

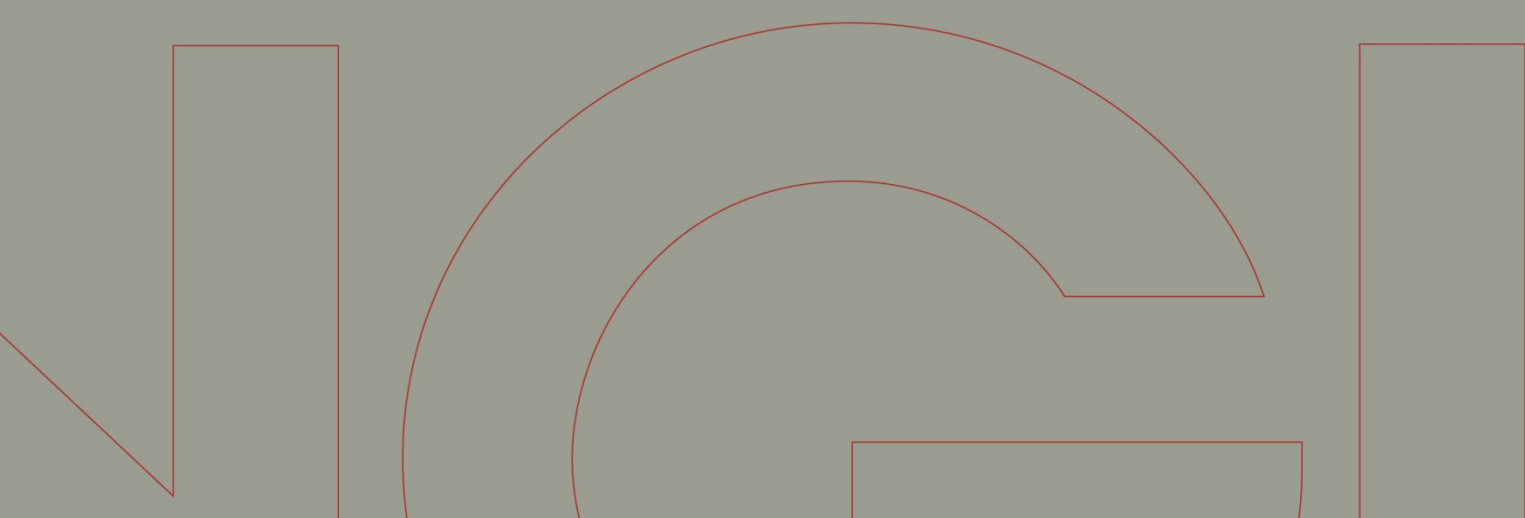


# Rapport / Report

**Veg Såheim-Vemork  
FL 12.871.021**

**Skredfarevurdering for  
Vemorksporet mellom Såheim og  
Vemork kraftstasjon**

20100746-00-1-R  
21. desember 2010



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 NGL.

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 NGL.



## Prosjekt

Prosjekt: Veg Såheim-Vemork FL 12.871.021  
Dokumentnr.: 20100746-00-1-R  
Dokumenttittel: Skredfarevurdering for Vemorksporet mellom Såheim og Vemork kraftstasjon  
Dato: 21. desember 2010

Hovedkontor:  
Pb. 3930 Ullevål Stadion  
0806 Oslo

Avd Trondheim:  
Pb. 1230 Pirsenteret  
7462 Trondheim

T 22 02 30 00  
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281  
Org. nr 958 254 318 MVA

[ngi@ngi.no](mailto:ngi@ngi.no)  
[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

## Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Hydro Energi  
Oppdragsgivers  
kontaktperson: Leif Ek  
Kontraktreferanse: Oppdragsbekreftelse av 27.9.2010

## For NGI

Prosjektleder: Ulrik Domaas  
Utarbeidet av: Heidi Hefre Haugland  
Kontrollert av: Karstein Lied

## Sammendrag

NGI har på oppdrag for Hydro Energi, avdeling Rjukan, utført skredfarevurderinger for Vemorksporet, en ca. seks km lang privat vei mellom Såheim og Vemork kraftstasjon, i forbindelse med planlagt biltransport på strekningen. To dagers befarings ble utført i området, fra helikopter og fra veien. Det ble også gjort nærmere undersøkelser av et spesielt oppsprukket parti på østsiden av Harehovdagjelet med bruk av LiDAR.

Veistrekningen vil etter NGIs vurderinger kunne nåes av steinsprang/steinskred i gjennomsnitt to ganger i året. Historisk oversikt over de registrerte tidligere steinsprang og steinskred for denne strekningen tyder på dette. Den østlige delen av stekningen, fra Såheim til Gjuvbekken, er mindre skredutsatt enn den vestlige, da avstanden mellom foten av brattskrentene og veien er lengre, og skilles av en slak, skogkledd li. Utfall fra den østre delen av fjellsiden vil derfor sannsynligvis ikke nå veien. De tre observerte skredhendelsene på denne delen av strekningen

BS EN ISO 9001  
Sertifisert av BSI  
Reg. No. FS 32989

# Sammendrag (forts.)



Dokumentnr.: 20100746-00-1-R  
Dato: 2010-12-21  
Side: 4

har stoppet et godt stykke før veien, mens flere utfall mot veien kunne ses på den vestlige delen.

Steinsprang fra den vestligste delen av strekningen vil i de aller fleste tilfeller nå veien, ettersom de bratte fjellskrentene her går helt ned til veien. Flere potensielle utløsningsområder er identifisert, fra fjellsiden og fra veiskjæringen. Fjellsiden er stort sett betydelig oppsprukket på en måte som er ugunstig for stabiliteten. Blokker av ulike størrelser kan dermed ventes å falle ut fra flere steder.

Et spesielt oppsprukket og løst parti ble observert på østsiden av Harehovdagelet. Etter nærmere undersøkelser viser det seg at dette partiet er avskåret i underkant av en sprekkeflate som heller  $46^\circ$  ut fra fjellsiden, og at denne flaten vil fungere som en glideflate for utglidning av dette fjellpartiet. Volumet av fjellpartiet som er vurdert ustabil er totalt  $28\,000\text{ m}^3$  og dette utgjør potensielt skredvolum. Om hele dette volumet vil komme ut samtidig vites ikke, men det kan skje. Utfall fra dette partiet kan også komme som blokkutfall av en eller flere blokker. Partiet må betraktes som meget skredfarlig.

Den årlige sannsynligheten for å bli truffet av skred ved transportkjøring på strekningen er beregnet til  $P_t = 0,0000115$ . Hvilket betyr at det statistisk vil gå i gjennomsnitt ca. 87 000 år mellom hvert sammenstøt mellom kjøretøy og steinsprang. Ved lengre opphold på samme sted langs den mest skredutsatte vestligste delen av strekningen i forbindelse med større vedlikehold- eller sikringsarbeider øker gjentakelsesintervallet for å bli truffet av skred til mellom en gang hvert ca. 16 000-4 000 år. Denne sannsynligheten vil variere med hvor lenge man oppholder seg i området og hvor stor del av strekningen man oppholder seg i. Man må derfor vurdere risikoen forbundet med å installere sikringstiltak opp mot å bruke veien slik den er i dag. Man må også vurdere hva slags sikringstiltak man ønsker å gjøre med tanke på hvor mye tid det vil ta, og hvor mye det vil forbedre forholdene. I den forbindelse er det viktig å tenke på hvor mye veien skal brukes i fremtiden, slik at man kan avgjøre om større sikringsarbeider kan forsvares. Slike vurderinger og avgjørelser overlates til oppdragsgiver.

Flere risikoreduserende tiltak er foreslått i denne rapporten. Man bør begrense bruken av veien til perioder som ikke er forbundet med økt steinsprangfare. Man bør også ha gode prosedyrer ved bruk av veien med den hensikt å gjøre forholdene rundt bruk av veien så trygge som mulig. Fysiske sikringstiltak er også mulig å gjøre noen steder for å skjerme veien mot utfall. Dersom partiet på østsiden av Harehovdagelet skulle komme samlet ned vil imidlertid ingen sikringstiltak være tilstrekkelig.

# Innhold



Dokumentnr.: 20100746-00-1-R  
Dato: 2010-12-21  
Side: 5

<b>1</b>	<b>Innledning</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Områdebeskrivelse</b>	<b>6</b>
	2.1 Berggrunn og topografi	6
	2.2 Klima	7
<b>3</b>	<b>Utløsende årsaker til steinsprang og steinskred</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Historiske skredhendelser</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Observerte steinsprang</b>	<b>10</b>
	5.1 Østlig del av strekningen: Såheim-Gjuvbekken	10
<b>6</b>	<b>Skredfarevurdering</b>	<b>17</b>
	6.1 Østlig del av strekningen: Såheim-Gjuvbekken	17
	6.2 Vestlig del av strekningen: Gjuvbekken-Vemork	20
<b>7</b>	<b>LiDAR-undersøkelser av fjellpartiet øst for Harehovdagjelet</b>	<b>34</b>
<b>8</b>	<b>Risikoanalyse</b>	<b>37</b>
	8.1 Sannsynlighet for at et kjøretøy treffes av skred	37
	8.2 Sannsynlighet for å bli truffet av skred under anleggsarbeid	39
	8.3 Kommentarer til beregningene	41
<b>9</b>	<b>Forslag til risikoreduserende tiltak</b>	<b>42</b>
<b>10</b>	<b>Konklusjoner og anbefalinger</b>	<b>43</b>
<b>11</b>	<b>Referanser</b>	<b>45</b>

**Kart 1 og 2** Kart over området med observasjoner

**Kart 3 og 4** Kart som viser brattheten i området

**Kontroll- og referanseside**

## 1 Innledning

NGI har på oppdrag for Hydro Energi, avdeling Rjukan, utført skredfarevurderinger for det gamle Vemorksporet, en ca. seks km lang privat vei mellom Såheim og Vemork kraftstasjon, i forbindelse med planlagt biltransport på denne strekningen.

Hensikten med NGIs arbeid har vært å vurdere faren for steinsprang og steinskred fra fjellsiden over det gamle Vemorksporet, samt å vurdere mulige risikoreduserende tiltak.

Feltbefaring ble gjennomført 16. og 17. september 2010 av Ulrik Domaas og Heidi Hefre Haugland fra NGI. Leif Ek fra Hydro deltok på første dag av befaringen. Under befaringen ble fjellsiden over Vemorksporet observert fra den aktuelle veistrekningen, fra helikopter og fra motsatt dalside.

Som en oppfølgingssak ble det utført nærmere undersøkelser av et spesielt skredfarlig parti på østsiden av Harehovdagjelet med LiDAR. Innsamling av LiDAR-data ble gjort 13. oktober 2010 av Elin Morgan, Matt Lato og Heidi H. Haugland fra NGI, samt Andreas Uneryd i PreciTec.

## 2 Områdebeskrivelse

### 2.1 Berggrunn og topografi

Berggrunnen langs sørsiden av Vestfjorddalen fra Såheim til Vemork består hovedsakelig av metabasalt, en svakt metamorf basaltisk lavabergart dannet for ca. 1500 millioner år siden. På toppen av dalsiden går berggrunnen over i kvartsitt (omvandlet sandstein) langs hele dalsiden (NGU 2010). Fem store bruddsoner krysser gjennom det aktuelle området (Sletten et al. 2004). Slike bruddsoner karakteriseres av spesielt oppsprukket berg, og er gjerne synlige i terrenget som gjel. Gjelene som bekkene Leivdalsåi og Klokksåi renner i, og gjelet som kommer ned på vestsiden av Harehovda markerer slike bruddsoner.

Den vurderte veistrekningen, gjerne kalt Vemorksporet, starter fra Såheim kraftstasjon ca. 300 moh. og stiger opp til ca. 540 moh. ved Vemork kraftstasjon. Oversiktskart over strekningen vises i kart 1 og 2 bakerst i rapporten. Dalsiden veien går langs strekker seg opp til 700-800 moh. lengst øst, og opp til 800-900 moh mot vest. De høyeste partiene er Harehovda 862 moh. og Klokkehovd 925 moh.

Topografien spiller en vesentlig rolle for mulighetene for utfall av steinsprang og fjellskred. Den vurderte delen av Vestfjorddalen er en utpreget U-dal, med glatte og bratte fjellsider. Langsmed hele veistrekningen er partier av dalsiden bratt nok til at steinsprang/steinskred kan utløses, og dermed er hele strekningen potensielt skredutsatt. Helningen på dalsiden varierer imidlertid fra sted til sted, og det er klart at faren for steinsprang er forskjellig på de forskjellige delene av veien.

I øst, fra Såheim og frem til Gjuvbekken, er det en slak skogkledd li ( $<27^\circ$ ) mellom fjellsiden og veien, mens det på vestlig del av strekket ligger skrenter og sva helt fremme ved veien. Kart som viser bratthet for fjellsiden over Vemorsksporet er lagt ved som kart 3 og 4 bakerst i rapporten.

## 2.2 Klima

Rjukan ligger i en del av landet som har forholdsvis moderat med nedbør. Området fra Rjukan og opp til ca. 1000 moh. får 800-900 mm nedbør årlig, mens Gaustatoppen har en årsnormal på 1340 mm. Området kan få store nedbørmengder ledsaget av vind fra de fleste himmelretninger (Brattlien 2008).

Ved skredulykkene i juni 1927 fikk Rjukan 134 mm nedbør på ett døgn og 201 mm på 5 døgn. Samme året var årsnedbøren 1135 mm, dvs. at hele 12 % av årsnedbøren kom på ett døgn. I 1927 var det kombinasjonen av regn og kraftig snøsmelting som førte til en mengde jord-, flom- og steinskred. Det ble rapportert 30 skred som gikk over Vemorsksporet i forbindelse med denne hendelsen (Einung 1943).

## 3 Utløsende årsaker til steinsprang og steinskred

Forhold som øker steinsprangfaren er viktig å kjenne til. Generelt sett vil nedbør- og temperaturforholdene være de to klimatiske faktorene som har størst betydning for skredfaren. Steinsprang og steinskred vil oftest utløses i forbindelse med langvarig eller intensiv nedbør, og når temperaturen svinger rundt  $0^\circ\text{C}$  og resulterer i frostsprengning. Vårløsningen med mildvær og kraftig snøsmelting vil lede til økt skredfare. Sommer og høst er nedbørsperioder ofte utløsende årsak til steinsprang, men forholdene forut for nedbøren vil være avgjørende. Dersom det er tørt på forhånd trengs det mer nedbør for å utløse steinsprang enn om det på forhånd er stor fuktighet i berget. Det må tas høyde for at den økte skredfaren holder seg også den første tiden etter at det har sluttet å regne.

Rotsprengning, termisk utvidelse av berget som følge av temperaturvariasjoner, uttørking av jordsmonn og rystelser (f.eks. ved jordskjelv eller sprengningsarbeider), er andre mer sjeldne årsaker. Steinsprang kan også skje uten at en konkret utløsende årsak er tydelig.

