

BACHELOROPPGAVE

Tilstandsvurdering av utvalgte skredvoller langs vegnettet i Indre Sogn, Midtre Sogn og Indre Sunnfjord

av

106 Gaute Brunstad Øyehaug
113 Simon Løvås

**Conditions of selected deflecting and catching dams along the roads in
Indre Sogn, Midtre Sogn and Indre Sunnfjord**

Geologi og geofare

GE491

Juni 2014



Avtale om elektronisk publisering i Høgskulen i Sogn og Fjordane sitt institusjonelle arkiv (Brage)

Jeg gir med dette Høgskulen i Sogn og Fjordane tillatelse til å publisere oppgaven Tilstandsvurdering av utvalgte skredvoller langs vegnettet i Indre Sogn, Midtre Sogn og Indre Sunnfjord i Brage hvis karakteren A eller B er oppnådd.

Jeg garanterer at jeg er opphavsperson til oppgaven, sammen med eventuelle medforfattere. Opphavsrettslig beskyttet materiale er brukt med skriftlig tillatelse.

Jeg garanterer at oppgaven ikke inneholder materiale som kan stride mot gjeldende norsk rett.

Ved gruppeinnlevering må alle i gruppa samtykke i avtalen.

Fyll inn kandidatnummer og navn og sett kryss:

106 Gaute Brunstad Øyehaug

JA NEI

113 Simon Løvås

JA NEI

BACHELOROPPGAVE

Tilstandsvurdering av utvalgte skredvoller langs vegnettet i Indre Sogn, Midtre Sogn og Indre Sunnfjord



Simon Løvås og Gaute B. Øyehaug

Juni 2014

Forord

Vi er to studenter på bachelorprogrammet geologi og geofare ved Høyskolen i Sogn og Fjordane. Vi er godt fornøyd med starten på geologikarrieren, og vil takke Høyskolen og *Avdeling for Ingeniør og Naturfag* for den solide innføringen til fagområdet. Helge Henriksen har vært vår vegleder ved Høyskolen for denne oppgaven, og vi er svært takknemlig for god faglig veiledning. Henriksen har kommet med innspill til utforming av oppgaven, innføring i RocFall og tilbakemelding på utkast. Jens Tveit har vært vår andre vegleder, og vår kontaktperson i Statens Vegvesen. Vi ønsker å rette en stor takk til Tveit, som i tillegg til å komme med mange gode innspill har bidratt med veiledning i felt. Videre vil vi takke medstudentene i klassen vår for tre fine og lærerike år sammen.

Det er lett å hente motivasjon til å arbeide med en slik bacheloroppgave når vi vet at den skal benyttes til å utbedre sikkerheten til vegnettet. Vi håper at arbeidet kan bidra til å begrense økonomisk tap og enda viktigere tap av menneskeliv. I tillegg vil bevisstheten av en økende faglig kompetanse under arbeidet med denne oppgaven være en stor motivasjon for to engasjerte studenter.

Sogndal 10. juni 2014

Simon Løvås

Gaute B. Øyehaug

Sammendrag

Vi har lokalisert og utført en tilstandsvurdering på 50 skredvoller langs vegnettet i Indre Sogn, Midtre Sogn og Indre Sunnfjord. Av disse hadde 25 voller god, 13 middels, 9 dårlig og 3 kritisk tilstand i september 2013. De typiske feilene ved skredvollene var ansamling av skredmateriale i magasin, dreneringsløp og skredkanal, samt erosjon av støtside. I noen tilfeller lokaliserte vi også steiner/blokker som hadde beveget seg over vollene.

Våre anbefalinger er en årlig inspeksjon, slik at skredmateriale kan bli fjernet jevnlig. For flom-, sørpe- og snøskredvifter, bør skredkanalen tømmes helt opp til rotpunktet. Vi anbefaler også å bygge tørrmur oftere. Når tørrmur kun bygges i nedre del av støtsiden, bør den i de fleste tilfeller bygges enda høyere enn det som har blitt gjort. Det vil i stor grad bidra til å redusere erosjon av støtsiden. I tillegg bør flere av vollene forhøyes.

To av de undersøkte skredvollene er testet mot steinsprang med RocFall simuleringer. Det er sannsynlig at blokker beveger seg over Våtedalvollen 1 og ut på E39. Det gir en uakseptabel risiko, som krever forslag til ytterligere sikringstiltak. For Storeskorvollen er det mindre sannsynlig at blokker beveger seg ut på E16. Enhetsstrekningen får tolererbar risiko.

Innhold

1. Innledning	13
2. Teori Skred	16
2.1 Skred og Skredbane	16
2.2 Skredtyper	17
2.2.1 Løsmasseskred	17
Jordskred	18
Flomskred	19
Leirskred	20
2.2.2 Bergskred	21
Naturlige utløsningsfaktorer	21
Menneskelige utløsningsfaktorer	22
Stabilitet til berg	23
Skredbevegelse	25
Steinsprang	25
Steinskred	26
Fjellskred	27
2.2.3 Snøskred	28
Flaskskred	28
Løssnøskred	28
Sørpeskred	29
Utløsningsområde til snøskred	29
2.3 Beregning av utløpsdistanse for skred	30
2.3.1 α/β – metoden for steinsprang	30
2.3.2 α/β – metoden for snøskred	31
2.4 Klimaendringer og skred	31
3. Sikringstiltak	32
3.1 Aktive sikringstiltak	32
3.1.1 Rensk	32
3.1.2 Vegetasjons- og dreneringstiltak	32
3.1.3 Bolting	32
3.1.4 Netting	33
3.1.5 Støtteforebygging	33
3.1.6 Snøskjerm	34
3.1.7 Kunstig utløsning	34

3.2 Passive sikringstiltak	35
3.2.1 Fanggjerd.....	35
3.2.2 Skredvoller generelt.....	36
3.2.3 Fangvoll	38
3.2.4 Ledevoll	39
3.2.5 Kombivoll (buede voller).....	40
3.2.6 Bremseskjegler	40
3.2.7 Overbygg.....	40
3.3 Overvåking og varsling	41
3.3.1 Værvarsling	41
3.3.2 Tidlig varsling (early warning)	41
3.3.3 Sanntidsvarsling	42
3.4 Akseptkriterier	42
4. Metode.....	44
4.1 Innsamling av data	44
4.2 Statistiske analyser.....	48
5. Resultat	50
5.1 Tilstand til skredvoller	50
5.2 Statistiske Analyser	54
6. Case-studie av skredvoller	56
6.1 Metode.....	56
6.1.1 Våtedalen	56
6.1.2 Nordre Bjørkum	60
6.1.3 Berggrunn/løsmasser.....	63
6.1.4 Steinsprangsimuleringer med RocFall.....	63
6.2 Resultat case-studier.....	66
6.2.1 Profiler Våtedalen	70
6.2.2 Profiler Nordre Bjørkum.....	72
6.2.3 α/β -metoden.....	75
7. Diskusjon	77
7.1 Tilstand til skredvoller	77
7.2 Statistiske Analyser	80
7.3 Case-studier	81
7.3.1 RocFall generelt.....	81
7.3.2 Våtedalen	81
7.3.3 Nordre Bjørkum	82

7.3.4 α/β -metoden.....	82
8. Konklusjon.....	84
9. Referanseliste.....	86
10. Vedlegg	89
10.1 Fullstendig oversikt av tilstandsvurderingen	89
10.2 Case Studies	103

1. Innledning

Året 1864 vedtok Stortinget å opprette Vegdirektoratet, som ble tildelt den nasjonale forvaltningen av vegnettet. Vegdirektoratet er øverste organ i Statens Vegvesen, og direktoratet er underlagt Samferdselsdepartementet. Statens Vegvesen har som oppgave å planlegge, bygge og vedlikeholde Riks- og Fylkesvegene. Deres visjon er trygg og sikker ferdsel langs vegnettet.

Ettersom Norge er et kupert land med mange bratte fjell og dype daler, er beskyttelse av vegnettet mot skred en av de store utfordringene til Vegvesenet. I snitt omkommer 1 person årlig på grunn av skred på veg (Høye et al., 2012). Dette tallet er lite sammenlignet med andre trafikkulykker, men stengte veger på grunn av skred er en stor belastning for samfunnet med høye økonomiske konsekvenser.

En økende trafikkmengde og utbygging av vegnettet gjør ikke denne utfordringen lettere. Risiko kan defineres som produktet av sannsynlighet og konsekvens. Mer trafikk gjør at flere personer ferdes gjennom skredfarlig terreng, og det bidrar til å øke konsekvensene av skredhendelser. Utbygging av vegnettet har potensiale til å øke antall skredutsatte vegstrekninger, og det bidrar derfor til å øke sannsynligheten for skredhendelser. Det bør heller ikke glemmes at endringer i klima kan føre til mer nedbør og ekstremvær i Norge, og dermed også øke sannsynligheten. Samlet sett betyr det at risikoen for skredhendelser kan komme til å øke i årenes løp, hvis ikke flere og bedre sikringstiltak iverksettes.

Det er flere sikringstiltak som kan redusere risikoen for skred på veg. I områder hvor man ikke kan unngå å bygge i skredfarlig terreng, kan fysisk forebygging i kildeområde som f.eks. bloting være tilstrekkelig. Andre steder vil fysisk sikring i skredløpet og utløpsområde være det gunstigste alternativet. En skredvoll er et slikt alternativ, og brukes til å lede og fange skred. Den navngis henholdsvis ledevoll og fangvoll.

I Statens Vegvesens Håndbok 111 «Standard for drift og vedlikehold av riksveger» står det følgende:

«Skredvern skal øke sikkerhet for trafikanter og andre ved å hindre at utløst skred når fram til trafikkert areal»

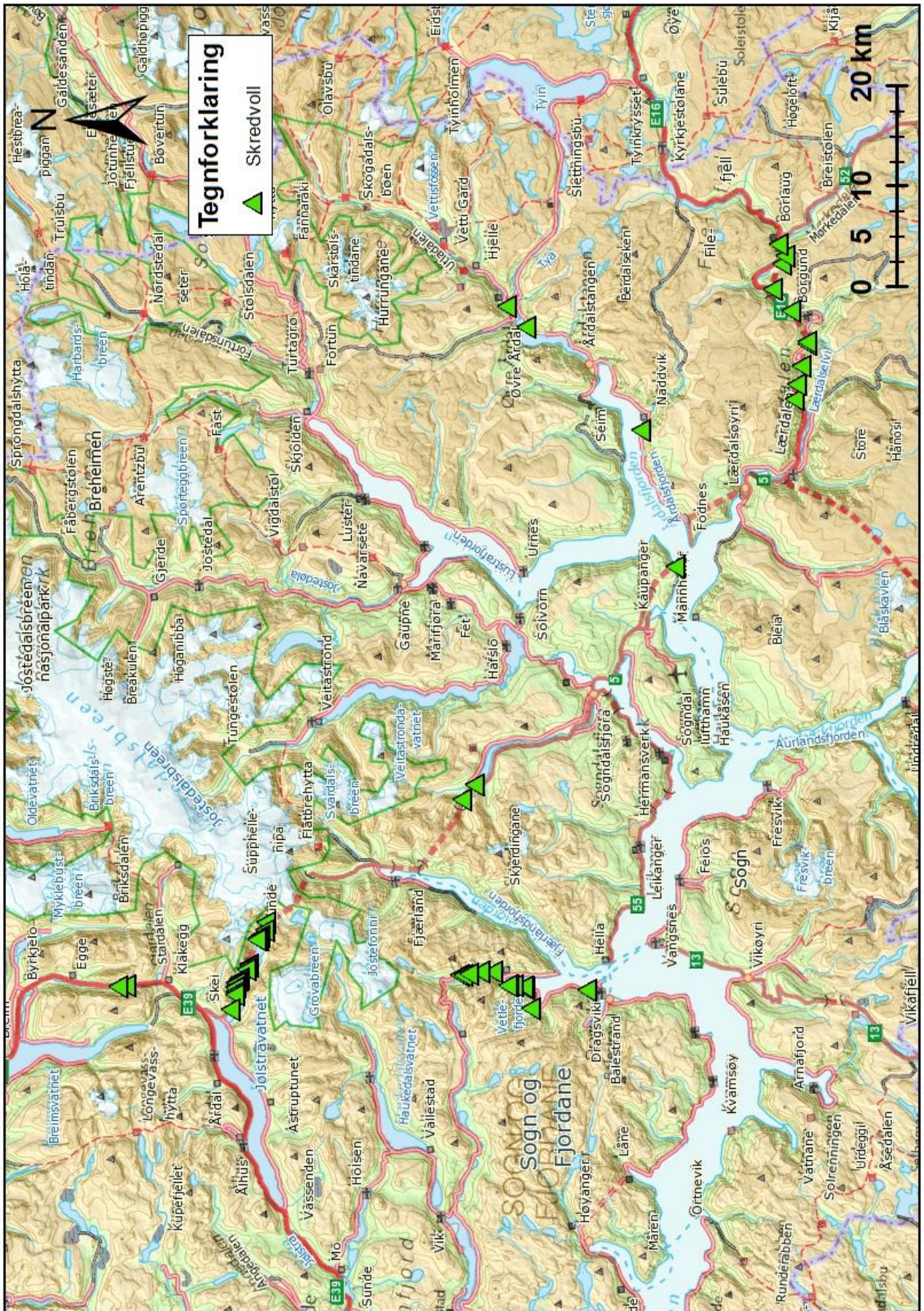
«Skredvern inkludert magasin og bygde skredløp skal inspiseres, tømmes for skredmasser og utbedres etter at skred er utløst og forøvrig hvert 5. år eller etter spesiell beskrivelse».

Problemet er at uten inspeksjon kan det være vanskelig å oppdage at det har gått skred mot en skredvoll, og i løpet av en femårsperiode kan tilstanden endres dramatisk. Samtidig viser det seg

at det ikke finnes en samlet oversikt over lokaliteten til skredvollene langs vegnettet. Følgelig vil tilstanden til flere av skredvollene være ukjent. Statens Vegvesen har derfor tildelt oss en bacheloroppgave hvor formålet er å **lokalisere og dokumentere den nåværende tilstanden til flest mulig av skredvollene i Indre Sogn, Midtre Sogn og Indre Sunnfjord.**

Denne oppgaven starter med en generell del om skred og ulike sikringstiltak for skred mot veg. Videre fortsetter den med en spesifikk del om tilstanden til de undersøkte skredvollene. Ved synfaring i felt har vi utført tilstandsvurdering av 50 skredvoller. To av disse har vi benyttet i en case studie hvor vi har utført simuleringer for steinsprang mot vollene.

Studieområdet som inkluderer Indre Sogn strekker seg fra Lærdal i sør til Våtedalen i nord, Balestrand i vest og Årdal i øst, se figur 1. Studieområdets begrensing er bestemt ut i fra støtte til transportutgifter og tilgjengelig tid. For å holde en høy faglig kvalitet også på teoridelen, ble vi nødt til å begrense antall dager i felt. Oppgaven er beregnet til 20 studiepoeng for hver forfatter.

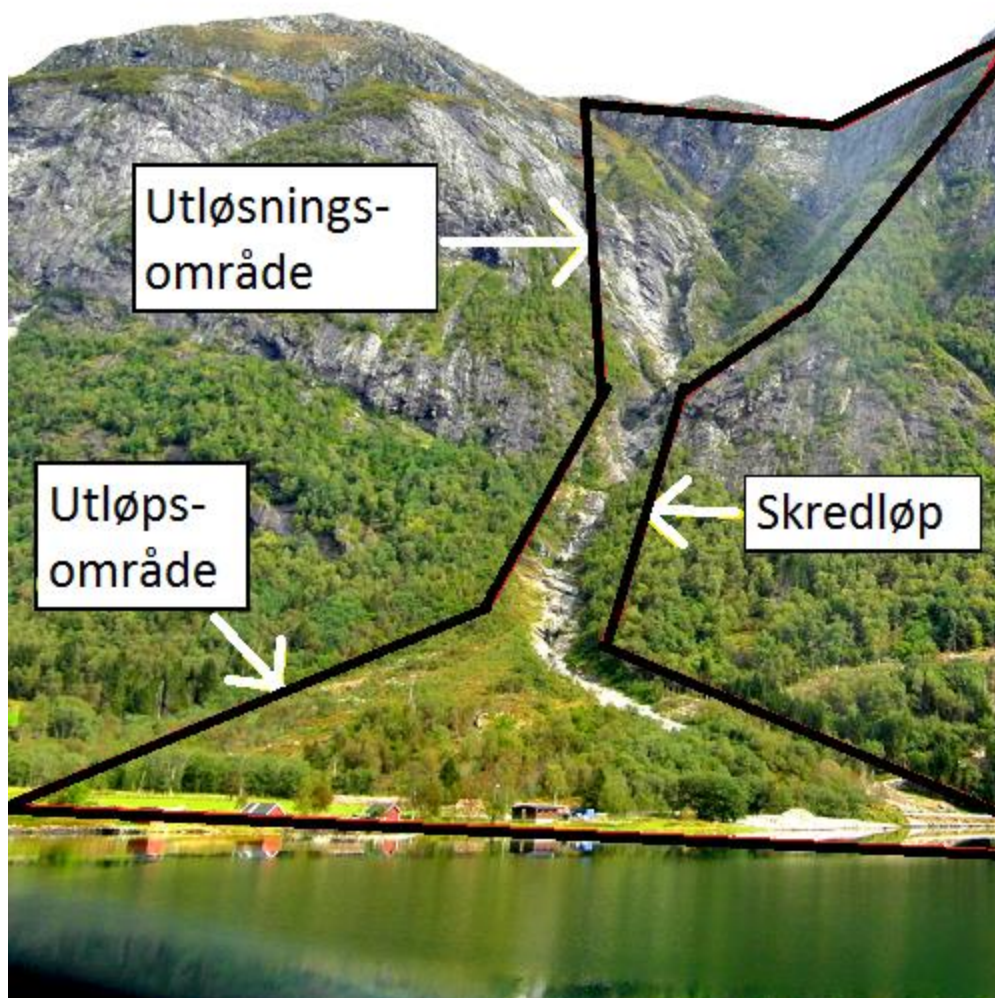


Figur 1: Kart over studieområdet og de undersøkte skredvollene.

2. Teori Skred

2.1 Skred og Skredbane

Skred kan defineres som masse i rask bevegelse, og er i utgangspunktet en naturlig prosess som bidrar til å forflytte forvitrede løsmasser. Skred følger en skredbane som består av et utløsningsområde, et skredløp og et utløpsområde som vist i figur 2. I løsningsområdet utløses skredet ved at tyngdekraftens skjærkomponent overvinnes skjærspenningene og friksjonen i berget, snøen eller løsmassene. Det er løsningsområdet som er kilden for skredmassene, selv om noe masse kan bli dratt med i skredløpet under. Skredløpet er transport-etappen i skredbanen. Der helningen på terrengoverflaten avtar, øker friksjonskreftene til underlaget og da også den interne friksjonen i skredmassene. Skredet bremses opp, energien avtar og skredmassene avsettes i utløpsområdet.



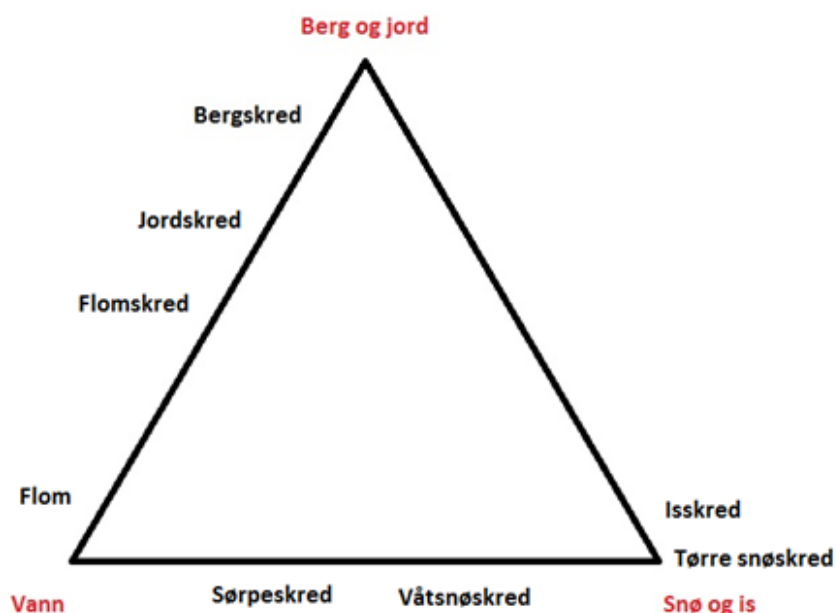
Figur 2: Skredbane i Lasteviki, Sværåfjorden med utløsningsområde i topp, skredløp i midt og utløpsområde nederst. Rotpunktet er det øverste punktet på skredviften (foto: Feltarbeid 2013).

2.2 Skredtyper

Skred kan deles inn i de tre hovedgruppene løsmasseskred, bergskred og snøskred, se tabell 1. Vi tar for oss hver av hovedgruppene, der vi forklarer innholdet i skredmassene, hvordan massebevegelsen skjer, og avsetningsformene.

Tabell 1: Klassifisering av skred etter materialinnhold

SKREDTYPE		
Bergskred	Løsmasseskred	Snøskred
Steinsprang	Jordskred	Flaskred
Steinskred	Flomskred	Løssnøskred
Fjellskred	Leirskred	Sørpeskred



Figur 3: Sammenheng mellom materialinnhold og ulike typer massebevegelse. (Modifisert fra Norem 2013).

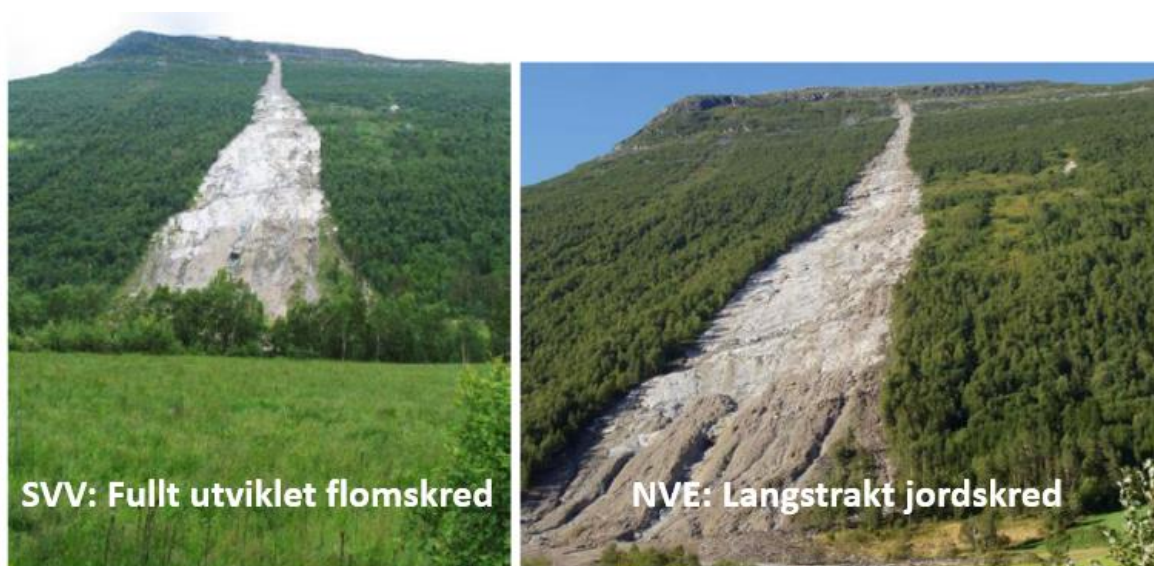
2.2.1 Løsmasseskred

Løsmasser er en fellesbetegnelse for alle type masser som ligger oppå fast berg. Det kan være leire, silt, sand, grus, stein, blokker og organisk materiale. Egenskapsbeskrivende navn til dannelsesprosess som f.eks. morene og forvittringsmateriale benyttes også til å karakterisere løsmasser (Bargel, 2011). Løsmasseskred kan deles inn i de tre skredtypene flomskred, jordskred og leirskred. Det er en flytende overgang mellom hva som kalles for jordskred og flomskred, og ulike fagmiljø bruker ulike definisjoner.

Norges Vassdrags- og energidirektorat (NVE) velger å skille de to skredtypene hovedsakelig ut fra om skredet er kanalisert (flomskred) eller ikke (jordskred), i tillegg til formen på avsetningene og

sedimentsorteringen (Bargel, 2011). Når skredet er kanalisert følger det et vannløp (elv-, bekkeløp), gjel eller ravine. Videre klassifiserer NVE jordskred som grunne- eller langstrakte jordskred (Bargel, 2011).

Statens Vegvesen (SVV) velger å skille jordskred fra flomskred hovedsakelig ut fra mengde vanninnhold, uten at spesifikke tall er oppgitt. SVV klassifiserer flomskred som *turbulente*- eller *fullt utviklede flomskred* (Norem og Sandersen, 2013). Det som gir opphav til forvirrelse er at SVVs beskrivelse av fullt utviklede flomskred har mye til felles med beskrivelsen av NVEs langstrakte jordskred, se figur 4. De ulike skredtypene forklares i mer detalj i underkapitlene nedenfor.



Figur 4: Løsmasseskred i Innerdalen, Møre og Romsdal. Skredet til venstre er i SVVs håndbok «Flom- og sørpeskred» publisert som fullt utviklet flomskred (Norem og Sandersen, 2013), og i NVEs «delrapport for jord og flomskred» publisert som langstrakt jordskred (Bargel, 2011).

Jord og flomskred utløses ofte av høye nedbørmengder, gjerne i kombinasjon med snøsmelting. Sannsynligheten for flomskred og vannrike jordskred er stor når mer enn 5 % av årsnedbøren (ofte 50 - 130 mm) faller i løpet av 12 timer. For at et løsmasseskred skal ha en høy mobilitet må vanninnholdet (i volumandel) være ca. 30 % eller mer, og løsmasseinnholdet under 70% (Norem og Sandersen, 2013). Ulike skredprosesser kan også påvirke hverandre. For eksempel kan et steinsprang som lander på vannmettede løsmasser utløse jordskred, som igjen utløser flomskred.

Jordskred

Jordskred er rask massebevegelse av løsmasser inkludert vegetasjon og noe vann (Bargel, 2011). Utglidning skjer som ved andre skredtyper når skjærkomponenten til tyngdekraften overvinnes skjærfastheten. Økt poretrykk vil bidra til å redusere skjærfastheten. Store nedbørmengder på kort tid, eller pålastning av et løsmassedekke i form av steinsprang vil bidra til å øke poretrykket. En annen utløsningsfaktor kan være undergraving av en løsmasseside, og det skjer ofte langs

bekke- og elveløp eller ved menneskelige inngrep. Terrenget til utløsningsområdet er normalt brattere enn 30 grader, men kan være helt ned mot 20 grader (NVE, 2013).

Grunne jordskred forekommer ofte i mindre skråninger uten særlig skogsvegetasjon. Løsmassene er vannmettet og gjerne finkornede. De er vanlige om våren når jord og leire glir på underliggende tele, men også i forbindelse med mye nedbør (Bargel, 2011).

Langstrakte jordskred løsner ofte i et punkt. I skredløpet tar skredet med seg det meste av løsmassene det støter på, og følger derfor ikke en kanalisert skredbane. Skredet blir gradvis bredere lengre ned i skredbanen, som gjerne har en trekantet form. I utløpsområdet blir de groveste materialene avsatt først, men sorteringen er generelt dårlig. Avsetningene legger seg ofte i en tungeform (lobe), med langsgående rygger (Bargel, 2011).

Det går vanligvis mange år mellom jordskred på akkurat samme sted, siden det tar lang tid å akkumulere løsmasser nok til et nytt skred. Det er vanskelig å forutsi eksakt hvor et jordskred vil gå, og det gjør at det sjelden bygges skredvoller for å forhindre jordskred mot vegnettet (NVE, 2013 og Bargel, 2011).

Flomskred

Flomskred beveger seg i stor hastighet, og brer seg nedover som en masserik flom med høy erosjonsevne. Flomskred kan oppstå når mindre jordskred løsner og utvikler seg langs små bekkeløp, eller som et resultat av erosjon og massetransport i vassdrag (Håland, 2012).

Skredmasser fra jord- og snøskred kan midlertidig demme opp et vannløp, og når demningen tilslutt gir etter vil det flomme en bølge av vann, løsmasser og/eller snø (Bargel, 2011). Dersom vann og snø er hovedinnholdet i skredmassene, kaller vi det sørpeskred (Norem, 2011). Med andre ord er sørpeskred et snørikt flomskred. Helningen til utløsningsområdet er normalt 25 til 45 grader (NVE, 2013), men flomskred kan også starte fra erosjon av elveløp ved 15 grader (Norem og Sandersen, 2013). For sørpeskred kan helningen til utløsningsområde være betraktelig mindre, og ned til 5 grader (Norem og Sandersen, 2013).

Turbulente flomskred er svært vannrike flomskred, med mer enn 70 % volumetrisk vanninnhold. Løsmassene er svært finkornede, der minst 75 % av partiklene har en diameter mindre enn 1 mm (Norem og Sandersen, 2013).

Full utviklede flomskred har betraktelig mye mindre vanninnhold, og gjør at det er mindre avstand mellom partiklene og dermed mindre turbulens. Skredet oppfører seg derfor som et kontinuum av løsmasser og vann (Norem og Sandersen, 2013). Som nevnt tidligere har denne skredtypen flere likhetstrekk med langstrakte jordskred.

