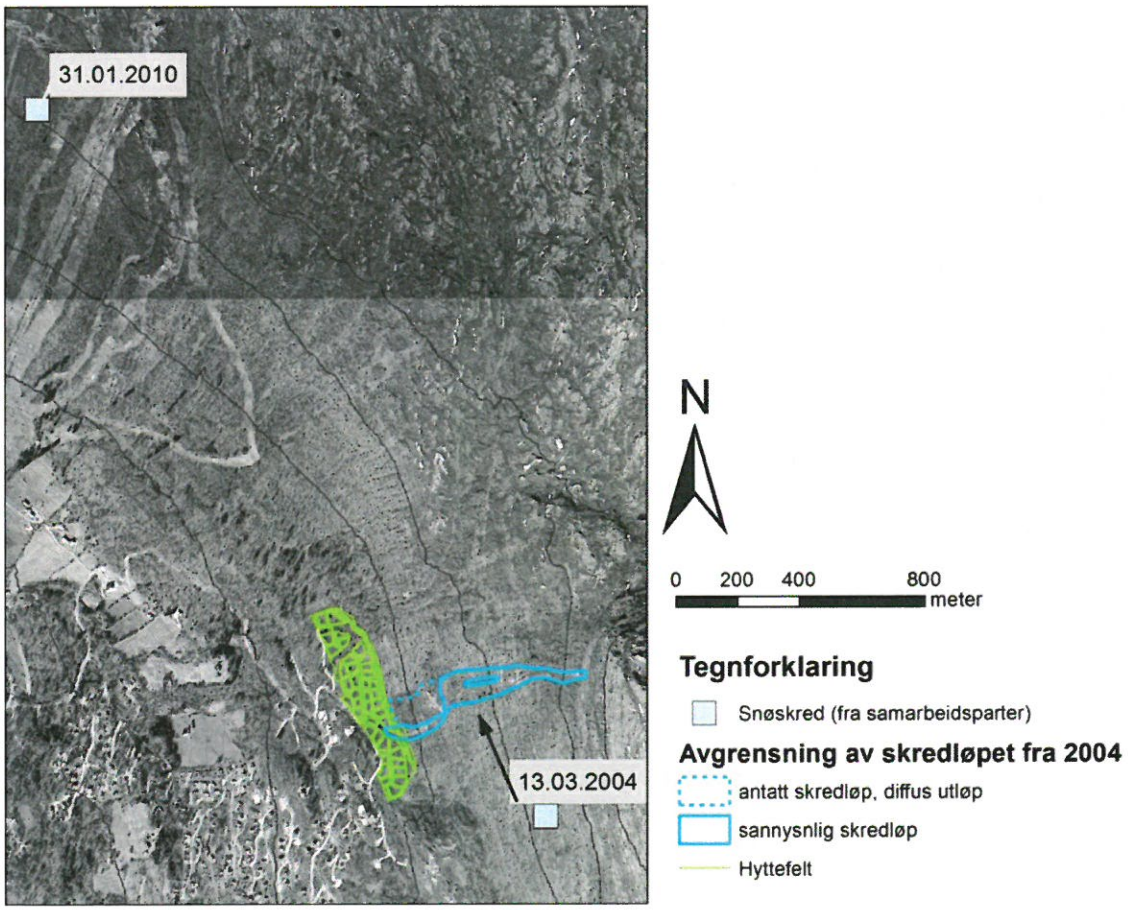


Fig. V3.1: Kart fra skredhendelser fra oven nevnte kilder

VEDLEGG 4
GROVANSLAG FOR HØYDE AV FANGVOLL

Oppdrag, Oppdr.nr.:	Utført:	Dato:
Bjorli, 1350004092	CMO	25.05.2014
Beskrivelse:	**Kontrollert:**	
Grovanslag - høyde av fangvoll	MBP	

Vedlegg 4: Grovanslag - høyde av fangvoll

Beregning i henhold til

- "Håndbok om snøskred", Lied, K. og Kristensen, K. NGI
- "Håndbok teknisk tiltak mot snøskred" (Handbuch Technischer Lawinenschutz), Rudolf- Miklau, F. og Sauermoser, S.)