## 4 Historiske skredhendelser

En oversikt over historiske skredhendelser er viktig for å kunne vurdere skredfrekvens og hvor skredfaren er størst. Gamle avisoppslag, tidligere rapporter og Hydro Energis interne register har blitt benyttet i arbeidet med å sammenstille en oversikt over tidligere skredhendelser på den aktuelle strekningen. Oversikten er gitt i tabell 1. Denne listen er sannsynligvis ufullstendig når det gjelder det antall steinsprang og steinskred som virkelig har forekommet ved Vemorsksporet,

da det ikke har vært vanlig praksis å rapportere sprang og skred ned på sporet fra Hydros side før år 2000. Det foreligger heller ikke noen konsekvent rapportering om hvor langs strekningen skred har gått. Det finnes således ingen fullstendig statistikk over hvor veien er mest utsatt for steinsprang og steinskred. Datoen gitt for Hydro-rapporterte hendelser er når skredet er oppdaget, og kan dermed være en tid etter at skredet har gått.

*Tabell 1: Oversikt over rapporterte tidligere steinsprang og steinskred over Vemorkbanen mellom Såheim og Vemork.*

<i>Dato</i>	<i>Type</i>	<i>Sted</i>	<i>Andre kommentarer</i>	<i>Kilde</i>
<b>Juni 1927</b>	"Jordskred"	Jordskred i Såheimsbakken. 30 jordskred over Vemorklinja.		Sletten et al. 2004
<b>1933</b>	"Jordskred"			Sletten et al. 2004
<b>1934</b>	"Jordskred"			Sletten et al. 2004
<b>15. nov 1935</b>	Steinsprang		Ødela 30 m av Vemorklinja.	Jørstad 1961
<b>01. des 1936</b>	Steinskred	Midtveis mellom Rjukan og Vemork	Store skader på linja	Jørstad 1961
<b>07. mai 1950</b>	Steinsprang	Fra kote 540. 150 m øst for innslag X på driftstunnel Vemork-Såheim	3-4 t stein i sporet ved km. 15.9	Jørstad 1961
<b>09. jun 1954</b>	Steinsprang	Over øvre Vemorksporet		Jørstad 1961
<b>03. sep 1954</b>	Steinsprang	Over Vemorksporet		Jørstad 1961
<b>23. sep 1960</b>	Steinsprang	Ovenfor lageret, fabrikkсанleggene		Jørstad 1961
<b>11. okt 1960</b>	Steinsprang	Vis a vis Søndre Veset	Skredet er beskrevet i NGI rapport fra 27.10.1960	Jørstad 1960
<b>08. jun 1961</b>	Steinsprang	Ved Trollfossen		Jørstad 1961
<b>09. aug 1961</b>	Steinsprang	Ved Trollfossen		Jørstad 1961
<b>09. sep 1963</b>	Steinsprang	Vemorksporet		Hestnes 2004
<b>1983</b>	Steinsprang	Over overbygget ved Harespranget		Lied og Domaas 1983
<b>08. mai 2000</b>	Steinsprang	Rett ovenfor Svein Moen		Hydro
<b>12. mai 2000</b>	Steinsprang	Ovenfor Veset gård	Ca. 2 kubikkmeter stor stein sperrer veien.	Hydro
<b>18. mai 2000</b>	Steinsprang			Hydro
<b>14. jun 2000</b>	Steinsprang			Hydro
<b>25. sep 2000</b>	Steinsprang			Hydro
<b>18. mai 2001</b>	Steinsprang	"Der hvor gamle T5 stod"	To steiner.	Hydro
<b>14. nov 2001</b>	Steinsprang		Flere steinblokker rast ut.	Hydro



<b>15. mai 2002</b>	Steinsprang			Hydro
<b>07. jun 2002</b>	Steinsprang	30 m på nedsiden av Trollfossen	Ras gått i vårløsning.	Hydro
<b>16. jun 2003</b>	Steinsprang		Flere større steinblokker sperrer vei.	Hydro
<b>12. nov 2003</b>	Steinsprang			Hydro
<b>10. mai 2004</b>	Steinskred	Over vestlige del av næringsparken	Skredet er beskrevet i NGI rapport fra 2004	Hestnes 2004
<b>22 nov 2005</b>	Steinsprang	Vest for Trollfossen		Hydro
<b>05. jan 2008</b>	Steinsprang			Hydro
<b>18. aug 2008</b>	Steinsprang			Hydro
<b>08. sep 2009</b>	Steinsprang	Syd for Veset sletta		Hydro
<b>14. jan 2009</b>	Steinsprang	På veien opp mot Vemork kraftstasjon	Dette er her hvor nett nå er satt opp. Utenfor port.	Hydro
<b>04. jun 2009</b>	Steinsprang	Oversiden av Flåberget	Stein 10-15 kg. Rast ut mellom transport oppover og nedover. Vært tørrvær lenge.	Hydro
<b>30. jun 2010</b>	Steinsprang			Hydro

Den mest fullstendige oversikten er gitt for perioden 2000-2010. Dette tidsrommet er derfor best egnet til å anslå skredfrekvens. I denne tiårsperioden er det rapportert 19 skred. Det vil si at man kan forvente anslagsvis to skred i året i gjennomsnitt på veistrekningen.

Det er også viktig å undersøke når disse skredene utløses for å kunne se om det er en sammenheng med årstid. Dette kan si noe om i hvilken måned man kan forvente flest skredhendelser, og om noen måneder kan forventes å være ”tryggere” enn andre. Skredhendelsene angitt med dato i tabell 1 ligger til grunn for oversikten gitt i tabell 2, som viser når på året skredene har gått. De tidligste noterte skredhendelsene er registrert som ”jordskred”, men omfatter sannsynligvis også steinsprang. De 30 skredhendelsene juni 1927 er tatt med i tabell 2 i parentes. Som tidligere nevnt refererer Hydro-rapporterte skred seg til den dagen skredene er oppdaget, som ikke nødvendigvis sammenfaller med når skredet er utløst.

Tabell 2: Oversikt over måneder med noterte skredhendelser for Vemorksporet.

<i>Jan</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Apr</i>	<i>Mai</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Aug</i>	<i>Sep</i>	<i>Okt</i>	<i>Nov</i>	<i>Des</i>
2	-	-	-	8	7 (37)	-	2	5	2	4	1

Av tabell 2 synes steinsprang/steinskred å kunne forekomme i alle årstider, men det er tydelig flest hendelser vår og høst. Dette er i overensstemmelse med det normale. Våren ser ut til å komme senere enn i landet ellers i dette området, i

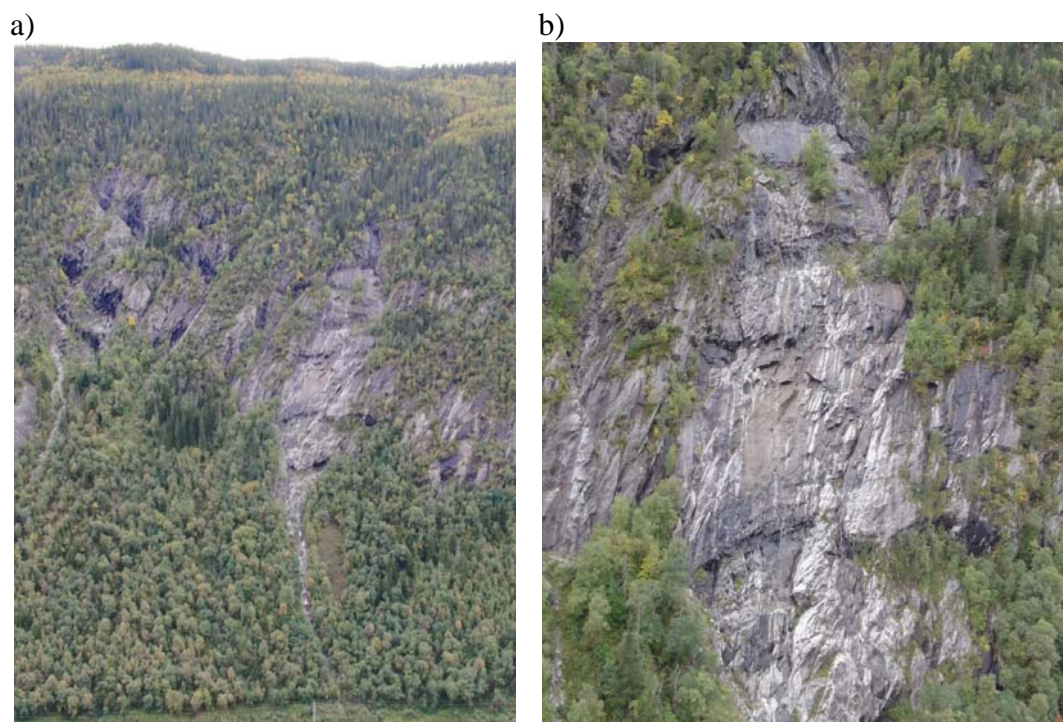
månedene mai og juni. Av tabell 2 ser det ut til at februar, mars og april kan forbindes med kalde, stabile vintermåneder.

## 5 Observerte steinsprang

Alle observasjoner av skred er viktig. Observasjonene indikerer hvor steinsprang vil kunne komme i fremtiden, bruddmekanismer, hvor langt skredene kan gå, og volumet som kan falle ut. En oversikt over tidligere steinsprang langs Vemorksporet som ble observert under befaring, vil derfor bli gitt under. På grunn av topografien er det naturlig å dele strekningen opp i to deler; den østligste delen fra Såheim til Gjuvbekken og den vestligste delen fra Gjuvbekken til Vemork.

### 5.1 Østlig del av strekningen: Såheim-Gjuvbekken

To steinsprang og ett jordskred ble observert på strekningen, se figur 1-figur 3. Ingen av disse har nådd veien ettersom avstanden til foten av skrentene er betydelig større på denne østlige delen av strekningen.



*Figur 1: a) Observert steinsprang fra sva på første del av strekningen. Se S1 i kart 1. Steinspranget har gått langt, men stoppet like ved kraftledning og ikke nådd veien. b) Utløsningsområdet er på et sva hvor blokker har glidd ut. Det kan gå flere slike utfall herfra, men ettersom det er langt til veien og tett skog som skiller, vil blokkene mest sannsynlig stoppe før de når veien.*

a)



b)



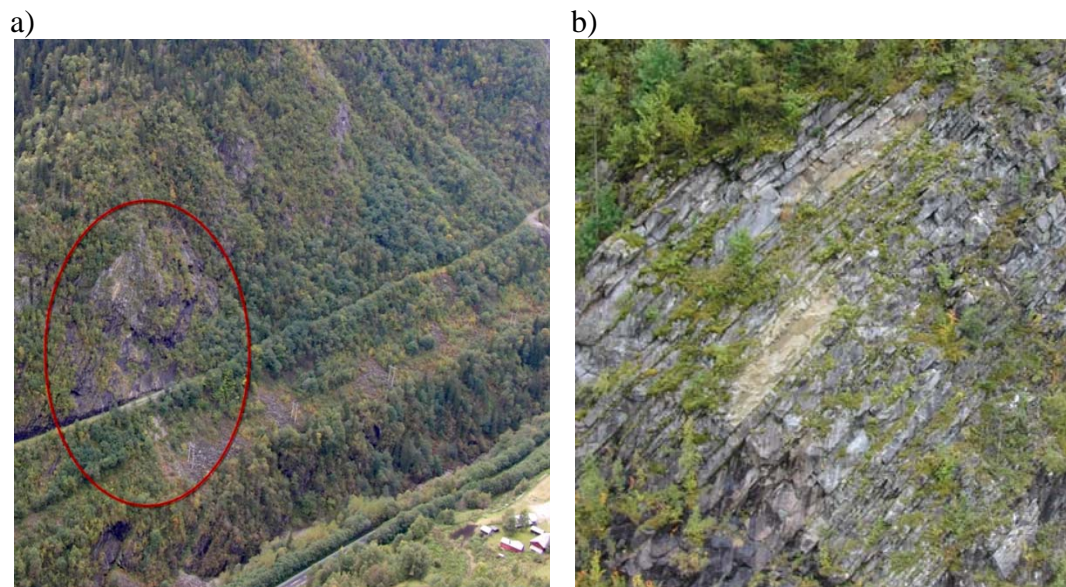
*Figur 2: a) Steinsprang ses midt i bildet over fabrikanlegg i Rjukan Næringspark. Skredmassene har stoppet i ura nedenfor. Se S2 i kart 1. b) Utløsningsområdet for steinspranget. Berget er her lagdelt parallelt med overflaten og flak har sklidd ut. Slike flak kan gli ut også i fremtiden når de blir avløst fra fjellsiden i bakkant (baksprekker utvikler seg). Flere steinsprang kan dermed komme fra denne brattskrenten, men vil etter all sannsynlighet stoppe før de når veien, fordi både ur og skog skiller området fra veien.*



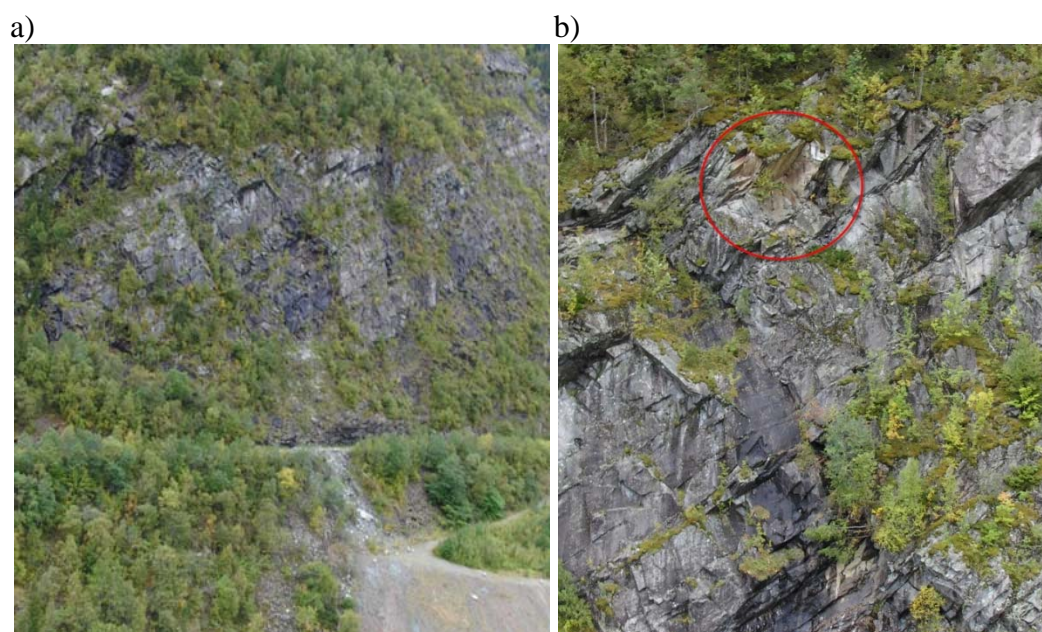
*Figur 3: Jordskred observert rett vest for Leivdalsåi. Se S3 i kart 1. Dette jordskredet har gått fra veien på toppen av dalsiden og rensket med seg vegetasjonen nedover fjellsiden og ned til ura under hvor det har stoppet.*

#### *5.1.1 Vestlig del av strekningen: Gjuvbekken-Vemork*

I dette området fortsetter fjellsiden bratt helt ned til veien i mange områder og utfall når derfor i flere tilfeller veien, noe som vises tydelig av de observerte skredhendelsene. Åtte steinsprang av ulik størrelse ble observert under befarings. Tre av disse har blitt utløst høyre opp i fjellsiden, mens fem har kommet fra veiskjæringen 5-10 meter over veibanen. De største blokkene er rundt 3 m<sup>3</sup>, mens mye er blitt betydelig oppknust på veien ned. Bilder og beskrivelse av steinsprangene er gitt under.