Definisjonen til NVE sier at flomskred følger en kanalisert skredbane (vannløp, gjel, ravine), og avsetter gjerne levéer av grovt materiale langs nedre del av skredbanen (Bargel, 2011). På grunn av høyt vanninnhold i flomskred, er det lite friksjon mellom klastene i skredmassene. I utløpsområdet avtar helningen til skredbanen og dermed også den horisontale komponenten til tyngdekraften som driver skredmassene. Her er det også vanlig at massene brer seg ut over et større område, gjerne i et større vannløp på en allerede eksisterende skredvifte. Vannmengden i porene vil avta og føre til at skredmassene tilslutt stivner. Utløpslengden til flomskred kan være svært lang, siden vannmengden i skredet er stor i forhold til løsmasseinnholdet.

Ved gjentatte flomskred i det samme vannløpet vil det bygge seg opp en flomskredvifte. De groveste materialene avsettes øverst på skredviften, i takt med avtagende hastighet til skredmassene (Bargel, 2011). Finere masser flyter ned til fronten av skredvifta der skredmassene stivner. Vann med suspendert materiale som silt og leire kan fortsette et godt stykke lengre enn de resterende skredmassene. Avsetningene kan som for jordskred legge seg i en tungeform, med flere mindre erosjonskanaler og langsgående levéer. Flomskredavsetningen er typisk motsatt gradert, med fine materialer i bunn og store blokker med høyt overflateareal som flyter på topp og er matriksstøttet av finere materiale (NVE, 2013). En flomskredavsetning skiller seg fra en jordskredavsetning ved at den har en jevnere overflate og mindre markert (bratt) front. Avsetningen har også en lavere helning siden utløpslengden er større. Det er viktig å påpeke at flomskredvifter bygges opp ved at skredkanalen kontinuerlig forflytter seg over tid ved å finne nytt løp på viften.

Leirskred

Leirskred kan utløses i masser av leirfraksjoner som er avsatt i sjøvann. Slike avsetningsmiljø finnes under marin grense. Leirpartiklene avsettes i en tilfeldig «korthusstruktur», og saltioner er med på å binde partiklene sammen. Væskemengden i korthusstrukturen kan være svært stor. Ved landheving og over tid, vaskes saltionene ut og leira blir kvikk. Da blir massene svært ustabile, og små rystelser kan føre til utglidning. Leiren tåler relativt stort trykk i vertikal retning, men lite i horisontal retning før partikkelgitteret kollapser og leirpartiklene flyter i frigjort vann (NVE, 2009).

2.2.2 Bergskred

Bergskred er en felles betegnelse på en prosess der stein, blokker eller større bergparti løsner fra fast berg og beveger seg i stor hastighet ned en skråning. Utløsningsfaktorer for bergskred kan være både naturlige og menneskeskapte. Noen eksempler er listet i tabell 2.

Tabell 2: Naturlige og menneskelige utløsningsfaktorer for bergskred (tabell sammenfattet fra Bjordal et al. og Hyndman og Hyndman, 2011).

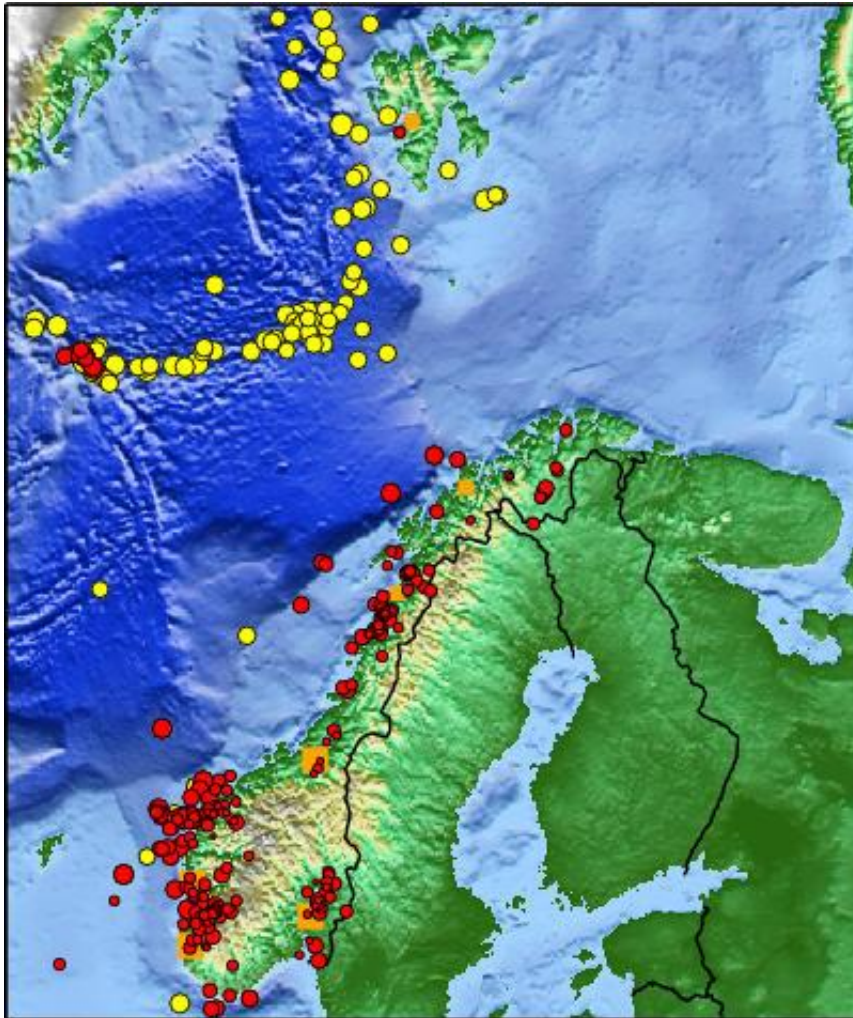
UTLØSNINGSFAKTORER	
Naturlige	Menneskelige
Nedbør	Underkutting av skråning
Snøsmelting	Trykkpålastning (tilføring av masser eller sprenging av eksplosiver)
Temperatur (frostsprengning, smeltende permafrost)	Endring i dreneringsmønster
Rotsprenging	Øking av grunnvannsnivå
Trykkavlastning	
Jordskjelv	

Naturlige utløsningsfaktorer

De naturlige faktorene *nedbør* og *snøsmelting* fører til infiltrasjon av vann i bergsprekker, og vannet skaper et hydrostatisk trykk som virker på sprekkeoverflaten (Håland, 2012). Når det er vann i sprekker og *temperaturen* svinger rundt null, kan fryse og tine prosesser føre til ytterligere oppsprekking av berget (Håland, 2012). Det skyldes at is har et høyere volum enn vann, og temperaturveksling rundt null vil «jেকে» opp sprekker. For store ustabile bergparti som befinner seg i et kjølig klima, vil temperaturstigning som følge av endringer i klima kunne tine permafrosten i glideplan og føre til økt bevegelse. Det kan være tilfellet for fjellpartiet Jettan ved E6 i Troms (Blikra et al., 2009). Røttene til trær, særlig furu kan vokse seg ned i sprekker og også sprengne sprekkeoverflatene fra hverandre (Håland, 2012). (Bjordal et al., 2011).

Trykkavlastning er ingen direkte utløsningsfaktor, men det vil bidra til at berg sprekker opp raskere enn ellers. Isdekket under den siste istiden var opp til 3000 meter tykt. Det tilsvarer vekten til omtrent 1000 meter med bergmasse. Denne store trykkpålastningen førte til at berget sprakk opp, men også til at jordskorpen ble presset ned i den underliggende mantelen. Samtidig med at isdekket begynte å smelte, startet også jordskorpen å heve seg. Landhevingen er en prosess som fremdeles foregår i dag og gjør at store bergmasser er i stadig bevegelse. Den varierer lokalt fra 1,5 mm per år i Kristiansand til 7,7 mm per året i Trysil. Generelt sett øker landhevingsraten fra kysten i sørvest i retning Bottenviken i nordøst. I Indre Sogn varierer den fra ca. 3,5 til 4,5 mm per år (Kartverket, 2014). Utvidelsen skjer i rykk og napp, og kan være opphav til mindre jordskjelv.

Større *jordskjelv* hører til unntakene i Norge, men allikevel er det registrert to rystelser med størrelse 5-6 M_L de siste to århundrene, og ingenting tilsier at dette ikke kan skje igjen (NORSAR, 2014). Figur 5 nedenfor viser mindre jordskjelv siden 1979 som er følt av mennesker (rødt) og med større styrke enn 4 M_L (gult).



Figur 5: Jordskjelv i Norge siden 1979. Rødt markerer episenter til skjelv følt av mennesker, og gult markerer skjelv som i tillegg er over 4 M_L . (NORSAR, 2014)

Menneskelige utløsningsfaktorer

Menneskelige faktorer kan være avgjørende for utløsningen til bergskred. Mange steder blir det sprengt ut høye og bratte vegskjæringer. Foliasjon som tidligere var brattere enn bergoverflaten, kan få dagbryting og øker antall potensielle glideplan. Spesielt i tettbygde strøk hvor utbyggingen er stor og tett, kan trykkpålastning i overkant av bergskjæringer være en avgjørende utløsningsfaktor for mindre bergskred.

Endring av dreneringsmønster som følge av menneskelige inngrep er en annen kjent utløsningsfaktor. Sprekkesystem som tidligere har vært tørre kan oppleve å bli vannfylt og således tilegne seg et hydrostatisk trykk med påfølgende konsekvenser som forklart over.



Figur 6: Fotoet viser oss 3 ulike sprekkeseett som favoriserer utglidning. Pilene viser to ulike sprekkeseett, og ringen ett. Modifisert foto fra (Statens vegvesen, 2014).

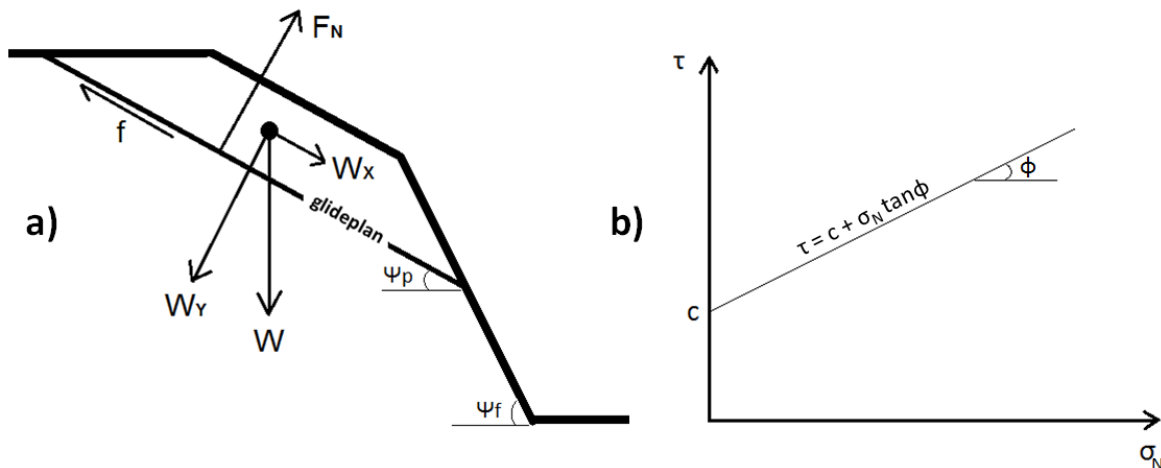
Stabilitet til berg

Det er flere geologiske parametere som vil være med på å bestemme stabiliteten til berg og avgjøre faren bergskred. Disse kan måles og observeres, og er listet nedenfor:

- Bergartstype
- Foliasjon og sprekker (strøk og fall)
- Om foliasjonen er dagbrytende, φ_p (helning glideplan) $<$ φ_f (helning til skråning)
- Antall sprekkeseett, sprekketetthet og sprekkekonnetivitet
- Forkastningssoner
- Oppknuste soner
- Mineralinnfylling
- Hydrauliske egenskaper

For å analysere stabiliteten til et bergparti kan man nytte deterministisk analyse for å undersøke stabiliserende og drivende krefter (Bjordal et al., 2011). Når et bergskred blir utløst har drivkreftene som skyldes gravitasjonskraftens skjærkomponent (W_x) og eventuelt vanntrykk blitt større enn den stabiliserende skjærstyrken (τ) til berget og friksjonen (f) til sprekkeloverflaten. Se

figur 7 a). Ut fra forholdet mellom kreftene beregnes det en sikkerhetsfaktor, FS (Factor of Safety) (Wyllie et al., 2004). Når FS er større enn 1 er berget i teorien stabilt, selv om små endringer ($FS \leq 1$) fører til utløsning. I praksis regner man ofte berget som stabilt først når FS er større enn 1,4-1,5.



Figur 7: a) Kraftene som virker på et bergparti (modifisert fra Bjordal et al., 2011). b) Mohr-Coulombs diagram (modifisert fra Wyllie et al., 2004).

Skjærstyrken τ i berg kan beskrives ut i fra Mohr – Coulombs diagram, se figur 7 b), og er gitt ved

$$\tau = c + \sigma_N \tan \phi$$

Her er c kohesjonsstyrken til berget og er et mål på hvor godt berget «henger» sammen. Dersom bergarten er oppsprukket og det allerede eksisterer en potensiell glideflate er $c = 0$ (Wyllie et al., 2004). Den aktive friksjonsvinkelen ϕ er relatert til størrelsen og utformingen av krystallkornene, og finnes i laboratorieforsøk (Wyllie et al., 2004). Normalspenningen σ_N på glideflaten er like stor og motsatt rettet av W_y/A , y -komponenten til vekten av det ustabile bergpartiet delt på arealet til glideflaten. FS kan uttrykkes ved formelen

$$FS = \frac{\text{stabiliserende krefter}}{\text{drivende krefter}} = \frac{f}{W_x} = \frac{\tau A}{W_x} = \frac{cA + \sigma_N A \tan \phi}{W_x} = \frac{cA + F_N \tan \phi}{W_x} = \frac{cA + W \cos \psi_p \tan \phi}{W \sin \psi_p} \quad (1)$$

Hydrostatisk trykk (vanntrykk) er også en drivende kraft, men er ikke tatt med i figur 7 a) eller formel 1. Det hydrostatiske trykket vil utgjøre en kraft normalt på sprekkeveggene i potensielle glideplan, som fører til større ustabilitet. Størst betydning har vann i vertikale sprekker, da det hydrostatiske trykket kan bli stort, og spesielt ugunstig dersom vannet fryser til is.

En annen viktig forutsetning for at det ustabile bergpartiet skal løsne, er at den potensielle glideflaten har en dagbrytning i bergskråningen, altså $\psi_p < \psi_f$. Når bergpartiet er oppsprukket og glideflaten er tilstede, er kohesjonen $c = 0$. Ser vi bort fra vanntrykk og innfylling på glideflaten får vi at

$$FS = \frac{\tan \phi}{\tan \psi_p} \quad (\text{når } c = 0) \quad (2)$$

Fra ligning (2) over ser vi at $FS < 1$ når $\psi_p > \phi$. For at en utglidning skal finne sted er dermed en betingelse at $\psi_f > \psi_p > \phi$.

Skredbevegelse

Bergskred kan bevege seg på ulike måter. Hovedbevegelsene er glidning/rulling, fall, utvelting og spredning (Devoli et al., 2011). Ved *glidning/rulling* glir eller ruller bergmasse på underlaget. *Fall* forekommer i terreng brattere enn 70 grader, og for det meste av tiden er bergmassene i fritt fall. *Utvelting* skjer i utløsningsøyeblikket da bergmassen velter over foten av blokken fordi tyngdesenteret ligger utenfor det geometriske senteret. *Strømning* kan oppstå ved fjellskred når mye luft presses inn i «porerommene» til bergmassen. Skredmassen blir nærmest fluidisert, og oppfører seg mye likt en væske. Strømning gir dermed stor utløpslengde.

Bergskred klassifiseres hovedsakelig etter størrelse, og de tre hovedinndelingene er steinsprang, steinskred og fjellskred (Håland, 2012).

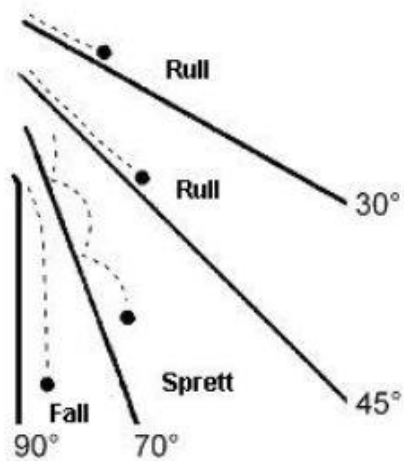
Tabell 3 Bergskred klassifiseres etter størrelse (Håland, 2012).

	Steinsprang	Steinskred	Fjellskred
Størrelse	0 - 100 m ³	100 - 10 000 m ³	> 10 000 m ³

Steinsprang

Steinsprang er bergskred med relativt lite volum (< 100 m³), og ofte er det kun noen få enkeltblokker som kommer ned om gangen. Steinsprang er den vanligste formen for bergskred. Utløpslengden kan estimeres med α/β -metoden eller RocFall. For at tyngdekraften skal overvinne friksjon mellom bergoverflaten og allerede oppsprukket blokker, må skråningen oftest være brattere enn 45 grader (Håland, 2012).

Ur er avsetningsformen for steinsprang, og blir bygd opp i utløpsområde ved gjentatte steinsprang. Størrelsen til bergfragmentene i uren øker gradvis fra topp til bunn. Utbryterblokker er de blokkene som går lenger enn utbredelsen til uren, og de ses gjerne som spredte kantede blokker. Blokker vil primært gli eller rulle langs overflaten i terreng under 45 grader, sprette i terreng opp mot 70 grader, og falle fritt i terreng over 70 grader, se figur 8.



Figur 8: Bevegelsesmåter for steinsprang ved ulike helningsvinkler til terrengoverflaten (Bjordal 2011, s.19).



Figur 9: Steinsprang, Tafjord Camping april 2013. Minst ti campingvogner ble skadet. (Foto: Simon Løvås)

Steinskred

Steinskred er middels store bergskred med volum mellom 100 m^3 - $10\,000 \text{ m}^3$ (Håland, 2012). Ved små volum vil blokkene i steinskred oppføre seg relativt uavhengig av hverandre, men ved større volum kan skredet bevege seg mer som en samlet masse. Utløpsdistansen for steinskred er derfor større enn for steinsprang, men kortere enn for fjellskred. Steinskred kan også utløses ved at steinsprang lander i en ur eller morene og tar med seg disse massene i en større utglidning (Håland, 2012).

Fjellskred

Fjellskred forekommer når store *ustabile fjellparti* akselererer og raser ut med høy hastighet (Devoli et al., 2011). *Ustabile fjellparti* er en generell beskrivelse for bergmasser med store gjennomgående deformasjoner, som glir ut med en sakte krypende bevegelse fra mm/år til m/år (Devoli et al., 2011). Utglidningen skjer ofte langs et eller flere større glideplan parallelt med fjellsiden, se figur 10. Vann og is i glideplan er drivende faktorer. Kryp i ustabile fjellparti når ofte en topp om våren når snøsmelting kombineres med mye nedbør (Devoli et al., 2011).

Avsetningen av fjellskred er store volum av bergfragmenter, der massene er usorterte. Også for fjellskred eksisterer det uenigheter. Utløpslengden kan være svært stor og øker med volumet som vist i tabell 4. Det er også verdt å nevne at ulike fagmiljø skiller fjellskred fra steinskred ved ulik massestørrelse. SVV definerer bergskred som fjellskred når volumet overstiger 10 000 m³ (Håland, 2012), mens NVE setter overgangen ved 100 000 m³ (Devoli et al., 2011).

Tabell 4: Inndeling av fjellskred (ifølge Professor Stein Bondevik, forelesning geohazards, HiSF).

Størrelse	Volum	Utløpslengde
Lite	0,1 - 0,2 mill m ³	Lenger enn høyden (h)
Middels	0,2 - 1 mill m ³	1,4 - 3 * h
Stort	1 - 5 mill m ³	2 - 5 * h
Svært stort	5 - 100 mill m ³	3 - 7 * h

Fjellskred forekommer ikke så ofte, men kan ha svært store konsekvenser med store økonomiske og menneskelige tap. Idag blir flere ustabile fjellparti i Norge kontinuerlig overvåket under ledelse av Åknes/Tafjord Beredskap IKS og NVE. Målet er å registrere akselerasjonen i størrelsesorden flere mm/dag i de ustabile fjellpartiene for så å varsle kommende fjellskred (Åknes/Tafjord Beredskap IKS). En sekundær effekt av fjellskred som har utløp i vann er generering av tsunami (Devoli et al., 2011).



Figur 10: Oppstadhornet er et stort ustabil fjellparti som kan føre til fjellskred og påfølgende tsunami. Utglidning følger flere store glideplan. Et av disse er markert i rødt. (Foto: Simon Løvås)

2.2.3 Snøskred

Snøskred er snømasser som beveger seg hurtig nedover ei skråning. For at utløsninga skal skje må skjærspenninga overstige skjærfastheten på en viss dybde i snølaget. Kildeområde er oftest konvekse parti, skar, gjel, skåler og botner (Norem, 2011). De største skredene utløses i lesider for den vanligste vindretningen i området. Forsenkninger i terrenget som de fleste kildeområda er, blir leside for flere vindretninger enn en slett fjellside eller en rygg. Snøskred deles inn i tre hovedtyper og disse er omtalt nedenfor.



Figur 11: Snøskredbane. Romedalen, Ørsta (Foto: Gaute B. Øyehaug).

Flaskskred

Flaskskred er en større snømasse som utløses samtidig i ett flak, altså med et definert glideplan. Flaket sprekker som regel raskt opp, og avhengig av fastheten til snøen bryter flaket opp i blokker eller går over i pulverform ved løsere bindinger mellom snøkrystallene. Utløsningsområdet er i øvre del avgrenset av en bruddkant, oftest er de mellom 0,5 og 2 meter høye, men i sjeldne tilfeller kan de komme opp i 10 meter (Norem, 2011).

Løssnøskred

Løssnøskred løsner i et punkt, og brer seg nedover samtidig som det blir bredere. Utløsningsårsaken kan være oppvarming der temperaturen går fra under frysepunktet og til varmegrader, på grunn av mildere vær, soloppvarming eller regn. Store nedbørsmengder i form av snø, kan i seg selv kan trigge et løssnøskred på grunn av de svake bindingene mellom krystallene i løssnøen (Norem, 2011). Løssnøskred har som regel lite volum, men ved

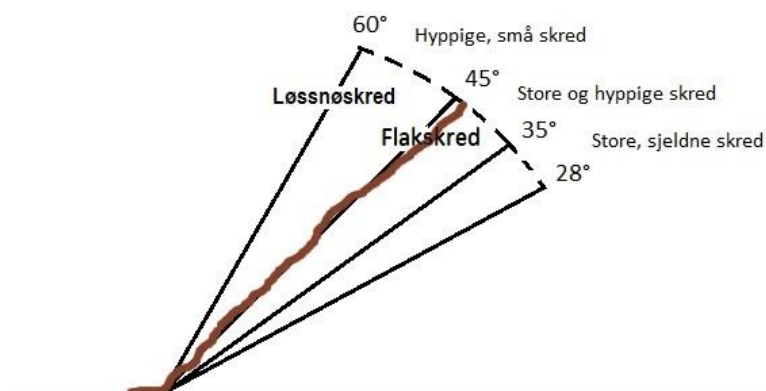
enkelte forhold kan store skred løsne. Ved tørre løssnøskred er det den høye farten og skredvinden som er den største faren. Våte løssnøskred er massive og destruktive masser som brer seg nedover i middels hastighet, og ofte tar med seg og bryter ned det som står i vegen (Norem, 2011).

Sørpeskred

Sørpeskred skiller seg ut fra de andre snøskredene, ved at porene mellom snøkornene er fylt med vann isteden for luft. Dermed har sørpeskred lite kohesjon som fører til at sørpeskred strømmer mye likt som flomskred. Området som skredene blir utløst i, kan ha en helningsvinkel på ned mot 5 grader, og ikke brattere enn at vanntilførselen til snøen er større enn det som blir drenert ut (Norem og Sandersen, 2013). Forhold som favoriserer oppbygging av vann i snødekket er der bakken har liten permeabilitet, svaberg, tele i marka, og der bakken er jevn uten dreneringskanaler. Store volum av sørpeskred utløses gjerne der det er ei flat myr som munner ut i en skråning nedenfor. Myra kan samle opp mye vannmetta snø som kan trigges til å flomme utfor kanten dersom mediet som fungerer som demning brister. Sørpeskred har ofte større utløpslengde enn de andre snøskredtypene på grunn av høyt vanninnhold (Norem og Sandersen, 2013).

Utløsningsområde til snøskred

Helningen til terrenget er med på å bestemme snøskredaktiviteten og dominerende skredstørrelse, se figur 12. Ved liten helning utløses det sjelden skred, fordi skjærfastheten i snølaget må være svært svake samtidig som glideplanet må være veletablert. Når skredet først utløses og snødekket settes i bevegelse har det lett for å påvirke resten av snødekket til fjellsiden, og skredene blir derfor ofte store. De fleste flakskred utløses i terreng mellom 27 og 45 grader. For terreng brattere enn 45 grader er løssnøskred den dominerende skredtypen (Håland, 2012). Her er det begrenset akkumulasjon av snø, og skredstørrelsen blir derfor gjerne liten.



Figur 12: Sammenheng mellom terrenghelning og snøskred. Brun linje viser profil av terreng over skredvoll i Våtedalen er vist for sammenligningsgrunnlag for helning. (Modifisert fra Norem, 2011)

2.3 Beregning av utløpsdistanse for skred

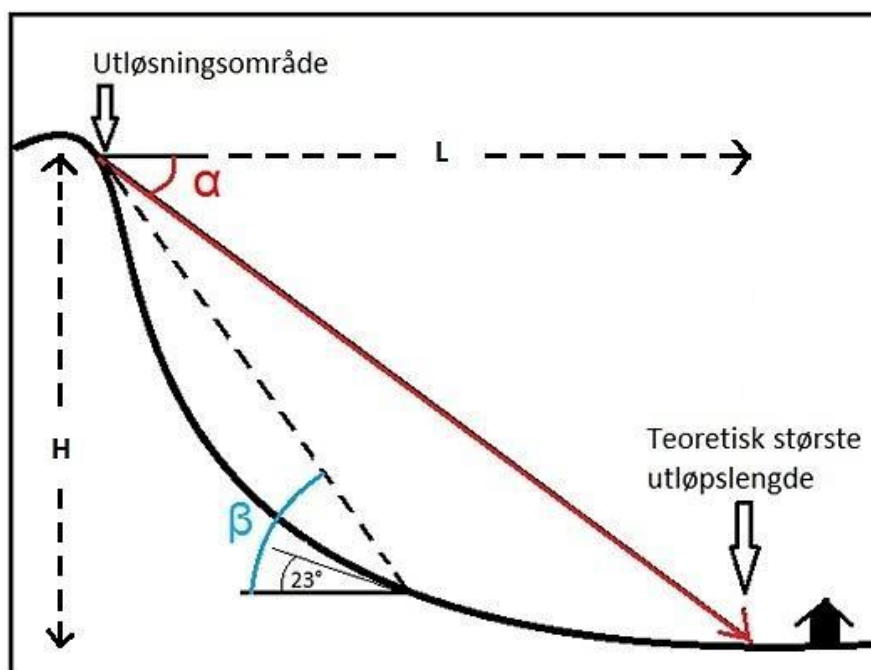
Estimering av eksakt utløpslengde for et skred er svært utfordrende. Det er mange parametere som påvirker utløpslengden, og disse kan være vanskelig å anslå. Noen av de sentrale parametrene er; materialtype, hvor store masser som settes i bevegelse, terrenghelning og terrengformasjoner. Det man oftest ønsker å beregne er den maksimale utløpslengden, og det finnes flere metoder som kan benyttes til dette. Det er imidlertid viktig å huske på at disse metodene er kraftige forenklinger av virkeligheten, og det er derfor nødvendig å supplere resultatet fra metodene med annen geologisk kunnskap og erfaring.

2.3.1 α/β – metoden for steinsprang

Ut fra kartlegging av 122 steinsprang i Norge og enkel regresjonsanalyse, har U. Domaas utarbeidet den lineære relasjonen (Domaas, 1994):

$$\alpha = 0,77\beta + 3,9^\circ \quad (2)$$

Ved utregningen tar man utgangspunkt i terrengforholdene, se figur 13. Først finner man 23° -punktet til fjellsiden. Det kan gjøres ved kartstudier eller med inklinometer i felt. Her i fra måler man siktevinkelen β opp til øverste utløsningspunkt ($>45^\circ$). Det kan gjøres omtrentlig med inklinometer eller mer nøyaktig ved bruk av kart og trigonometri. Når man da setter β inn i den lineære relasjonen (1) finner man α som er vinkelen mellom horisontalen og punktet for teoretisk største utløpslengde. Teoretisk største utløpslengde, L finner man tilslutt ved bruk av enkel trigonometri.



Figur 13: Beskrivelse av alfa-beta metoden for steinsprang (modifisert fra Domaas, 1994).

2.3.2 α/β – metoden for snøskred

For snøskred er det utviklet en tilsvarende topografisk metode for estimering av teoretisk største utløpslengde. Den lineære relasjonen er (Lied og Bakkehøi, 1980):

$$\alpha = 0,96\beta - 1,4^\circ \quad (3)$$

Fremgangsmåten er den samme som for metoden for steinsprang. Forskjellen er at man benytter 10°-punktet til fjellsiden istedenfor 23°-punktet når man skal måle siktevinkelen β . I tillegg velges løснеområdet ut i fra øverste 28°-punkt. Dersom øverste del av fjellsiden er en vegg med helning større enn 55°, benyttes imidlertid øverste 55°-punkt som løснеområde. Det fordi snø har vanskelig for å akkumulere seg i sider brattere enn 55°. Metoden er utviklet av K. Lied og S. Bakkehøi ved registrering av det mest «ekstreme» skredet i omlag 200 skredbaner gjennom historisk tid.