Fargebruk

Input

Konstanter og faste parameter

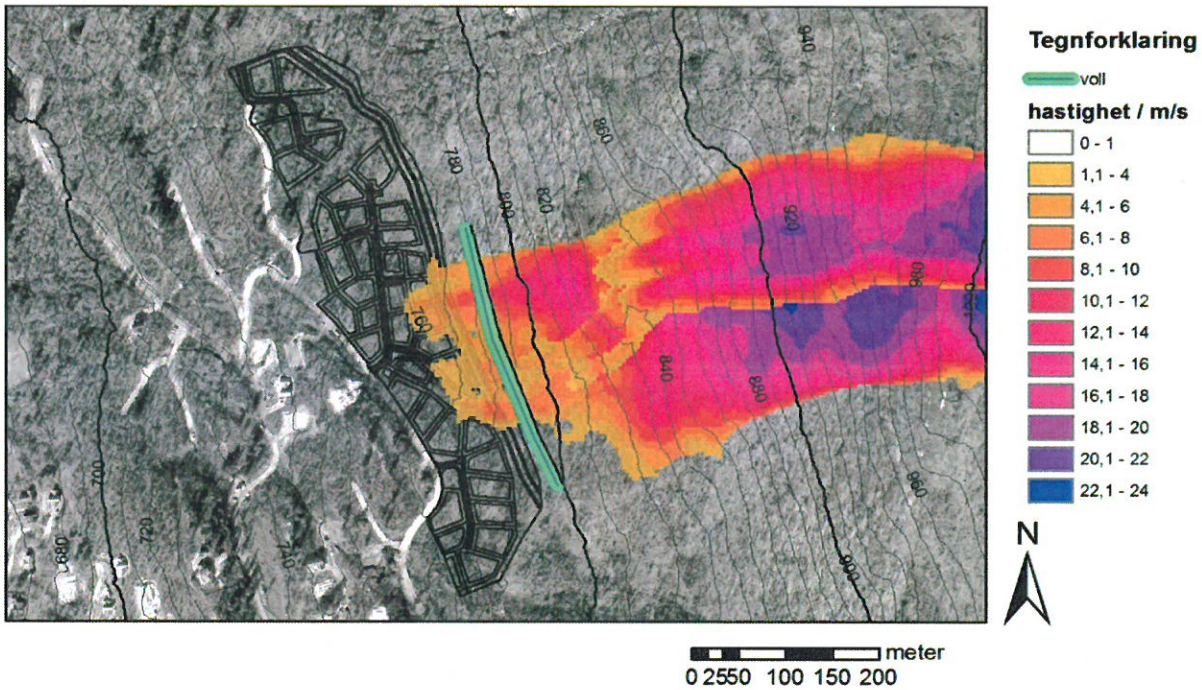
Resultater

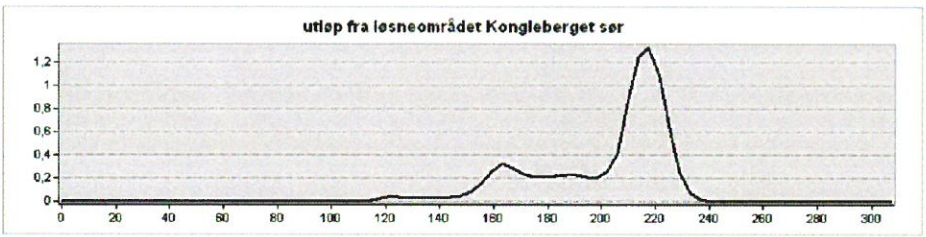
Arkinfo:

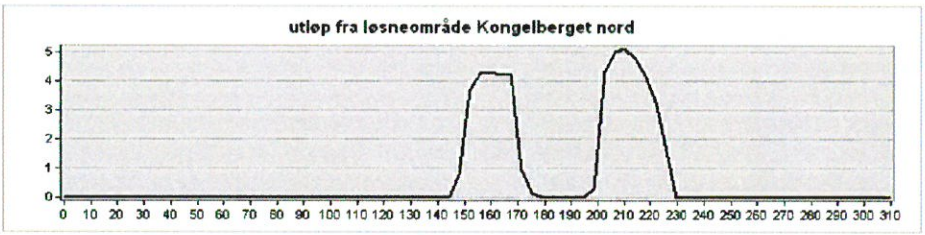
Regnearket skal brukes til dimensjonering av fangvoll mot snøskred