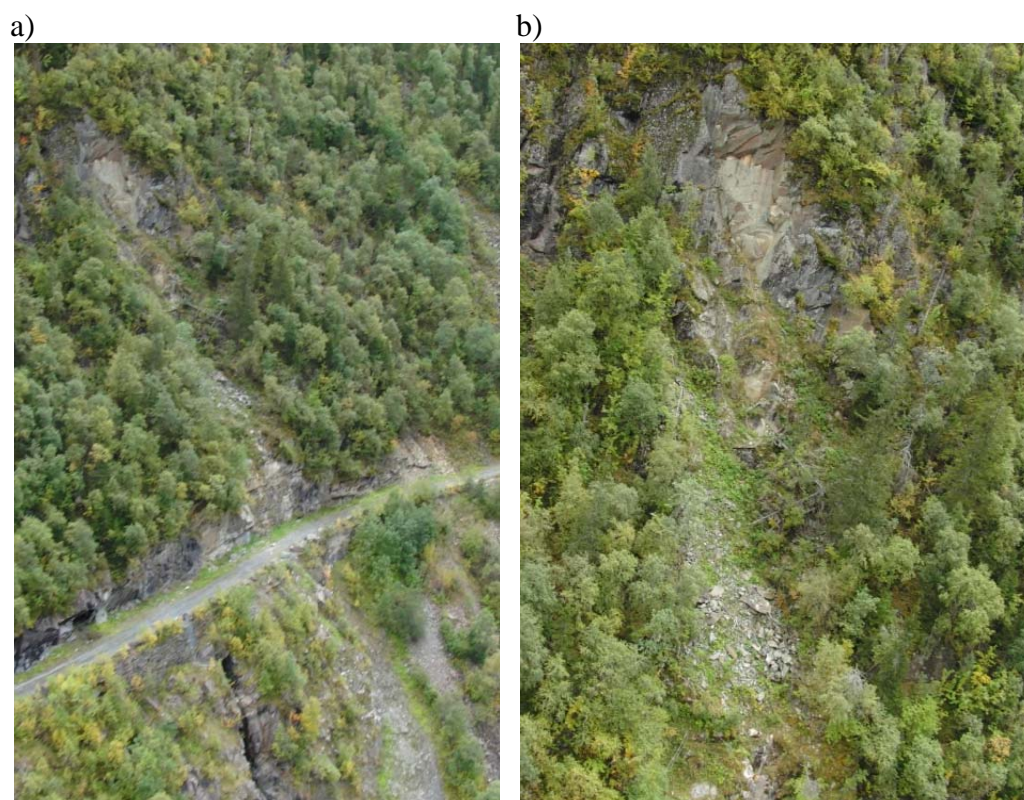
*Figur 4: Steinsprang fra den steile fjellsiden like ovenfor veien. Dette er vis a vis gården Veset, som kan ses i nedre høyre hjørne. Se S4 i kart 2. b) Utløsningsområdet for steinspranget viser at blokker har falt ut fra øvre del av det blottlagte bergpartiet. Her er berget lagdelt, med skråstilte lag som faller ca. 45° mot øst. Berget er sterkt oppsprukket, noe som kan føre til nye utfall av større og mindre blokker. Utfall fra dette partiet vil falle rett ned og treffe veien.*



*Figur 5: a) Steinsprang har kommet ned fra øverste del av det steile fjellpartiet på bildet, falt ned på veien med stor kraft og tatt med seg deler av veien. Dette er ved tipp 3 hvor sabotørstien kommer opp fra juvet, vis a vis Flåten. Se S5 i kart 2. b) Utløsningsområdet er merket i rødt. Fjellet her er lagdelt og oppsprukket som beskrevet for forrige område i figur 4. Steinsprang vil kunne komme herfra også i fremtiden og treffe veien.*



Figur 6: a) Bildene viser utfall mot vei fra samme steinsprang som omtalt over i figur 5. Skredet har gått vis a vis Flåten, se S5 i kart 2. b) Utfallet: Oppknust stein og blokker opp til ca. 3 m<sup>3</sup> ligger i veibanen. Steinspranget har tatt med seg deler av veien.



Figur 7: Utfall like vest for Trollfossen. Se S6 i kart 2. b) Utløsningsområdet for steinspranget vises øverst i bildet. Blokkene har tydelig hatt et bratt glideplan i underkant og løsnet ved at en baksprekk har utviklet seg. Slike bratte glideplan i underkant er ugunstig for stabiliteten. Skredblokkene har mest sannsynlig havnet i veien og blitt ryddet bort. Skredet kan være det som er beskrevet 22. nov. 2005 i Tabell 1.

a)



b)



*Figur 8: a) Et mindre utfall i veikanten var betydelig oppknust, men bestod også av større blokker. Utfallet har ikke nådd veien, med mindre det har blitt ryddet før befarings. b) Steinspranget har blitt utløst fra et område lenger opp som ikke var synlig fra veien, og kanalisert nedover denne renna synlig midt i bildet.*

a)



b)



*Figur 9: a) Dette utfallet har et større volum, og ligger vis a vis Våer øst. Utfallet består av godt oppknust materiale, samt en del større blokker som har kommet helt ut i veien. b) Utløsningsområdet har en vifteform og ligger like over veibanen. Et bergparti som sannsynligvis var meget oppsprukket har glidd ut.*



*Figur 10: Steinsprang observert langs veistrekningen. Utfallet ses i forgrunnen: tre steiner har falt ut og nådd veien. Steinspranget omtalt i figur 9 ses i bakgrunn.*

a)



b)



*Figur 11: a) Utfallet ses i forgrunnen; en større stein har falt ut på veien. b) Utløsningsområdet. Her er fjellet oppsprukket, og særlig i øvre kant er det løst berg. Herfra kan flere utfall komme.*





Figur 12: a) Utfallet ses midt i bildet; en mindre steinblokk har nådd veien nærmest Vemork. b) Utløsningsområdet ses øverst i skjæringa; berget er tydelig oppsprukket og flere løse blokker med mulighet for å rase ut ligger igjen.

## 6 Skredfarevurdering

### 6.1 Østlig del av strekningen: Såheim-Gjuvbekken

Denne strekningen, vist i figur 13, er vurdert som mindre skredutsatt enn strekningen vestenfor. Dette er hovedsakelig fordi veien her ligger rundt 300-400 m fra fjellpartier med helning over 45°. Etablerte siringstiltak bedrer også situasjonen her: lengst øst er veien blitt sikret med en voll som går langs med veien fra Såheim kraftstasjon til Gaustabekken. Også et ustabil parti rett øst for Gaustabekken er sikret med betongsøyler.

Fjellsiden er flere steder steil, med utpregede sva hvor større og mindre partier kan løsne og gli ut. Disse svaene utgjøres av bratte og glatte glideflater parallelt med fjellsiden, noe som er ugunstig for stabiliteten (figur 14). Lengst vest på denne strekningen ligger Klokkshovd, den høyeste toppen langs Vemorkssporet 925 moh. Klokkshovd er høy og steil med enkelte markerte overheng hvor partier kan løsne (figur 15). Noen løse blokker ble også observert (figur 16). Fjellsiden her er for øvrig ikke sterkt oppsprukket.

Til tross for flere potensielle utløsningsområder for steinsprang vurderes faren for utfall mot veien som relativt liten, på grunn av avstanden til veien. Som man kan se av figur 13 er det utstrakte urer nedenfor fjellfoten etterfulgt av tett skog lengst øst, og lengre skogkledde lier mot vest, som skiller de potensielle utløsningsområdene fra veien. Steinsprang på denne delen av strekningen antas å stoppe enten i ura eller skogen over veien. Dette viser også de tidligere skredhendelser som fortsatt er synlig i terrenget, gjennomgått i kapittel 5, hvor skredmassene har stoppet et godt stykke over veien.



*Figur 13: Oversiktsfoto over østlig del av strekningen (den østligste første kilometeren av veien er ikke med på bildet). Flere steile fjellpartier er synlige og skred utløses herfra med jevne mellomrom. Avstanden til veien gjør at strekningen likevel kan betraktes som relativt trygg.*



*Figur 14: Utpregede sva i fjellsiden over fabrikkområdene med steilt fall utover. Her vil større og mindre partier kunne løsne og gli ut. Det er tydelig av bildet at slike utfall har skjedd flere ganger tidligere.*



*Figur 15: Nærbilde av øvre parti av Klokkshovd. Fjellsiden er her høy og steil med noen markerte overheng hvor partier har løsnet tidligere, og hvor det kan løsne igjen (innringet i rødt). Fjellsiden her er for øvrig ikke sterkt oppsprukket.*



*Figur 16: Øvre parti av vestlig del av Klokkshovd. Blokkene markert med rød sirkel ser spesielt ustabile ut. Utfall fra dette området vil trolig ikke nå veien.*

## 6.2 Vestlig del av strekningen: Gjuvbekken-Vemork

Denne vestligste ca. 2.2 km lange strekningen peker seg ut som mest skredutsatt. Dette er fordi veien her er skåret inn i den bratte fjellsiden, som har en helning på 45° eller brattere, se figur 17 og figur 18. Fjellet er her mange steder svært oppsprukket og flere steinspranghendelser med utfall mot veien ble observert under befaring (se kapittel 5). Det er også langsmed denne strekningen flestparten av de registrerte historiske skredhendelsene har funnet sted (se tabell 1).

En rekke potensielle utløsningsområder for steinsprang ble observert, med fare for større eller mindre blokkutfall. På østsiden av Harehovdagjelet ble det observert et stort parti som syntes meget løst og ustabil. Dette partiet var av en slik størrelse og karakter at nærmere undersøkelser ble utført. De observerte potensielle utløsningsområdene er beskrevet med tekst og bilde i det følgende. Resultatene fra de detaljerte undersøkelsene av fjellpartiet ved Harehovdagjelet er gitt i kapittel 7.



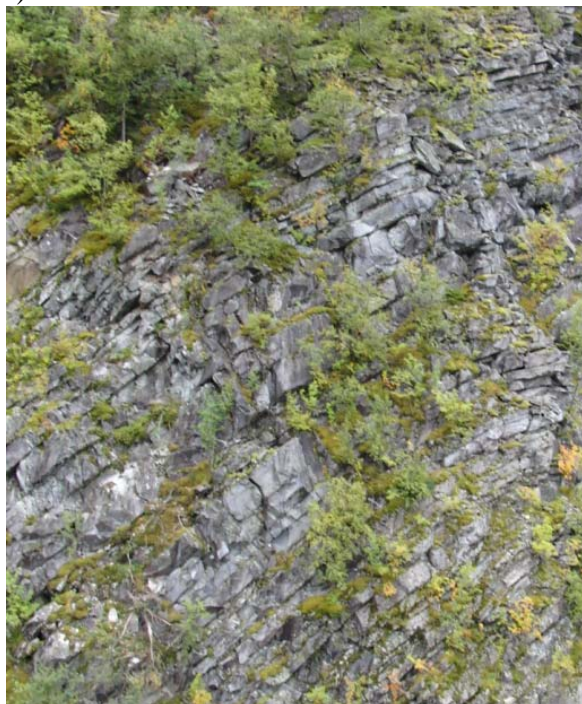
*Figur 17: Oversiktsfoto over strekningen fra Gjuvbekken og til tipp 3, hvor sabotørstien kommer opp. Steinspranget vis a vis Veset (omtalt i kapittel 5 og vist i figur 4) har gått fra partiet innringet i rødt. Flere utfall kan komme fra dette området, beskrevet nærmere i figur 19.*



*Figur 18: Oversiktsfoto over strekningen fra tipp 3 til Vemork. Et steinsprang kan ses å ha løsnet i den steile fjellsiden over tipp 3 og tatt med seg deler av veien. Steinspranget er omtalt i kapittel 5 og vist i figur 5 og figur 6. Hele dette området er sterkt oppsprukket og flere ufall mot veien må påregnes.*

Fjellpartiet indikert med rødt i figur 17 like vest for Gjuvbekken, er vist nærmere i figur 19 a. Fjellet er her steilt og svært oppsprukket med skråttstilte lagflater som heller mot øst. I tillegg står et annet sprekkesett nær vertikalt, normalt på lagdelingen, slik at fjellet her naturlig sprekker opp i større og mindre blokker. Bergoverflaten ser løs og blokkig ut, med fare for utfall av disse blokkene. Et steinsprang har gått fra dette området før, omtalt i kapittel 5 og vist i figur 4. Glatte, slakt utoverhellige sva omgir dette området, se figur 19 b. Dette indikerer at glatte sprekkeflater kan avgrense de oppsprukne partiene også i underkant. Dette vil forverre stabiliteten. Blokkutfall vil komme fra denne fjellsiden også i fremtiden.

a)



b)



*Figur 19: a) Nærbilde av fjellsiden vest for Gjuvbekken som er svært oppsprukket og av en løs og blokkig karakter. b) Oversiktsbilde som viser at de løse partiene omkranses av glatte, slakt utoverhellende sva.*

Fjellsiden videre mot tipp 3, vis a vis Flåten, ser noe bedre ut med tanke på utfall mot veien fordi selve fjellsiden her ligger lengre fra veien med en slakere skogkledd li som skiller områdene, se figur 20. Det finnes like fullt steile partier som er potensielle utløsningsområder for steinsprang i de øvre nivåer langs denne strekningen, slik som innringet i rødt i figur 20. Figur 21 viser et nærbilde av området. Bergoverflaten ser noe mindre løs ut, og med noe større sprekkeavstand, men de samme skråstilte lagflatene som omtalt tidligere finnes også her. I tillegg kan her tydelig ses bratte utoverhellende sprekkeplan hvor blokker kan gli ut. Steinsprang kan komme fra fjellsiden i dette området, men vil i de fleste tilfeller stoppe i lia under. Utfall mot veien er derfor mindre sannsynlig her, enn ellers langs den vestlige delen av strekningen.