2.4 Klimaendringer og skred

Endringer i klima kan ha en påvirkning på skredaktiviteten. Det er viktig å ta hensyn til dette i skredfarevurderinger (Schanche 2014). Ifølge klimaforskning kan det bli våtere og varmere i store deler av landet, se figur 14 (Hanssen-Bauer et al. 2009). Endringene vil merkes spesielt i vinterhalvåret, med størst temperaturstigning i nord (Schanche 2014). Det er først og fremst frekvensen til våte skred som jord-, flom-, sørpe- og snøskred som vil øke (Schanche 2014). Imidlertid er det ingen tydelige tegn på at de allerede store skredene skal bli enda større, så utløpsdistansen beregnet for tusenårsskred vil være den samme som før (Schanche 2014). Økte nedbørmengder vil også kunne føre til et høyere kontinuerlig vanntrykk i sprekkesystemer i berg, og det er derfor grunn til å tro at frekvensen til steinsprang og steinskred vil stige.

	Hele året	vinter	vår	sommer	høst
Temperaturstigning (°C) fra perioden 1961-90 til perioden 2071-2100					
Sør-Norge	1,2 - 4,5	1,2 - 4,2	1,0 - 4,8	1,0 - 4,2	1,4 - 5,0
Nord-Norge	1,2 - 5,0	1,4 - 5,3	1,2 - 5,6	0,7 - 3,9	1,4 - 5,9
Nedbørøkning (%) fra perioden 1961-90 til perioden 2071-2100					
Sør-Norge	0,2 - 19,6	2,0 - 35,6	1,4 - 33,0	-13,4 - 9,0	-1,2 - 23,2
Nord-Norge	-7,0 - 35,0	-19,9 - 32,2	-9,0 - 54,0	3,9 - 24,9	-4,1 - 41,7

Tabell 1. Mulige klimaendringer i Norge. Basert på 25 nedskaleringer og klimasensitivitet mellom 2,8 og 4,7 °C. Data er fra EU-prosjektet PRUDENCE og figur 6. Intervallene skyldes tilfeldige klimavariasjoner og modellusikkerhet, og illustrerer risiko for ulike klimaendringer og forskjeller fra år til år. Tallene brukes svært forsiktig.

Figur 14: Prognoser for klimaendringer frem mot 2100. Tallene inneholder modellusikkerhet og skal brukes forsiktig. (Hanssen-Bauer et al. 2009)

3. Sikringstiltak

Aktive sikringstiltak skal minimere sannsynligheten for at skred utløses i utløsningsområdet (Devoli et al., 2011). Dersom sikring i utløsningsområdet ikke er mulig eller hensiktsmessig, kan en løsning være passiv sikring. Passiv sikring har til hensikt å redusere konsekvensen og omfang av skred i skredløpet og utløpsområdet (Devoli et al., 2011).

3.1 Aktive sikringstiltak

Aktive sikringstiltak velges ut i fra hvilken skredtype som skal avverges. Rensk, vegetasjons- og dreneringstiltak, bolting, netting er sikringstiltak mot steinsprang og steinskred i kildeområdet. Mot snøskred og isnedfall er netting, støtteforebygging, snøskjerm og kunstig utløsning brukte sikringstiltak.

3.1.1 Rensk

Rensking er den enkleste metoden for å sikre en fjellside mot steinsprang og steinskred. Metoden er den mest kostnadseffektive og vanligvis det første sikringstiltaket som vurderes. Rensk kan benyttes når det løse berget ligger utilgjengelig til langt oppe i en fjellside, eller dersom berget er så løst at man ved boring av bolter frykter at bergfragmenter løsner. Ulike måter for å utføre rensk er spettrensk, løftepute, spyling, sleggerensk og sprengning (Bjordal et al., 2011).

3.1.2 Vegetasjons- og dreneringstiltak

I områder med vegetasjon i fjellsiden som fører til rotsprengning og følgelig steinsprang kan det være aktuelt å fjerne denne. Andre steder, hvor det er en bratt skråning med jordmasser, kan det være aktuelt å tilføre vegetasjon for å stabilisere jordmassene og redusere sannsynligheten for løsmasseskred.

Vann er som nevnt en drivende faktor for skred. Det åpner bergsprekker ved tine/fryse prosesser, og det øker poretrykk og dermed reduserer friksjonskrefter i løsmasser. Det kan derfor være gunstig å drenere det bort fra det potensielle løsneområdet i en fjellside. For jordmasser kan det være aktuelt å senke grunnvannstanden, og dermed redusere den vannmettede sonen (Bjordal et al., 2011).

3.1.3 Bolting

Bolting er en vanlig form for sikring som man kan bruke i mange tilfeller ved mistanke om løse bergparti. Denne formen for sikring av berg gjøres når det ikke er formålsmessig å renske fjellsiden. Bolten plasseres i et bort hull i berget, og festes til borehullsveggene. Det er ulike typer bolter med ulik utforming. Det mest vanlige er å utføre bolting i kranrekkevidde. I spesielle

tilfeller kan også bolting utføres ved hjelp av klatrepersonell. Dimensjonering av boltene kan gjøres i ulike programvarer (Vegdirektoratet, 2014).

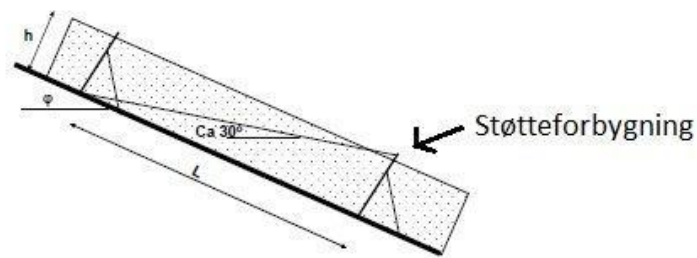
3.1.4 Netting

Netting brukes gjerne i tillegg til bolting der det er tett oppsprukket berg. Netting kan også brukes mot isnedfall, og til å armere is fast til skjæringer (Håland, 2012). Nettet kan boltes fast eller være løsthengende med tilhørende fanggrøft nedenfor. Ulike nettyper brukes avhengig av hvor store blokker som skal stanses eller holdes på plass. Noen steder er det nok med fjellbånd, et stålband som strekkes mellom to eller flere bolter (Bjordal et al., 2011).

3.1.5 Støtteforebygging

Støtteforbygging fungerer som forankring av snødekket i løsneområder (Håland, 2012). Hele løsneområdet som er utsatt for skred må sikres. Ofte settes forbygningene i rader, og vanlig avstand mellom hver rad er gjerne 15-25 meter, avhengig terrenghelling, snøhøyde og terrengets ruhet. Forbygningene skal fange opp kreftene fra snøsig, og snødekkets glidning langs bakken.

Dagens forbygninger blir vanligvis konstruert av grovmasket wirenett, med et finmasket innernett. Massiv stålforbygging er mindre økonomisk gunstig, og er derfor mindre brukt. For at støtteforbygninger skal være økonomisk forsvarlig i forhold til konsekvens uten forbygninger, må løsneområdet i fjellsiden ha kort utstrekning i hellingsretningen. Det vil si opptil 2-4 parallelle rader med støtteforbygninger. Den mest gunstige plasseringen av støtteforbygninger er i fjellsider med bratte svaberg, der det ellers ville vært hyppig skredaktivitet (Håland, 2012).



Figur 15: Øverst: En prinsippskisse av støtteforbygning. Skissen viser at helning fra toppen av nederste forbygning til foten av den over skal være ca. 30°. Nederst: Til venstre vises en nettingkonstruksjon, til høyre en forbygning av stål. (Norem, 2011).

3.1.6 Snøskjerm

Snøskjerm kan benyttes i områder hvor det er potensiell snøskredfare, og plasseres på flaten over en fjellside (Norem, 1993). Hensikten er å skape leside bak skjermen, slik at vindtransportert snø akkumuleres her og ikke i fjellsiden. Det vil dermed også forhindre oppbygging av skavler. Skjermer kan settes opp i flere rader, og avstanden bør være 15 til 20 ganger skjermhøyden.

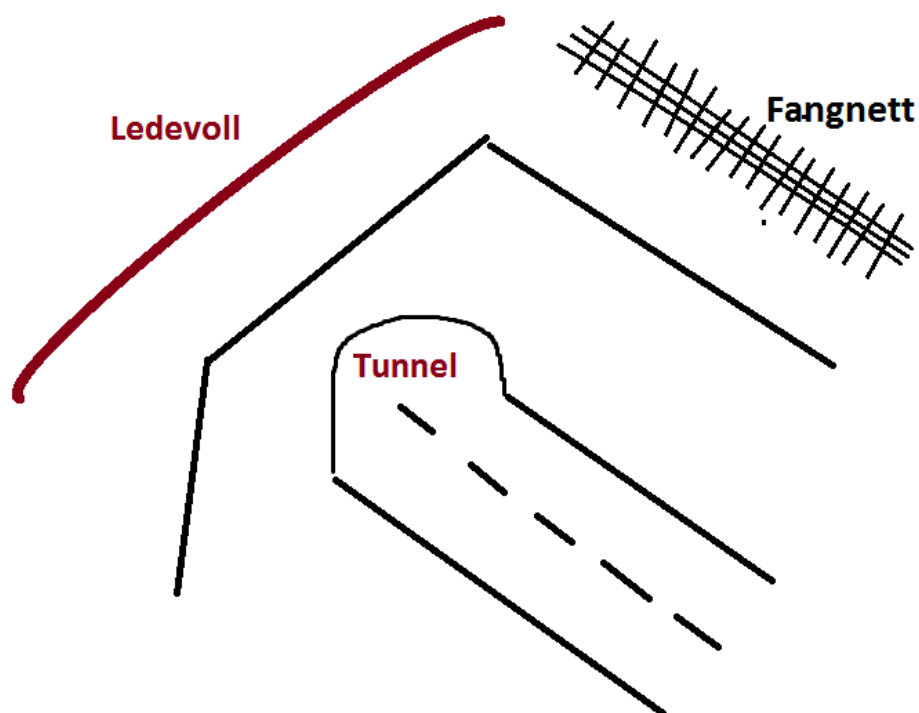
3.1.7 Kunstig utløsning

Kunstig utløsning er en effektiv metode for å forebygge ukontrollerte snøskred mot veger. Wyssen-tårn er et skredtårn som bruker sprengstoff for å utløse skred i en fjellside når man holder vegen under stengt (Langeland, 2014). Skredtårnet er fjernstyrt, med egenforsyning av strøm via sol og vindkraft. Et magasin på toppen av skredtårnet slipper en line med en eksplosiv ladning i enden. Når ladningen er 1,5 - 3 meter over snøoverflaten, detonerer ladningen. Eksplosjonen skaper en kraftig trykkbølge som kan utløse skred over et større område (Langeland, 2014).

Der topografien tilsier at permanent skredtårn ikke er en mulighet, kan DaisyBell benyttes som et alternativ til Wyssen-tårn. DaisyBell er en beholder med gassladninger, og den henges i en line under et helikopter. Gassladningene slippes ut og eksploderer noen meter over snødekket, og trykkbølgene utløser snøskred (Tas, 2014).

3.2 Passive sikringstiltak

Passiv sikring benyttes ofte når kildeområde er lite tilgjengelig, stort og uoversiktlig. Fangnett, skredvoll, betongoverbygg og tunnel er eksempler på sikringstiltak i skredløpet og utløpsområdet (Devoli et al., 2011). Hensikten til sikringstiltakene er å forhindre at skred når hele eller deler av det opprinnelige utløpsområdet, slik at veg, bebyggelse og annen sårbar infrastruktur ikke skades. Sikringstiltakene kan gjerne brukes i kombinasjon, og det er tilfellet ved flere av områdene vi har synfart i. Se figur 16 og 18 nedenfor.



Figur 16: Kombinert bruk av sikringstiltak i utløpsområde.

Skredvoller og fangnett er et økonomisk gunstig alternativ til tunnel og betongoverbygg, men har dessverre sine begrensninger. Et krav er at skredmassene kommer rullende eller flytende mer enn fallende mot sikringstiltaket. Ved fare for større bergskred, vil tunnel være det eneste alternativet.

3.2.1 Fanggjerde

Valg av fanggjerde eller skredvoll er i stor grad avhengig av terrenget og størrelse til skredmateriale. Fanggjerde kan plasseres i bratt lende og krever lite areal for å oppføres. De oppføres også gjerne i rader (Bjordal et al., 2011). Prinsippet bygger på at motstandsdyktigheten til fanggjerdet er høyere enn energien til skredet. Fangnett er primært beregnet på steinsprang (enkeltplokker). Ved sammenstøt vil nettet gi en dynamisk oppbremsing av materialet ved at nettet gir etter (Bjordal et al., 2011). Det betyr at motstandsdyktigheten blir sterkt redusert etter

at gjerdet har vært i bruk. Det er derfor viktig med tilsyn og vedlikehold, og tømningen av gjerde kan være kostbart og utfordrende.

3.2.2 Skredvoller generelt

En skredvoll benyttes til å stanse eller lede mindre bergskred, snøskred, sørpeskred, flomskred og mindre jordskred. Der det tilgjengelige arealet er tilstrekkelig stort, foretrekkes det å bruke skredvoller fremfor fangnett (Bjordal et al., 2011). Det er både økonomisk gunstigere, og det krever mindre tilsyn og vedlikehold.

Skredvoller bygges vanligvis av stedlige løsmasser som sand, grus, stein og/eller blokker. Ved tunnelportaler brukes ofte sprengstein. Den siden av vollen som vender mot fjellsiden og skal ta imot sammenstøtet med skredet kalles støtsiden (se figur 17). Støtsiden skal være brattest mulig (Bjordal et al., 2011). Ideelt sett skal den bestå av en tørrmur, som er en tilnærmet vertikal mur av større blokker stablet oppå hverandre. Det vil gi stor erosjonsmotstand, og forhindre at masser beveger seg over vollen (Brateng, 2005). Konstruksjon av tørrmur er imidlertid mer tidkrevende og kostbart. Et mye brukt alternativ er å benytte finere løsmasser. Det gir en begrenset helning på støtsiden til 40 grader, ettersom løsmasser ikke er stabile mot utglidning i brattere helning. En kompromissløsning er å benytte tørrmur nederst hvor erosjonen er hyppigst, og løsmasser ovenpå.

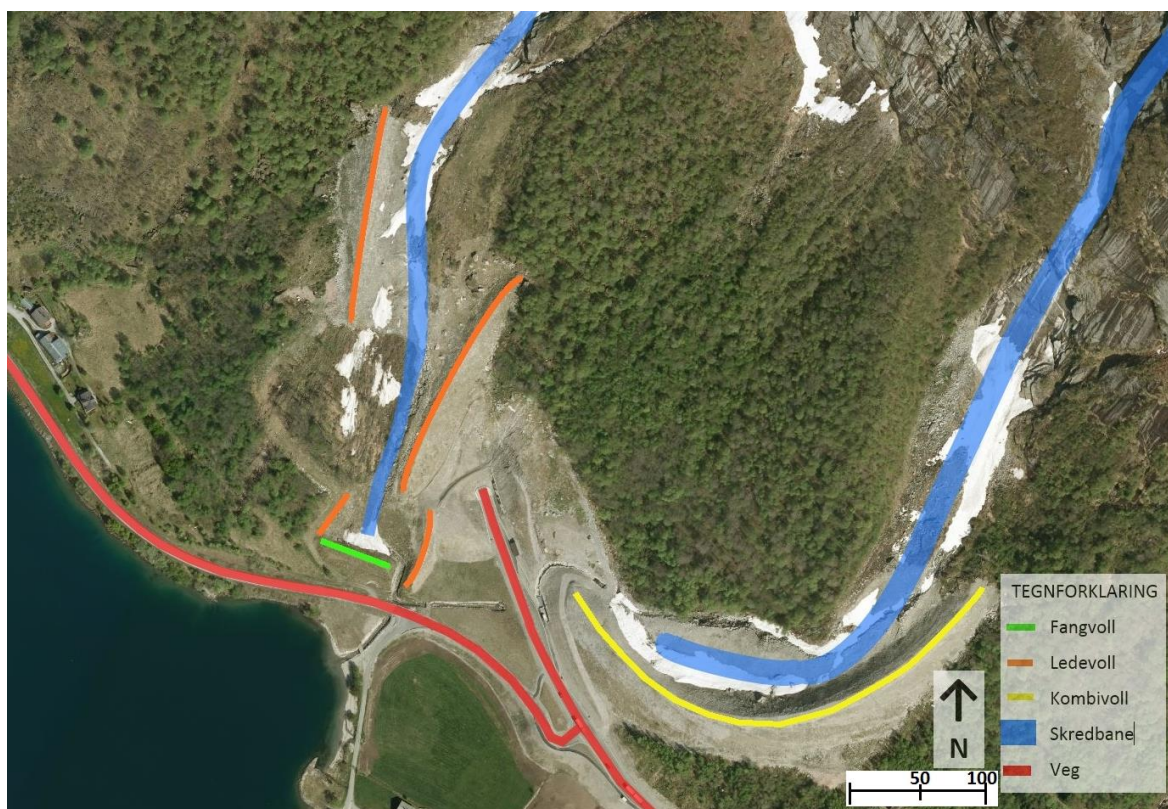


Figur 17: Viser de viktigste terminologiene til en skredvoll (kombivoll). Ortofoto av Lundevollen (Kartverket).

Når blokker treffer vollen skal de bremses opp ved at blokken trenger noe inn i støtsiden (Bjordal et al., 2011). Det vil også føre til en reduksjon i rotasjonsenergien til blokken. For å kompensere for den gjenværende rotasjonsenergien må skredvollen ha en tilstrekkelig høyde som hindrer blokkene i å rulle opp støtsiden og over vollen (Bjordal et al., 2011).

For at vollen skal tåle belastningen den påføres bør bredden til vollkronen være minst er 3 meter bred (Bjordal et al., 2011). Et annet viktig moment er at vollen skal kunne motstå sammenstøtet med flere skred i løpet av en sesong. Det er derfor nødvendig med tilsyn og vedlikehold på skredvollene for å undersøke at de tilfredsstillt kravene (Håland, 2012).

Det finnes tre hovedtyper av skredvoller, med ulik utforming og hensikt. Disse er fangvoll, ledevoll og kombivoll, og utdypes i mer detalj nedenfor. De brukes også gjerne i kombinasjon med hverandre, som vist i figur 18 nedenfor.



Figur 18: Kombinert bruk av ledevoll, fangvoll og kombivoll for å beskytte RV 5 og annen infrastruktur. Ortofoto viser Allhauganevollen (1-3) og Lundevollen innerst i Kjøsnestfjorden (Kartverket).

3.2.3 Fangvoll

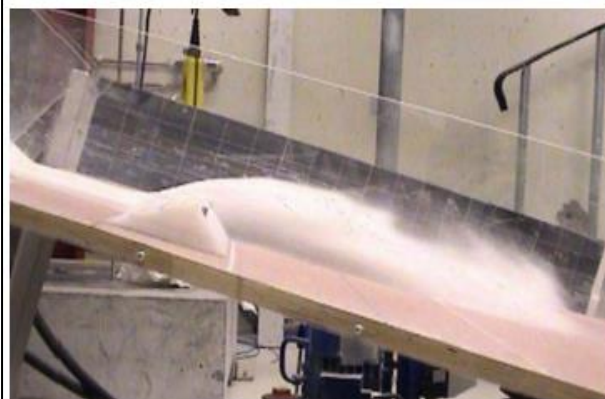
En fangvoll har som hensikt å fange og stoppe skred (Bjordal et al., 2011). Et annet mye brukt navn er derfor stoppvoll. Vollen bygges på tvers av skredbanen. En fangvoll vil redusere energien til skredet mest effektivt når støtsiden er brattest mulig og det oppnås når denne bygges av tørrmur. Ved sammenstøt med et snøskred vil skredmassene i størst grad bli kastet vertikalt oppover, og i mindre grad horisontalt bortover og over vollen (Brateng, 2005). Når støtsiden består av løsmasser (støtside ≤ 40 grader) vil skredmassene beholde mye av den horisontale hastigheten og bevege seg ytterligere opp støtsiden mot vollkronen og i verste fall over, se figur 19.



Figur 7.18 Massen som kastes over 90° rett voll normalt på strømningsretning.



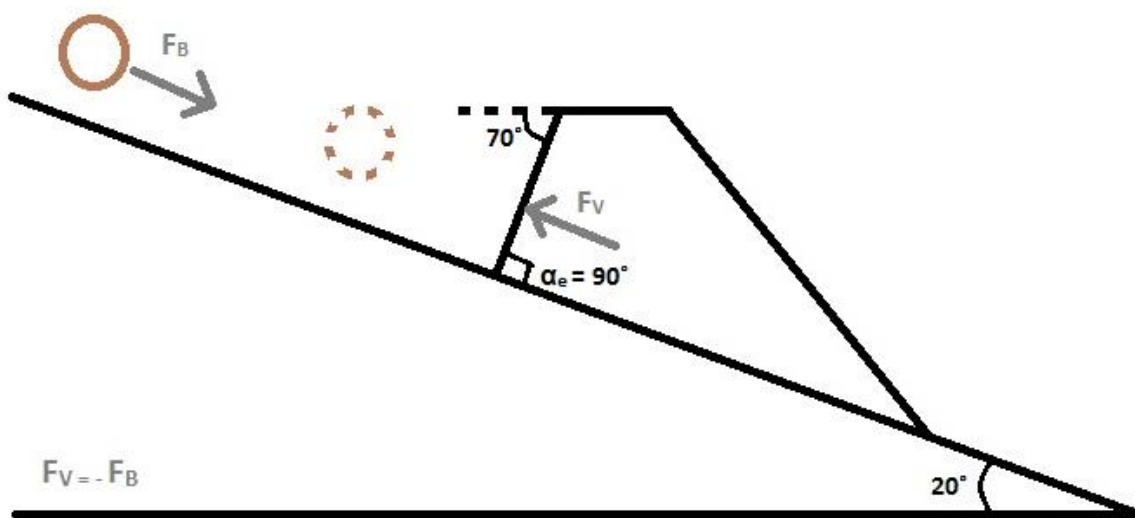
Figur 7.19 Massen som kastes over 60° rett voll normalt på strømningsretning. Kastelengden er noe lengre enn ved bruk av 90° voll.



Figur 7.20 Massen som kastes over 30° rett voll normalt på strømningsretning. Kastelengden er større enn for 60° og 90° voller.

Figur 19: Viser betydningen av vinkelen til støtsiden. Lav vinkel gir lengst kastedistanse, og høy vinkel gir kort kastedistanse. For å fremheve denne betydningen er vollstørrelsen underdimensjonert. (Brateng, 2005).

Det er imidlertid viktig å være bevisst på at det er den effektive vinkelen til støtsiden som er av størst betydning, se figur 20. Den effektive vinkelen finner vi ved å summere vinkelen til støtsiden med helningen til terrenget like over vollen. En støtside på 70 grader plassert i et terreng på 20 grader vil teoretisk sett stanse en blokk som kommer trillende ned fjellsiden uten å gi den et vertikalt oppløft. Det fordi kraften til blokken er rettet parallell med underlaget, og vollen som står 90 grader på underlaget vil gi blokken en motkraft som også er rettet parallelt med underlaget.



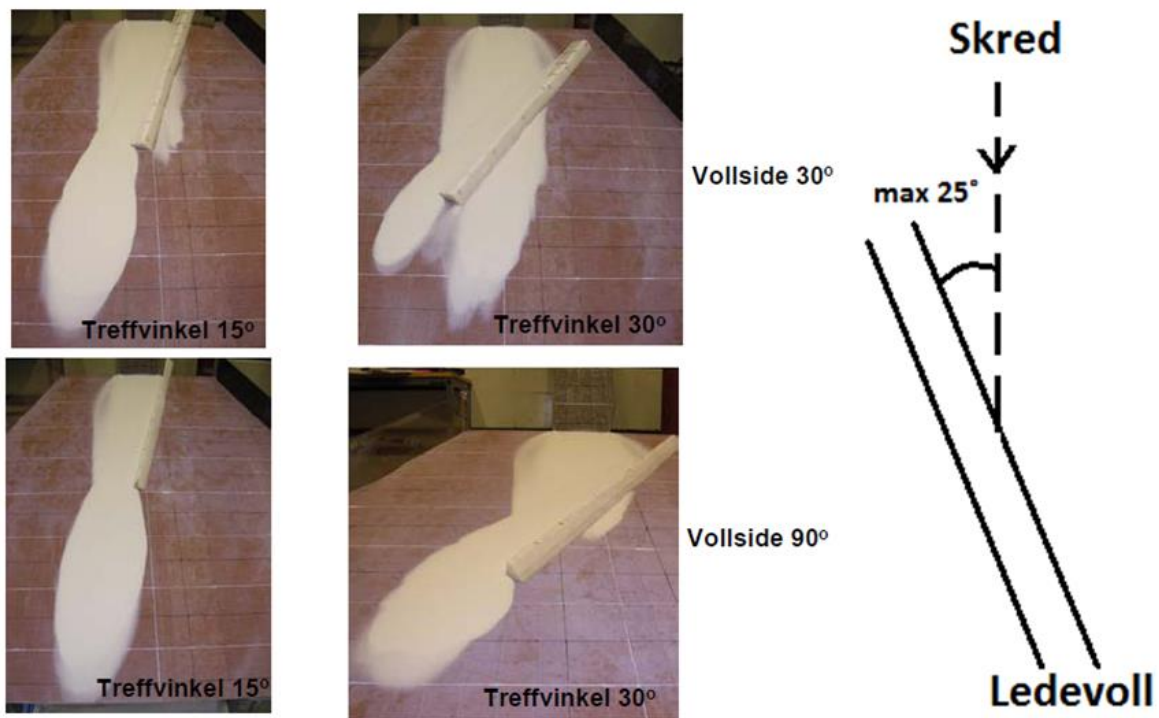
Figur 20: Viser sammenheng mellom målt vinkel og effektiv vinkel. For denne fangvullen er målt vinkel til støtsiden 70°, helningen til terrenget er 20°. Det gir en effektiv vinkel på 90° til støtsiden.

På oppsiden av vollen kan det være hensiktsmessig å grave ut et magasin hvor skredmassene kan legge seg etter oppbremsingen. Det viktig at magasinet er stort nok til å lagre skredavsetningene. Det gjelder spesielt for voller som skal fange snøskred og sørpeskred for da kan det komme flere skred i løpet av en sesong. Dersom første skred fyller opp hele magasinet, vil det fungere som en rampe for neste skred som vil fortsette over vollen uten særlig motstand (Håland, 2012). En mulig løsning kan også være å tømme vollen med gravemaskin under trygge skredforhold, men det kan by på utfordringer i forbindelse HMS reglementet til driftspersonell.

3.2.4 Ledevoll

En ledevoll brukes til å lede et skred i en ønsket retning og dermed begrense skredets utbredelse til et ønsket område (Håland, 2012). Slik kan deler av det opprinnelige utløpsområde gjøres sikkert for ferdsel. En ledevoll benyttes f.eks. til å lede et skred over en tunnelportal, et skredoverbygg eller mot en fangvoll.

Dersom to ledevoller brukes i kombinasjon, er det viktig at avstanden mellom vollene er stor nok slik at hele skredet kan få plass mellom de to vollkronene. Det vil i mange tilfeller være fordelaktig å grave ut skredkanalen mellom de to vollene. Vinkelen mellom skredets- og ledevollens retning bør ikke være mer enn 25 grader i sammenstøtspunktet, men kan med fordel økes nedover i lengderetning, se figur 21 (Brateng, 2005).



Figur 21: Viser sammenstøt mellom skred og ledevoll for ulike innfallsvinkler 15° og 30°, og for støttside med 30° og 90° helning. Skissen til høyre illustrerer at vinkel mellom lengderetning til ledevoll og skred ikke bør overskride 25 grader ved sammenstøtspunkt (Brateng, 2005).

3.2.5 Kombivoll (buede voller)

Når en ledevoll bøyes av og ender nederst som en fangvoll, kalles det en kombinasjonsvoll. En kombivoll har altså til hensikt å både lede og stanse skred.

3.2.6 Bremsekjegler

Brukes spesielt i forbindelse med snøskred. Kjeglenes oppstilling øker overflateareal, og dermed friksjonsflaten til underlaget. I tillegg vil kjeglene spre skredmassene og således bidra til å øke den interne friksjon som igjen vil bidra til en oppbremsing (Brateng, 2005). I vårt studieområde er det ingen slike sikringstiltak.

3.2.7 Overbygg

Når de allerede nevnte sikringstiltakene ikke er aktuelle, kan overbygg være den siste løsningen dersom det verken er et alternativ å legge vegen til et annet område eller gjennom en tunnel

(Håland, 2012). Kostnadsutgiftene for overbygg er svært høye, og er omtrent det dobbelte av meterprisen til tunnel (Bjordal et al., 2011). Overbygg kan utformes ved at vegen senkes ned i terrenget, slik at skredmassene får passere overbygget uhindret. En annen utforming er at vegen får beholde sin plassering. Da vil overbygget bryte med terrengoverflaten, og det er nødvendig å heve skredbanen, f.eks. ved innfylling av løsmasser (Bjordal et al., 2011).

3.3 Overvåking og varsling

Overvåking og varsling er også et passivt sikringstiltak. Konsekvensene kan reduseres dersom det varsles i forkant av en skredhendelse, men også ytterligere skade kan forhindres dersom det varsles etter en hendelse.