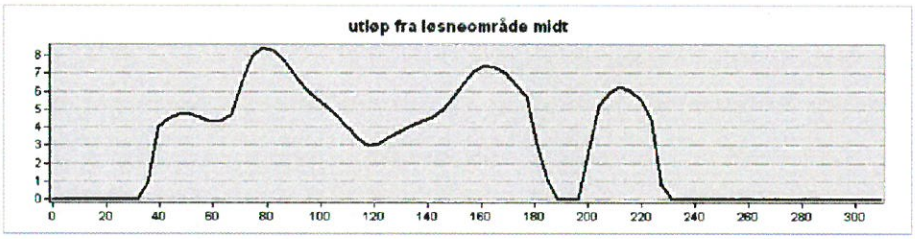
Fangvoll

Vollhøyden er avhengig av skredhastigheten, som ble tatt ut av beregninger med dynamisk beregningsverktøy RAMMS. Det ble tatt ut mimimal skredhastighet (vskredmin) og maksimal skredhastighet (vskredmaks) for en grov vurdering av fangvollen









Bilde 1: Skredhastighet i m/s fra simuleringer med RAMMS
Bilde 2-4: Profilsnitt langs skredvollen, skredhastighet fra forskjellige løsneområder,
x-akse: distanse fra nord mot sør
y-akse: skredhastighet i m/s

skredets hastighet

Skredets hastighet er tatt ut fra RAMMS analysene som vist i tegninger Bilde 1 til 4, med
minimal skredhastighet ($v_{skredmin}$) og maksimalskredhastighet ($v_{skredmax}$)

$$v_{skredmin} := 5\frac{m}{s} = 5\frac{m}{s}$$

$$v_{skredmax} := 8.5\frac{m}{s} = 8.5\frac{m}{s}$$

beregning av skredets teoretiske stigehøyde

gravitasjonskonstante $\quad g := 9.81\frac{m}{s^2}$

Høyden som snøen vil stige opp på ett byggeverk er kalt for "skredets teoretiske stigehøyde" h og er avhengig av skredhastigheten, som er tatt ut av beregninger med dynamisk beregningsverktøy RAMMS. Det angis minimal høyde (h_{min}) og maksimale høyde (h_{max}) for å vurdere fangvollen.

$$h_{min} := \frac{(v_{skredmin})^2}{2 \cdot g} = 1.27\,m$$

$$h_{max} := \frac{(v_{skredmax})^2}{2 \cdot g} = 3.68\,m$$

beregning av nødvendig vollhøyde

Nødvendig vollhøyde av en fangvoll er avhengige av beregnet teoretisk stigehøyde, forventet snøhøyde på bakken ($h_{snøb}$) og skredets flytehøyde. Høyden for fangvoll angis som minimal og maksimal vollhøyde ($h_{vollmin}$ og $h_{vollmax}$), skredets flytehøyde tas ut fra RAMMS analysen Bilde 1-4 og angis som minimal og maksimal flytehøyde ($h_{flytmin}$ og $h_{flytmax}$).

forventet snøhøyde på bakken	$h_{snøb} := 1.5m$
skredets flytehøyde, minimal	$h_{flytmin} := 0.2m$
skredets flytehøyde, maximal	$h_{flytmax} := 1.0m$

$$h_{vollmin} := h_{snøb} + h_{min} + h_{flytmin} = 2.97\,m$$

$$h_{vollmax} := h_{snøb} + h_{max} + h_{flytmax} = 6.18\,m$$

Resultat

Området skal sikres med en fangvoll som er minst mellom 3 og 6,2 m høy.