*Figur 20: Veistrekningen som går under Rånåberg mellom områdene vis a vis Veset og Flåten har større avsand til bratte fjellskrenter hvor steinsprang kan utløses. Det er sannsynlig at blokkutfall fra bratte områder, som det innringet i rødt, vil stoppe i den skogkledde lia under.*



*Figur 21: Berget her er oppsprukket på en slik måte at blokker vil kunne løsne og gli ut langs bratte utoverhellende sprekkeplan.*

Fra tipp 3, vis a vis Flåten, og videre vestover går fjellsiden igjen steilt ned mot veien, og faren for utfall mot veien er stor (figur 22). Berget er av samme oppsprukne karakter som vist i figur 19, med markert lagdelig som faller mot øst, og berget har naturlige svakhetsplan langsmed disse. Dette skaper flere steder overhengende fjell, hvor blokker kan falle ned fordi de mangler støtte i underkant. Et tidligere utfall fra dette området som viser dette er omtalt i kapittel 5 og vist i figur 5. Flere lignende utfall må forventes i dette området.

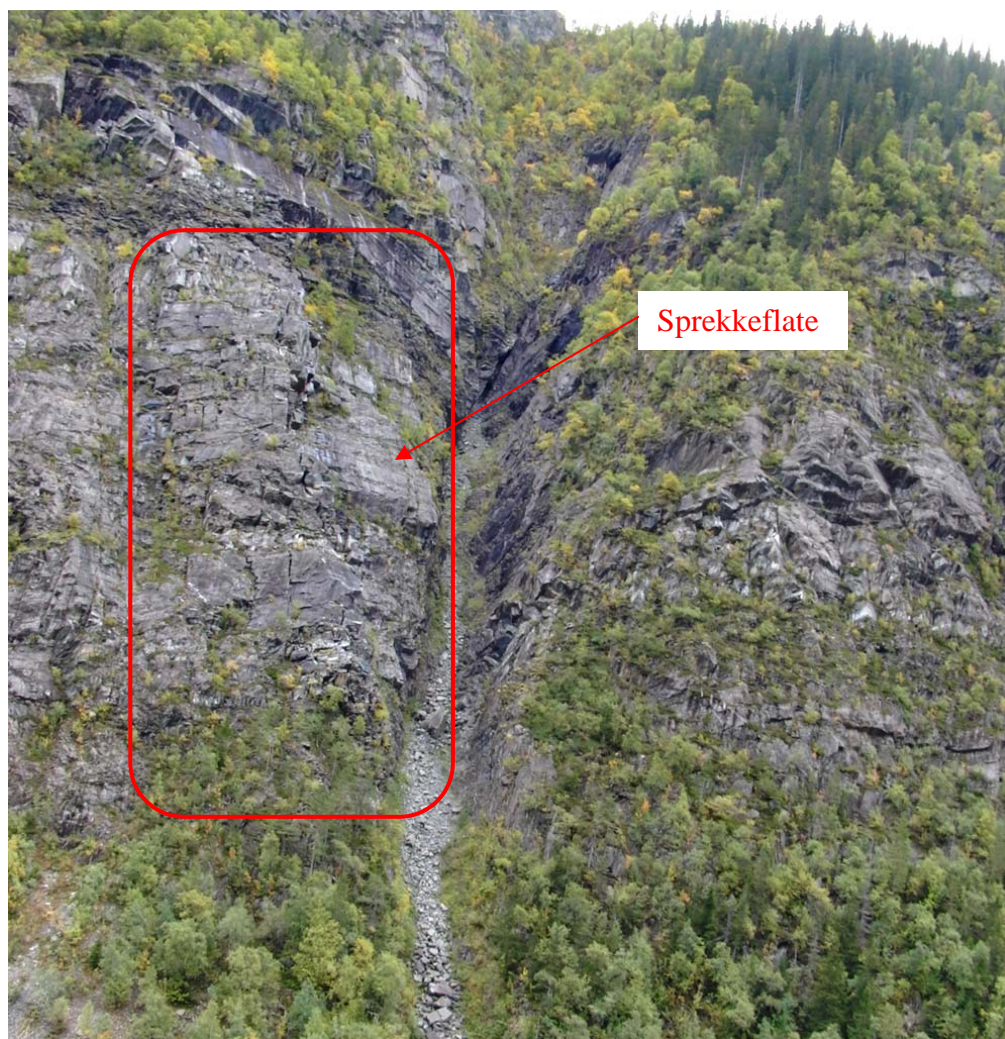


*Figur 22: Fjellsiden sett vestover fra tipp 3, vis a vis Flåten. Fjellet her er oppsprukket langs skråstilte lagflater og omtrent vertikale sprekker. I hele området finnes løse blokker og overheng. Harehovdagjelet skjærer fjellsiden og kommer ned som indikert med røde piler.*



I figur 23 vises Harehovdagjelet som er vurdert som et spesielt skredfarlig område. Fjellet her er meget oppsprukket og stiger steilt helt opp til Harehovda 862 moh. Gjelet er en del av en lengre bruddsone som strekker seg fra toppen av denne fjellsiden og fortsetter nordover på andre siden av juvet (Sletten et al. 2004). Fjellet i denne bruddsonen er karakterisert som svært oppknust og er synlig i terrenget som Harehovdegjelet på sørsiden, og gjelet bekken Våeråi går i på nordsiden.

Under befaringen ble et stort oppsprukket parti på østsiden av Harehovdagjelet observert, se figur 23. Området er oppsprukket langs bergartens lagdeling, som beskrevet tidligere, og har også gjennomgående vertikale sprekker. Partiet består tilsynelatende av løse blokker stablet oppå hverandre, og ser ut til å hvile på en sprekkeflate som avskjærer det i underkant (figur 24). Partiet er også avskåret i bakkant med en baksprekk på 1-2 m, noe som tydelig kan ses i figur 25.



*Figur 23: Harehovdagjelet med et meget oppsprukket parti på østsiden av gjelet markert med rødt. Partiet består tilsynelatende av løse blokker i stabler som hviler på en sprekkeflate.*



*Figur 24: Midtre del av det oppsprukne partiet på østsiden av Harehovdagjelet. Partiet kan ses å være meget løst, med blokker i stabler. Sprekkeflaten som avskjærer partiet i underkant er markert.*



*Figur 25: Øverste del av det oppsprukne partiet. Partiet avgrenses i toppen av en godt utviklet baksprekk på 1-2 m.*

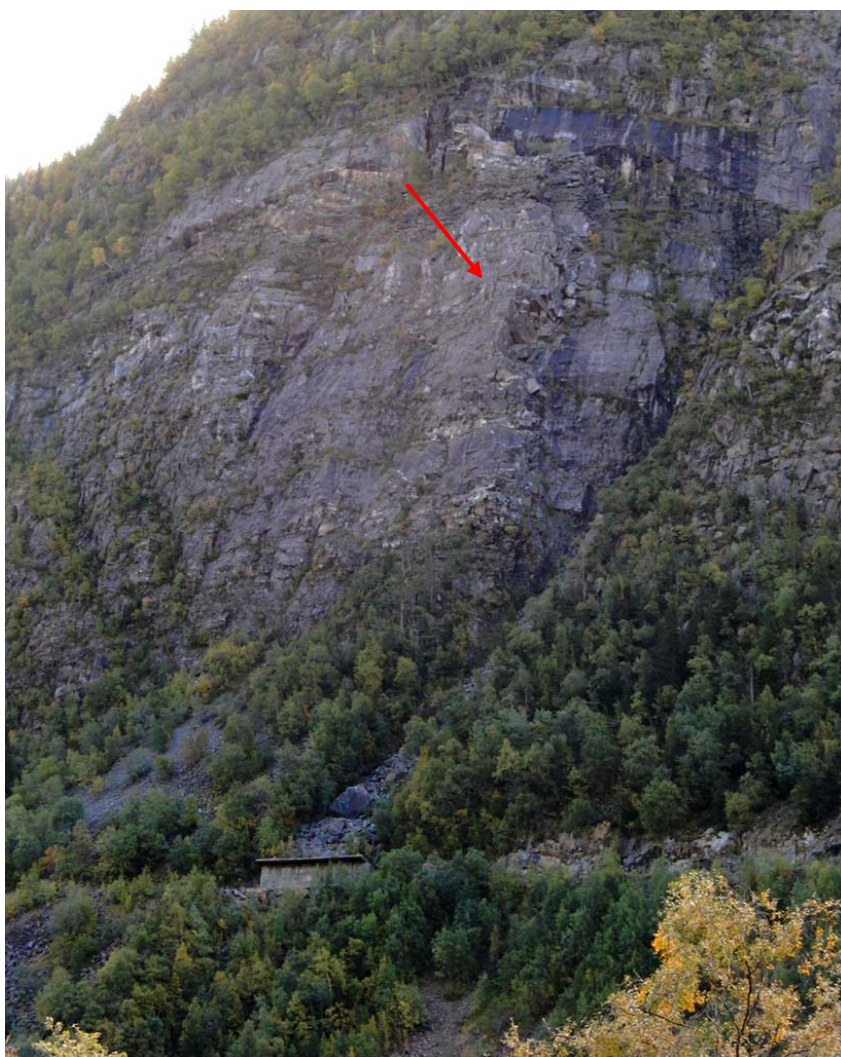
Området er også beskrevet i detalj av Jørstad i en NGI rapport fra 1961, hvor det også fremheves som et spesielt oppsprukket og farlig parti. Denne rapporten beskriver også at ”partiet synes å ligge på en sleppeflate”, noe det finnes et godt bilde av i rapporten som er gjengitt i figur 26. Her kan man tydelig se at en sprekkeflate skjærer partiet i underkant på vestlig side. Jørstad skriver at denne flaten også finnes igjen på østlig side. At blokker eller delpartier kan løsne og komme ned på Vemorksporet vurderer Jørstad som sikkert, og at man heller ikke kan se bort fra at hele partiet kan komme samlet ned. Jørstad konkluderer med at det ”neppe kan gjøres noe med”, med hensyn til sikring.



*Figur 26: Oppsprukket parti på østsiden av Harehovdagjelet sett fra vestlig side, mot øst. Her kan tydelig sprekkeflaten som skjærer partiet i underkant sees i øvre foto (Jørstad 1961).*

At Harehovdagjelet lenge har vært vurdert som en spesielt farlig strekning langs Vemorkbanen viser også overbygget som er plassert her. Gjelet kanaliserer utfall fra de høye, bratte fjellsidene i denne bruddsonen, rett ned mot Vemorksporet og overbygget (figur 27). Skredmateriale kan ses å ligge i gjelet nedover, og over overbygget hvor flere større blokker har stoppet.

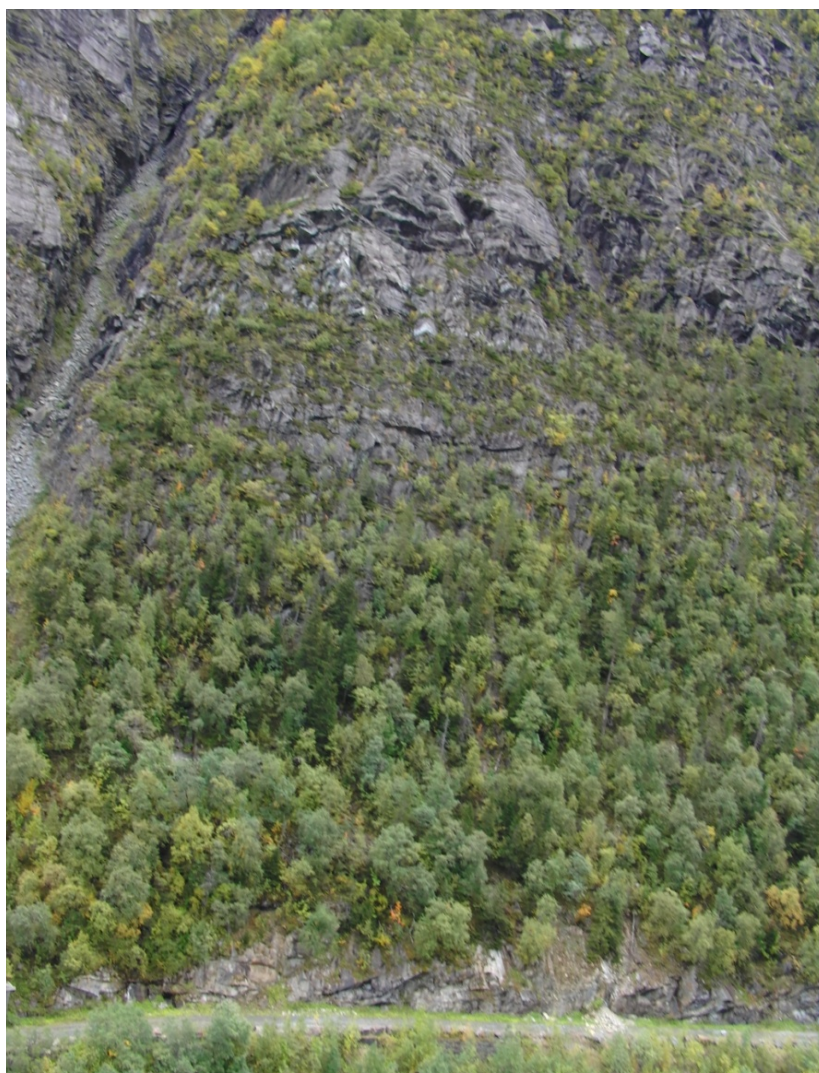
Overbygget er ikke dimensjonert på en slik måte at det hindrer alt utfall fra Harehovdagjelet å nå veien (Lied og Domaas1983). Taket på overbygget er for smalt og strekningen det dekker for kort til at større utfall hindres fra å nå veien. Dette vil også være tilfellet dersom hele eller større deler av partiet på gjelets østside kommer ned.



*Figur 27: Overbygg ved Harehovdagjelet. Deler av tidligere utfall kan ses å ha stoppet over overbygget. Dersom hele eller større deler av det løse partiet på gjelets østside (markert med rød pil) skulle komme ned vil ikke overbygget være tilstrekkelig til å skjerme veien mot utfallet.*

Fjellsiden under Harahovda for øvrig er steil nok til at steinsprang kan utløses, og oppsprukket på samme måte som beskrevet tidligere. Utfall fra slike øvre deler av fjellsiden vil i sin helhet fanges opp av gjelet, og ledes ned mot overbygget og skredura som har samlet seg opp i gjelet. Mindre utfall vil nok stoppe her, men vi vet at utfall fra dette området har truffet veien før (Lied og Domaas 1983).