3.3.1 Værvarsling

Ved varsling av mye vær kan det være aktuelt å stenge skredutsatte vegstrekninger. Det vil være i tilfeller hvor vegen er dårlig sikret, gjerne på grunn lite trafikk og følgelig høye akseptkriterier. Snøskred er en av de skredtypene som er lettest å varsle, på grunn av at de har vesentlig høyere sannsynlighet for å inntreffe ved gitte værforhold enn andre skredtyper. Tilfeller kan være ved store snøfall eller når regn faller på et tykt og tungt nysnødekke. Lokale beboere eller erfarne brøytebilsjåførere har ofte kjennskap til disse forholdene, og kjenner til de vanligste skredbanene (Håland, 2012). Ved å utnytte denne kunnskapen i kombinasjon med værvarsling og vurdering av snødekkets stabilitet, kan snøskred i noen områder varsles relativt nøyaktig (Håland, 2012). Et eksempel på en slik vegstrekning i studieområdet er Hafslo - Veitastrand. I skrivende stund pågår det imidlertid storstilt arbeid med å sikre nettopp denne vegstrekningen.

3.3.2 Tidlig varsling (early warning)

I skredutsatte områder hvor sikringstiltak vil være for omfattende, er det mer effektivt å varsle i forkant av en hendelse. Tidlig varsling kan gi mulighet til evakuering, som kan redusere konsekvens og skadeomfang betraktelig. Dette gjelder spesielt ved fare for store fjellskred. Dersom større bergskred treffer vann vil det kunne oppstå tsunami (Devoli et al., 2011). Tsunami kan forflytte seg over lange distanser, og utføre store ødeleggelser. Varsling av store fjellskred og påførende tsunami vil kunne begrense ellers store katastrofer. Åknes/Tafjord Beredskap IKS overvåker flere ustabile fjellparti i Norge, og for tre av de fire høyrisikoobjektene er det fare for tsunami (NVE, 2011).

3.3.3 Sanntidsvarsling

Bruk av geofoner til å varsle bergskred og snøskred eksisterer langs noen vegstrekninger idag. Geofoner vil fange opp større bevegelser og varsle at skred er på veg ned eller har forekommet. Slik kan skredutsatte vegstrekninger automatisk stenges etter skredhendelser, og unngå at trafikk beveger seg inn i fareområdet. Dessverre er utgått teknologi årsak til at de eksisterende geofonanleggene ikke varsler tilfredsstillende. NGI i samarbeid med Vegdirektoratet har et prosjekt gående med uttesting av ny teknologi. Radarvarsling er også under utprøving og skal monteres på Rv 15 Knutstugrove ved Lom og Fv. 337 Uledøla langs Veitastrondvegen (Tveit, 2014).

3.4 Akseptkriterier

Frem til nylig har det ikke vært noen bestemte retningslinjer for risikoakseptkriterier omhandlende skred på vei. I forskrift om teknisk krav til byggverk (TEK 10) tilhørende Plan og Bygningsloven, er det utarbeidet sikkerhetsklasser (S1, S2 og S3) for byggverk, men vegnettet til Statens Vegvesen faller ikke inn under disse forskriftene (se tabell 5 nedenfor). Skredforum, en samarbeidsgruppe i Vegvesenet har utarbeidet et forslag til risikoakseptkriterier for skred på veg (Norem et al., 2012). Forslaget er nå vedtatt og vil bli publisert i et offisielt skriv fra Vegdirektoratet. Akseptkriteriene blir her presentert i grove trekk. Det er verdt å merke seg at laveste sikkerhetsklasse for byggverk S1, har samme krav til største nominelle sannsynlighet for skred (en skredhendelse per 100 år), som de mest trafikkerte vegene i landet (ÅDT > 8000).

Tabell 5: Sikkerhetsklassifisering for byggverk i skredfarlig terreng (omarbeidet fra lovdata.no / Tek 10, 2010).

Sikkerhetsklasse	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet	Eksempel på byggverk
S1	Liten	1/100	Garasje, uthus, båtnaust, mindre brygger, lagerbygg med lite personopphold.
S2	Middels	1/1000	Enebolig, tomansbolig og rekkehus med opptil 10 boenheter, arbeidsbygg/driftsbygg hvor det oppholder seg maksimum 25 personer, parkeringshus, havneanlegg.
S3	Stor	1/5000	Hvor det normalt oppholder seg mer enn 25 personer, barnehage, skole, beredskapsinstitusjoner (sykehus, politi osv.) eller andre bygg hvor økonomiske og samfunnsmessige konsekvenser er store.

Risiko er som tidligere nevnt definert som produktet av sannsynlighet og konsekvens. Forholdet blir ofte fremstilt visuelt ved hjelp av en risikomatrix. I matrisen angis risikoen ved fargekoder,

hvor grønn er akseptabel risiko, gul er tolererbar risiko og rød er uakseptabel risiko. Forslag til risikomatriksen utarbeidet av Skredforum er vist i figur 22 nedenfor. Sannsynligheten for skred på veg bygger på faglig skjønn så vel som teoretiske beregningsmetoder. Konsekvens er beregnet ut i fra et 20 års fremtidsperspektiv på årsgjennomsnittet av årsgjennomsnittet av antall biler per døgn som passerer strekningen. En slik konsekvensvurdering forutsetter at det er normal trafikkflyt gjennom skredområdet, og ikke legges opp til rasteplasser, busslommer eller lignende. I tillegg må det gjøres vurdering på konsekvensene stengning av vegen får for trafikantene. Sannsynligheten beregnes i forhold til enhetsstrekning, som utgjør en veglengde på 1 km med skredfare. Dersom det er flere skredpunkt langs en enhetslengde, er det den kumulative sannsynligheten som må benyttes i risikomatriksen.

Årlig nominell skredsannsynlighet pr. enhetsstrekning	I ≤ 1/2						
	II ≤ 1/5						
	III ≤ 1/10						
	IV ≤ 1/20						
	V ≤ 1/50						
	VI ≤ 1/100						
Trafikkmengde (ÅDT)	A < 200	B 200 - <500	C 500 - <1500	D 1500- <4000	E 4000- <8000	F ≥ 8000	
<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> ■ Akseptabel strekningsrisiko </div> <div style="text-align: center;"> ■ Tolererbar strekningsrisiko. Aksept avhenger av skredintensitet og kost-nytte-analyse. Akseptnivå besluttes på regionledernivå. </div> <div style="text-align: center;"> ■ Uakseptabel strekningsrisiko </div> </div>							

Figur 22: Risikomatrikse for skred på veg. (Norem et al., 2012).

For enhetsstrekninger som havner innenfor gul eller rød risiko, skal det av skredkyndig geolog utarbeides forslag til tiltak som er nødvendige for å redusere risikoen til akseptabel (grønn). I tillegg skal det utarbeides et forslag til nødvendige tiltak for å redusere eller ivareta tolererbar (gul) risiko. Planprosjektleder skal deretter utføre en kost-nytte analyse av sikringsalternativene, og den endelige beslutningen av akseptnivå for vegstrekningen gjøres på regionledernivå.

4. Metode

4.1 Innsamling av data

Formålet med denne bacheloroppgaven var å utføre en tilstandsvurdering på flest mulig av skredvollene i Indre Sogn, Midtre Sogn og Indre Sunnfjord. Ved oppstart av oppgaven i august 2013, hadde ikke Statens Vegvesen et tilgjengelig register over lokaliteten til skredvollene. Vår første utfordring ble dermed å lokalisere skredvollene. Til dette benyttet vi flyfoto fra Norge i Bilder. Vi søkte gjennom hele Riks- og Fylkesvegnettet til studieområdet. Oversikt og informasjon om skredvollene lagret vi i et regneark.

Feltarbeidet ble gjennomført ved at vi kjørte bil til de skredvollene vi hadde lokalisert. Av og til viste det seg at de antatte skredvollene ikke var skredvoller, og en sjelden gang dukket det opp voller som vi på forhånd ikke hadde klart å tyde på flyfoto på grunn av tett vegetasjon. Tilsammen var vi 9 dager i felt. Undersøkelse av selve skredvollene ble gjennomført til fots. Vi noterte viktige opplysninger, tok bilder, og gikk gjerne et stykke opp skredkanalen på skredviften.

For enkelt å kunne notere observasjoner i felt, laget vi et feltskjema med innfyllingsruter for de egenskapene til skredvullen og skredløpet som vi var interessert i, se figur 23 og 24 nedenfor. Etter feltarbeidet var det nødvendig å systematisere observasjonene, og vi valgte å samle informasjonen fra alle skredvollene i et felles regneark, vedlegg tabell 10 - 23.

Feltskjema til registrering av skredvoller

Dato	Bilde nr.	
Navn	Lokalitet	
GPS koordinater til senterpunkt		
Hvilken type voll er det?		
Fangvoll	Ledevoll	Kombinasjon
Hvilke(n) type skred sikrer vollen mot?		
Steinsprang	Snøskred	Sørpeskred/Flomskred
<i>Konstruksjon av voll</i>		
Hvilke(t) materiale(r) er den bygget av?		
Fylling	Mur	Tørrmur
(Spreng-) blokker		
(Spreng-) stein		
Finere masser		
Fallvinkel til støtsiden av voll	Fallvinkel til terreng like over voll	
•	•	
Plassering i terrenget i forhold til skredløpet?		
Dimensjon av voll		
Lengde	Høyde	Bredde av krone
Effektiv høyde	Kommentar:	
Beskriv vannløpet/skredkanalen. Er den plastret?		

Figur 23: Feltskjemaet vi laget og benyttet til registrering av skredvoller. Side 1 av 2.

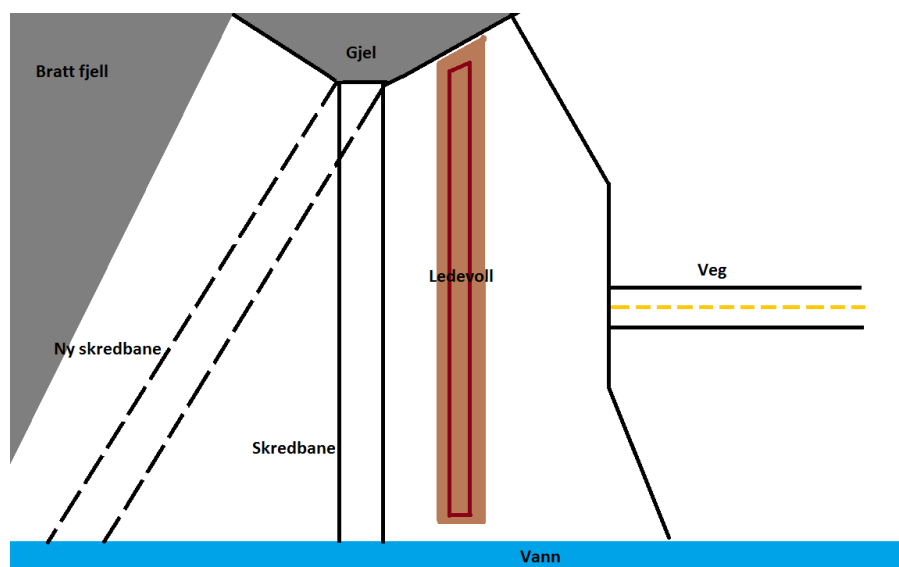
<i>Tilstand av voll</i>			
Er det erosjon som følge av			
Skredaktivitet	Nedbør	Manglende revegetasjon	
Annet:			
Er det skredavsetninger i magasinet til vollen (m ³)?			
Ser den ut til å være vedlikeholdt?			
Ja	Nei	Usikkert	
Hvordan vurderer vi tilstanden til vollen?			
0) God	1) Middels	2) Dårlig	3) Kritisk
<i>Vollens tilpasning i område</i>			
Tåler den belastningen over tid?			
Ja	Nei	Usikkert	
Er den stor nok?			
Ja	Nei	Usikkert	
Er det mulig å tømme den?			
Ja	Nei	Vanskelig	
Hva må utbedres?			
Andre bemerkninger?			

Figur 24: Feltskjemaet vi laget og benyttet til registrering av skredvoller. Side 2 av 2.

På første side av feltskjemaet registrerte vi generell informasjon om skredvollen, som hvilke(n) type skred den er bygget for, volltype, lengde, høyde og bredde av vollkronen, helning til støttside og helning til terreng like over voll, plassering i terrenget, konstruksjonsmateriale, samt utforming til vannløp og skredkanal. På andre siden av feltskjema registrerte vi informasjon som mer direkte var avgjørende for tilstanden til vollen. Viktige parametere var erosjon, mengde skredmateriale i magasin og tegn på vedlikehold.

Vi forsøkte å avgjøre om skredvollen var stor nok. Det kunne være vanskelig å anslå, men i tilfellene der skredmateriale var avsatt på vollkronen eller på utsiden av vollen kunne vi med sikkerhet si at vollen var for liten. Når det var tilfellet, eller når det var tegn på betydelig erosjon, valgte vi videre å bemerke at vollen ikke tålte belastning over tid. I motsatt tilfelle var det vanskelig å svare på dette spørsmålet når det var ingen klare bevis for at den vollen var for liten. Vi hadde ikke opplysninger om vollens alder, og det var da vanskelig å vite om vollen hadde stått lenge nok til å bli utsatt for store skred. Dermed var det vesentlig å ha et svaralternativ som "usikkert". Tilslutt på feltskjemaet inkluderte vi to felt hvor vi kunne skrive mer utfyllende om hva som måtte forbedres og eventuelt andre bemerkninger ved vollen.

For at en voll skal kunne klassifiseres med god tilstand, må den tåle belastning over tid. Da er det altså underforstått at vollen er stor nok og at den ikke har vært utsatt for vesentlig erosjon. Det skal være ingen eller lite skredmateriale avsatt i magasinet, og magasinet skal kunne tømmes. Vannløpet skal ha god drenering gjennom og forbi vollen. Der vollen ligger på en skredvifte, skal skredkanalen være klart definert helt opp til rotpunktet til viften, eller så må konsekvensene av at skredkanalen endres være ubetydelige. Et slikt eksempel kan være når en ledevoll forhindrer at skred når en tunnellportal, som vist nedenfor i figur 25.



Figur 25: Her har endring av skredkanalen i utløpsområdet ingen betydning. Ledevoll til høyre beskytter tunnelportal.

Når en skredvoll klassifiseres med middels tilstand, er det mindre tiltak som må utføres for at tilstanden skal bli god. Da er det ofte tømning av magasin eller dreneringskanal, mindre utbedring av skredkanalen eller erosjonsskade som er nødvendig. Til tross er det ingen stor hast med å utføre vedlikehold.

For at en skredvoll klassifiseres som dårlig, kreves det mer omfattende vedlikeholdsarbeid. Da må magasin tømmes, større erosjonsskader utbedres eller skredkanalen må graves ut (senkes) betydelig. I tillegg kan vollen være for liten og tåler dermed ikke belastning over tid. Det betyr at vollen må forhøyes.

I tilfellene hvor tilstanden til en skredvoll er kritisk, har den gjerne de samme svakhetene som en voll med dårlig tilstand. Ved kritisk tilstand anbefaler vi på det sterkeste at de nødvendige tiltakene utføres snarest, da innen neste skredsesong.

Dersom vi holder oss til definisjonen om at flomskred hovedsakelig går i kanaliserte skredbaner, vil svært få av de undersøkte skredvollene være sikringstiltak mot jordskred. Det fordi de fleste vollene er bygget under gjel eller bart berg uten særlig løsmassedekke som kan gi opphav til ukanaliserte løsmasseskred. Det er også vanskelig å forutsi hvor jordskred vil utløses når de ikke følger definerte vannkanaler. Med andre ord vil de fleste undersøkte skredvollene være sikringstiltak mot flomskred, sørpeskred, snøskred og/eller steinsprang.

4.2 Statistiske analyser

Til å undersøke hvorvidt noen av egenskapene til skredvollene hadde en signifikant betydning for tilstanden, har vi benyttet statistiske tester.

De statistiske analysene vi har benyttet i forsøk på å finne en signifikant sammenheng mellom prediktorene og responsen er Pearson's Chi-squared test, Generalized linear model (GLM), Levene's test og Mixed Effects Models. Til dette brukte vi programmet R-Studio.

I statistikk er respons en variabel som måles, mens en prediktor er en variabel som varieres for å oppnå en endring i respons-variabelen. Prediktorene i våre analyser var ulike egenskaper til skredvollene som høyde, tørrmur, og type voll. Responsen var tilstanden til vollen. Tilstanden kunne ha én av de tre verdiene god, middels eller dårlig, og var dermed kategorisk. Vi valgte å slå sammen tilstandsverdiene dårlig og kritisk, ettersom vi kun hadde 50 vurderte skredvoller. For å oppnå troverdige resultater kreves 15 observasjoner for hver responsverdi. Fire responsverdier (*god, middels, dårlig og kritisk*) vil kreve $4 \times 15 = 60$ observasjoner, noe vi ikke hadde. Etter hvert valgte vi å forenkle responsen ytterligere, og vi slo sammen tilstandene middels og dårlig slik at vi

fikk en binomial respons med kun de to verdiene god eller dårlig, se tabell 6 nedenfor. Videre kan en variabel være numerisk, som f.eks. høyden til vollene, der verdiene er tall og ikke kategorier.

I statistiske tester er som regel nullhypotesen (H0) naiv og tror at det ikke er en sammenheng mellom interaksjoner. Når man undersøker interaksjoner med ulike tester får man ut en sannsynlighetverdi, på engelsk kalt probability (p) – verdi. Signifikansnivået vi har brukt for p-verdien er 0,05. Det vil si at ved p-verdier over 0,05 kan vi beholde nullhypotesen som sier at det ikke er en sammenheng mellom prediktor og respons. Derimot hvis vi får en p-verdi under 0,05 kan vi forkaste nullhypotesen og beholde den alternative hypotesen (H1) som antar at det faktisk er en sammenheng mellom prediktor og respons.

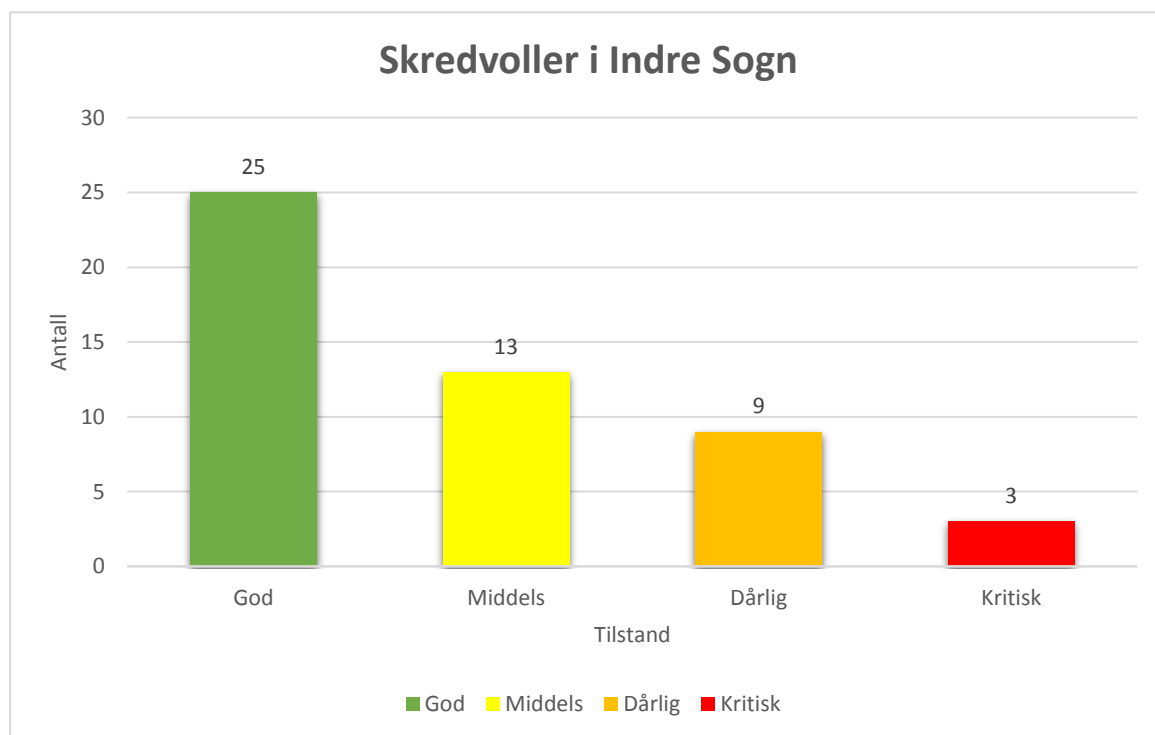
Tabell 6: Prediktorene og responsen vi nyttet i de statistiske analysene.

Prediktor	Prediktorverdier	Respons	Responsverdier
Type skredvoll	<i>Kategorisk:</i> Ledevoll, Fangvoll, Kombivoll	Tilstand	<i>Kategorisk:</i> God, Middels, Dårlig <i>Binomial:</i> God, dårlig
Høyde	<i>Binomial:</i> 1 m - 9 m, 10 m – 20 m <i>Numerisk:</i> 1 m – 20 m		
Tørrmur	<i>Binomial:</i> Ja, Nei		

5. Resultat

5.1 Tilstand til skredvoller

Den fullstendige tilstandsvurderingen til skredvollene vi har undersøkt er vist i vedlegg tabell 10 - 23 (kapittel 10.1). Totalt ble det 50 skredvoller. Av disse hadde 25 av skredvollene god tilstand, 13 middels tilstand, 9 dårlig tilstand og 3 kritisk tilstand. Se Figur 26 nedenfor.



Figur 26: Stolpediagram som viser tilstanden til de undersøkte skredvollene i Indre Sogn

I tilstandsvurderingen ser vi at det er flere av de samme feilene som gjentar seg for de ulike skredvollene. Feilene må følges opp gjennom vedlikehold og er:

- Oppfylling av skredmateriale i magasin og dreneringsløp (se figur 27)
- Skrederosjon av støttside (se figur 28)
- Utglidning av løsmassene i støttsiden (se figur 29)
- Tørrmur for lav (se figur 30)
- Gjennfylling av skredkanal (se figur 31)
- Vollen er for lav, skred går over vollen (se figur 32)

I Figur 27 til 32 nedenfor vises eksempel for hver av disse.



Figur 27: Arvenesvollen i Øvre Årdal har oppfylt skredmagasin (foto: Feltnarbeid 2013.)



Figur 28: Melandsgjelavollen i Vettefjorddalen har erodert støttside på grunn av skred (foto: Feltnarbeid 2013).



Figur 29: Utglidning av løsmassene i støtsiden til Lundevollen i Kjøsnesfjorden (foto: Feltarbeid 2013).



Figur 30: Tørrmuren er for lav, og skred har erodert direkte på løsmassene til Vikanevollen 3 i Kjøsnesfjorden (foto: Feltarbeid 2013).



Figur 31: Svarthammarteigvollen i Kjøsnesfjorden har oppfylt skredkanal (foto: Feltarbeid 2013).



Figur 32: Våtedalsvollen 1 i Våtedalen er for lav. Mange steiner har gått over vollen og stoppet ved veggen, på veggen og på nedsiden av veggen (foto: Feltarbeid 2013).

5.2 Statistiske Analyser

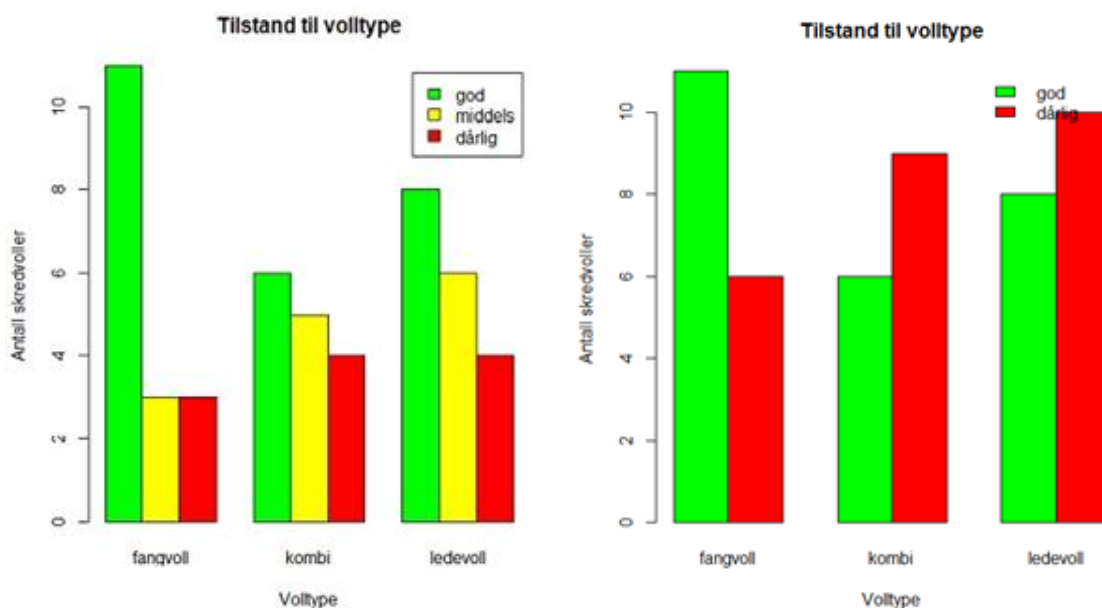
Testresultatene fra de statistiske analysene vi har utført viser ingen skikkelig sammenheng mellom prediktorene og responsen. Dermed har tørrmur, volltype eller høyde ingen signifikant betydning for tilstanden til vollene.

Det nærmeste vi kom en signifikant interaksjon var kombinasjonen høyde og tilstand, se figur 33. Ved Pearson's Chi-squared test og bruk av binomial prediktor hvor de to høydekategoriene var 1-9 meter og 10-20 meter, fikk vi vist at høye voller generelt har en bedre tilstand enn lave voller.

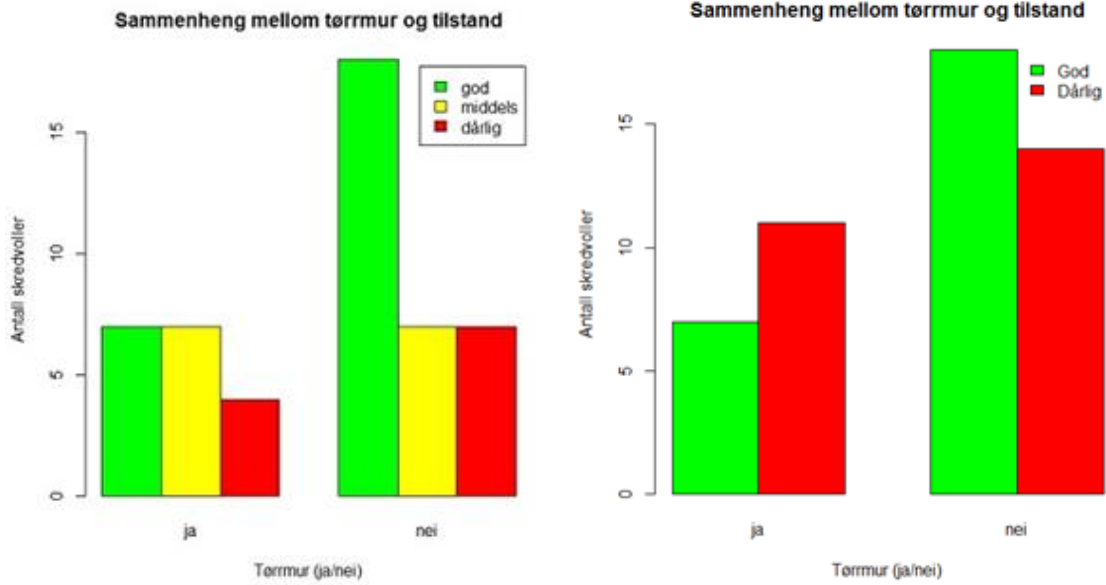
```
tilstand.hoyde2 <- matrix(c(19,6,5,9,9,2),nrow=2,ncol=3)
> rownames(tilstand.hoyde2)<-c("1-9","10-20")
> colnames(tilstand.hoyde2)<-c("God","Middels","Daarlig")
> tilstand.hoyde2
      God Middels Daarlig
1-9   19      5      9
10-20  6      9      2
> Xsq4
Åtvaring:
In chisq.test(tilstand.hoyde2) : Chi-squared approximation may be incorrect
Pearson's Chi-squared test
data: tilstand.hoyde2
X-squared = 8.0631, df = 2, p-value = 0.01775
Xsq4 = 8,0631 for df = 2 og p-verdi = 0,01775. Vi har altså at  $p < 0,05$ , derfor signifikant og vi konkluderer med at det er en sammenheng mellom høyde og tilstand.
```

Figur 33: Chi-square test gir en signifikant interaksjon mellom høyde og tilstand for binomial prediktor med høydeintervallene 1-9 m og 10-20 m.