VEDLEGG 5
DIMENSJONERING AV STØTTEFORBYGNINGER MOT SNØSKRED

1. LØSNEOMRÅDE MIDT
2. LØSNEOMRÅDE UNDER KONGELBERGET

Oppdrag, Oppdr.nr.:	Utført:	Dato:
Bjorli, 1350004092	CMO	16.06.2014
Beskrivelse:	**Kontrollert:**	
Dimensjonering av støtteforbygninger mot snøskred	MBP	

Vedlegg 5.1:
Dimensjonering av støtteforbygninger mot snøskred

Løsneområde midt

Beregning etter
[1] "Håndbok om snøskred", Lied, K. og Kristensen, K. NG
[2] "Håndbok teknisk tiltak mot snøskred"
(Handbuch Technischer Lawinenschutz), Rudolf- Miklau, F. og Sauermoser, S.)
[3] "Støtteforbygg mot snøskred i løsneområder" (Lawinenverbau im Abbruchgebiet), Bundesanstalt für Umwelt BAFU, 2007

Fargebruk

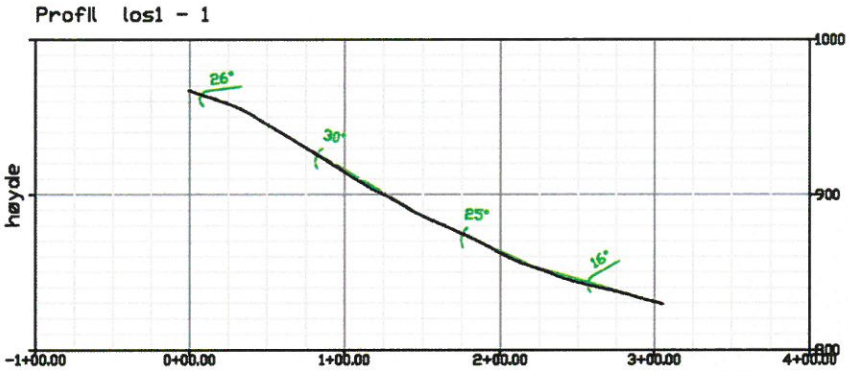
Input

Konstanter og faste parameter

Resultater

Arkinfo:

Regnearket skal brukes til dimensjonering av støtteforbygg mot snøskred



Bilde 1: Plan av løsneområde midt, med profilsnitt
Bilde 2: Profilsnitt gjennom løsneområde midt , ψ=30°

Trykk mot støtteforbygg S_n

Trykket S_n regnes per løpmeter mot en flate som står normalt på terrenget [1] parameter som brukes i beregningen:

gravitasjonskonstant $g := 9.81 \frac{m}{s^2}$

Densitet av snøen, middel $\rho := 0.45 \frac{tonne}{m^3} = 450 \frac{kg}{m^3}$

Densitet av snøen uten enhet $\rho_n := 0.45 = 0.45$

Snødybde $(H_{snø}) := 1.5m$

Terrenghelning $\psi := 30°$

vertikal snødybde $H_{snøvertikal} := H_{snø} \cdot \frac{1}{\cos(\psi)} = 1.73\,m$

Sigefaktor $K_{sig} := \left[\left(2.5\rho_n^3\right) - \left(1.86 \cdot \rho_n^2\right) + \left(1.06 \cdot \rho_n\right) + 0.54\right] \cdot \sin(2\psi) = 0.75$

Glidefaktor N_{glid} avhengig av jordklasse og eksposisjon av området

jordklasse =

Klasse 4: gressplen, myr, lang gress

eksposisjon =

Sørvendt: ENE-S-WNW

Resulterend av jordklasse og eksposisjon angis en Glidefaktor N_{glid} med $N_{glid} = 3.2$

Trykk mot støtteforbygning S_n:

$$S_n := K_{sig} \cdot N_{glid} \cdot g \cdot \rho \cdot \frac{H_{snøvertikal}^2}{2} = 15.93 \frac{1}{m} \cdot kN$$

I tillegg må det regnes med setningslaster fra snøen langs forbygningen og vekten av snøprismet som ligger mellom terrengnormalen og forbygningsflaten. Disse kan beregnes når type av støtteforbygget er valgt.