Vestenfor Harehovdagjelet fortsetter fjellsiden på samme måte som før denne bruddsonen. Fjelllets karakter er som beskrevet tidligere oppsprukket hovedsakelig langs bergartens lagdelig, som flere steder skaper overheng (figur 28). Oppsprekking også nær vertikalt skaper blokker som kan falle ut. Utfall har gått fra dette området tidligere, rett vest for Trollfossen, og er beskrevet i kapittel 5, figur 7. Dette steinspranget skyldes en plan utglidning langs et bratt utoverhellende sprekkeplan. Sprekkeplan med denne orienteringen er svært ugunstig for stabiliteten, se figur 29. Slike sprekkeplan nær parallelt med fjellsidens helning har også vært observert og omtalt tidligere langs hele strekningen. Flere steinsprang kan komme fra denne delen av strekningen. Fjellsiden er her meget bratt ( $>45^\circ$ ) helt ned til veien, avskilt av et belte med trær nærmest veien, men på grunn av fjellsidens bratthet vil nok utfall herfra treffe veien.



*Figur 28: Fjellsiden vest for Harehovdagjelet har samme karakteristikk som fjellsiden på østsiden. Steinsprang vil kunne utløses herfra og treffe veien. Veiskjæringen langs dette strekket er steil og utfall mot vei må påregnes.*



*Figur 29: Oversiktsbilde over øvre del av fjellsiden vest for Trollfossen. Fjellsiden er godt oppsprukket langs nær horisontale lagflater, subvertikale sprekker og bratte utoverhellige sprekkflater (sistnevnte indikert med røde piler). Sprekkemønsteret fører til at blokker i alle størrelser kan falle ut og ned mot veien.*

Like vest for området vist i figur 29 over ble det observert en stor blokk helt øverst i fjellsiden, se figur 30. Blokken har en godt utviklet sprekk i bakkant med en bredde på ca. 2 meter. Oppsprekningen her er igjen langs bergartens lagdeling, som i dette området faller ca. 30° innover og stryker langs fjellsiden (NØ/SV). Blokken vist i figur 30 har støtte av en fot nedenfor, men vil ikke kunne løsne med mindre foten har glideplan i underkant den kan skli ut langs. Fordi slike glideplan finnes i området er dette ikke utenkelig, men vurderes heller ikke som et av de mest ustabile partiene langs denne strekningen. De bratte utoverhellige sprekkflatene langsmed lagdelingen har derimot potensiale til å flake av og falle ut, slik vi ser tendenser til i figur 30, og som ble observert i øvre del av fjellsiden i dette området.



*Figur 30: Avløst blokk med en ca. 2 m bred sprekk i bakkant og fot som hindrer den å falle ut i fremkant. Hele dette området er tydelig oppsprukket langs bergartens lagdeling. Partier kan flake av og falle ut i dette området.*

### 6.2.1 Steinsprangfare fra veiskjæring

Den vestligste delen av veistrekningen er utsatt for stor steinsprangfare fra veiskjæringen. Områdene hvor veiskjæringen vurdert som skredfarlig er hovedsakelig i et kortere område vis a vis Veset og vis a vis Flåten; og hele veien fra Harahovdagelet til Vemork. Veiskjæringen i disse områdene er høy, steil og oppsprukket i retninger som er ugunstig for stabiliteten. Dette har ført til flere blokknedfall tidligere, omtalt i kapittel 5. Lignende utfall vil treffe veien også i fremtiden da det fortsatt finnes mye løst fjell langs skjæringen. Et par eksempler på slike løse og oppsprukne partier er vist i figur 31 og figur 32.





*Figur 31: Veiskjæring ved tipp 3, vis a vis Flåten. Berget er meget oppsprukket og flere blokker har løsnet herfra tidligere. Oppsprekking er langs lagflater med bratt fall mot sør (som i figur 30), slik at blokker heller utover mot veien. Dette kan føre til at flak faller ut. Steinspranget som har tatt med seg deler av veien her har løsnet fra høyere opp i fjellsiden (se figur 5).*



*Figur 32: Store deler av veiskjæringen består av løse blokker. Herfra vil blokker kunne løsne og falle ut i veien.*

## 7 LiDAR-undersøkelser av fjellpartiet øst for Harehovdagjelet

Det store oppsprukne partiet på østsiden av gjelet fra Harehovda er beskrevet i kapittel 6.2, og vurdert som et spesielt ustabil parti. Nærmere undersøkelser ble derfor ansett som nødvendig for å kunne vurdere volumet av ustabile masser og utføre stabilitetsberegninger. Siden dette området er utilgjengelig for feltarbeid, ble en helt ny teknologi tatt i bruk.

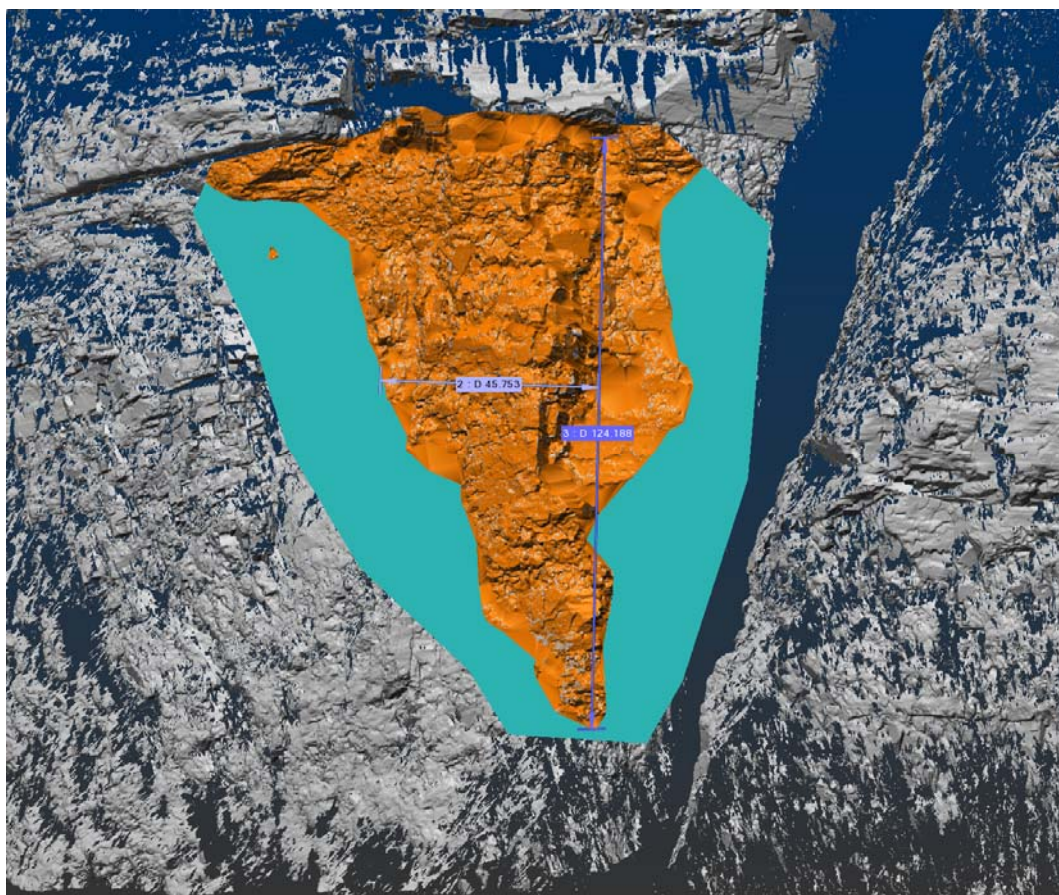
De detaljerte undersøkelsene av fjellpartiet ble utført ved hjelp av LiDAR teknologi, som er et fjernmålingsinstrument som benytter en laser-stråle som skanner fjellsiden. Metoden blir også kalt 3D-laser-skanning, fordi resultatet er en fullverdig 3D-modell av den skannede overflaten. 3D-modellen gir mulighet til å gjøre mer detaljerte analyser av fjellpartiet, som kartlegging av skråningsgeometri og orientering av sprekker, slik at mulige bruddmekanismer og potensielle skredvolumer kan identifiseres.

Innsamling av LiDAR dataene ble utført med en Optech ILRIS-3D laser-skanner (figur 33). Data ble innsamlet fra to ulike lokaliteter, øvre Våer og vestre Flåten, for å oppnå best mulig dekning og oppløsning.



*Figur 33: Oppstilling av Optech ILRIS-3D laser skanner på Våer. På toppen av laser-skanneren er det festet en differensiel GPS for stedfesting av de innsamlede dataene.*

Resultatet av de innsamlede LiDAR dataene er vist i figur 34. Sprekkeflaten som er nær parallelt med fjellsidens helning er godt synlig på partiets vestside og kan også finnes igjen på østsiden av partiet (se figur 23). Som tidligere beskrevet i kapittel 6.2, vurderes denne flaten å skjære det oppsprukne partiet i underkant. Denne flaten ble derfor brukt til å avgrense det ustabile partiet i underkant, og den godt utviklede baksprekken ble brukt til å avgrense partiets utstrekning i bakkant (se figur 25). Det turkise planet i Figur 34 er en forstørret utgave av sprekkeplanet synlig på vestsiden av partiet, og viser hvordan dette planet skjærer gjennom det ustabile partiet og avgrenser dets utstrekning. På denne måten har man funnet størrelsen på det vurdert ustabile partiet, vist i oransje i figur 34, og kunnet beregne dets volum. Resultatet viser at partiet er 124 m høyt, ca. 45 m bredt, og det totale volum av ustabile masser er på 28 000 m<sup>3</sup>.

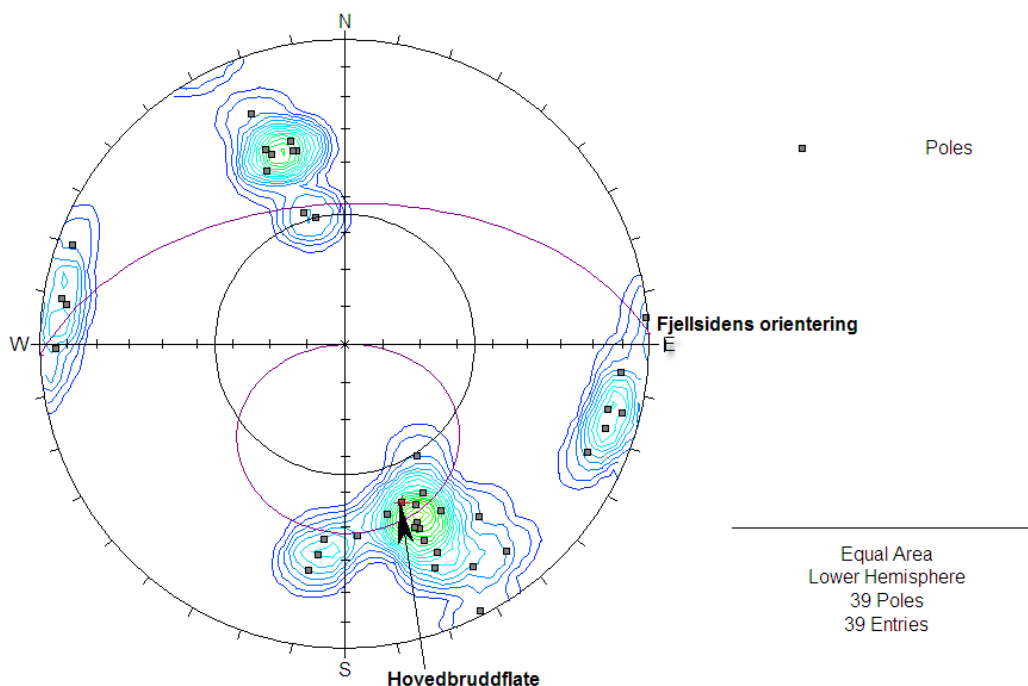


Figur 34: LiDAR data av det skannede området på østsiden av Harehovdagelet. Mørkeblått er valgt som bakgrunnsfarge, mens grått og oransje utgjør modellen av fjelloverflaten. Det turkise planet i figuren illustrerer sprekkeflaten på vestsiden av det vurderte partiet, som er forstørret slik at det viser hvor sprekkeflaten vil skjære partiet i underkant. Dette gir utstrekningen av det ustabile partiet, vist i oransje. Den totale høyde er målt til 124 m, bredden er ca. 45 m og totalvolumet av ustabile masser er 28 000 m<sup>3</sup>.

Videre ble det utført identifisering av sprekkeplan fra LiDAR dataene hvor sprekkeplanenes orientering ble hentet ut. Sprekkeplanene, som er naturlige svakhetsflater i berget, kan fortelle om stabiliteten til fjellpartiet fordi utglidninger vil skje langs med disse. Stabilitetsanalysen er utført i Dips (Rocscience 2010) og vist i figur 35.

De grå firkantene beskrevet som "Poles" i tegnforklaringen i figur 35 angir orienteringen til sprekkeflatene i fjellsiden, og den lilla krumme linjen angir fjellsidens orientering. Friksjonsvinkelen som må overgå for at en utglidning av fjellpartiet kan skje er satt til  $35^\circ$ , og er gitt av den svarte sirkelen midt i diagrammet. For å få utglidning må det finnes en sprekkeflate partiet kan gli ut langs som er slakere enn fjellsidens helning (lilla sirkel), men brattere enn friksjonsvinkelen (svart sirkel). Dette betyr at alle sprekkeplan som plotter innenfor den lilla sirkelen, og utenfor den svarte sirkelen i figur 35, kan gi utglidning av større eller mindre partier.

Av stabilitetsanalysen vist i figur 35 kan man se at 5 av de 39 registrerte sprekkeplanene i denne fjellsiden plotter innenfor området som kan gi utglidninger. Blant disse er sprekkeplanet som avskjærer det store oppsprukne partiet her vurdert (markert som "Hovedbruddflate" i figur 35 og vist med turkis i figur 34). Resultatet av stabilitetsberegningene er dermed at partiet på østsiden av Harehovdagjelet ikke er stabilt med hensyn på plan utglidning.



*Figur 35: Stabilitetsanalyse utført i Dips for fjellsiden på østsiden av Harehovdagjelet. Resultatet viser at det finnes flere ugunstig orienterte sprekkeflater hvor utglidninger kan skje. Av størst betydning viser resultatet at sprekkeflaten som hele det løse partiet hviler på er ustabil med hensyn på plan utglidning.*

Den observerte sprekkeflaten som skjærer partiet er bratt nok til at utglidning kan skje, og partiet vil dermed gli ut når de drivende kreftene overgår de stabiliserende kreftene. De stabiliserende kreftene er hovedsakelig gitt av friksjonen (skjærstyrken) langsmed glideplanet som holder blokkene oppe. Glideplanets ruhet og eventuell sprekkefylling er viktige for å kunne si noe om kreftene som holder partiet på plass, men disse parameterne er ikke tilgjengelig for måling. Av den observerte steinsprangaktiviteten i dette området vet man imidlertid at slike utglidninger finner sted. Det er også naturlig å slutte at sprekkeflaten som nå er synlig på partiets vestsida har fungert som et glideplan for tidligere utfall fra samme område. Man kan derfor slutte at forholdene ligger til rette for at det løse partiet på østsida av Harehovdagjelet kan gli ut.