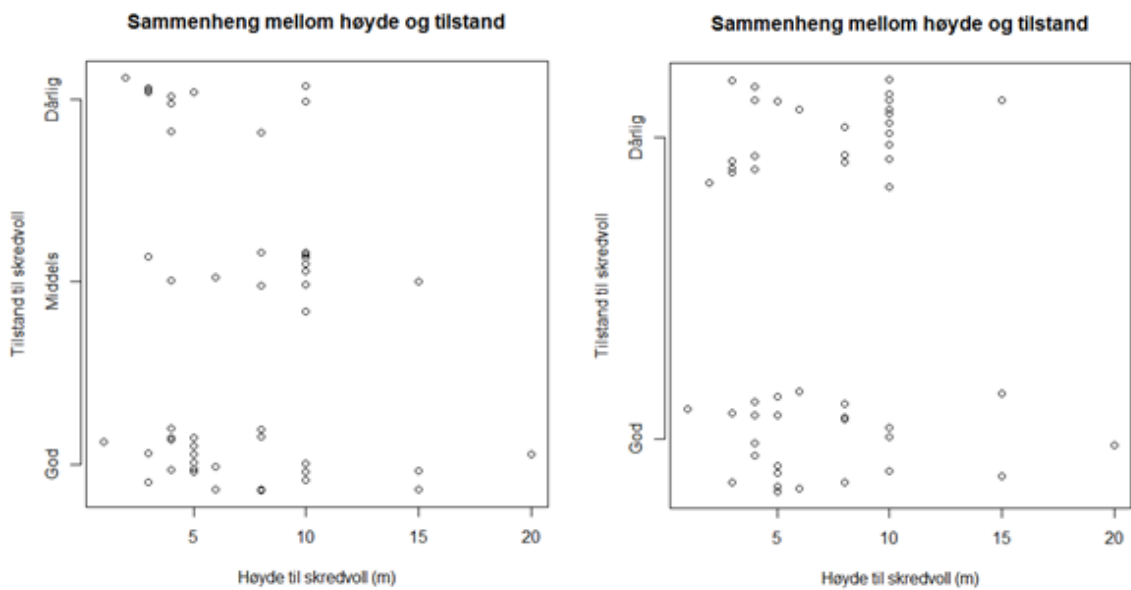
De øvrige analysene, Generalized Linear Model (GLM), Levene's Test og Mixed Effects Models ga altså ingen signifikante interaksjoner. Figur 34, 35 og 36 nedenfor viser fordeling av tilstanden til skredvollene med de ulike egenskapene.



Figur 34: Viser gruppert bar plot for observert volltype og tilstand. Til venstre ses tilstand som kategorisk respons med tre nivå (god, middels og dårlig). Til høyre ses tilstand som binomialrespons med to nivå (god og dårlig).



Figur 35: viser sammenhengen mellom tørrmur og tilstand. Til venstre ses tilstand som kategorisk respons med tre nivå (god, middels og dårlig). Til høyre ses tilstand som binomial respons med to nivå (god og dårlig).



Figur 36: Sammenheng mellom høyde og tilstand i et plott. Til venstre ses tilstand som kategorisk respons med tre nivå (god, middels og dårlig). Til høyre ses tilstand som binomialrespons med to nivå (god og dårlig).

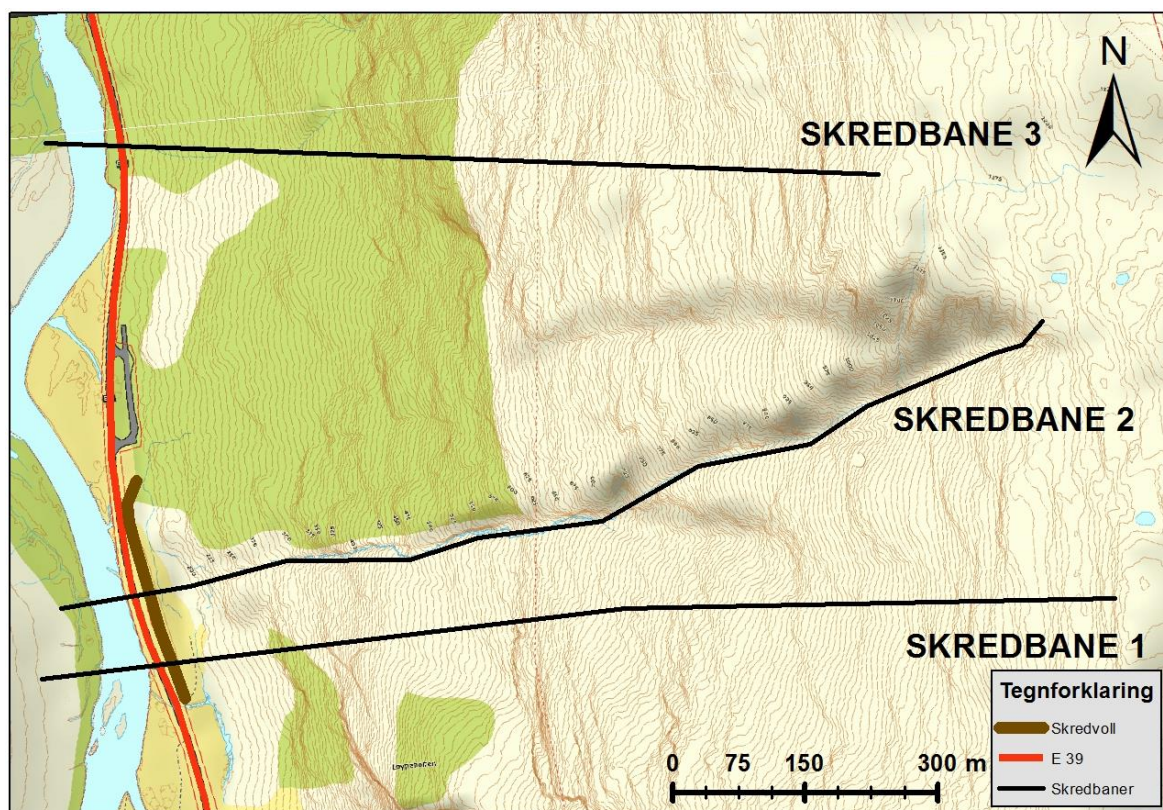
6. Case-studie av skredvoller

6.1 Metode

Formålet med denne case-studien er å undersøke om to av fangvollene vi har registrert er konstruert for små. Under synfaring i felt har vi dessverre fått en slik mistanke. Vollene skal beskytte høyt trafikkerte veger med lave akseptkriterier mot blant annet steinsprang, og det er derfor viktig at de oppfyller kravene.

6.1.1 Våtedalen

Våtedalsvollen 1 befinner seg i utløpet til et gjel fra Eggenipa, langs E39 mellom Skei og Byrkjelo. Se figur 37. Vegstrekningen har en estimert ÅDT på 2150 (Statens vegvesen). Det er flere faretegn som tilsier at vollen er for liten. Under synfaring var det mange blokker som lå på vollkronen. Videre var det sår i asfalten, og på motsatt side av vegen ned mot elven var det flere store kantete steiner. Både ved synfaring høsten 2013 og våren 2014 var det “grønt” gress under disse steinene. Vi vil derfor undersøke om det er mulig å bruke simuleringsprogrammet RocFall til å støtte opp om hypotesen vår om steiner/blokker har sprettet over vollen og ut på vegen. Registrerte skredhendelser for området bekrefter også at det er rimelig stor steinsprang og snøskredaktivitet ved Våtedalsvollen 1 og for øvrig i store deler av Våtedalen (Skredatlas.nve.no).



Figur 37: Våtedalsvollen 1 langs E39.



Figur 38: Fjellsiden over Våtedalsvollen 1. Rød firkant markerer et av de aktive utløsningspunktene, og er vist i figur 39 (foto: Feltarbeid 2013).



Figur 39: Aktive utløsningspunkt i utløsningsområdet i fjellsiden over Våtedalsvollen (foto: Feltarbeid 2013).



Figur 40: Skredmateriale i magasinet til Våtedalsvollen 1 (foto: Feltarbeid 2013).



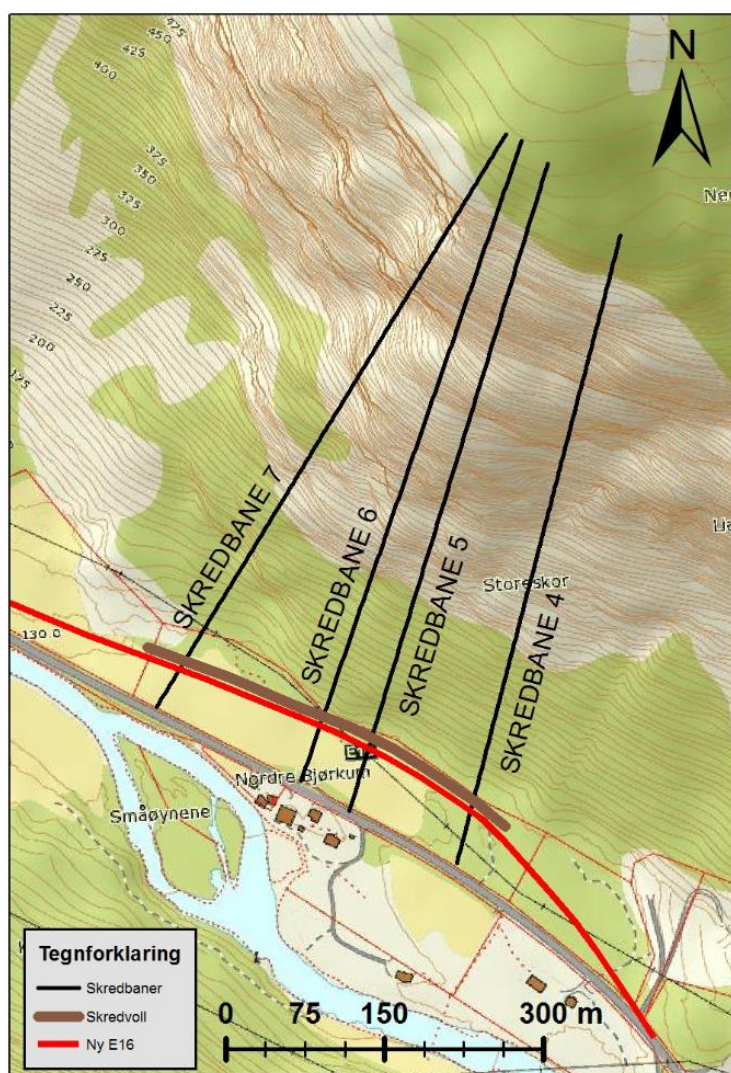
Figur 41: Blokker har sprettet og trengt inn høyt oppe i støtsiden til Våtedalsvollen 1 (foto: Feltarbeid 2013).



Figur 42: Stein som har beveget seg over både Våtedalsvollen 1 og E39 (foto: Feltarbeid 2013).

6.1.2 Nordre Bjørkum

Storeskorvollen er den andre vollen vi ønsker å undersøke og befinner seg ved Nordre Bjørkum i Lærdalen. Se figur 43. Vegstrekningen har en estimert ÅDT på 2050 (Statens vegvesen). Vollen er helt ny, og ble laget da E16 ble flyttet tett inn mot fjellsiden i 2011. På det nærmeste er det bare 5 meter fra utstikkeren av ura til vollkronen. Vi så ingen tegn til ferskt nedfall i magasinet, men antar at dette skyldes vollens unge alder. Over tid frykter vi at stein/blokker kan sprette over vollen og ut på vegen. På Skredatlas.nve.no er det ingen registrerte steinsprang for området like ved vollen. På sørsiden av vegen ligger det flere store utløpsblokker, men det ser ut som at det er en god stund siden disse kom ned. Ved Bakkeplassen, under 1 km i vestlig retning fra vollen er det registrert et steinskred i 2009 som skadet vegen (Skredatlas.nve.no). Ellers er det registrert et sørpeskred i fra Nausagrovi i 1947, mellom Bakkeplassen og Storeskorvollen, og det er uvisst, men sannsynlig at sørpeskredet gikk ned til der vegen er idag (Skredatlas.nve.no). Det er også registrert et jordskred sør for elva mot Søre Bjørkum i 1981 (Skredatlas.nve.no).



Figur 43: Storeskorvollen ved Nordre Bjørkum, Lærdalen.



Figur 44: Fjellsiden over Storeskorvollen, Nordre Bjørkum, Lærdalen (foto: Feltarbeid 2013).



Figur 45: Fjellsiden over Storeskorvollen (foto: Feltarbeid 2013).



Figur 46: Storeskorvollen langs E16 ved Nordre Bjørkum, Lærdalen. Rød sirkel markerer utstikker til ur (foto: Feltarbeid 2013).



Figur 47: Til venstre i bildet vises utstikker til ur over Storeskorvollen langs E16, Nordre Bjørkum, Lærdalen. Til høyre i bildet i rød sirkel vises eldre utløpsblokker (foto: Feltnarbeid 2013).

6.1.3 Berggrunn/løsmasser

Berggrunnen i studieområdet består hovedsakelig av metamorfe dypbergarter som gneis og ulike varianter av denne. I de høyesteliggende områdene i Våtedalen består berggrunnen av glimmergneis, diorittisk til granittisk gneis og meta-arkose. Nedre del av fjellsiden og dalbunnen består av kvartsmonzonitt som noen steder er omdannet til øyegneis. Ved Nordre Bjørkum består hele fjellsiden av kvartsmonzonitt og stedvis øyegneis (NGU).

Berggrunnen har en del å si for stabiliteten til berget. Ulike bergarter har forskjellig evne til å forvitre og sprekke opp. Forvittringsgraden av berg i dagen og hardheten til bergarten vil kunne ha betydning for spretthøyden bergartsfragmenter får når de raser ned fjellsiden. De bare bergsidene i case-studie områdene vil ha en forvitret overflate, såfremt de ikke nylig har vært påvirket av bergskred.

Løsmassene i case-studie områdene er preget av breelv- og elveavsetninger i dalbunnen, nær fjellsidene er det skredavsetninger opp til et visst punkt der er bart berg opp til toppen.

6.1.4 Steinsprangsimuleringer med RocFall

For å gjøre steinsprangsimuleringer i RocFall, er det nødvendig å utføre forarbeid i GIS. I ArcMap laget vi 3-4 potensielle skredbaner for hver lokalitet, og konstruerte terrengprofiler for disse. Det gjorde vi ved å eksportere høydekurvene for fjellsiden inn i et polygon, for så å gjøre polygonet om fra feature til raster ved bruk av verktøyet "Topo to Raster". Helningskartet laget vi så med verktøyet "Slope", og ga det en passende fargeinndeling etter helningsintervall. For å gi kartet

mer dybde, la vi til et gjennomiktig skyggerelief med bruk av verktøyet "Hillshade". Skredbanene laget vi med verktøyet «Interpolate Line» og «Steepest Path» som automatisk velger den bratteste og naturligste skredbanen i terrenget basert på høydekurvene. Løsneområde ble bestemte ut i fra det øverste 45-graderspunkt til fjellsiden langs skredbanen, og til å lokalisere det benyttet vi helningskartet. Terrengprofilene til skredbanene eksporterte vi til excelfiler med x- og y-koordinater.

Det resterende arbeidet ble utført i RocFall. Programmet bruker statistikk til å simulere nedfall av et ønsket antall enkeltblokker, som hver representerer gjennomsnittet til mange flere blokker. Terrengprofilen til fjellsiden legges inn i programmet, og overflatemateriale angis (for eksempel bart berg, ur, jord osv.). Simuleringen viser skredbanen til hver blokk i 2 dimensjoner. Det tas ikke hensyn til oppknusing av blokker, eller interaksjon mellom flere enkeltblokker.

I RocFall startet vi med å importere terrengprofilene til skredbanene, og deretter angi materialtype til underlaget langs profilene. Materialtype angis ved ulike parameterverdier, som den normale og tangente restitusjonskoeffisienten til underlaget. De er et mål på hardhet og sprett til blokkene ved sammenstøt. Restitusjonskoeffisientene kan beskrives med standardverdier til programmet eller egendefinerte verdier. Vi testet med begge. Til egendefinerte verdier benyttet vi verdier som var utarbeidet av programmets brukere lokalt for Sogn og Fjordane (Rocscience), og noen som var utarbeidet av SWECO (Bertelsen, 2009) og benyttet i Bergen Kommune. Høyere verdier vil generelt gi mer sprett og lengre utløpslengde.

Under simuleringen anses blokken som et punkt, og det er derfor viktig å ta hensyn til betydningen av blokkstørrelse og utforming ved bruk av parametere som overflateruhet (slope roughness) og friksjonsvinkel (Rocscience, 2003). Terrengoverflaten er bygget opp av enhetslengder representert av ca. 5 høydemeter, og innenfor en slik enhetslengde blir helningen i utgangspunktet betraktet som konstant. Ved å angi et standardavvik til overflateruheten i antall grader, tar vi høyde for lokale variasjoner i helningen innenfor hver enhetslengde (Rocscience, 2003). F.eks. vil en liten stein lettere la seg påvirke av lokale variasjoner enn en stor blokk, se figur 48 b) (Bjordal et al., 2011).

Friksjonsvinkelen angir vinkelen der en blokk vil begynne å gli på et underlag av samme materiale (Rocscience, 2003). Som nevnt er det viktig å være bevisst på at friksjonsvinkelen er avhengig av utformingen til blokken, se figur 48 a). F.eks. vil en rund blokk ha svært lav friksjonsvinkel, mens et flak vil ha stor friksjonsvinkel. For å undersøke «worst case-scenario», forsøkte vi også med simuleringer der friksjonsvinkel var lik null (kuleform). I simuleringene tok vi også hensyn til rotasjonshastighet for å få mer realistisk blokkbevegelse. Andre parametere vi oppga var

blokkstørrelse, egenvekt og horisontal start hastighet. Tilslutt utførte vi simuleringer med ulike verdier for alle de nevnte parameterne, se tabell 7, side 64.

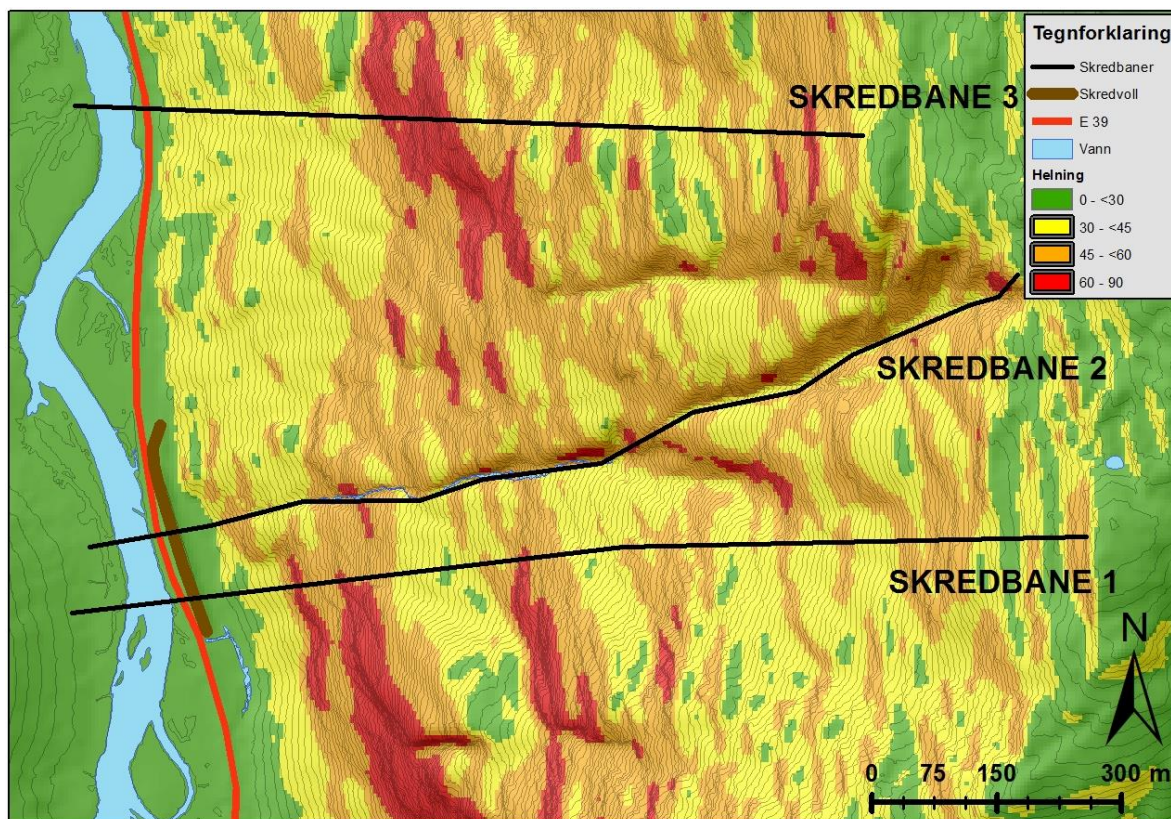


Figur 48: a) Illustrerer betydningen av blokkens utforming med hensyn til friksjonsvinkel. Rund kule vil ha lavere friksjonsvinkel enn flak. b) Illustrerer betydning av overflateruhet for enhetscelle. Stiplet linje viser konstant helning, mens heltrukken linje viser lokal variasjon i helning. Figur modifisert fra RocFall (RocScience, 2003).

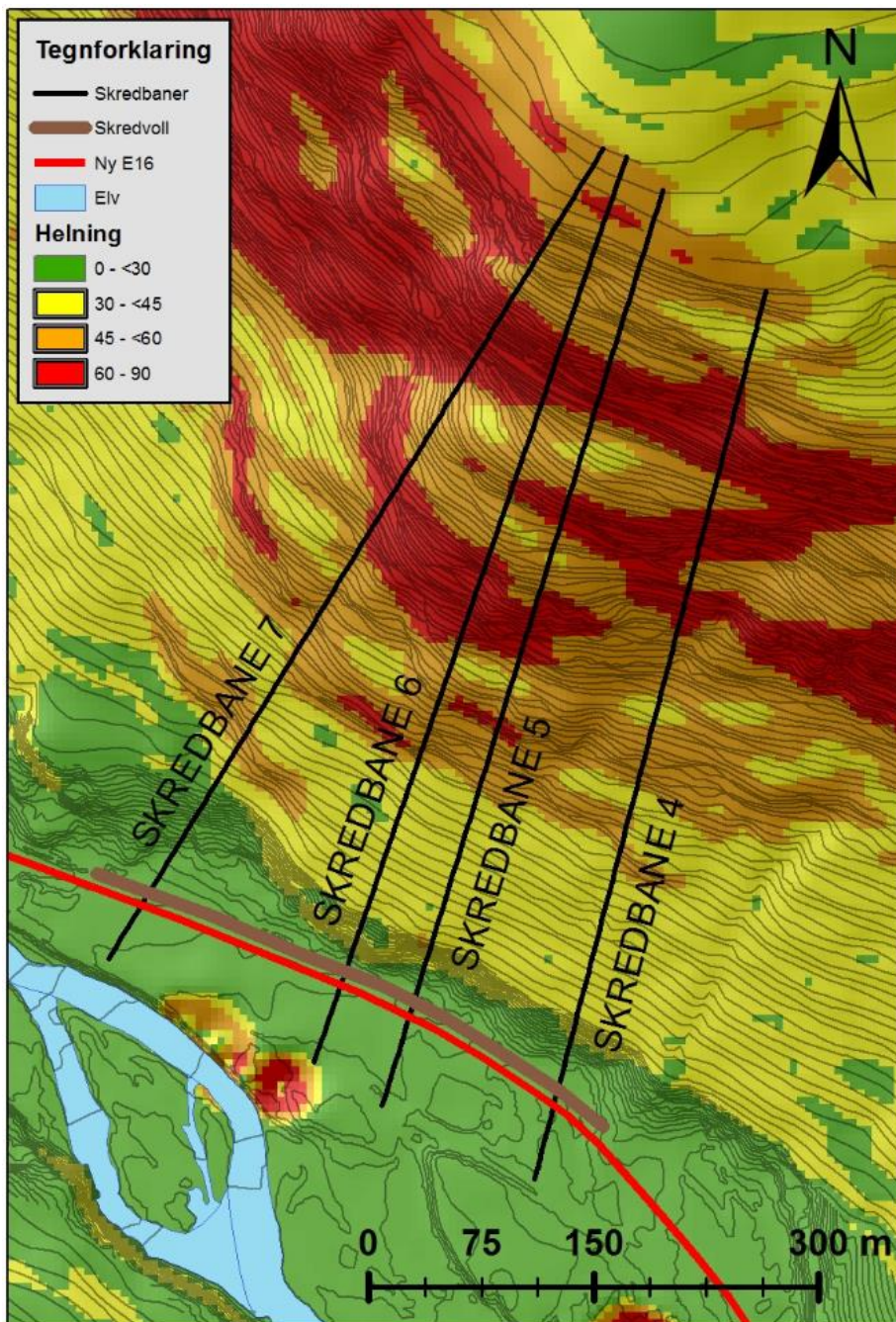
Det er viktig å presisere at simuleringene i RocFall kun forteller hvorvidt det er sannsynlig at blokker når veg dersom de skulle løsne oppe i fjellsiden. Simuleringene forteller ikke noe om hvor sannsynlig det er at blokker løsner. For å avgjøre det kreves grundige geologiske undersøkelser. Gode utgangspunkt er eksisterende faresone-, berggrunn- og løsmassekart, oppslag i historiske kilder (Skredatlas.nve.no) og værdata (met.no), synfaring i felt og kontakt med kjentfolk. I felt kan man identifisere antall nedfallsblokker og utløpslengde, samt alder. Ut i fra dette kan det gjøres en formening om skredfrekvens og sannsynlighet for at blokker skal løsne.

6.2 Resultat case-studier

Helningskartet til terrenget over Våtedalsvollen 1 og Storeskorvollen kan ses i henholdsvis figur 49 og 50. Vi ser at utløsningsområde strekker seg høyt opp fjellsiden, og øverste 45-graderspunkt for skredbane 2 er 1180 moh. og for fallinje 6 er 880 moh. Det gir høy kinetisk energi til blokkene i utløpsområdet.



Figur 49: Helningskart for terrenget over Våtedalsvollen 1.



Figur 50: Helningskart for terrenget over Storeskorvollen, Nordre Bjørkum i Lærdalen.

Vi har utført simuleringer med mange forskjellige parametere, og har oppdaget at små endringer i disse gir stor endring i utløpslengde. Ettersom terrengoverflaten langs fallinjene hovedsakelig består av bart berg, og i liten grad ur og vegetasjon, er det variasjoner i parameterverdiene til bart berg vi har vektlagt i simuleringene. Endring i parameterverdiene til ur og vegetasjon har vist seg å gi lite utslag sammenlignet med endring i parameterverdiene til bart berg. Vi anser dette som en akseptabel forenkling ettersom det allerede eksisterer en del usikkerhet i simuleringene. For ur og jordmasser har vi benyttet standardverdiene til programmet RocFall, merket "default" i tabell 7.

Bart berg i dagen vil alltid være noe forvitret, og det kan være vanskelig å avgjøre i hvilken grad. Programmet RocFall skiller mellom "clean and hard bedrock" (bartfjell) og "bedrock outcrop" (bergskrent). Overgangen mellom disse er noe diffus, og vi velger å utføre simuleringer for begge materialtypene. Videre er det verdt å bemerke at noen av RocFalls brukere har utviklet egne parameterverdier for "bedrock" i Sogn og Fjordane (*Rocscience*). Disse parameterverdiene er identiske med RocFalls "clean and hard bedrock". For materialtypen bergskrent (bedrock outcrop) endte vi opp med å benytte parameterverdier for bergskrenter utviklet av SWECO for bruk i Bergen kommune (Bertelsen, 2009), istedenfor RocFalls egne standardverdiene for bergskrenter. Fra SWECOs anbefalte intervallverdier har vi benyttet verdier som er litt over gjennomsnittet, fordi vi ønsker å ha noe margin i vurderingene. Massen til alle blokkene er 2700 kg (STD = 100 kg), massetetthet er 2700 kg/m³ og horisontal starthastighet er 1,5 m/s (STD=0,15). Disse verdiene er like for alle simuleringene.

Tabell 7: Parameterverdier for ulike materialtyper til terrengoverflaten hentet fra ulike kilder. R_N er den normale restitusjonskoeffisienten og R_T den tangensielle restitusjonskoeffisienten. (Bertelsen, 2009). (*Rocscience*)

Kilde (Materialtype)	R_N (STD)	R_T (STD)	Friksjonsvinkel [grader] (STD)	Overflateruhet STD
RocFall (Bedrock [Sogn og Fjordane]) / RocFall (Clean and hard bedrock [default])	0,53 (0,04)	0,99 (0,04)	30 (2)	0
RocFall (Talus Cover [default])	0,32 (0,04)	0,82 (0,04)	30 (2)	0
RocFall (Talus with vegetation [default])	0,32 (0,04)	0,80 (0,04)	30 (2)	0
RocFall (Soil with vegetation [default])	0,30 (0,04)	0,80 (0,04)	30 (2)	0
SWECO (Bergskrent [Bergen])	0,34 (0,04) Anbefalt: 0,30 - 0,35 (0,04)	0,84 (0,09) Anbefalt: 0,80 - 0,85 (0,07 - 0,1)	33 (4) Anbefalt: 33 - 35 (3 - 5)	3 Anbefalt: -

Noen av simuleringene i RocFall vises nedenfor, og de resterende vises i vedlegget. Simuleringene med parameterverdiene til SWECO viser at skredbane 1,2,3,5 og 6 kan gi sannsynlighet for utløp på veg, se tabell 8. Skredbane 1, 2 og 3 viser stor sannsynlighet for utløp på veg. For skredbane 4 er det ingen blokker som beveger seg ut på vegen med SWECOs parameterverdier. For skredbane 5 og 6 viser de fleste simuleringer at blokkene stopper i vollen, men i noen tilfeller beveger 1 blokk seg ut på vegen. For skredbane 7 er det ikke utløp på veg.