Oppdrag, Oppdr.nr.:	Utført:	Dato:
Bjorli, 1350004092	CMO	16.06.2014
Beskrivelse:	**Kontrollert:**	
Dimensjonering av støtteforbygninger mot snøskred	MBP	

Vedlegg 5.2:
Dimensjonering av støtteforbygninger mot snøskred

Løsneområde under Kongleberget

Beregning etter
[1] "Håndbok om snøskred", Lied, K. og Kristensen, K. NG
[2] "Håndbok teknisk tiltak mot snøskred"
(Handbuch Technischer Lawinenschutz), Rudolf- Miklau, F. og Sauermoser, S.)
[3] "Støtteforbygg mot snøskred i løsneområder" (Lawinenverbau im Abbruchgebiet), Bundesanstalt für Umwelt BAFU, 2007

Fargebruk

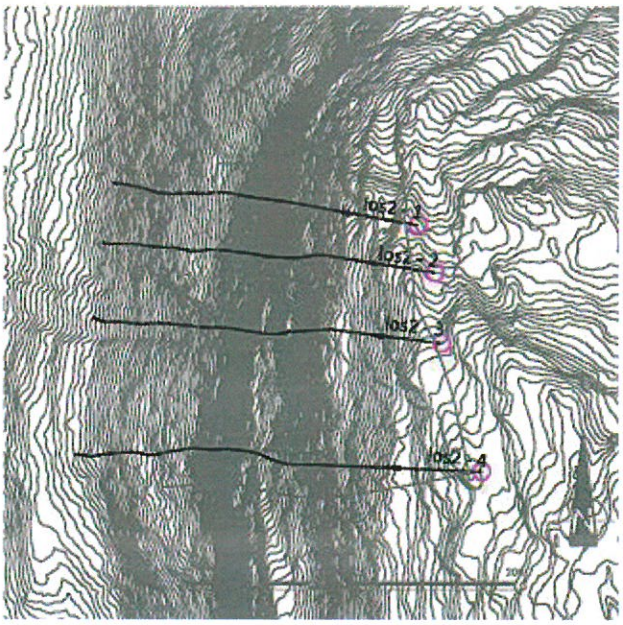
Input

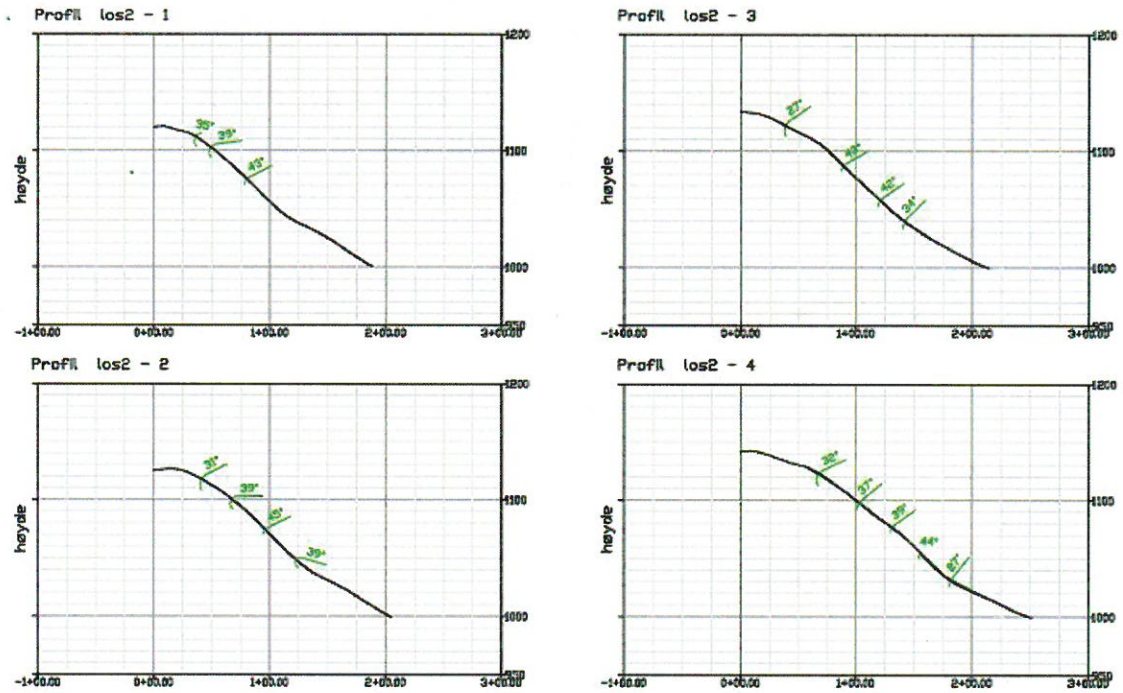
Konstanter og faste parameter

Resultater

Arkinfo:

Regnearket skal brukes til dimensjonering av støtteforbygg mot snøskred





Bilde 1: Plan av løsneområde midt, med profilsnitt

Bilde 2: Profilsnitt gjennom løsneområde midt , ψ_{maks}=45°