Det beregnede totale volumet av det ustabile fjellpartiet er stort, og slike volumer kan vanskelig sikres mot. Dersom partiet skulle forsøkes fjernet kan man anta at samme stabilitetsproblem vil kunne oppstå, ettersom lignende glideplan også finnes på dypere nivå. Det sentrale spørsmålet, som vanskelig lar seg besvare, er om partiet vil komme ned som mindre steinsprang hvor blokker løsner og faller ut, eller om hele partiet vil komme samlet ned. Det man kan si med sikkerhet er at blokker og delpartier kan løsne, fortrinnsvis fra øvre vestlig kant. Dersom kun små masser faller ut av gangen, vil disse kunne stoppe i ura eller på overbygget. Men man kan heller ikke utelukke at hele partiet faller ut, særlig dersom utglidninger begynner i foten av partiet.

## 8 Risikoanalyse

Av studiene som har blitt gjort er det ingen tvil om at steinsprangfaren er høy på denne strekningen. Men det er også viktig å ta med i betraktning hvordan veien skal brukes. I dette tilfellet er det ikke mye trafikk på veien, som kun skal brukes når det er nødvendig. Man kan derfor gjøre en beregning av den årlige sannsynligheten for å bli truffet av skred på veistrekningen.

Et kjøretøy vil kun befinne seg i et utløpsområde for skred i noen sekunder, men for å kunne bruke veien for biltransport må veien også vedlikeholdes. Bygging av sikringstiltak er et større arbeid som krever mer tid. Beregning av sannsynlighet for å bli truffet av skred under slikt arbeid, kan benyttes til å fatte en beslutning om bygging av større sikringstiltak kan forsvares. Sannsynligheten for å bli truffet av et skred både i bil og under arbeid på veien bør derfor undersøkes.

### 8.1 Sannsynlighet for at et kjøretøy treffes av skred

I et normalt år kjører ca. 2 biler med varer denne strekningen. I 2012 og 2014 skal derimot Vemork kraftstasjon oppgraderes og mye som ikke kan gå over hengebroen må fraktes via Vemorksporet. Dette estimeres til 10-20 transporter i året for årene 2012 og 2014, hvor det behøves minst en følgebil til hver transportbil. Strekningen er ca. seks km og det kjøres med en hastighet på 10

km/t. Det legges til grunn at det må forventes ca. to skred i året på denne strekningen (se kapittel 4).

Sannsynligheten for at et kjøretøy befinner seg på veien når det går et skred avhenger av hvor ofte det går skred, hvor bredt skredet er og hvor lenge kjøretøyet befinner seg innenfor det skredutsatte området. Dette avhenger igjen av trafikkmengden, kjøretøyets hastighet og bremselengde. Den årlige sannsynligheten ( $P_t$ ) for sammenstøt mellom skred og et kjøretøy i bevegelse er gitt ved (Kristensen et al., 2003):

$$P_t = \frac{N_d \times (S + l)}{v \times 1000 \times 24 \times 365} \times f$$

hvor  $N_d$  = antall biler per år,  $S$  = skredets bredde i meter eller kjøretøyets lengde i meter avhengig av hvilken verdi som er størst,  $l$  = bremselengden i meter,  $f$  = antall skred per år og  $v$  = kjørehastigheten i km/t.

Vi legger til grunn at 40 biler kjører denne strekningen i året i forbindelse med transport av store/tunge kolli. Transport i forbindelse med årlig vedlikehold settes til 2, slik at antall biler per år estimeres til 42 for 2012 og 2014. Ved å anta  $N_d = 42$ ,  $S = 10$  m,  $l = 2$  m og  $v = 10$  km/t vil den årlige sannsynligheten ( $P_t$ ) for at et kjøretøy treffes av skred være:

$$P_t = \frac{42 \times (10 + 2) \times 2}{10 \times 1000 \times 24 \times 365} = 1.15 \times 10^{-5}$$

Dette resulterer i en årlig sannsynlighet  $P_t = 0,0000115$ . Hvilket betyr at det statistisk vil gå i gjennomsnitt ca. 87 000 år mellom hvert sammenstøt mellom kjøretøy og steinsprang. Sannsynligheten for sammenstøt mellom steinsprang og kjøretøy er med andre ord svært liten. Til sammenligning er kravet i Plan- og bygningsloven (PBL) at den årlige sannsynligheten for skred mot bolighus ikke skal være større enn 0,001, eller at det i gjennomsnitt skal gå minst 1000 år mellom hver gang boligen treffes av skred.

## 8.2 Sannsynlighet for å bli truffet av skred under anleggsarbeid

Om veien skal brukes til biltransport må også inspeksjoner og vedlikehold påregnes. Det er vanlig med to slike i året: en etter vårløsningen når veien åpnes, og en på høsten. Vis a vis Flåten, ved tipp 3, har et parti av veien rast ut i forbindelse med et skred og mer betydelige vedlikeholdsarbeider må utføres før veien er kjørbær. Dette arbeidet estimeres til ca. to uker med to mann. Dersom større sikringsarbeider skulle utføres, som for eksempel ved Harehovdagelet, kunne det tatt ca. to måneder. For disse scenarioene er sannsynligheten for at en arbeider treffes av skred beregnet under.

### 8.2.1 Årlig vedlikeholdsarbeid

Årlig vedlikeholdsarbeid er satt til 2 arbeidsdager á 8 timer, tilsvarende 16 timer. Dette er eksponeringstiden. Siden arbeideren kun vil oppholde seg på en begrenset del av strekningen vil han ikke eksponeres for skredfare fra hele fjellsiden. Skredfrekvens på to skred per år vil derfor bli et uriktig høyt tall. For å estimere skredfrekvensen i området arbeideren oppholder seg, deles strekningen opp i mindre segmenter. Vi antar at av de to skredene som når veien årlig, går samtlige på den vestligste halvdel av strekningen og at sannsynligheten for skred er likt fordelt langs hele denne strekningen. Vi antar videre at to personer er i arbeid og at faresonen hvor hver arbeider kan bli truffet av skred er 5 m bred (skredets gjennomsnittsbredde). Ved å anta at arbeiderne ikke befinner seg i umiddelbar nærhet av hverandre til enhver tid, tar vi utgangspunkt i en 10 m bred faresone hvor minst en av arbeiderne kan bli rammet av skred. Skredfrekvensen for dette området er da gitt ved:

$$f_b = f \times \frac{\text{arbeidsområde}}{\text{strekning}} = 2 \times \frac{10}{3000} = \frac{1}{150},$$

hvor  $f_b$  er skredfrekvensen i det begrensede arbeidsområdet og  $f$  er skredfrekvensen for hele den skredutsatte strekningen. Skredfrekvensen for et 10 meter bredt område er gjennomsnittlig ett skred hvert 150 år.

Sannsynligheten for å bli truffet av skred under arbeid på den vestlige delen av strekningen er dermed gitt ved:

$$P_t = \frac{t}{8760} \times f_b,$$

hvor  $t$  er eksponeringstid i timer, og parameterne ellers er som før. Årlig vedlikeholdsarbeid er estimert til 16 timer for to personer. Sannsynligheten for at en eller begge arbeiderne blir truffet av skred på den tiden de oppholder seg på strekningen er da:

$$P_t = \frac{16}{8760} \times \frac{1}{150} = 1.22 \times 10^{-5}$$

Dette resulterer i en årlig sannsynlighet for å bli truffet av skred i forbindelse med årlig vedlikeholdsarbeid på  $P_t = 0,0000122$ . Hvilket betyr at det statistisk vil gå i gjennomsnitt ca. 82 000 år mellom hver gang en arbeider blir truffet av skred under slike arbeider. Denne sannsynligheten er sammenlignbar med det å kjøre bil langs strekningen, selv om sannsynligheten for å bli truffet av skred er større i dette tilfellet.

### 8.2.2 Lengre vedlikeholdsarbeid etter større skred

Dersom større vedlikeholdsarbeider må utføres som tar to arbeidsuker å fullføre for to mann, vil den årlige sannsynligheten for å bli truffet av skred være (skredfrekvensen  $f_b$  er satt lik som over, dvs. vi vurderer fortsatt at de oppholder seg i et 10 m bredt område):

$$P_t = \frac{80}{8760} \times \frac{1}{150} = 6.09 \times 10^{-5}$$

Resultatet viser en årlig sannsynlighet for å bli truffet av skred under lengre vedlikeholdsarbeider på  $P_t = 0,0000609$ . Dette betyr at det statistisk vil gå i gjennomsnitt ca. 16 000 år mellom hver gang en arbeider blir truffet av skred under slike arbeider. Sannsynligheten for å bli truffet av skred har dermed steget betraktelig sammenlignet med foregående beregninger.

### 8.2.3 Arbeid med større sikringstiltak

Ved arbeid med større sikringstiltak som her er estimert til to måneder for to mann å gjennomføre, kan sannsynligheten for å bli truffet av skred under arbeidene beregnes på samme måte som tidligere:

$$P_t = \frac{320}{8760} \times \frac{1}{150} = 2.44 \times 10^{-4}$$

Resultatet viser at den årlige sannsynlighet for å bli truffet av skred under sikringsarbeider er  $P_t = 0,000244$ . Dette betyr at det statistisk vil gå i gjennomsnitt ca. 4 000 år mellom hver gang en arbeider (eller flere) blir truffet av skred under slike arbeider. Dersom man heller skulle være fire mann over en måned ville sannsynligheten blitt den samme (vi forutsetter 5 m faresone for hver arbeider), selv om konsekvensene ved et skred selvfølgelig kunne blitt større. Dette viser at sannsynligheten for å bli truffet av skred stiger dramatisk ved lengre opphold langs veien sammenlignet med det å kjøre samme strekning.



### 8.3 Kommentarer til beregningene

Sannsynlighetene for å bli truffet av skred ved opphold langs denne strekningen er beregnet over. Risikoen kan uttrykkes matematisk som sannsynlighet  $\times$  konsekvens. Konsekvensen av et slikt treff ville selvfølgelig være katastrofale, og risikoen vil dermed kunne bli høy. Om den er *for* høy ved noen eller alle av de foreslåtte scenarioene over må bli opp til oppdragsgiver å vurdere. Dersom man vurderer sannsynligheten for å bli truffet som lav nok til å akseptere risikoen, kan slike arbeider utføres. Ved å ha fire mann i arbeid sammenlignet med kun to, ville eksponeringstiden kunne kortes ned, men konsekvensene vil øke, og risikoen vil dermed bli høyere.

Sannsynlighetsberegningene utført over tar utgangspunkt i at skredfaren er den samme hver dag gjennom året. Dette vet vi ikke stemmer. Sannsynligheten for at det skal gå skred er større ved store nedbørsmengder, sterk snøsmelting og temperatursvingninger rundt 0 °C. Sannsynligheten for å bli truffet av skred beregnet over kan derfor reduseres noe dersom man unngår slike vær- og temperaturforhold. Hvor mye sannsynligheten vil reduseres kan derimot ikke tallfestes.

Et annet spørsmål som er aktuelt i denne sammenheng, er om vibrasjoner og rystelser fra tungtransport og anleggsmaskiner kan utløse skred. Dersom dette skulle være tilfelle ville sannsynligheten for å bli truffet av skred ved slike arbeider langs veistrekningen øke. Om vibrasjoner kan utløse skred er foreløpig ikke blitt undersøkt grundig nok til at det kan gis et klart svar. Forskning på dette tema er imidlertid pågående, hvor en forskningskomité arbeider med revisjon av eksisterende standard NS 8141. Den eksisterende standarden omhandler vibrasjonspåvirkning på byggverk fra diverse menneskeskapte vibrasjonskilder (sprengning, anleggsarbeid, tungtransport osv.), og skal nå revideres til også å inkludere bl.a. hvordan slike vibrasjoner virker inn på stabilitet av naturlig grunn, og om disse kan utløse skred. Leder i Standard Norges komité for revisjon av denne standarden er Christian Madshus fra NGI. Hans foreløpige svar på spørsmålet om vibrasjoner fra tungtransport og anleggsarbeid kan utløse steinsprang er at det er lite sannsynlig, men kan foreløpig ikke utelukkes. Denne reviderte standarden skal være ferdig i 2011, og vil forhåpentligvis kunne belyse temaet og gi et fullgodt svar på spørsmålet.

For mer informasjon om risikovurdering og hvordan en risikovurdering kan gjennomføres, henvises det til Norsk Standard NS 5815 Risikovurdering av anleggsarbeid (Standard.no 2010).

## 9 Forslag til risikoreduserende tiltak

Hydro Energi har gode interne prosedyrer i forbindelse med bruk av veien. Som ”sikker jobb analyse” (SJA), oppslag ved porter om skredfare langs strekningen, og at man rapporterer når man drar ut og når man kommer hjem, slik at man til enhver tid hvem som oppholder seg i det skredfarlige området. Disse prosedyrene, og forståelsen av at transportveien over Vemorksbrua skal benyttes så langt det er mulig, er viktig å opprettholde.

Dersom man ønsker å bruke veien langs Vemorksporet finnes det forholdsregler som kan øke sikkerheten. Disse er foreslått punktvis under:

*Forhåndsregler før bruk av vei:*

- Se an nedbørsprognosene før planlegging av transport, og velge en uke med tørrvær. Veien bør ikke brukes ved langvarig eller intensivt regn. Man bør vente minst ett døgn etter langvarig eller intensivt nedbør har opphørt.
- Installere en temperaturmåler ved Vemork kraftstasjon. Man bør ikke bruke veien når denne viser temperaturer i intervallet  $\pm 4$  °C.
- Man bør ikke ta i bruk veien i månedene mai og juni som er forbundet med vårløsning og økt steinsprangaktivitet. Dette ses klart av tabell 1 i kapittel 4.
- En følgebil bør kjøre før transportlast for å undersøke veistrekningen med hensyn på skred, og ser til at veien er fri for hindringer. Transportlast kan kjøres etter at dette er kontrollert.
- Man bør ikke stoppe unødvendig langs veien, og man bør begrense alt opphold på veien til et minimum.

Arbeidstilsynet har utarbeidet en forskrift om snøskredfare ved oppholds- og anleggssteder (Lovdata 2010). Noen punkter i denne forskriften kan også gjelde for steinsprang. Punktene 3, 5, 6 og 7 i forskriften er vurdert til å kunne brukes i denne sammenhengen, og er gjengitt under:

3. Ansatte som ferdes i området skal ved oppslag eller på annen tjenelig måte instrueres om farlige forhold med plikt til å følge de sikkerhetsmessige anvisninger som er gitt. Alle atkomstveger hvor skred kan true skal tydelig markeres.
5. Under forhold der en mener at det eksisterer skredfare, skal oppsynsmenn og brøytemannskap eller annet utpekt personell – i den grad det er forsvarlig – befare skredfarlige områder og rapportere til ledelsen om sine observasjoner.
6. Ved anlegget skal det organiseres en redningstjeneste som dimensjoneres og utstyres i samråd med skredkonsulent og offentlige redningstjeneste (politi) på stedet. Det skal stilles personlig utstyr til rådighet for mannskapet og anskaffes rednings- og førstehjelpsutstyr i nødvendig omfang.