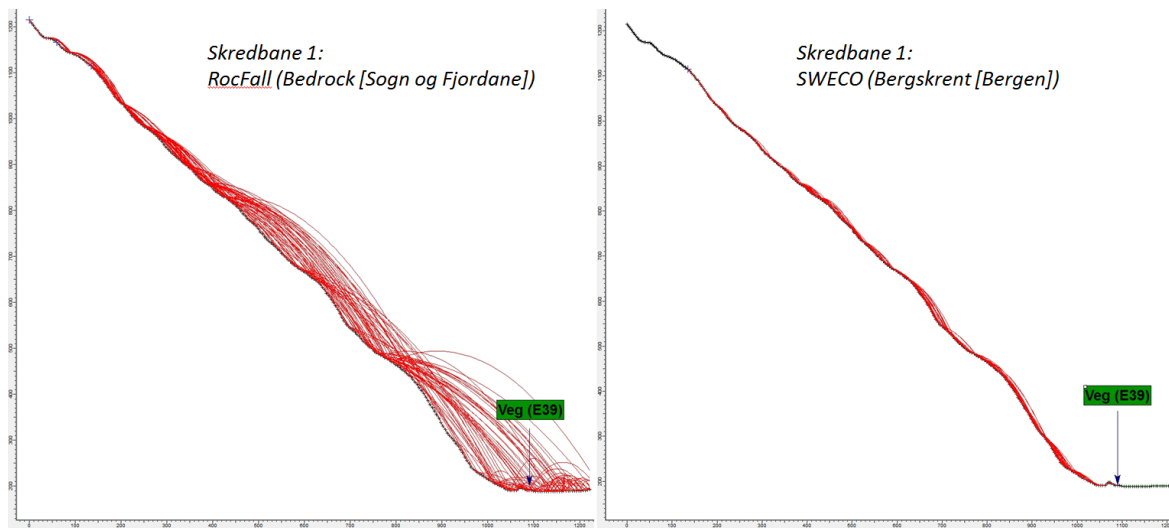
Når vi bruker parameterverdiene utviklet for bart fjell/"clean and hard bedrock", blir simuleringene helt annerledes. Da får vi overdrevet utløp på veg for alle skredbanene, noe som ikke stemmer overens med feltobservasjonene. Forskjellen kan tydelig ses i figur 51, 52 og 53. Nedenfor i figur 51 til figur 60 vises simuleringene for de syv skredbanene, hovedsakelig med parameterverdiene SWECO (*Bergskrent [Bergen]*). For noen av skredbanene vises også simuleringer med RocFall (*Bedrock [Sogn og Fjordane]*), for å illustrere forskjellen.

Under synfaring ved Våtedalsvollen 1 i høst og vår var det grønt gress under blokker som vi fant på nedsiden av vegen mot elva. Det indikerer at det har gått steiner over veg ved flere anledninger det siste året.

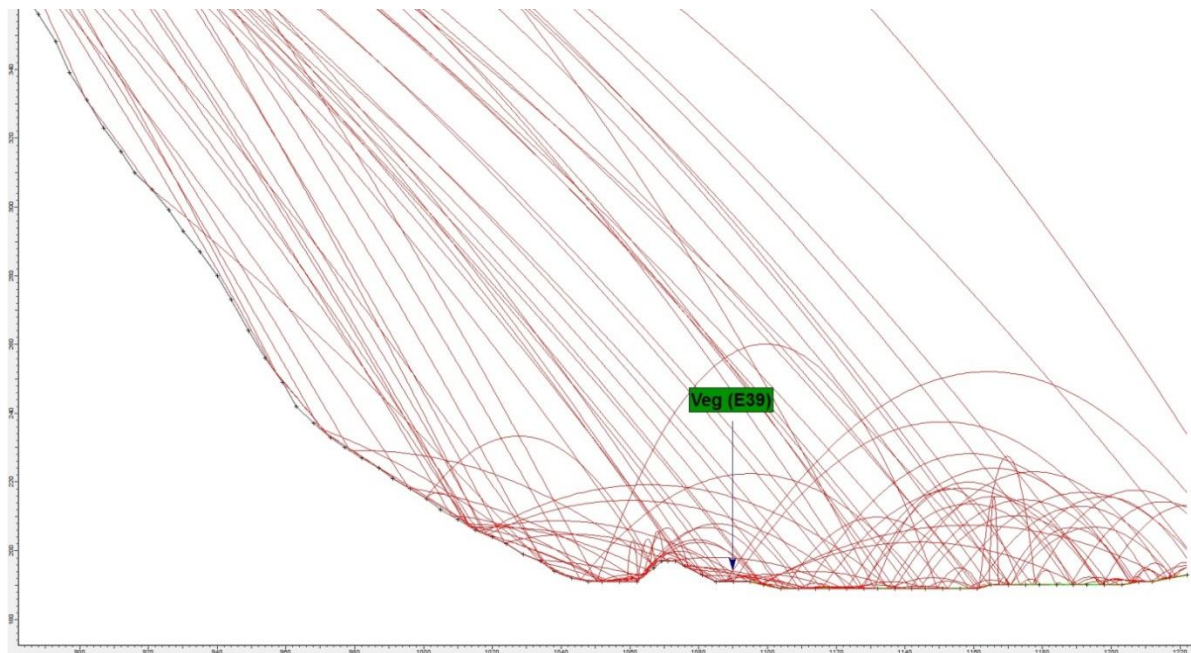
Tabell 8: Viser antall blokker med utløp på veg.

Skredbane	RocFall (Bedrock [Sogn og Fjordane])	SWECO (Bergskrenter [Bergen])	Hvor mange blokker av 50 med utløp på veg?	Figur nr.
1	x		Mange	51 og 52
1		x	1 - 6	51 og 53
2	x		Mange	65
2		x	0 - 4	54 og 66
3	x		Mange	67
3		x	0 - 5	55 og 68
4	x		3 - 8	69
4		x	0	56 og 70
5	x		Mange	57
5		x	0 - 1	57 og 58
6	x		Mange	71
6		x	0 - 1	59 og 72
7	x		Mange	73
7		x	0	60 og 74

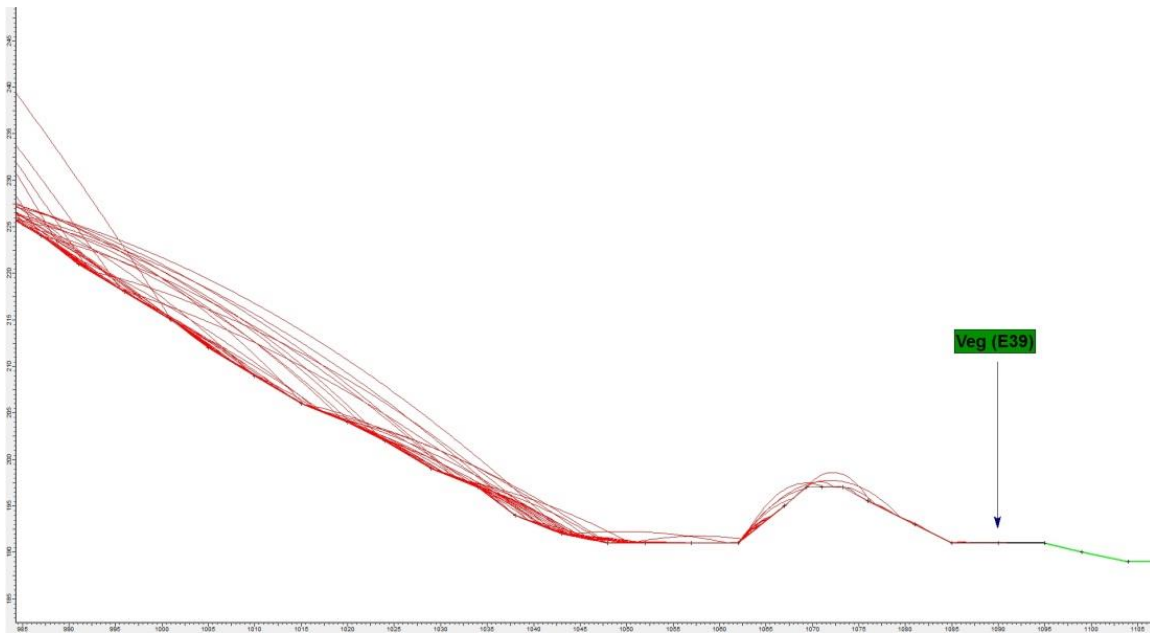
6.2.1 Profiler Våtedalen



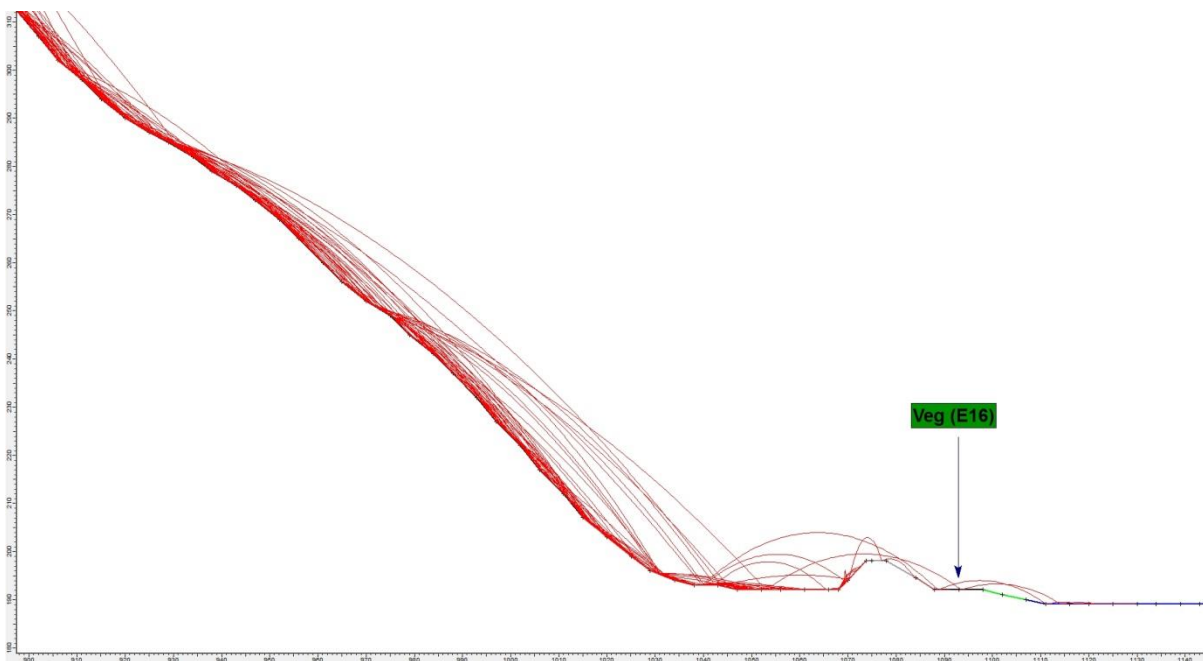
Figur 51: Simuleringer for skredbane 1. De to ulike parameterverdiene til bart fjell viser tydelige ulikheter i utløpslengde. Våtedalsvollen 1 er i gjennomsnitt 6 meter høy.



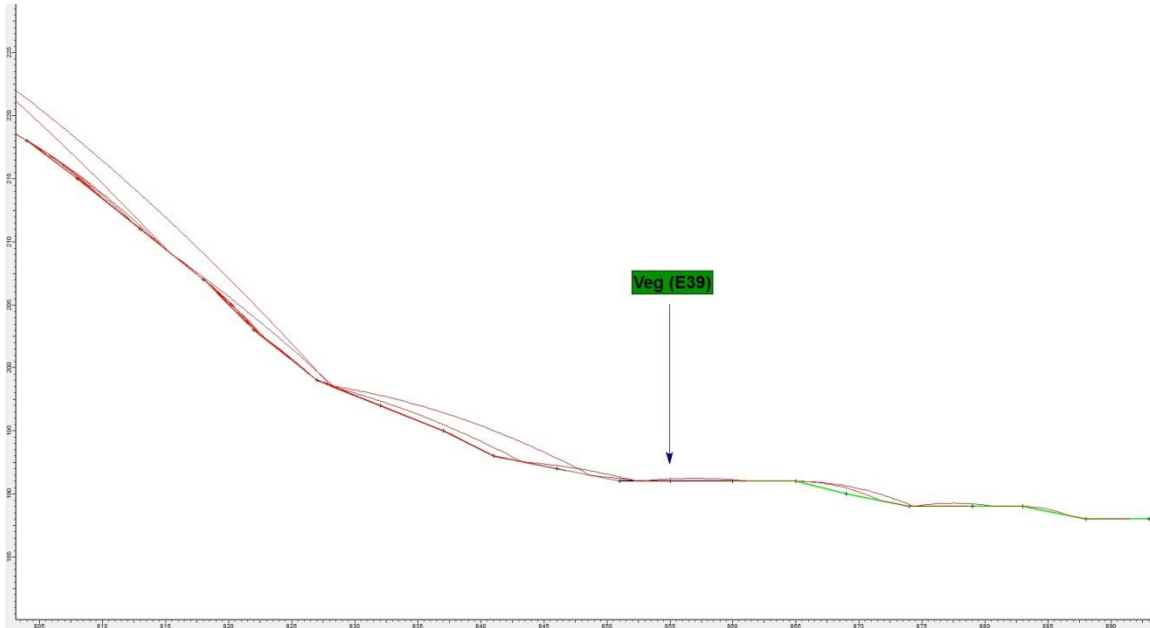
Figur 52: Simulering for utløpsområde til skredbane 1 med parameterverdiene RocFall (Bedrock [Sogn og Fjordane]). Simulering for skredbane 2 ser tilsvarende lik ut. Simuleringen viser at parameterverdiene RocFall (Bedrock [Sogn og Fjordane]) i dette tilfellet gir en urealistisk beskrivelse av skredaktiviteten i området.



Figur 53: Simulering for utløpsområdet til skredbane 1 med parameterverdiene SWECO (Bergskrent [Bergen]). Våtedalsvollen 1 er 6 meter høy. Simuleringene viser at 1 til 6 av 50 blokker har utløp på E39.

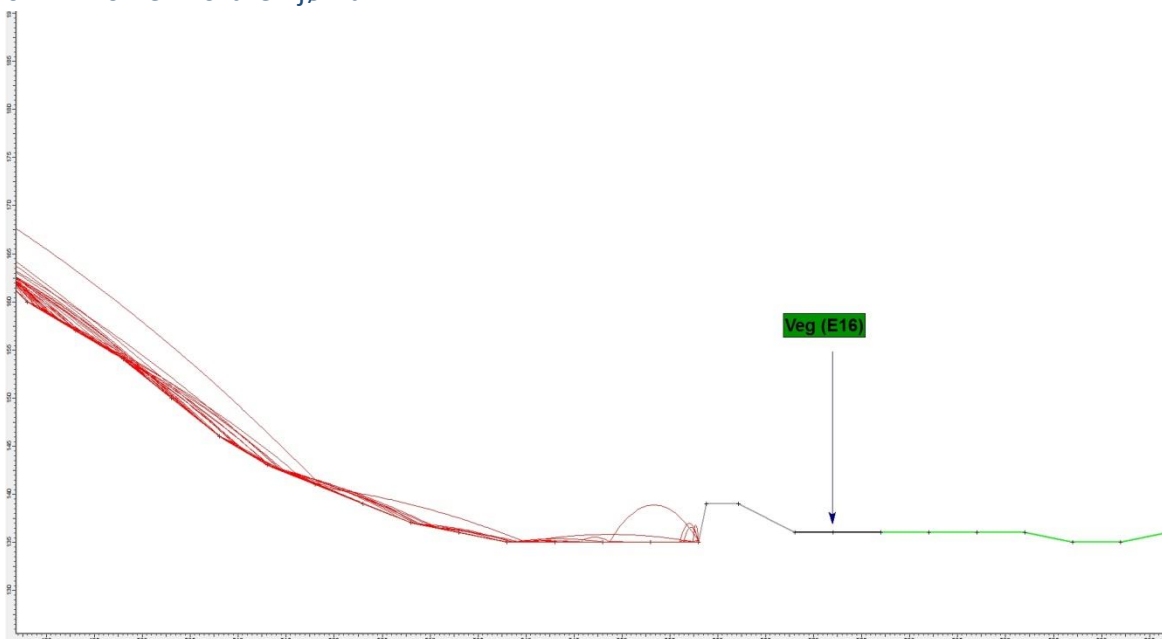


Figur 54: Simulering for utløpsområdet til skredbane 2 med parameterverdiene SWECO (Bergskrent [Bergen]). Våtedalsvollen 1 er 6 meter høy. Simuleringene viser at 1 til 6 av 50 blokker har utløp på E39.

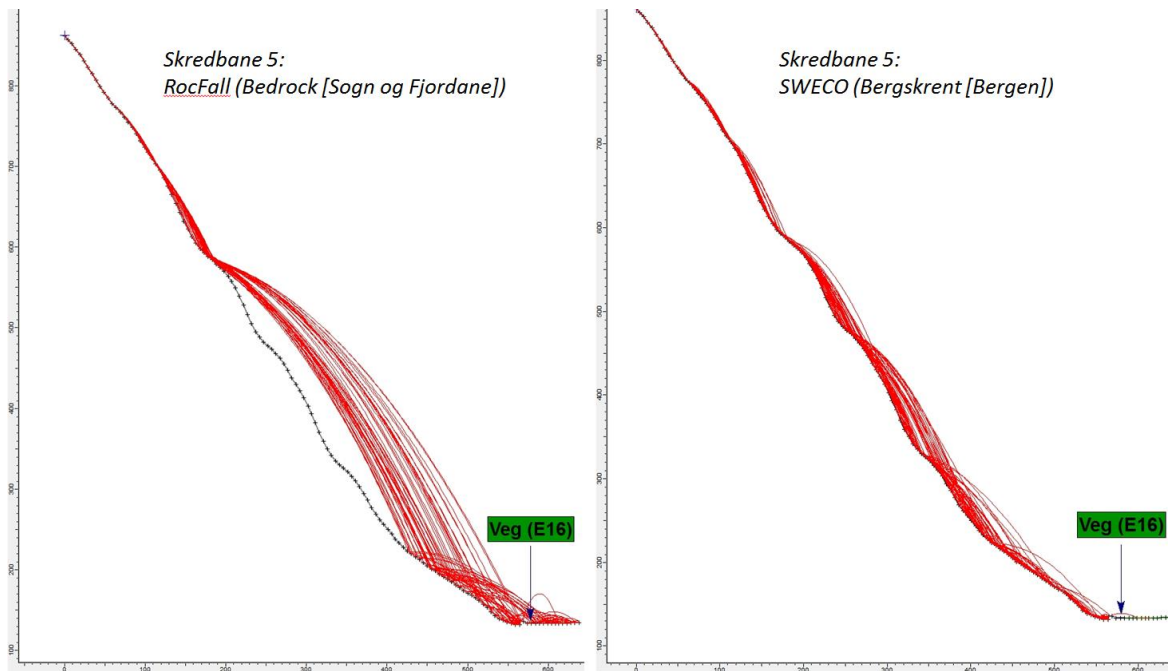


Figur 55: Simulering for utløpsområdet til skredbane 3 med parameterverdiene SWECO (Bergskrent [Bergen]). I utløpsområdet finnes det ingen voll, og 0 til 5 blokker av 50 beveger seg uhindret over E39.

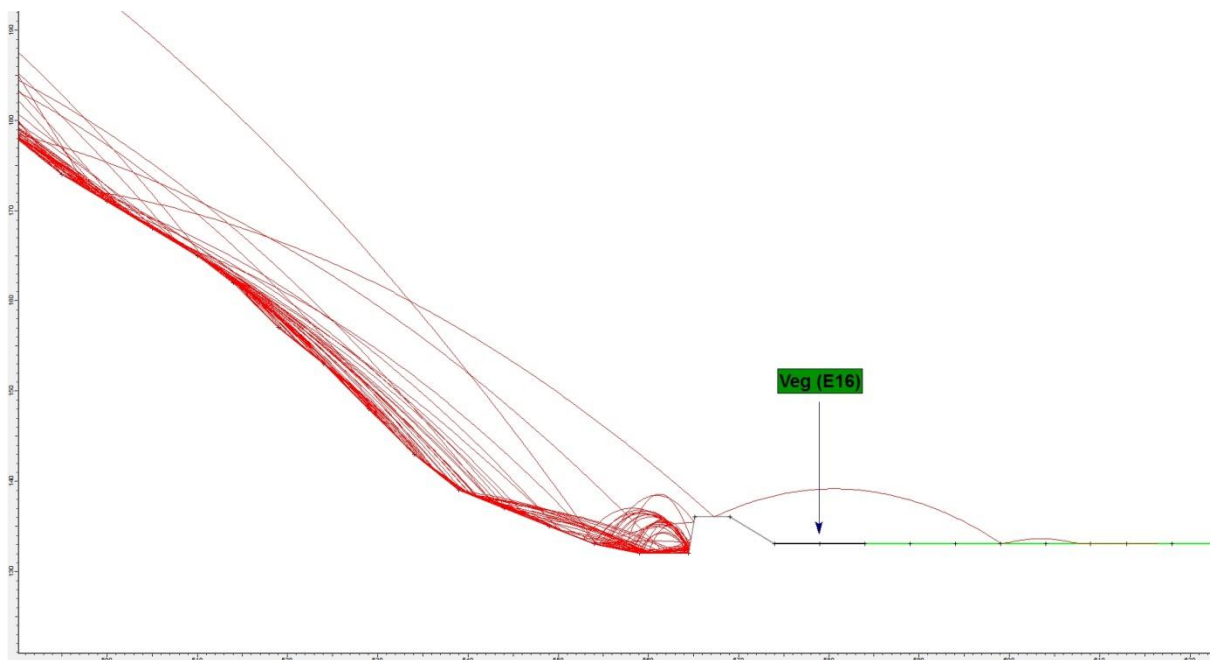
6.2.2 Profiler Nordre Bjørkum



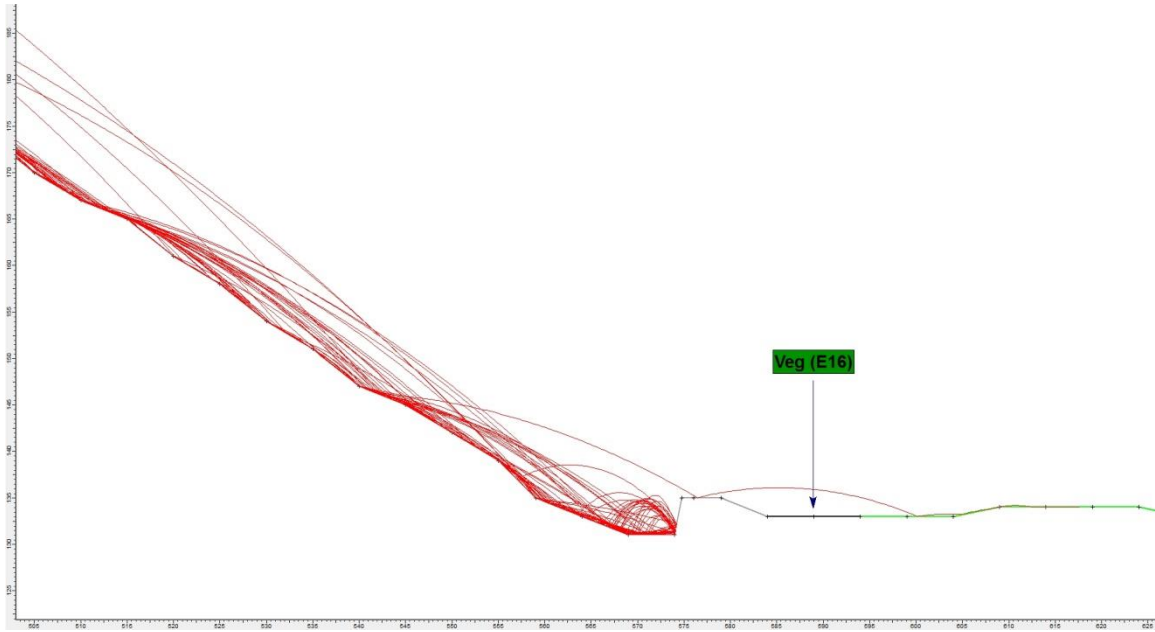
Figur 56: Simuleringer for utløpsområdet til skredbane 4 med parameterverdiene SWECO (Bergskrent [Bergen]). Her beveger ingen av de 50 blokkene seg ut på E16. Høyden til Storeskorvollen er 4 meter.



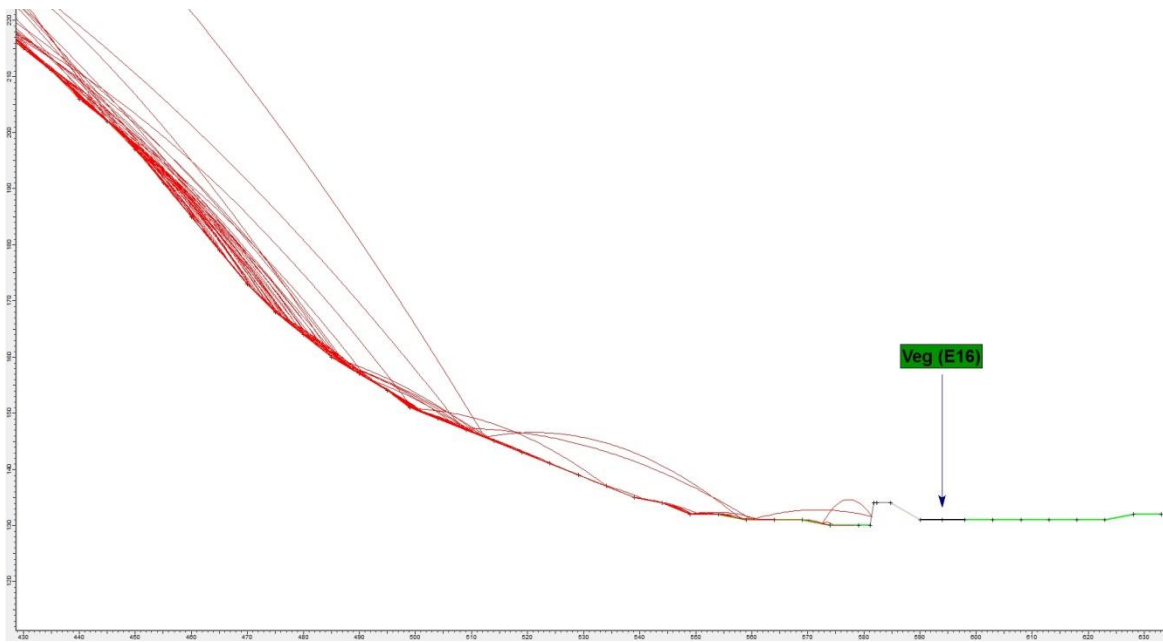
Figur 57: Simulering av skredbane 5 viser tydelige forskjeller med de to ulike parameterverdiene for bart fjell. Parameterverdiene til SWECO som vises til høyre er helt klart de som stemmer best overens med feltobservasjonene.



Figur 58: Simuleringer for utløpsområdet til skredbane 5 med parameterverdiene SWECO (Bergskrent [Bergen]). Her stoppes de fleste blokkene i Storeskorvollen, men av og til beveger 1 av 50 blokker seg ut på E16.



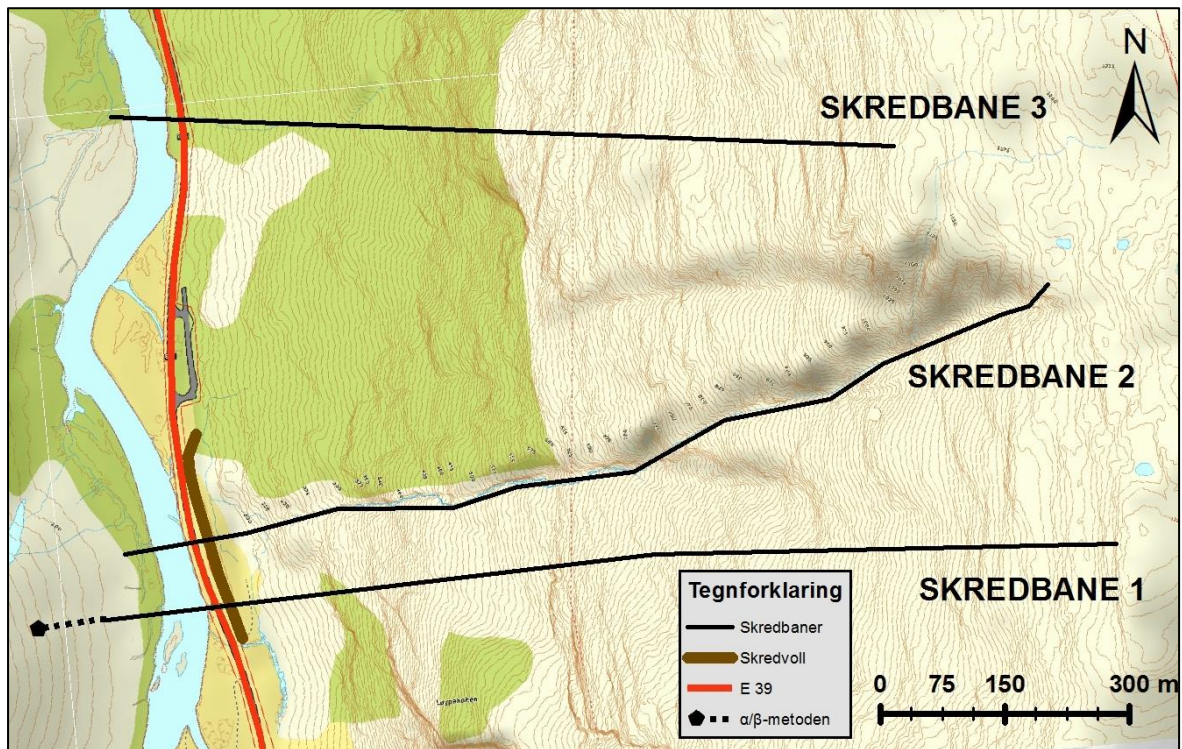
Figur 59: Simuleringer for utløpsområdet til skredbane 6 med parameterverdiene SWECO (Bergskrent [Bergen]). Også her stoppes de fleste blokkene i Storeskorvollen, men av og til beveger 1 av 50 blokker seg ut på E16.