Trykk mot støtteforbygg S_n

Trykket S_n regnes per løpmeter mot en flate som står normalt på terrenget [1] parameter som brukes i beregningen:

gravitasjonskonstant $g := 9.81 \frac{m}{s^2}$

Densitet av snøen, middel $\rho := 0.45 \frac{tonne}{m^3} = 450 \frac{kg}{m^3}$

Densitet av snøen uten enhet $\rho_n := 0.45 = 0.45$

Snødybde $(H_{snø}) := 1.5m$

Terrenghelning $\psi := 45°$

vertikal snødybde $H_{snøvertikal} := H_{snø} \cdot \frac{1}{\cos(\psi)} = 2.12\,m$

Sigefaktor $K_{sig} := \left[\left(2.5\rho_n^{\,3}\right) - \left(1.86 \cdot \rho_n^{\,2}\right) + \left(1.06 \cdot \rho_n\right) + 0.54\right] \cdot \sin(2\psi) = 0.87$

Glidefaktor N_{glid} avhengig av jordklasse og eksposisjon av området

jordklasse := Klasse 4: gressplen, myr, lang gress

eksposisjon := Sørvendt: ENE-S-WNW

Resulterend av jordklasse og eksposisjon angis en Glidefaktor N_{glid} med $N_{glid} = 3.2$