7. Mannskap skal ha radiotelefon eller annet sikkert kommunikasjonsutstyr til rådighet. Dette skal alltid stå åpent for mottak og varsling.

Fysiske sikringstiltak som kan gjøres langs veistrekningen for å redusere skredfare for mennesker som oppholder seg der er foreslått under:

- Rensk av veiskjæring fra Vemork-Harehovdagjelet (ca. 500 m). Langs denne stekningen er det mye løst fjell i veiskjæringen som fører til steinsprang. Rensk er ingen permanent løsning, men kan forbedre forholdene for en periode. Dersom fjerning av løse blokker kun avdekker nye løse blokker har dette tiltaket liten hensikt.
- Steinsprangnett langs veiskjæringen. Et steinsprangnett langs den samme strekningen (Vemork-Harehovdagjelet) vil kunne forbedre forholdene mer permanent. Nettet må dimensjoneres i forhold til forventet størrelse på utfallet, og boltes i fast fjell i henhold til produsentens forskrifter, og ev. ingeniørgeologisk vurdering.
- Fanggjerde for å stoppe utfall fra øvre deler av fjellsiden. Man kan sette opp et kraftig wirenettgjerdet på oversiden av veien for den mest skredutsatte delen av strekningen. Det kraftigste gjerdet som holder <5000 kJ bør da benyttes. Høyde på nettet må vurderes. Foreslått strekning er Vemork-Tipp 3 (vis a vis Flåten), ca. 900 m.
- Fanggjerde vis a vis Veset. Fjellsiden over veien er her meget løs og oppsprukket over ca. 50-80 m, og her har kommet utfall ned tidligere (se figur 4). Et fanggjerde kan boltes fast i fjellsiden over veien for å stoppe utfall fra å nå veien. Høyde på nettet må vurderes.
- Utvide takbredden på eksisterende overbygg ved Harehovdagjelet og forlenge overbygget mot øst.

Om bygging av slike sikringstiltak kan forsvares med tanke på den risiko arbeiderne utsettes for må vurderes i hvert enkelt tilfelle. Fysiske sikringstiltak som steinsprangnett, fanggjerde etc. må vedlikeholdes.

## 10 Konklusjoner og anbefalinger

Veistrekningen mellom Såheim- og Vemork kraftstasjon er stedvis meget skredutsatt, og vil etter NGIs vurderinger kunne nås av steinsprang/steinskred i gjennomsnitt to ganger i året. Historisk oversikt over tidligere steinsprang og steinskred for denne strekningen tyder på dette.

Den vestligste delen av stekningen, fra Gjuvbekken til Vemork, er vurdert som mest skredutsatt ettersom foten av brattskrentene her strekker seg helt ned til veien. Skredene som går langs denne strekningen vil derfor i de aller fleste tilfeller nå veien, mens det for den østligste delstrekningen vurderes dit hen at de fleste skred vil stoppe før de når veien.

Flere potensielle utløsningsområder er identifisert i store deler av fjellsiden og langs veiskjæringen. Fjellsiden er stort sett betydelig oppsprukket i retninger som er ugunstig for stabiliteten. Blokker av ulike størrelser kan dermed ventes å falle ut fra flere steder.

Nærmere undersøkelser av det oppsprukne partiet på østsiden av Harehovdagjelet viser at partiet er marginalt stabilt, og vil kunne falle ut. Partiet hviler på en sprekkeflate med fall  $46^\circ$  ut fra fjellsiden som partiet vil kunne gli ut langs. Potensielt skredvolum er beregnet til  $28\,000\text{ m}^3$ . Om partiet vil komme samlet ned kan ikke vites, men kan heller ikke utelukkes. At blokker og delpartier kan løsne og falle ut er derimot sikkert.

Selv om skredfaren er høy, er sannsynligheten for å bli truffet av skred relativt lav ettersom veien brukes lite. Sannsynligheten for å bli truffet av skred i en bil i bevegelse er betraktelig mindre enn ved lengre opphold langs veien. Man må derfor gjøre en avveining av risikoen forbundet med å installere sikringstiltak kontra å bruke veien som den er i dag, og vurdere om bygging av større sikringstiltak kan forsvares. Slike vurderinger og avgjørelser overlates til oppdragsgiver.

Flere risikoreducerende tiltak er mulig å utføre og er foreslått i denne rapporten. Man bør ikke bruke veien i perioder med kraftig nedbør, sterk snøsmelting, eller når temperaturen svinger rundt  $0^\circ\text{C}$ , fordi slike forhold er forbundet med økt steinsprangaktivitet. Fysiske sikringstiltak er også mulig å gjennomføre. Dersom partiet på østsiden av Harehovdagjelet skulle komme samlet ned vil imidlertid ingen sikringstiltak være tilstrekkelig.

Alle steinspranghendelser bør noteres i et eget register, og inkludere informasjon om stedet hvor veien er truffet, størrelsen på skredet, utløp, utløsningsområdet (dersom det kan identifiseres), når skredet sannsynligvis har gått, og eventuelle forhold som kan ha vært utløsende årsak.

Som det fremgår av tabell 1 er det ingen registrerte steinspranghendelser i månedene februar, mars og april. Om man ønsker å ta i bruk veien i vintermånedene vil det være minst fare i stabilt kalde perioder, såfremt man holder seg oppdatert på snøskredfaren. Man bør undersøke snøskredfaren i fjellsiden før bruk av veien på vinterstid, og unngå vær- og klimaforhold som er forbundet med økt snøskredfare.

## 11 Referanser

Brattlien, K. 2008. *Såheimsveien boligområde – skredvurdering*. NGI rapport 20081239-1

Einung, H.H. 1943. *Storflommen i Tinn 27. og 28. juni 1927. Rjukan 1943 – Tinn kommunes forlag*.

Hestnes, E. 2004. *Akuttvurdering av faren for steinsprang 11.05.2004*. NGI rapport 20041311-1.

Jørstad, F. 1960. *Befaring 19. – 20. oktober 1960 i anledning steinspranget 11. oktober ved Vemorkbanen, Rjukan*

Jørstad, F. 1961. *Befaring 22. – 25. og 28. – 31. august 1961 av Vestfjorddalens sydside fra Såheim til Vemork i anledning faren for steinsprang og –skred*. NGI rapport S.220.2

Kristensen, K., Harbitz, C. B., Harbitz, A. 2003. *EU program CADZIE. Vegtrafikk og skred – Metoder for risikovurdering og risikohåndtering*. NGI rapport 20001289-3.

Lied, K. og Domaas, U. 1983. *Vemork, Rjukan. Sikringstiltak mot steinspred*. NGI rapport 83472-1.

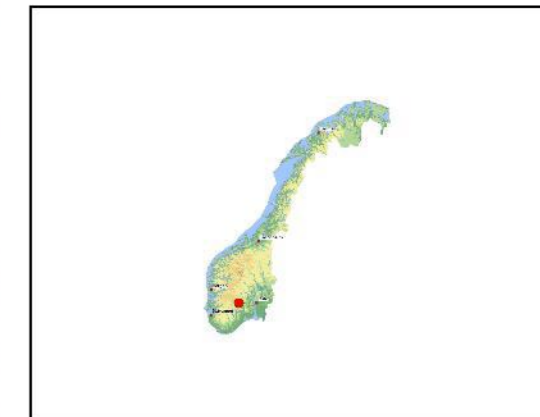
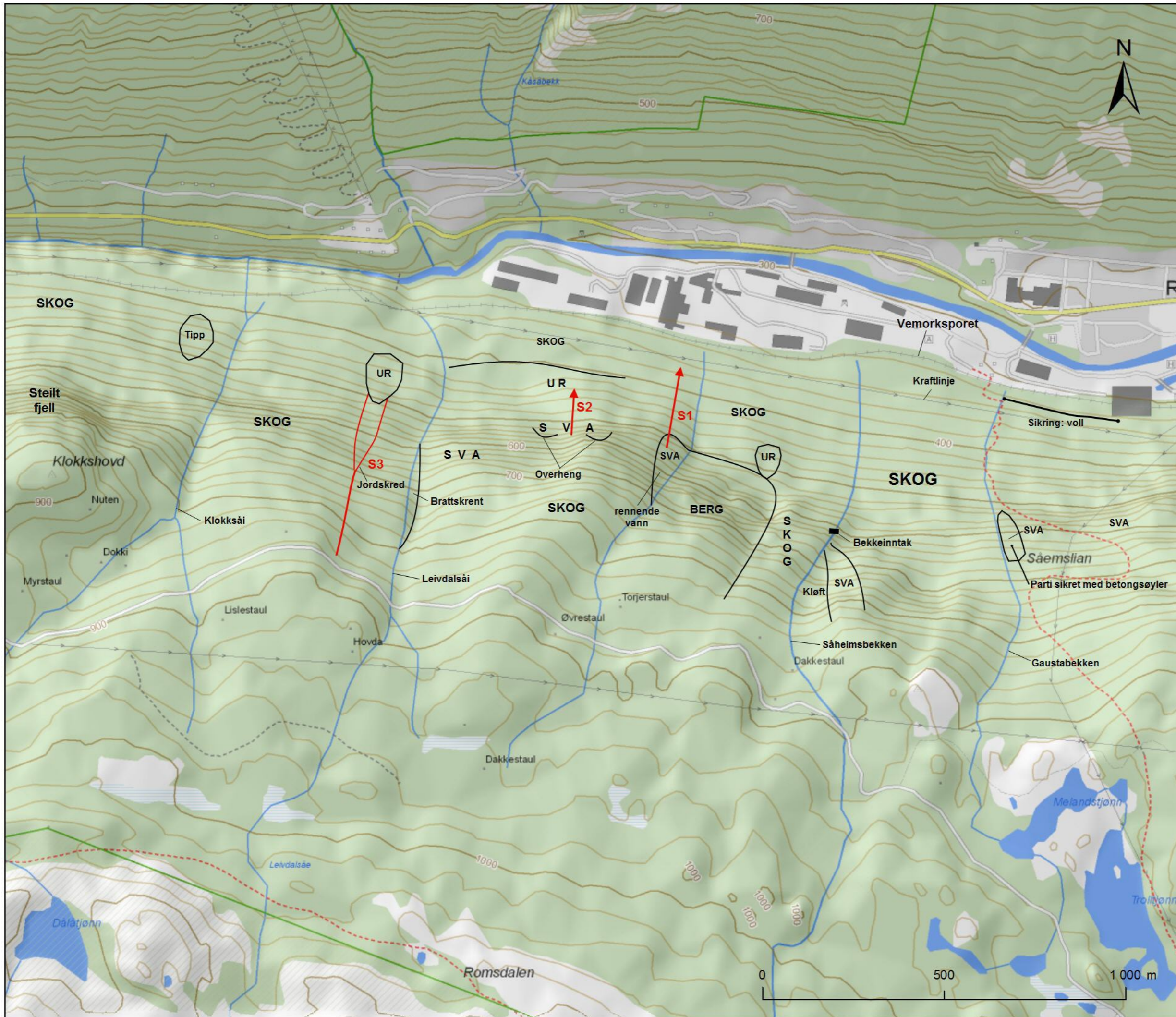
Lovdata 2010. *For1974-04-18 nr 03: Forskrifter om snøskredfare ved oppholds- og anleggsteder*. [nedlastet 05.10.2010] Tilgjengelig fra <http://www.lovdata.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-19740418-0003.html>


NGU 2010. *Berggrunnskart over Norge*. Norges geologiske undersøkelse [nedlastet 01.10.2010] Tilgjengelig fra <http://www.ngu.no/kart/bg250/>

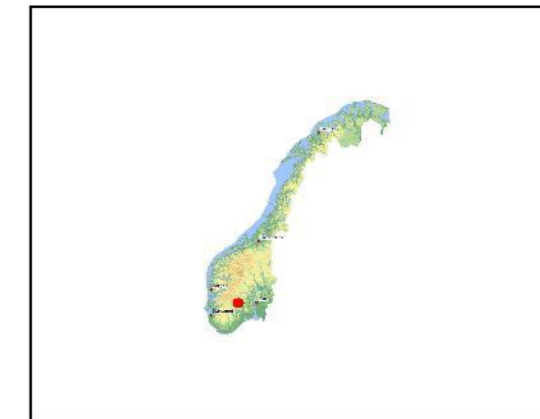
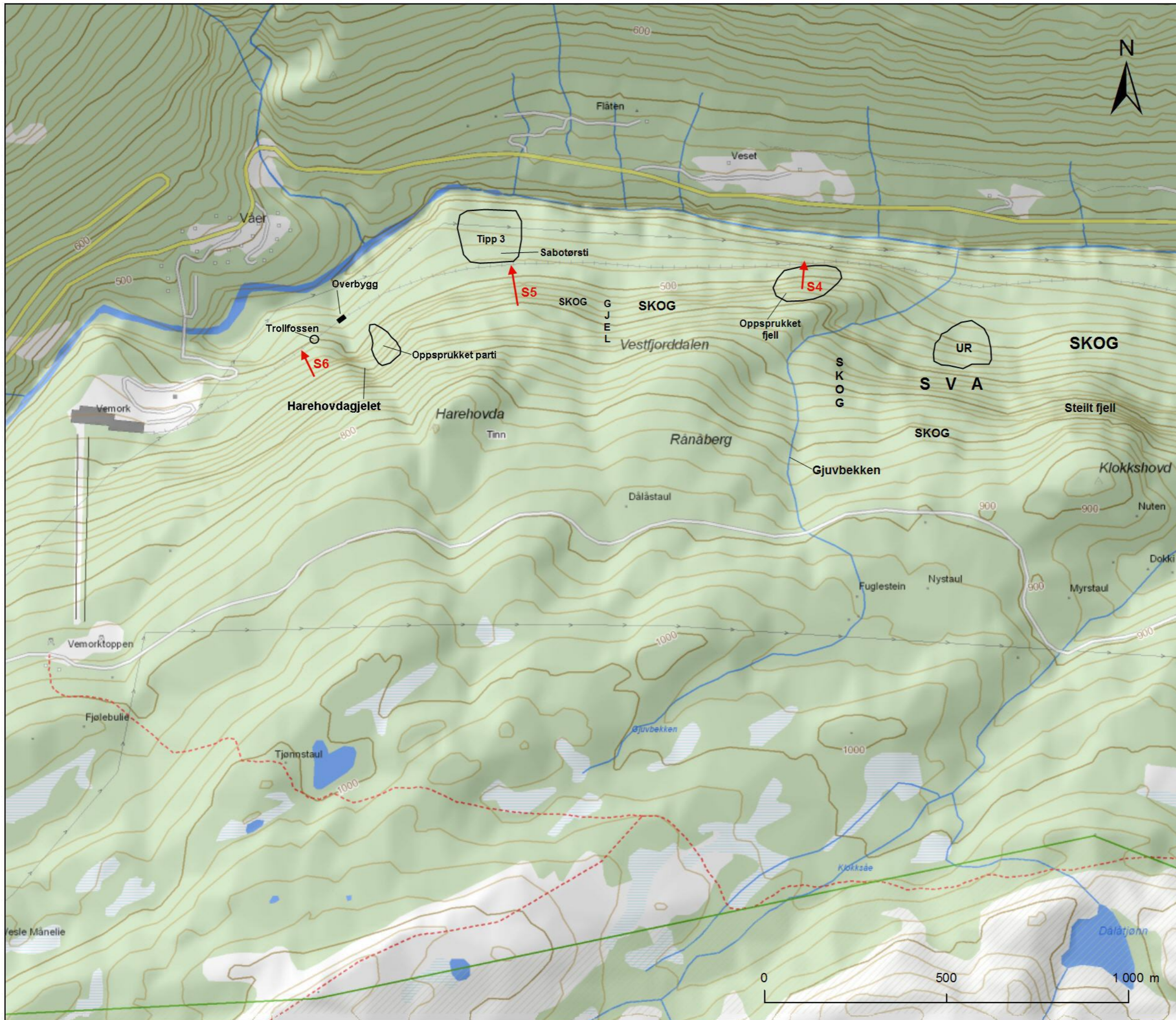
Rocscience 2010. *Dips*. [nedlastet 20.10.2010] Tilgjengelig fra <http://www.rocscience.com/products/1/Dips>