Figur 60: Simulering for utløpsområdet til skredbane 7 med parameterverdiene SWECO (Bergskrent [Bergen]). Ingen av de 50 blokkene har utløp på E16.

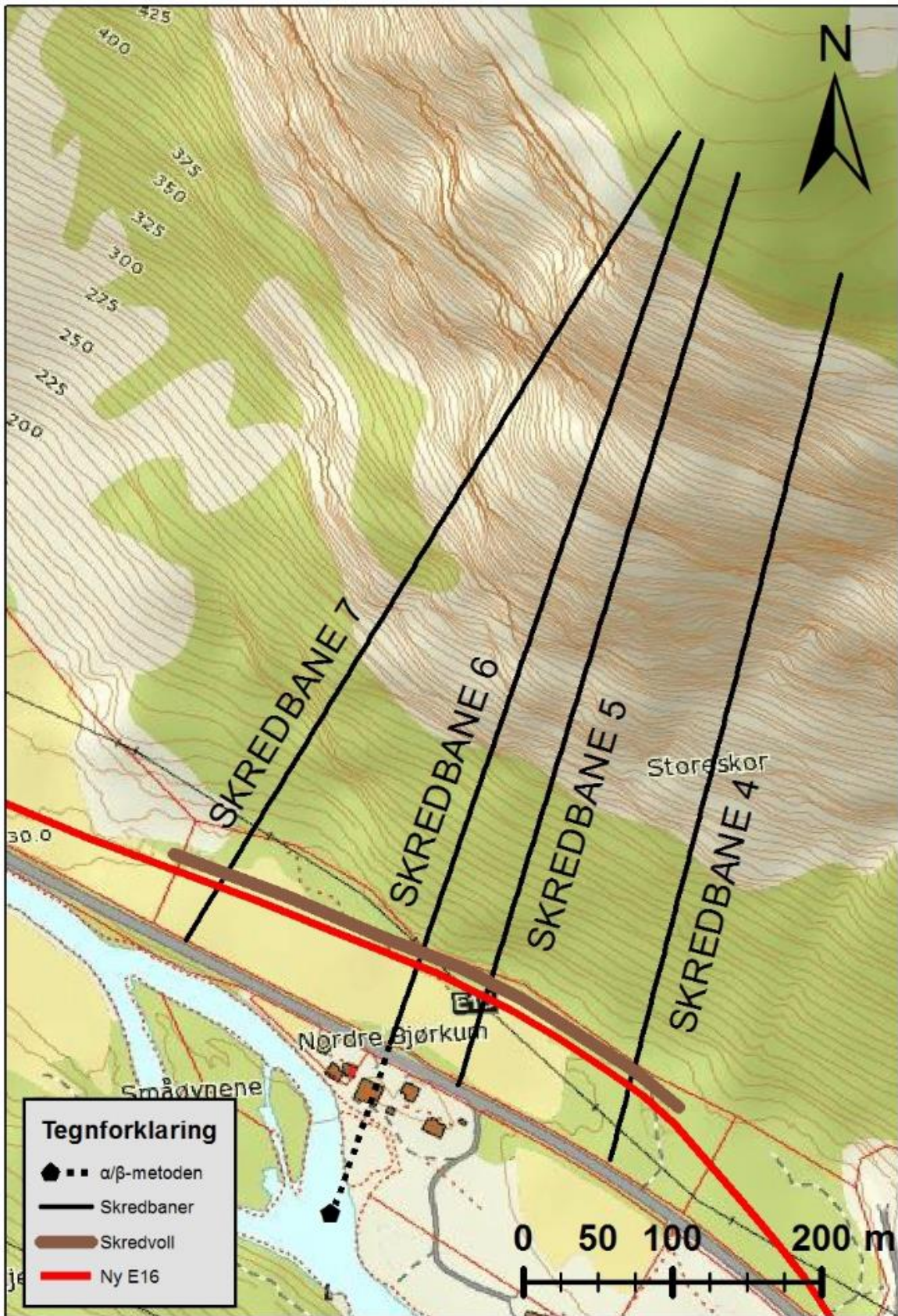
6.2.3 α/β -metoden

For skredbane 1 ved Våtedalsvollen 1 ga beregninger med α/β -metoden en utløpslengde som vist i figur på 61. Beregningene tar ikke hensyn til at blokken vil bevege seg i motbakke når den når den andre siden av dalbunnen.



Figur 611: Viser teoretisk største utløpslengde funnet med α/β -metoden for skredbane 1, Våtedalsvollen 1.

For skredbane 6 ved Storeskorvollen ga beregninger med α/β -metoden en utløpslengde som vist i figur 62.



Figur 62: Viser teoretisk største utløpslengde funnet med α/β -metoden for skredbane 6, Storeskorvollen.

7. Diskusjon

7.1 Tilstand til skredvoller

De typiske feilene som gjentar seg for flere av skredvollene kan gi store konsekvenser. Det er viktig at feilene utbedres gjennom vedlikeholdsarbeid. Et kortfattet forslag til nødvendig vedlikeholdsarbeid er listet i tabell 9 nedenfor, sammen med årsak og konsekvens av feil.

Tabell 9: Viser typiske «feil» for skredvollene, konsekvensen feilen medfører og nødvendige vedlikeholdsarbeid.

Årsak til feil	Konsekvens	Nødvendige vedlikeholdsarbeid
Ansamling av skredmateriale i magasin og dreneringsløp	Skred treffer voll høyere enn beregnet. Erosjon av støttside, gjerne over tørrmur. Skred går over voll.	Tømming. Eventuelt forhøye tørrmur eller voll dersom tømming ikke er mulig å utføre ofte nok. Forstørre magasin.
Erosjon av støttside til voll på grunn av skred	Undergraving av støttside med påfølgende utglidning av løsmasser. Motstandsdyktighet kan svekkes.	Bygge tørrmur der det ikke finnes. Der det kun er tørrmur i nedre del av støttsiden kan tørrmuren forhøyes.
Erosjon av støttside til voll på grunn av ustabile løsmasser	Utglidning av fine løsmasser ved store nedbørmengder på grunn av økt poretrykk.	Ikke bygge støttside med brattere helning enn 35-40 grader av løsmasser av fin fraksjon.
Gjennfylling av skredkanal	Skred beveger seg delvis ut av skredkanal. Skred lager ny skredkanal. (Kritisk!)	Utgraving av skredkanal helt opp til rotpunktet på skredvifte. Bygging/forhøying av ledevoller langs ønsket skredkanal.
Vollen er for lav	Skred går over vollkrona og fortsetter mot veg. (Kritisk!)	Forhøye voll. Øke helningsvinkel til støttside ved å bygge/forhøye tørrmur (vil øke fangevne til voll). Senke bunn til magasin.

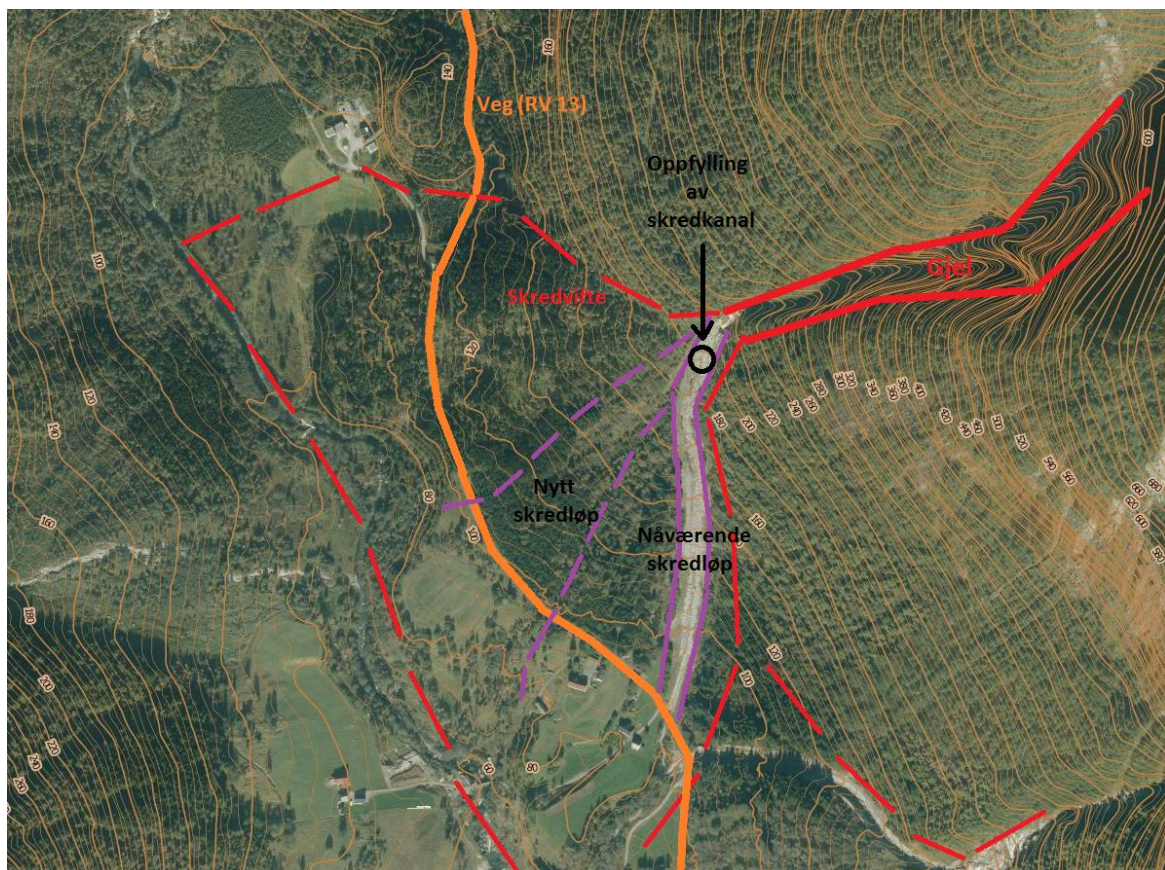
Generelt sett kan vi si at tørrmur bør bygges oftere. Når tørrmur kun bygges i nedre del av støttsiden, bør den i de fleste tilfeller bygges enda høyere enn det som har blitt gjort. Det vil i stor grad bidra til å redusere erosjon av støttsiden. Over tid vil tørrmur i de fleste situasjoner lønne seg i en kost-nytte analyse med hensyn til vedlikeholdsutgifter. Tørrmur er både mer motstandsdyktig og har bedre fangevne, enn en støttside av finere løsmasser. Et eksempel vi kan trekke frem er Allhauganevollen 1 i Kjøsnestjorden, se figur 63. Her er magasinet fylt opp av skredmateriale, og nye skred løftes opp og får sammenstøtet høyere opp på vollen hvor det ikke er tørrmur. Det fører til undergraving av løsmassene, og over tid vil løsmassene gli ut.



Figur 63: Allhauganevollen 1 i Kjøsnesfjorden har for lav tørrmur etter at magasinet er blitt fylt opp. Skred treffer vollen over tørrmuren og eroderer løsmassene i støtsiden. Utbedringstiltak er å tømme magasinet oftere, senke magasinet eller forhøye tørrmuren (foto: Feltarbeid 2013).

Videre er det viktig å påpeke at skredkanalen på en flomskredvifte (sørpeskred) jevnlig må graves ut helt opp til rotpunktet, og gjerne forhøyes med ledevoller dersom det er ønskelig å «kontrollere» skredkanalen og beholdet det samme løpet over tid. Det er spesielt viktig dersom konsekvensen av at skredkanalen finner et nytt løp på viften er stor. Nettopp dette er tilfellet for den kritiske Opsegjelvollen i Vetlefjorddalen, som er vist i figur 64.

Rotpunktet til skredvifta som har utløp fra Opsegjelet i Vetlefjorden er nesten gjenfylt, og det er bare et tidsspørsmål før skredmassene finner en ny skredbane ned skredviften. Her er Riksveg 13 (RV 13) lagt til utkanten av skredviften, og den er sikret mot skred ved at den ledes på en liten bro over skredkanalen. Ellers er det to ledevoller på hver side av skredkanalen som skal sørge for at skredet ikke beveger seg ut av kanalen og finner nytt løp. I et slikt tilfelle er det helt nytteløst at skredvollen er “perfekt” utformet, dersom skredet velger å finne en ny skredkanal og nå veggen et annet sted på skredviften. Oppbyggingen av en skredvifte skjer som nevnt nettopp på denne måten, at skredbanen på viften endres over tid og skredmateriale avsettes i nye områder. Når dette ikke er ønskelig, må det altså forebygges.



Figur 64: Flomskredviften ved utløpet fra Opsegjelet i Vetlefjorddalen. Opsegjelvollene er ledevoller langs den nåværende skredkanalen i overkant av bilvegen. (Ortofoto: Kartverket)

Vi vil anbefale at mer arbeid utføres for å tilstandsvurdere skredvoller. Det er mange feil ved de undersøkte skredvollene. Det gir derfor grunn til å tro at tilstanden vil være varierende for de andre skredvollene langs veggnett. En av de første oppgavene bør være å lage en landsdekkende oversikt av alle skredvollene. Videre bør det bli en prioriteringssak å utføre tilstandsvurdering for alle skredvollene etter hver skredsesong. Dette er etter vår mening utmerket sommerarbeid for geologistudenter.

7.2 Statistiske Analyser

Sammenhengen mellom høyde og tilstand er signifikant. Allikevel kan vi si at inndelingen av høyde i kun to nivåer (over og under 10 meter) ikke gir en helt representativ gjenspeiling av virkeligheten. En svakhet er også at det er et lite antall av vollene vi har registrert som har en høyde på 10 meter eller mer. Dermed kan vi egentlig konkludere med at ingen av prediktorene tørrmur, volltype eller høyde har noen signifikant betydning for tilstanden til vollene. Skal vi betrakte analyseresultatene i en større sammenheng betyr det at Statens Vegvesen har gjort en dyktig jobb i konstruksjonen av skredvollene siden vi ikke klarer å finne noen systematiske «feil» som gjentar seg.

7.3 Case-studier

7.3.1 RocFall generelt

Det første vi kan fastslå er at parameterverdiene som brukes i RocFall har stor betydning for utløpslengen til blokkene. Det ses tydelig i figur 51. Det er derfor viktig at brukeren av RocFall har geologisk kompetanse. Helst bør parameterverdiene kalibreres med observasjoner av blokker i felt, og da på lokaliteten hvor simuleringene utføres. Dersom det ikke lar seg gjøre er det mulig å utføre kalibreringene for et annet sted i nærområdet med tilsvarende berggrunnforhold og terrengoverflate. Videre betyr det at vi må være kritisk til våre egne og andres simuleringer, og stille spørsmål til hvorvidt de brukte parameterverdiene er representative. Det er med andre ord viktig å supplere simuleringene med faglig kompetanse og skjønn.

Det er som nevnt tidligere noen svakheter med simuleringene i RocFall. Programmet tar ikke hensyn til at blokkene fragmenteres på veg ned fjellsiden. Det er derfor sannsynlig å anta at en blokk vi observerer i utløpsområdet har vært del av en større blokk i løseområdet. Som kjent er utløpslengden til en stor/tung blokk større enn utløpslengden til en liten/lett blokk.

Simuleringene representerer derfor på mange måter «worst case-scenario». Allikevel kan det i virkeligheten forekomme at en blokk fragmenteres i utløpsområde, og da vil små fragmenter kunne ha enkeltsprett som er høyere og lengre (over bakkenivå) enn for den ellers samlede blokken. Det kan føre til at fragmenter spretter over vollen og ut på veggen, noe som ikke vil vise i RocFall. Det er sannsynligvis tilfellet for Våtedalsvollen 1, og stemmer bra med våre feltobservasjoner. I magasinet er det flere store blokker, som har stanset før vollen eller i vollen. På vollkronen observerte vi flere steiner, og på andre siden av veggen (E39) ned mot elva, var det også steiner. Se figur 41 og 42, side 48.

7.3.2 Våtedalen

Feltobservasjoner viser at blokker/steiner løsner ofte, mer enn én gang i året. Flere steiner har beveget seg over vollen og over veggen. Samtidig viser simuleringer for skredbane 1 og 2 med SWECOs parameterverdier at 1 til 6 av 50 blokker vil bevege seg over Våtedalsvollen 1 og ut på E39 dersom de skulle løsne. Simuleringene viser også at blokker langs skredbane 3 har potensiale for utløp på E39. Det er god grunn for å anta at blokker også kan løsne her siden de grunnforholdene i stor grad er de samme.

I henhold til risikomatriksen, figur 22, havner enhetstrekningen i sannsynlighetsklasse I siden våre undersøkelser viser at nedfall når veg mer enn én gang i året. ÅDT for vegstrekningen er 2150, og gir konsekvensklasse D. Samlet sett gir dette en uakseptabel risiko. Vårt forslag til tiltak som kan gi den akseptable risiko, er å forhøye vollen noen meter og samtidig bygge tørrmur på støtsiden

for å øke fangevne til vollen. I tillegg bør det vurderes å bygge en liten voll der skredbane 3 møter vegen.

7.3.3 Nordre Bjørkum

Simuleringer for skredbane 4 og 7 med SWECOs parameterverdier viser at det ikke er potensiale for blokker å bevege seg over Storeskorvollen. Derimot viser simuleringer for skredbane 5 og 6 at det kan sprette blokker over vollen. Sannsynligheten for at dette skjer dersom en blokk løsner er liten, fordi simuleringene viser at kun 0 til 1 av 50 blokker beveger seg over vollen og ut på vegen. Allikevel er det vanskelig å utelukke at mindre fragmenter fra blokker som knuses før vollen ikke kan sprette over vollen og ut på vegen. Under synfaring fikk vi inntrykk av at vollen på et sted var plassert mistenkelig nært en utstikker til ura. Denne lokale terrengformasjonen er ikke tatt ordentlig med i terrengprofilen brukt i RocFall simuleringene.

Det er vanskelig å gi et eksakt tall på sannsynligheten for skred på enhetsstrekningen. Benytter vi de registrerte skredhendelsene fra Skredatlas.nve.no, har vi to skredpunkt langs vegstrekningen i tillegg til skredpunktet ved skredbane 5 og 6 ved Storeskorvollen. Bruker vi at steinskred ved Bakkeplassen har en nominell sannsynlighet på 1/50, sørpeskred fra Nausagrovi en nominell sannsynlighet på 1/70 og steinsprang over Storeskorvollen en nominell sannsynlighet på 1/50 får vi en samlet sannsynlighet langs enhetsstrekningen på

$$\frac{1}{50} + \frac{1}{70} + \frac{1}{50} = \frac{19}{350} \approx \frac{1}{19}$$

Det gir enhetsstrekningen sannsynlighetsklasse IV. Ettersom ÅDT er 2050, gir det konsekvensklasse D. Enhetsstrekningen oppnår dermed tolererbar risiko. Denne risikovurderingen er kun bygget på grove overslag, og for en nøyaktigere beregning bør mer detaljerte analyser og synfaring i felt utføres og fremlegges i egen rapport.

Vårt forslag til tiltak som kan gi enhetsstrekningen en akseptabel risiko er å forhøye vollen der skredbane 5 og 6 møter vollen. På grunn av lite tilgjengelig areal til å forhøye vollen her, kan et annet alternativ være å sette opp et fanggjerde på toppen av vollen ved dette skredpunktet. Utbedringstiltak bør vurderes i en kost-nytte analyse.

7.3.4 α/β -metoden

α/β -metoden viser at dersom nedfallsblokkene beveger seg uhindret forbi skredvollen har de potensiale til å bevege seg ut på vegen. For Våtedalsvollen 1 har blokkene spesielt mye energi i utløpsområdet ettersom de teoretisk kan bevege seg opp i fjellsiden på motsatt side av dalen. Det støtter opp om at blokker i realiteten kan bevege seg over vollen dersom de spretter ved riktig

tidspunkt. Det gir også grunnlag til tvil om at vollen med sin nåværende utforming, høyde og støttside, skal klare å fange blokker med denne potensielle utløpslengden.

Det er samtidig viktig å være oppmerksom på at α/β -metoden er en sterk forenkling av virkeligheten, og tar ikke hensyn til like mange parametere som RocFall. Det tas i liten grad hensyn til utforming av og ujevnheter i skredbanen. Metoden forteller heller ikke noe om hvor sannsynlig det er at blokker oppnår denne teoretisk maksimale utløpslengden som beregnes. Det vil høre til unntakene at blokker oppnår denne lengden. Vegen ligger tidlig i utløpsområdet, og dermed vil sannsynligheten for at blokker når vegen være vesentlig større enn den teoretisk maksimale utløpslengden.

8. Konklusjon

Av de totalt 50 undersøkte skredvollene hadde 25 god, 13 middels, 9 dårlig og 3 kritisk tilstand i september 2013. De typiske feilen ved skredvollene var ansamling av skredmateriale i magasin, dreneringsløp og skredkanal, samt erosjon av støtside. I noen tilfeller lokaliserte vi også steiner/blokker som hadde beveget seg over vollene.

Utbedringstiltak vil være å bygge tørrmur oftere. Når tørrmur kun bygges i nedre del av støtsiden, bør den lages enda høyere enn det som har blitt gjort. Det vil gi større fangevne og økt motstandsdyktighet over tid ved å forhindre erosjon av eventuelle løsmasser i støtsiden. Videre må også magasinet, dreneringsløpet og skredkanalen tømmes ved jevnlig vedlikehold. Det er viktig å presisere at for flomskred/sørpeskred må skredkanalen tømmes helt opp til rotpunktet på skredviften, dersom det er ønskelig at skredkanalen skal være den samme over tid. For å forhindre at skredmateriale når veg, bør også en del voller forhøyes. Vi anbefaler årlig inspeksjon for alle skredvoller, og det bør være en prioriteringssak å øke frekvensen til vedlikeholdsarbeidet.

Ved grundigere befarig, kartstudier og simulering i RocFall har vi undersøkt hvorvidt Våtedalsvollen 1 og Storeskorvollen (Nordre Bjørkum, Lærdalen) er høye nok til å forhindre steinsprang på veg. Våre funn og resultater peker mot en sterk anbefaling om å forhøye Våtedalsvollen 1. Flere steiner/blokker som vi mente hadde falt ned fra fjellsiden ble funnet i vegkanten og på andre siden ned mot elva. Ved bruk av tilpassede parameterverdier i RocFall og beregninger med α/β -metoden fikk vi bekreftet våre observasjoner. Akseptkriteriene for den høyt trafikkerte vegstrekningen (E39) er lav. Funn tyder på at det er nedfall på veg opp til flere ganger i året, noe som gir en uakseptabel risiko. Dette krever ytterligere sikringstiltak.

For Nordre Bjørkum viser simuleringene i RocFall at sannsynligheten for at stein spretter over vollen er liten, men til stede. Beregningene med α/β -metoden viser at blokker kan passere langt forbi vegen dersom de unngår vollen. Samtidig er det lite som tyder på særlig skredaktivitet i området. En svakhet i simuleringene er at det i de brukte terrengprofilene ikke tas hensyn til en liten lokal terrengformasjon i ura. Ved bruk av faglig skjønn og et geologisk blikk mistenker vi at det her er større potensiale for at nedfallsblokker kan sprette ut på veg. Sannsynligheten er forholdsvis liten, men konsekvensene store, og vi velger dermed å gi enhetsstrekningen langs vollen en tolererbar risiko. Det krever en kost-nytte analyse av sikringstiltak, og vår anbefaling vil være å installere et fanggjerdet på vollkrona ved utstikkeren til ura.

Våre statistiske analyser gir oss ingen overbevisende sammenheng mellom tilstand og noen av de undersøkte egenskapene til vollene. Vi kan dermed konkludere med at Statens Vegvesen ikke har gjort noen gjennomgående systematiske feil i utformingen av skredvollene.

9. Referanseliste

- Bargel, T. H. (2011) *Plan for skredfarekartlegging - Delrapport jordskred og flomskred*. NVE. http://webby.nve.no/publikasjoner/rapport/2011/rapport2011_16.pdf.
- Belland, M. D. (2013) *Vurdering av skredfaren langs E136 Flatmark - Monge - Marstein i Romsdalen*. Masteroppgave NTNU.
- Bertelsen, G. S. (2009) *ROS II - SKREDFARE / PILOT I – SALHUS, Sammenfattende rapport*. Etat for byggesak og private planer, Bergen Kommune.
- Bjordal, H. et al. (2011) *Sikring av veger mot steinskred: grunnlag for veiledning*, Statens vegvesen, Oslo.
- Blikra, L. H., Henderson, I. og Nordvik, T. (2009) *Faren for fjellskred fra Nordnesfjellet i Lyngenfjorden, Troms*. NGU.
- Brateng, L. E. (2005) *Laboratorieforsøk for utforming av terrengtiltak mot snøskred*. Hovedoppgave. NTNU.
- Devoli, G et al. (2011) *Plan for skredfarekartlegging - Delrapport steinsprang, steinskred og fjellskred*. NVE. http://webby.nve.no/publikasjoner/rapport/2011/rapport2011_15.pdf.
- Domaas, U. (1994) *Geometriske metoder for å beregne rekkevidden til steinsprang*. *Geometrical*
- Hansen-Bauer, I., Drange, H., Førland, E. J., Roald, L. A., Børsheim, K. Y., Hisdal, H., Lawrence D., Nesje, A., Sandven, S. og Sorteberg, A. 2009. *Klima i Norge 2100*. Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpassing.
- Hyndman, Donald. og Hyndman, David. (2011) *Natural hazards & disasters*, Belmont, Calif.: Thomson/Brooks/Cole.
- Høye, A., Elvik, R., Sørensen, M. W. J. og Vaa, T. 2012. *Trafikksikkerhetshåndboken*, Transportøkonomisk institutt, Oslo.
- Håland, G. (2012) "Skred og skredsikring". I *Lærebok, Drift og vedlikehold av veger*. Aurstad, J. et al., Tilleggskapittel 23. http://www.vegvesen.no/attachment/404943/binary/697329?fast_title=Kap+23+Skred+og+skredsikring.pdf.
- Kartverket. (2014) *Landheving (beta), Landheving i Norge*. <http://sehavniva.no/landheving-kart/> , <http://www.statkart.no/Kunnskap/Klimaforskning/Landheving-i-Norge/> (Hentet: 30.mai 2014).
- Kartverket. *Norge i bilder*. www.norgebilder.no.
- Langeland, S. (2014) *Wyssen snøskredtårn – forebyggende utløsning av snøskred*. Wyssen Avalanche Control AG. <http://www.wyssen.no/wyssen-snoskredtarn-forebyggende-utlosning-av-snoskred/> (Hentet: 06. juni 2014).

- Lied, K. og Bakkehøi, S. (1980) *Empirical calculations of Snow-Avalanche Run-out Distances based on Topographical Parameters*. Journal of Glaciology, vol. 26, No 94, 165-177.
- NGU. *Berggrunnskart, Nasjonal Berggrunnsdatabase*.
<http://geo.ngu.no/kart/berggrunn/>.
- Norem, H. (1993) *Håndbok 167 Snøvern*, Vegdirektoratet, Oslo.
- Norem, H. (2011) *Veger og snøskred: håndbok om sikring mot snøskred: Høringsutgave*, Statens vegvesen, Oslo.
<http://ask.bibsys.no/ask/action/show?pid=121113655&kid=biblio>
- Norem, H., Bjordal, H., Larsen, J.O., Dahle, H. 2012. *Forslag til risikoakseptkriterier for skredhendelser på veg*. Skredforum, Molde.
- Norem, H. Sandersen, F. (2013) *Flom- og sørpeskred, Håndbok om sikring av veger som er utsatt for vannrelaterte skred: Høringsutgave*, Statens vegvesen, Oslo.
<http://ask.bibsys.no/ask/action/result?cmd=&kilde=biblio%3AVEGDIR&q=flom+og+s%C3%B8rpeskred+veileder>.
- Norsar. (2014) *Jordskjelv i Norge*.
<http://www.jordskjelv.no/jordskjelv/norge.html> (Hentet: 30. mai 2014).
- NVE. (2009) *Utredning og sikring – leirskred*. <http://www.nve.no/no/Flom-og-skred/Skred/Program-for-okt-sikkerhet-mot-leirskred/> (Hentet: 15. mai 2014).
- NVE. (2011) *Fare for store fjellskred*.
<http://www.nve.no/no/Flom-og-skred/Farekartlegging/Faresone-for-store-fjellskred/>
(Hentet: 8. juni 2014).
- Rocscience. (2003) *RocFall Advanced Tutorial, RocNews*.
- Rocscience. *Rocscience Coefficient of Restitution Table*.
https://www.rocscience.com/help/rocfall/webhelp/baggage/rn_rt_table.htm
(Hentet: 10. april 2014).
- Schanche, S. (2014) *Hvordan ta hensyn til klimaendringer i arealplanleggingen*.
<http://www.nve.no/Global/Publikasjoner/Publikasjoner%202014/Faktaark%202014/Fakta-ark-260314%20.pdf>.
- Skredatlas.nve.no. *Skredhendelser*. NVE. <http://skredatlas.nve.no> (Hentet: 10. juni 2014).
- Statens vegvesen. *Vegkart Beta*. <https://www.vegvesen.no/vegkart/vegkart/>.
- Statens vegvesen. (2014) Foto: *Selbergvikberget*.
(<http://www.vegvesen.no/Vegprosjekter/hjartaberget/Selvikberget>) (Hentet: 08. mai 2014).
- Tas. (2014) *Daisybell® – Prevention by air*.
<http://www.tas.fr/downloads/Fiche-DaisyBell-GB.pdf> (Hentet: 21. mai 2014).
- Tek 10. (2010) *Forskrift om tekniske krav til byggverk*. Fastsatt ved kgl.res.26.mars 2010 nr. 489
- Tveit, J. (2014) *Skriftlig kommunikasjon*.