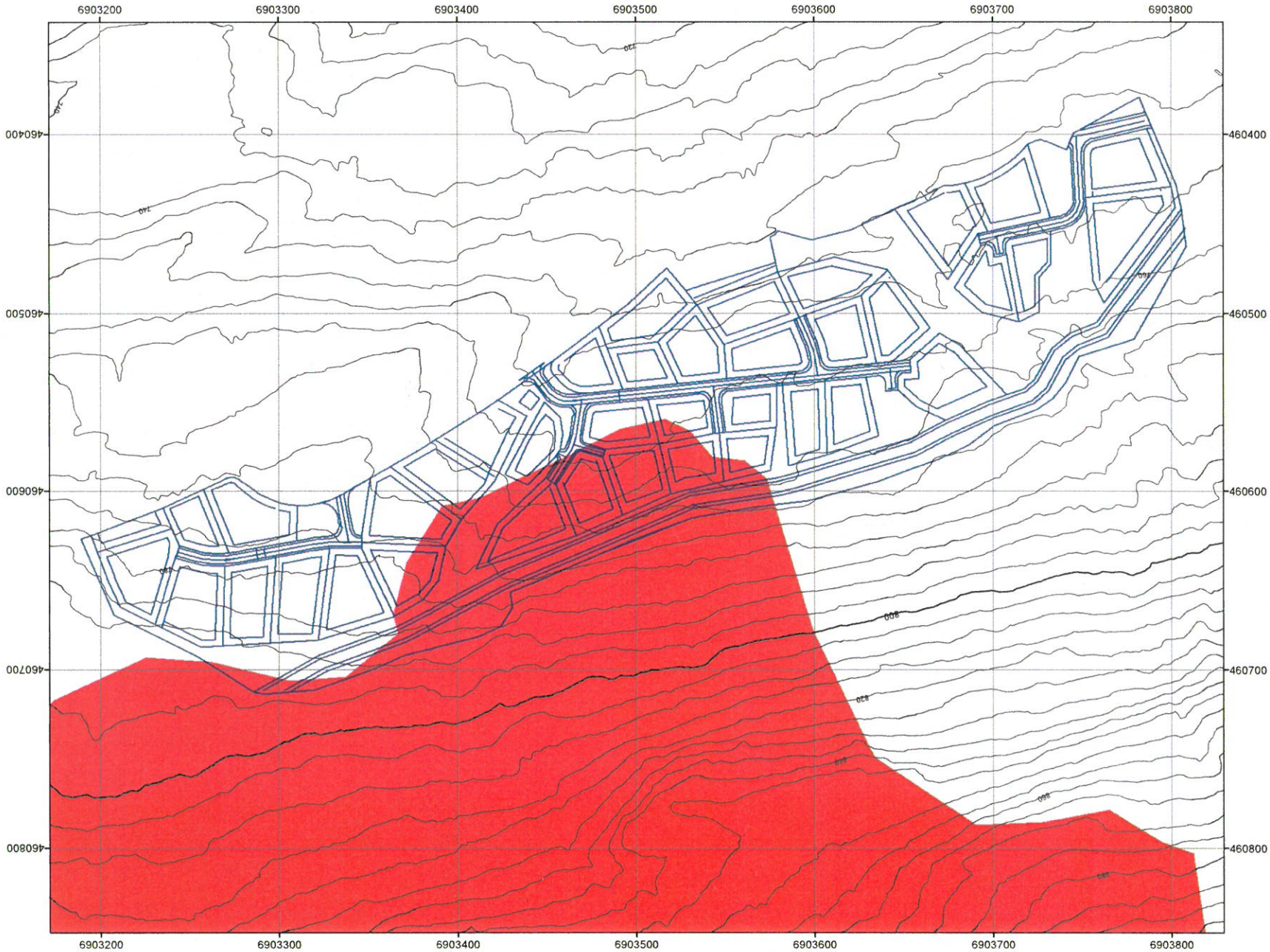
Trykk mot støtteforbygning S_n:

$$S_n := K_{sig} \cdot N_{glid} \cdot g \cdot \rho \cdot \frac{H_{snøvertikal}^{\,2}}{2} = 27.59 \frac{1}{m} \cdot kN$$

I tillegg må det regnes med setningslaster fra snøen langs forbygningen og vekten av snøprismet som ligger mellom terrengnormalen og forbygningsflaten. Disse kan beregnes når type av støtteforbygget er valgt.