Sletten, K., Blikra, L. H., Dahlgren S., Sandersen, F. 2004. *Skredfarekartlegging i Vestfjorddalen*. NGU rapport 2004.023

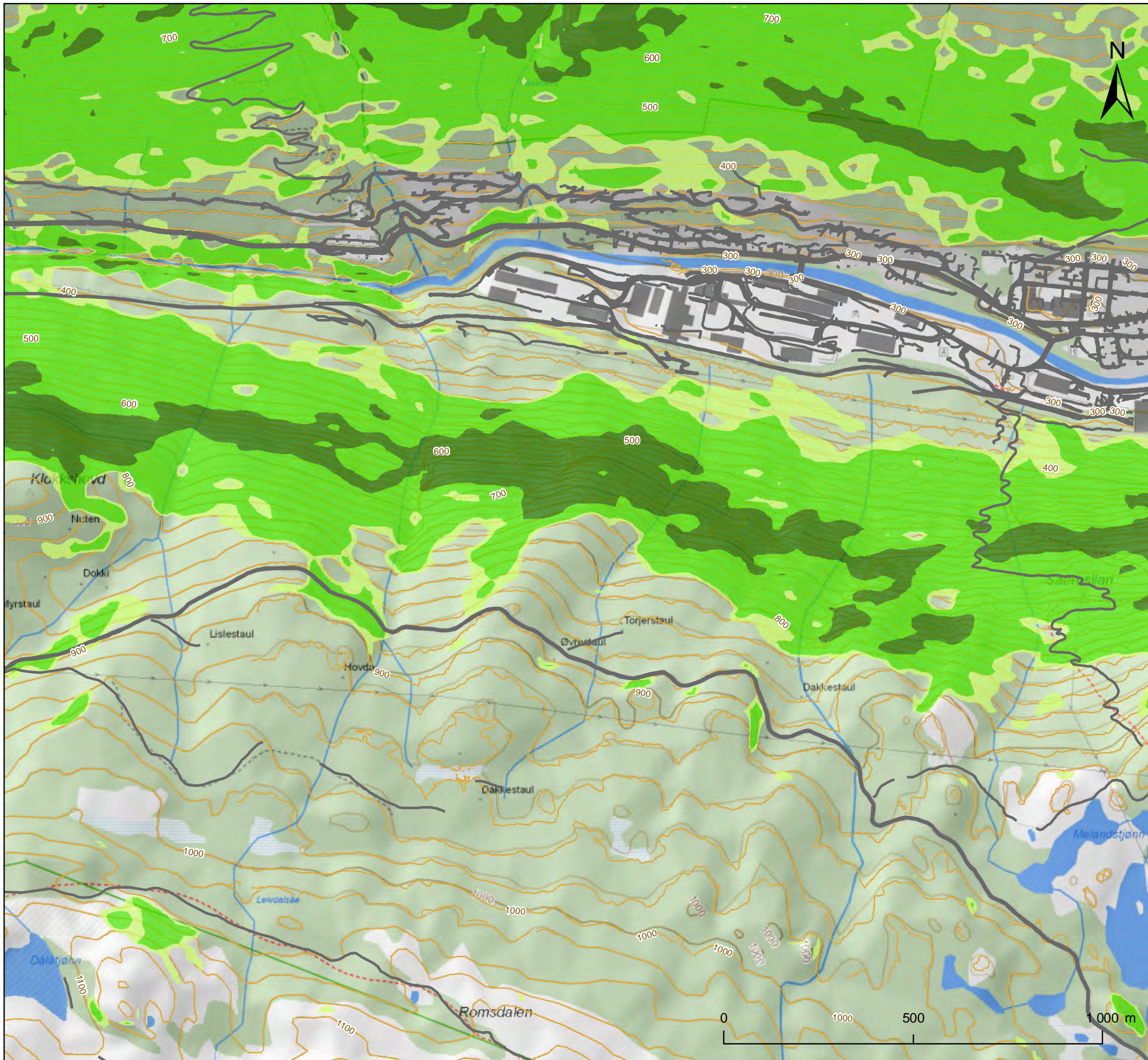
Standard.no 2010 *Norsk standard for risikovurdering av anleggsarbeid* [nedlastet 01.10.2010] Tilgjengelig fra <http://www.standard.no/no/Nyheter-og-produkter/Nyhetsarkiv/Bygg-anlegg-og-eiendom/2007/Norsk-standard-for-risikovurdering-av-anleggsarbeid/>



Hydro Energi		
<b>Vemorksporet</b>	Prosjektnr. 20100746-00-1	Kart nr. 01
Vurdering av steinsprangfare	Utført HHH	Dato 2010-10-25
	Kontrollert UD	
	Godkjent UD	
Målestokk (A3): 1:10 000		




Hydro Energi		
<b>Vemorksporet</b>	Prosjektnr. 20100746-00-1	Kart nr. 02
Vurdering av steinsprangfare	Utført HHH	Dato 2010-10-25
	Kontrollert UD	
	Godkjent UD	
Målestokk (A3): 1:10 000		



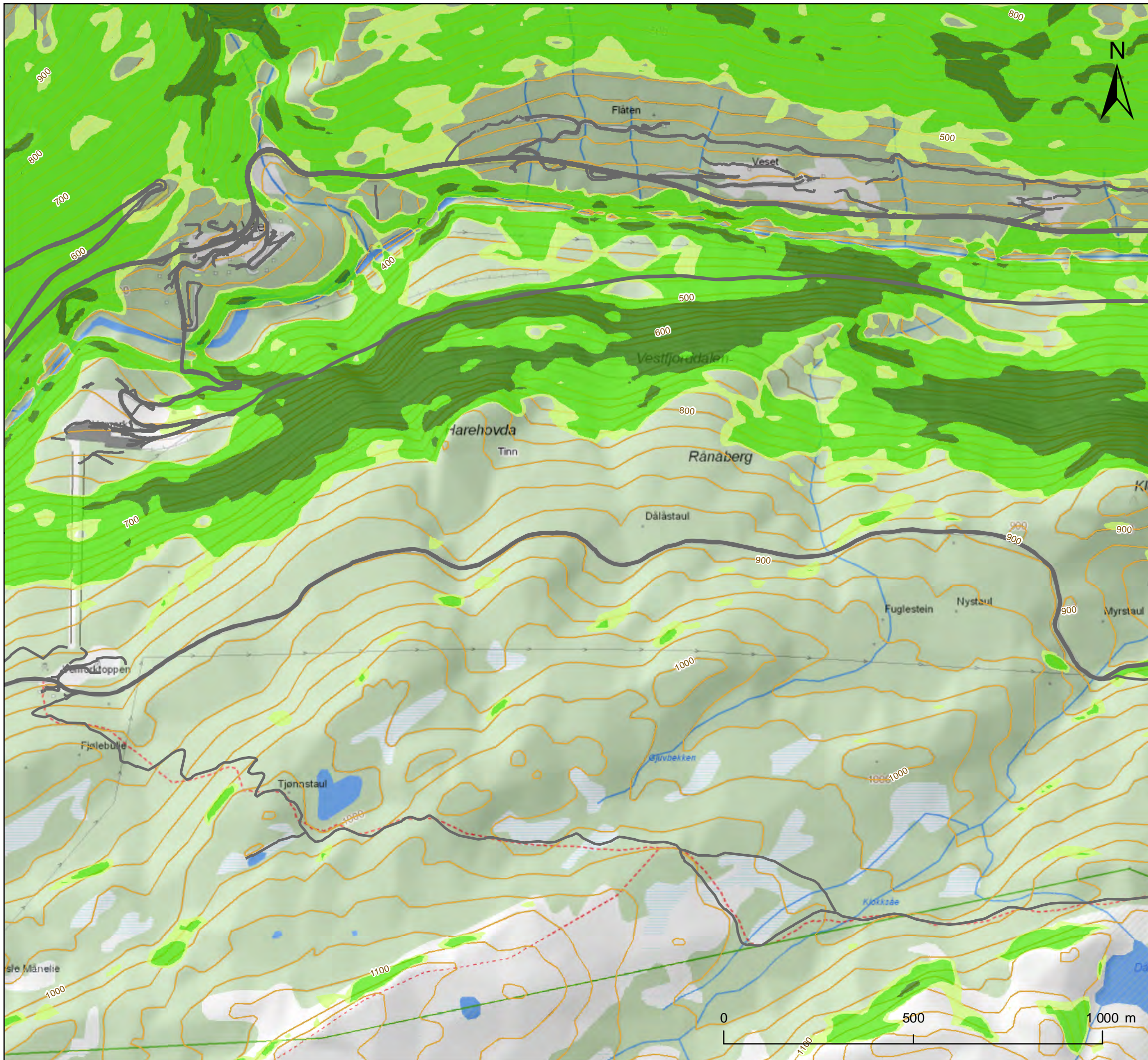
**Tegnforklaring**

**Bratte områder**

- 0° - 27°
- 27° - 30°
- 30° - 45°
- 45° - 90°

Hydro Energi		
<b>Vemorksporet</b>	Dokument 20100746-00-1	Kart nr. 03
Vurdering av steinsprangfare	Utført HHH	Dato 2010-10-25
	Kontrollert UD	
Godkjent UD	Målestokk (A3): 1:10 000	






### Tegnforklaring

#### Bratte områder

- 0° - 27°
- 27° - 30°
- 30° - 45°
- 45° - 90°

Hydro Energi		
<b>Vemorksporet</b>	Dokument 20100746-00-1	Kart nr. 04
Vurdering av steinsprangfare	Utført HHH	Dato 2010-10-25
	Kontrollert UD	
Godkjent UD	Målestokk (A3): 1:10 000	

# Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



<b>Dokumentinformasjon/Document information</b>					
<b>Dokumenttittel/Document title</b> Skredfarevurdering for Vemorksporet mellom Såheim og Vemork kraftstasjon			<b>Dokument nr./Document No.</b> 20100746-00-1-R		
<b>Dokumenttype/Type of document</b>		<b>Distribusjon/Distribution</b>		<b>Dato/Date</b> 2010-12-21	
<input checked="" type="checkbox"/> Rapport/Report		<input type="checkbox"/> Fri/Unlimited		<b>Rev.nr./Rev.No.</b> 0	
<input type="checkbox"/> Teknisk notat/Technical Note		<input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited			
		<input type="checkbox"/> Ingen/None			
<b>Oppdragsgiver/Client</b> Hydro Energi					
<b>Emneord/Keywords</b> Rjukan, steinsprang, skredfare, vei					
<b>Stedfesting/Geographical information</b>					
<b>Land, fylke/Country, County</b> Norge, Telemark			<b>Havområde/Offshore area</b>		
<b>Kommune/Municipality</b> Tinn			<b>Felt navn/Field name</b>		
<b>Sted/Location</b> Rjukan			<b>Sted/Location</b>		
<b>Kartblad/Map</b> 1614 IV Rjukan			<b>Felt, blokknr./Field, Block No.</b>		
<b>UTM-koordinater/UTM-coordinates</b> Sone 32 N6637778 E473608					
<b>Dokumentkontroll/Document control</b>					
<b>Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001</b>					
<b>Rev./Rev.</b>	<b>Revisjonsgrunnlag/Reason for revision</b>	<b>Egen-kontroll/ Self review av/by:</b>	<b>Sidemanns-kontroll/ Colleague review av/by:</b>	<b>Uavhengig kontroll/ Independent review av/by:</b>	<b>Tverrfaglig kontroll/ Inter-disciplinary review av/by:</b>
0	Originaldokument	HHH	UD	KL	
<b>Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release</b>		<b>Dato/Date</b>		<b>Sign. Prosjektleder/Project Manager</b>	

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen geofagene. Vi utvikler optimale løsninger for samfunnet, og tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg.

Vi arbeider i følgende markeder: olje, gass og energi, bygg, anlegg og samferdsel, naturskade og miljøteknologi. NGI er en privat stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA.

NGI ble utnevnt til "Senter for fremragende forskning" (SFF) i 2002 og leder "International Centre for Geohazards" (ICG).

[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting in 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 oil, gas and energy, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors. NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA.

NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002 and leads the International Centre for Geohazards (ICG).

[www.ngi.no](http://www.ngi.no)



Hovedkontor/Main office:  
PO Box 3930 Ullevål Stadion  
NO-0806 Oslo  
Norway

Besøksadresse/Street address:  
Sognsveien 72, NO-0855 Oslo

Avd Trondheim/Trondheim office:  
PO Box 1230 Pirsenteret  
NO-7462 Trondheim  
Norway

Besøksadresse/Street address:  
Pirsenteret, Havnegata 9, NO-7010 Trondheim

T: (+47) 22 02 30 00  
F: (+47) 22 23 04 48

[ngi@ngi.no](mailto:ngi@ngi.no)  
[www.ngi.no](http://www.ngi.no)

Kontonr 5096 05 01281 /IBAN NO26 5096 0501 281  
Org. nr./Company No.: 958 254 318 MVA

BSI EN ISO 9001  
Sertifisert av/Certified by BSI, Reg. No. FS 32989