VEDLEGG 6
DIMENSJONERING AV STØTTEFORBYGNINGER MOT SNØSKRED

1. FARESONEKART 1/1000
2. FARESONEKART 1/1000 MED FLYFOTO



Tegnforklaring

Hyttefelt

faresone 1/1000

0 25 50 100

meter

Oppdrag Nr.	Målestokk	Tegn Nr.
1350004092	1:1500	01

Innhold

Faresonekart 1/1000

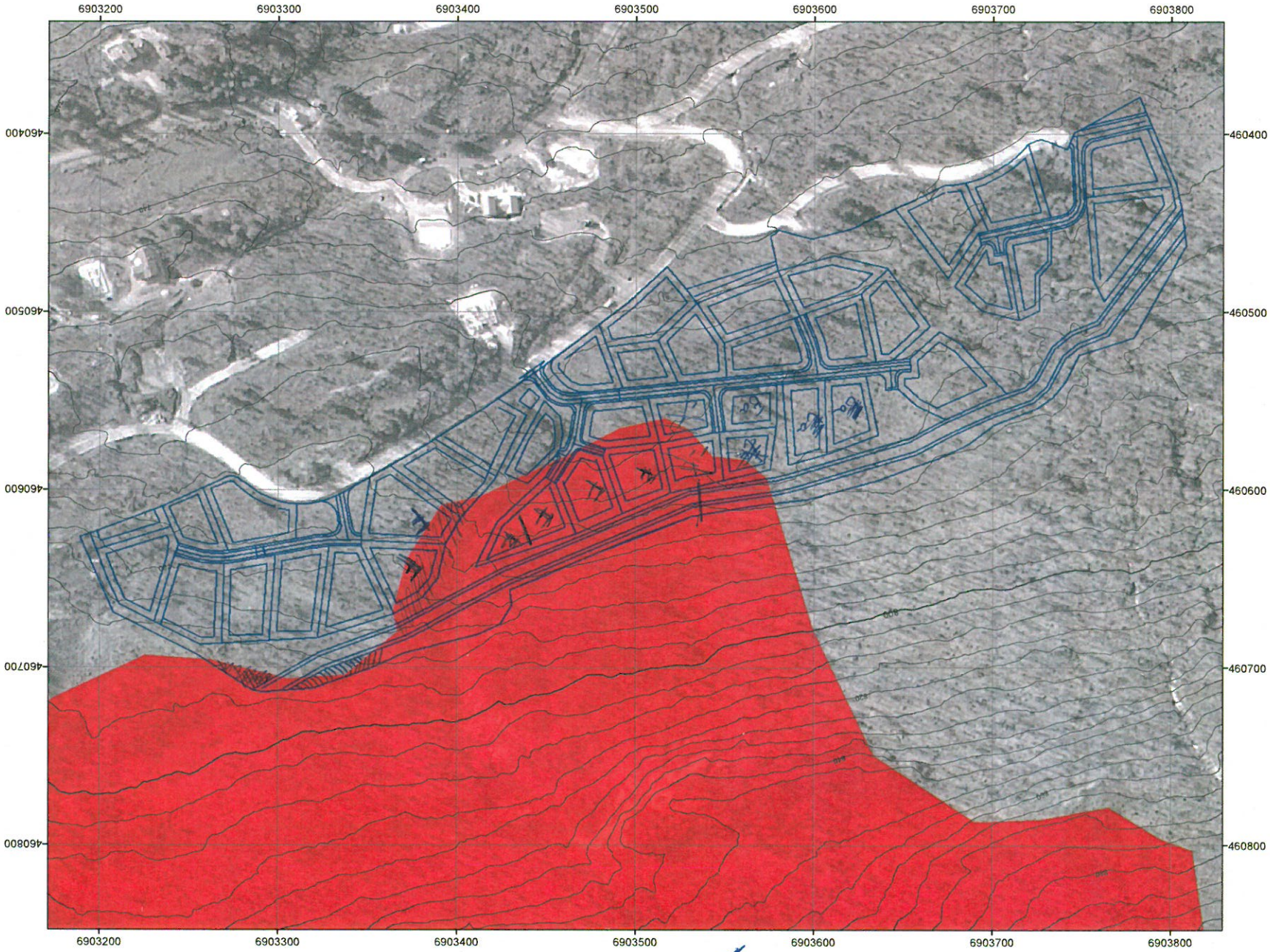
Rev.	Dato	Format	Tegn	Godkj
0	13.06.2014	A3	CMO	MBP

Oppdragsgiver

Lesja Kommune
/v Jørn Svanborg
N-2665 Lesja
TLF: 61 24 41 00

RAMBØLL

Rambøll Norge AS – Region Midt-Norge
P.B. 7493 Mellomila 79, N-7018 Trondheim
TLF: 73 84 10 00 – FAX: 73 84 10 60



Tegnforklaring

Hyttefelt

faresone 1/1000

0 25 50 100

meter

Oppdrag Nr.	Målestokk	Tegn Nr.
1350004092	1:1500	01

Innhold

Faresonekart 1/1000

Rev.	Dato	Format	Tegn	Godkj
0	13.06.2014	A3	CMO	MBP

Oppdragsgiver

Lesja Kommune
/v Jørn Svanborg
N-2663 Lesja
TLF: 61 24 41 00

RAMBØLL

Rambøll Norge AS – Region Midt-Norge
P.B. 7493 Mellomila 79, N-7018 Trondheim
TLF: 73 84 10 00 – FAX: 73 84 10 60

12.11.2013