Vegdirektoratet. (2014) *Håndbok V224 Fjellbolting*.

http://www.vegvesen.no/_attachment/69898/binary/964020?fast_title=H%C3%A5ndbok+V224+Fjellbolting+%289+MB%29.pdf.

Wyllie, D. C., Mah, C. W. og Hoek, E. (2004) *Rock slope engineering: civil and mining*, London: Spon Press.

Åknes/Tafjord Beredskap IKS. *Beredskap*.

<http://www.aknes.no/?q=de/node/3> (Hentet: 09. juni 2014).

10. Vedlegg

10.1 Fullstendig oversikt av tilstandsvurderingen

Tabell 10: Tilstandsvurdering av skredvollene. Del 1 av 14.

#	A	B	C
1			
2			
3	Navn	Dato	Lokalitet
4	Toggavollen	03.09.2013	Vatnasete, Sogndalsdalen
5	Frudalsvollen	03.09.2013	Frudalen, Sogndalsdalen. Ved sør-portalen til Frudalstunnelen.
6	Storeskredvollen	03.09.2013	Lunde, Kjøsnesfjorden. Ved vest-portalen til Fjærlandstunnelen.
7	Lundhammarvollen	03.09.2013	Lunde, Kjøsnesfjorden. Ovenfor Lunde Turisthytte.
8	Lundevollen	03.09.2013	Lunde, Kjøsnesfjorden. Ved østportalen til Støylsnestunnelen.
9	Allhauganevollen 1	03.09.2013	Lunde, Kjøsnesfjorden. På vestportalen til Støylsnestunnelen, K Nederste voll på Allhaugane
10	Allhauganevollen 2	03.09.2013	Lunde, Kjøsnesfjorden. På vestportalen til Støylsnestunnelen, Kjøsnesfjorden. Østlige ledevoll.
11	Allhauganevollen 3	03.09.2013	Lunde, Kjøsnesfjorden. Over østportalen til Støylsnestunnelen, Kjøsnesfjorden. Ledevoll vest, til Allhaugane 1.
12	Indre Førenesvollen	04.09.2013	Kjøsnesfjorden. Over østportal til Førenestunnelen.
13	Ytre Førenesvollen	04.09.2013	Kjøsnesfjorden. Over vestportalen til Førenestunnelen.
14	Little Førenesvollen	04.09.2013	Kjøsnesfjorden. Mellom Førenestunnelen og Bjørnabakktunnelen.
15	Svovikvollen 1	04.09.2013	Kjøsnesfjorden. Østligste betongoverbygg, øst i Svovika.
16	Svovikvollen 2	04.09.2013	Kjøsnesfjorden. Vestlige betongoverbygg mellom Bjørnabakktunnelen og Kleivatunnelen.
17	Svovikvollen 3	03.09.2013	Kjøsnesfjorden, mellom Bjørnabakktunnelen og Kleivatunnelen. Østlige ledevoll på skredvifta ved billomme.
18	Svovikvollen 4	03.09.2013	Kjøsnesfjorden, mellom Bjørnabakktunnelen og Kleivatunnelen. Øverste kombivoll på skredvifta ved billommen.
19	Svovikvollen 5	03.09.2013	Kjøsnesfjorden, mellom Bjørnabakktunnelen og Kleivatunnelen. Nederste voll på skredvifta ved billommen.
20	Vikanevollen 1	04.09.2013	Kjøsnesfjorden, mellom Bjørnabakktunnelen og Kleivatunnelen. Østligste skredvoll i Vikane.
21	Vikanevollen 2	04.09.2013	Kjøsnesfjorden, mellom Bjørnabakktunnelen og Kleivatunnelen. Andre skredvoll fra øst i Vikanem, mellom to geitefjøs.
22	Vikanevollen 3	05.09.2013	Kjøsnesfjorden, mellom Bjørnabakktunnelen og Kleivatunnelen. På skredvifte med billomme.
23	Svarthammarteigvollen	05.09.2013	Kjøsnesfjorden, nærmest østportalen til Kleivatunnelen. Vestligste Voll i Vikane.
24	Littlefjellsvollen	05.09.2013	Kjøsnesfjorden. Innenfor Kjøsnes gård.
25	Våtedalsvollen 1	05.09.2013	Våtedalen. Sørligste voll.
26	Våtedalsvollen 2	05.09.2013	Våtedalen. Nordligste voll.
27	Sausgjelivollen	11.09.2013	Lærdalen. Ved Saue, like vest for parkeringsplassen til Jutlamannen.
28	Storeskorvollen	11.09.2013	Lærdalen. På motsatt side av E16 for gården Nordre Bjørkum.
29	Seltøygardsskred-vollen	11.09.2013	Lærdalen, ved vestportalen til Seltatunnelen. Vest for gårdstunet på Seltun.
30	Hagenvollen	11.09.2013	Lærdalen, mellom Seltatunnelen og Borgundtunnelen. Vollen nærmest østportalen til Seltatunnelen. På gården Hagen.
31	Middelhaugsvollen	11.09.2013	Lærdalen. Vollen nærmest vestportalen til Borgundtunnelen, mellom Seltatunnelen og Borgundtunnelen. På gården Hagen.
32	Liheimsvollen	11.09.2013	Lærdalen. Ved østportalen til Borgundtunnelen.
33	Nygardegrovivollen	19.09.2013	Ved og på vestportalen til Tuftåstunnelen, i Nygardegrovi. På gården Midttun.
34	Teigumsvollen	11.09.2013	Lærdalen, mellom Tuftåstunnelen og Borlaug(krysset). På gården Teigum.
35	Kvenschagvollen	19.09.2013	Lærdalen, mellom Tuftåstunnelen og Borlaug. På gården Kvenschagen.
36	Eråksøyvollen	19.09.2013	Første voll fra Filefjell mot Lærdal. Knapp km vest for Borlaugkrysset. Eråksøyane.
37	Mannhellervollen	19.09.2013	Kaupanger. Ovenfor ferjekai.
38	Arvenesvollen	19.09.2013	Øvre Årdal. Over vestportal til Naustbukktunnelen.
39	Nepegjerdsteigvollen	19.09.2013	1km vest for Naddvik, nedenfor Hornfossen. På Nepegjerdsteigen.
40	Ytre Moavollen	19.09.2013	Øvre Årdal, Nord for Årdal og Sunndal Verk. Ved Ytre Moa, på vestsiden av broa over Utle-elva.
41	Sandskredavollen	10.09.2013	Balestrand kommune, 1 km langs veg nord for Dragsvik
42	Øyreskredvollen	10.09.2013	Balestrand. Botnen i Sværefjorden, ved Lasteviki.
43	Nautskredavollen 1	10.09.2013	Balestrand. Vetlefjorden nr.1, på sørlige tunnel/overbygg-åpning i Nautskreda.
44	Nautskredavollen 2	10.09.2013	Balestrand. Vetlefjorden nr.2, øverste voll på overbygget/tunnelen igjennom Nautskreda.
45	Nautskredavollen 3	10.09.2013	Balestrand. Vetlefjorden nr.3, nedre nordlige voll.
46	Ramsteinskredavollen	10.09.2013	Balestrand. Vetlefjorden nr.4, på sørlige betongoverbyggåpning.
47	Breiskredavollen 1	10.09.2013	Balestrand. Vetlefjorden nr.5, på den sørlige tunnelåpningen på tunneloverbygget.
48	Breiskredavollen 2	10.09.2013	Balestrand. Vetlefjorden nr.6, på den nordlige tunneloverbyggåpningen.
49	Melandsvollen	10.09.2013	Balestrand. Vetlefjorddalen nr.0, gjelet på østsiden av dalen, mellom gårdene Feten og Meland.
50	Rennalsvollen	10.09.2013	Balestrand. Vetlefjorddalen nr.1, på østsiden av dalen mellom Flatheim og Rennalden.
51	Opsegjelvollen	10.09.2013	Balestrand. Vetlefjorddalen nr.4, ved gården Mel på østsida av dalen.
52	Rustadgjelivollen	10.09.2013	Balestrand. Vetlefjorddalen
53	Oreskredvollen	10.09.2013	Balestrand. Vetlefjorden nr.2, fra Oreskredgrovi ved gården Langeteig på østsida av dalen.

Tabell 11:Tilstandsvurdering av skredvollene. Del 2 av 14.

	A	D	E	F	G	H	I
1							
2						Type voll	
3	Navn	GPS Midtpunkt	Bilde	Link Norgebilder	Fangvoll	Ledevoll	Kombi
4	Toggavollen	Euref89 UTM32 6801902N 3887910	Toggavollen	http://norgebilder.no	x		
5	Frudalsvollen	Euref89 UTM32 6803202N 3872610	Frudalsvollen	http://norgebilder.no	x		
6	Storeskredvollen	Euref89 UTM32 6822720N 3750720	Storeskredvollen	http://norgebilder.no	x		
7	Lundhammarvollen	Euref89 UTM32 6822905N 3742610	Lundhammarvollen	http://norgebilder.no	x		
8	Lundevollen	Euref89 UTM32 6823274N 3736310	Lundevollen	http://norgebilder.no			x
9	Allhauganevollen 1	Euref89 UTM32 6823401N 3733100	Allhauganevollen 1	http://norgebilder.no	x		
10	Allhauganevollen 2	Euref89 UTM32 6823536N 3733770	Allhauganevollen 2	http://norgebilder.no		x	
11	Allhauganevollen 3	Euref89 UTM32 6823667N 3733110	Allhauganevollen 3	http://norgebilder.no		x	
12	Indre Førenesvollen	Euref89 UTM32 6824450N 3708290	Indre Førenesvollen	http://norgebilder.no		x	
13	Ytre Førenesvollen	Euref89 UTM32 6824493N 3706260	Ytre Førenesvollen	http://norgebilder.no		x	
14	Litle Førenesvollen	Euref89 UTM32 6824708N 3702620	Litle Førenesvollen	http://norgebilder.no	x		
15	Svovikvollen 1	Euref89 UTM32 6825415N 3693560	Svovikvollen 1	http://norgebilder.no		x	
16	Svovikvollen 2	Euref89 UTM32 6825467N 3692810	Svovikvollen 2	http://norgebilder.no		x	
17	Svovikvollen 3	Euref89 UTM32 6825745N 3689870	Svovikvollen 3	http://norgebilder.no		x	
18	Svovikvollen 4	Euref89 UTM32 6825798N 3689470	Svovikvollen 4	http://norgebilder.no			x
19	Svovikvollen 5	Euref89 UTM32 6825710N 3689430	Svovikvollen 5	http://norgebilder.no			x
20	Vikanevollen 1	Euref89 UTM32 6825793N 3686400	Vikanevollen 1	http://norgebilder.no			x
21	Vikanevollen 2	Euref89 UTM32 6825854N 3684380	Vikanevollen 2	http://norgebilder.no		x	
22	Vikanevollen 3	Euref89 UTM32 6825846N 3680660	Vikanevollen 3	http://norgebilder.no			x
23	Svarthammarteigvollen	Euref89 UTM32 6825815N 3678140	Svarthammarteigvollen	http://norgebilder.no			x
24	Litlefjellsvollen	Euref89 UTM32 6826311N 3662850	Litlefjellsvollen	http://norgebilder.no			x
25	Våtedalsvollen 1	Euref89 UTM32 6836704N 3686990	Våtedalsvollen 1	http://norgebilder.no	x		
26	Våtedalsvollen 2	Euref89 UTM32 6837545N 3686170	Våtedalsvollen 2	http://norgebilder.no	x		
27	Sausgjelivollen	Euref89 UTM32 6769961N 4272300	Sausgjelivollen	http://norgebilder.no			x
28	Storeskorvollen	Euref89 UTM32 6769705N 4287890	Storeskorvollen	http://norgebilder.no	x		
29	Seltøygardsskred-vollen	Euref89 UTM32 6769204N 4306540	Seltøygardsskred-vollen	http://norgebilder.no	x		
30	Hagenvollen	Euref89 UTM32 6768701N 4328140	Hagenvollen	http://norgebilder.no	x		
31	Middelhaugsvollen	Euref89 UTM32 6768642N 4329800	Middelhaugsvollen	http://norgebilder.no			x
32	Liheimsvollen	Euref89 UTM32 6770259N 4361500	Liheimsvollen	http://norgebilder.no	x		
33	Nygardsgrovvollen	Euref89 UTM32 6772053N 4382350	Nygardsgrovvollen	http://norgebilder.no	x		
34	Teigumsvollen	Euref89 UTM32 6771157N 4408360	Teigumsvollen	http://norgebilder.no			x
35	Kvenshagvollen	Euref89 UTM32 6770877N 4416200	Kvenshagvollen	http://norgebilder.no			x
36	Eråksøyvollen	Euref89 UTM32 6771472N 4427970	Eråksøyvollen	http://www.norgeibild	x		
37	Mannhellervollen	Euref89 UTM32 6781862N 4105060	Mannhellervollen	http://www.norgeibild	x		
38	Arvenesvollen	Euref89 UTM32 6796724N 4345560	Arvenesvollen	http://norgebilder.no		x	
39	Nepegjerdsteigvollen	Euref89 UTM32 6785314N 4242230	Nepegjerdsteigvollen	http://norgebilder.no			x
40	Ytre Moavollen	Euref89 UTM32 6798734N 4365930	Ytre Moavollen	http://www.norgeibild	x		
41	Sandskredavollen	Euref89 UTM32 6790687N 3682460	Sandskredavollen	http://norgebilder.no			x
42	Øyreskredvollen	Euref89 UTM32 6796271N 3664500	Øyreskredvollen	http://norgebilder.no	x		
43	Nautskredavollen 1	Euref89 UTM32 6796840N 3685320	Nautskredavollen 1	http://norgebilder.no		x	
44	Nautskredavollen 2	Euref89 UTM32 6796998N 3684380	Nautskredavollen 2	http://www.norgeibild		x	
45	Nautskredavollen 3	Euref89 UTM32 6796987N 3685610		http://www.norgeibild		x	
46	Ramsteinskredavollen	Euref89 UTM32 6798015N 3687040	Ramsteinskredavollen	http://www.norgeibild		x	
47	Breiskredavollen 1	Euref89 UTM32 6798420N 3687490	Breiskredavollen 1	http://www.norgeibild		x	
48	Breiskredavollen 2	Euref89 UTM32 6798572N 3687560	Breiskredavollen 2	http://www.norgeibild		x	
49	Melandsvollen	Euref89 UTM32 6800017N 3700620	Melandsvollen	http://norgebilder.no	x	x	
50	Renndalsvollen	Euref89 UTM32 6801322N 3701240	Renndalsvollen	http://norgebilder.no	x	x	
51	Opsegjelivollen	Euref89 UTM32 6803349N 3697310	Opsegjelivollen	http://norgebilder.no		x	
52	Rustadgjelivollen	Euref89 UTM32 6803007N 3697360	Rustadgjelivollen	http://norgebilder.no		x	
53	Oreskredvollen	Euref89 UTM32 6802448N 3698250	Oreskredvollen	http://norgebilder.no		x	

Tabell 12: Tilstandsvurdering av skredvollene. Del 3 av 14.

	A	J	K	L	M	N	O	P	Q
1		Sikrer mot			Byggemateriale				
2					Fylling (s=spreng)			Mur	Tørrmur
3	Navn	Steinsprang	Snøskred	Sørpe-/ flomskred	Blokk	Stein	Finere masser		
4	Toggavollen		x	x		x	x		
5	Frudalsvollen		x	x		sx			
6	Storeskredvollen	x				sx	x		
7	Lundhammarvollen	x				sx	x		
8	Lundevollen		x	x		sx	x		
9	Allhauganevollen 1		x	x			x		x
10	Allhauganevollen 2		x	x		x	x		
11	Allhauganevollen 3		x	x		x	x		
12	Indre Førenesvollen		x	x	x	x			
13	Ytre Førenesvollen		x	x		x	x		
14	Little Førenesvollen			x	x	x			x
15	Svovikvollen 1		x		x	x			
16	Svovikvollen 2	x	x	x		x	x		
17	Svovikvollen 3		x	x		x	x		
18	Svovikvollen 4	x	x	x					x
19	Svovikvollen 5	x	x	x					x
20	Vikanevollen 1		x	x		x	x		
21	Vikanevollen 2		x	x		x	x		
22	Vikanevollen 3		x	x			x		x
23	Svarthammarteigvollen		x	x		x	x		x
24	Littlefjellsvollen			x		x	x		x
25	Våtedalsvollen 1	x	x	x		x	x		
26	Våtedalsvollen 2	x	x	x		x	x		
27	Sausgjelivollen		x	x		x	x		
28	Storeskorvollen	x							x
29	Seltøygardsskred-vollen	x		x		x	x		x
30	Hagenvollen	x							x
31	Middelhaugsvollen		x	x	x	x	x		
32	Liheimsvollen		x	x		x	x		
33	Nygardsgrovivollen		x	x	x	x	x		
34	Teigumsvollen		x	x		x	x		
35	Kvenshagvollen		x	x		x	x		
36	Eråksøyvollen	x				x	x		x
37	Mannhellervollen	x							x
38	Arvenesvollen		x	x					x
39	Nepegjerdsteigvollen		x	x	x	x	x		
40	Ytre Moavollen	x							x
41	Sandskredavollen		x	x		x	x		x
42	Øyreskredvollen		x	x		x	x		
43	Nautskredavollen 1		x	x		x	x		
44	Nautskredavollen 2		x	x		x	x		
45	Nautskredavollen 3		x	x	x	x	x		
46	Ramsteinskredavollen	x	x	x		x	x		
47	Breiskredavollen 1	x	x	x		x	x		
48	Breiskredavollen 2	x	x	x		x	x		
49	Melandsvollen			x	x	x			
50	Renndalsvollen		x	x	x	x	x		x
51	Opsegjelivollen		x	x		x	x		x
52	Rustadgjelivollen			x	x	x	x		
53	Oreskredvollen		x	x	x	x	x		x

Tabell 13: Tilstandsvurdering av skredvollene. Del 4 av 14.

	A	R	S	T	U	V
1						
2		Fallvinkel		Dimensjon		
3	Navn	Støtside	Terreng	Lengde	Høyde	Bredde av krone
4	Toggavollen	30-40°	5-15°	140 m	6 m	1-2 m
5	Frudalsvollen	30°	20-30°	300 m	20 m	3 m
6	Storeskredvollen	35°	25-30°	700 m	4-15 m	3 m
7	Lundhammarvollen	35-40°	20°	190 m	10 m	1-2 m
8	Lundevollen	30-40°	20-25°	430	10 m	3 m
9	Allhauganevollen 1	35°	20°	70 m	5-10 m	3 m
10	Allhauganevollen 2	35°	20-25°	200 m	6 m	3 m
11	Allhauganevollen 3	35°	20-25°	170 m	8 m	1,5 - 2 m
12	Indre Førenesvollen	35°	20°	100 m	2-5 m	3-4 m
13	Ytre Førenesvollen	30-45°	15-20°	100 m	3-4 m	3-4 m
14	Litle Førenesvollen	90°	30°	30 m	4 m	3 m
15	Svovikvollen 1	30°	30°	30 m	1 m	2 m
16	Svovikvollen 2	25-35°	35°	10 m	3 m	1 m
17	Svovikvollen 3	35°	20-25°	70 m	8 m	1 m
18	Svovikvollen 4	35-50°	25°	80 m	5-10 m	2-3 m
19	Svovikvollen 5	45°	20-25°	100 m	5-10 m	2-3 m
20	Vikanevollen 1	35°	30°	80 m	5-8 m	2-3 m
21	Vikanevollen 2	25-40°	30°	90 m	5-10 m	-
22	Vikanevollen 3	30°	30°	160 m	6-15 m	3 m
23	Svarthammarteigvollen	0-70°	20°	90 m	2-3 m	-
24	Litlefjellsvollen	25-35°	20°	ca 100m	3-4 m	1-2 m
25	Våtedalsvollen 1	35°	40°	200 m	6 m	3-4 m
26	Våtedalsvollen 2	30°	30°	335 m	4-6 m	3-4 m
27	Sausgjelivollen	35-40°	20°	220 m	15 m	3 m
28	Storeskorvollen	80°	30°	220 m?	3-4 m	3 m
29	Seltøygardsskred-vollen	30°, 80°	30-45°	650 m	4-5 m	1 m
30	Hagenvollen	80°	90°	30 m	3 m	1 m
31	Middelhaugsvollen	30-35°	25°	100 m	5 m	3 m
32	Liheimsvollen	30°	10°	120 m	4 m	3 m
33	Nygardsgrovivollen	35°	15-20°	210 m	3-8 m	2-3 m
34	Teigumsvollen	35°	15°	170 m	6-10 m	3 m
35	Kvenshagvollen	35-40	15-20	140 m	6-8 m	3 m
36	Eråksøyvollen	70°	30°	250 m	4 m	2 m
37	Mannhellervollen	60-80°	30-35°	230 m	3 m	6-10 m
38	Arvenesvollen	60	35	40 m	4 m	1-∞ m
39	Nepegjerdsteigvollen	30-35	25	100 m	1-3 m	3-∞ m
40	Ytre Moavollen	45°	30°	20 m	1-2 m	1-2 m
41	Sandskredavollen	35°	25°	210 m	5-10 m	3-4 m
42	Øyreskredvollen	30°	20-25°	30 m	3-4 m	-
43	Nautskredavollen 1	25-30°	35°	100 m	5 m	1 m
44	Nautskredavollen 2	25°	35°	120 m	5 m	0.5-1 m
45	Nautskredavollen 3	30°	35°	80 m	5 m	1 m
46	Ramsteinskredavollen	25°	60°	70 m	10 m	1 m
47	Breiskredavollen 1	25-30°	40°	80 m	5 m	2-3 m
48	Breiskredavollen 2	25-35°	40°	100 m	5-10 m	3 m
49	Melandsvollen	40°	15°	30 m	3 m	2 m
50	Renndalsvollen	30-35°	15-20°	400 m	5-8 m	5 m
51	Opsegjelivollen	20-40°	35-40°	500 m	0-10 m	4-6 m
52	Rustadgjelivollen	35-50°	35°	400 m	5-10 m	1-∞ m
53	Oreskredvollen	30°	35-40°, 15-25°	300 m	5-10 m	4 m

Tabell 14: Tilstandsvurdering av skredvollene. Del 5 av 14.

A	W
1	
2	
3	Navn Plassering i terrenget i forhold til skredløpet
4	Toggavollen I enden av skredløpet. Nedenfor utløpsområde til et normalt stort skred.
5	Frudalsvollen Utenfor skredløpet til et normalt stort skred.
6	Storeskredvollen Innenfor utløpsområde til store blokker.
7	Lundhammarvollen I utløpsområde. I enden av gammel ur.
8	Lundevollen Bygget rundt ei elv som kommer ut fra et stort gjel i fjellet
9	Allhauganevollen 1 I utløpssonen til større skred.
10	Allhauganevollen 2 Løngsgående i skredbanen. Begrenser utbredelsen til skred mot øst.
11	Allhauganevollen 3 Løngsgående i skredbanen. Begrenser utbredelsen til skred mot vest.
12	Indre Førenesvollen Skredkanal kommer ut fra et gjel oppe i fjellsiden. Vollen er den østlige begrensnngen til skredbanen, og er en forlengelse av skredkanalen.
13	Ytre Førenesvollen To voller som strekker seg over en skredvifte som har sin kilde fra et stort gjel i fjellsiden.
14	Little Førenesvollen I skredbane/utløpsområde
15	Svovikvollen 1 I utløpsområde.
16	Svovikvollen 2 Ligger i utløpssonen til en skredkanal. Forlenger den østlige yttermuren til overbygget.
17	Svovikvollen 3 Forlenger det naturlige skredløpet i østkant. Begrenser skred i østlig retning, fører skred inn i nedre kombivoll.
18	Svovikvollen 4 I skredbanen, høyt oppe på skredvifta.
19	Svovikvollen 5 I skredbanen, omtrent midt på skredvifta.
20	Vikanevollen 1 I skredbanen et stykke opp på skredvifta.
21	Vikanevollen 2 Skredkanal kommer ut fra et gjel oppe i fjellsiden. I utløpsområde.
22	Vikanevollen 3 I skredbanen og utløpsområde. Fra omtrent rotpunktet på skredvifta og nesten helt ned til veggen.
23	Svarthammarteigvollen Midt på ei skredvifte, neden for gjel i fjellsiden som munnar ut i skredkanal og skredvifte
24	Littlefjellsvollen I skredbanen nedover langs skredvifta. Fangvollen er nesten nederst på vifta like før veggen. Kun nederste del av den naturlige skredkanalen som er gravet ut av menneske og forhøyet med voller på sidene.
25	Våtedalsvollen 1 I utløpsområde. Nedenfor fjellsiden i dalbunnen. Bygd lengst mulig ned mot veggen.
26	Våtedalsvollen 2 Skredvollen ligger i nedre del av skredviften som er et resultat av skred som kommer ned fra gjel i fjellsiden. Nordlige del av fangvollen svinger seg opp i skredviften uten å bli ledevoll. Der den nordlige delen av vollen svinger oppover tar en ny voll over i nedre utkant og strekker seg nordover.
27	Sausgjellivollen Vollen er plassert omtrent midt på ei skredvifte.
28	Storeskorvollen I utløpsområde til steinsprang. Like ved ei ur.
29	Seltøygardsskred-vollen I utløpsområde til store skred.
30	Hagenvollen I utløpssonen til steinsprang. Vollen er plassert like nedenfor en klippe og bratt skråning hvor det ligger bnoen løse blokker i topp.
31	Middelhaugsvollen Utenfor utløpsområde til normalt skredstørrelse.
32	Liheimsvollen På vestsiden av ei stor skredvifte. Skredvifta ser ikke ut til å være plassert på den mest aktive delen av vifta.
33	Nygardsgrovivollen I utløpsområde.
34	Teigumsvollen I utløpsområde. Skred utløses i fjellsiden langt over vollen.
35	Kvenshagvollen I utløpsområde til store skred.
36	Eråksøyvollen I utløpsområde i bunn av blokk-og steinur. Bratt fjellside (70°) over ur.
37	Mannhellervollen I utløpsområde, i steinur.
38	Arvenesvollen I skredbanen og utløpsområde. Vestlig voll forhindrer skred i å rase over tunnelportal og ned på veg.
39	Nepegjerdsteigvollen I utløpsområde.
40	Ytre Moavollen I utløpsområde. Blokker og stein raser ut fra topp av skråning hvor røtter holder sammen jorda.
41	Sandskredavollen Ved utløp til et gjel. I skredkanal og utløpsområde.
42	Øyreskredvollen I utløpsområde til skredkanal som kommer ut fra gjel i fjellsiden.
43	Nautskredavollen 1 Vollen går fra utgangen av et gjel og nesten ned til sjøen. Fra topp til bunn i skredvifta.
44	Nautskredavollen 2 Går fra utgangen av et gjel, langsmed skredkanalen/vannløpet i
45	Nautskredavollen 3 I utløpsområde, men ca.55 fra vannløpet som dei minste skreda vil begrense seg til. Vollen går fra midten til nedre del av skredvifta.
46	Ramsteinskredavollen Sørlig begrenning av skredløp. Rett under en bratt fjellside.
47	Breiskredavollen 1 Sørlig begrenning av skredløp. Rett under en bratt fjellside. Dekker sørlige side av skredvifta.
48	Breiskredavollen 2 Nordlig begrenning av skredløp. Rett under en bratt fjellside. Dekker nordlige side av skredvifta.
49	Melandsvollen I skredkanal, ser ut til at veg skjærer tidligere skredkanal.
50	Renndalsvollen Fra topp til bunn på skredviften. Under et stort gjel som drenerer flere gjel.
51	Opsegjellivollen Leder skred sørover på skredviften.
52	Rustadgjellivollen Fra rotpunktet til skredvifta og nesten helt til bunn.
53	Oreskredvollen Skredløpet er forsenket, og det er bygd opp en ledevoll på nordsiden av skredløpet.

Tabell 15: Tilstandsvurdering av skredvollene. Del 6 av 14.

	A	X
1		
2		
3	Navn	Beskrivelse av vannløpet / skredkanalen
4	Toggavollen	Ingen markert skredkanal. Dreneringsrør til liten bekk gjennom vollen. Pågående gjenngroing av åpningen til dreneringsrøret. Bør renses innen 5 år. Ikke plastret.
5	Frudalsvollen	Vannløpet ledes vest for vollen i grøfta mellom en traktorveg og fjellsiden.
6	Storeskredvollen	Det er lite vann som møter vollen, drenering langs etter voll i vestre ende.
7	Lundhammarvollen	Ikke vannløp ved voll.
8	Lundevollen	Kanalisert vannløp på innsiden av vollen der de nederste 30m er plastret.
9	Allhauganevollen 1	Elveløpet mot vollen er plastret, treffer vinkelrett på vollen og blir ledet øst for vollen langs tørrmuren.
10	Allhauganevollen 2	Vannløp langs vollen er delvis plastret. Bredt vannløp som kommer ut fra et gjel høyere oppe i fjellsiden.
11	Allhauganevollen 3	Bredt vannløp som kommer ut fra et gjel i fjellsiden. Delvis plastret.
12	Indre Førenesvollen	Nedre del av vannløp, som er utgravd for å fungere som ledevoll er plastret på sidene. Ikke plastret vannløp og voll ovenfor.
13	Ytre Førenesvollen	Vollene begynner som en forlengelse av den naturlige skredkanalen og dens leveer. I bunn er det kun en utgravd kanal, ikke voller. Her er kanalen plastret.
14	Litle Førenesvollen	Går en elv på det plane svaberget ovenfor, og er drenert gjennom vollen med dreneringsrør.
15	Svovikvollen 1	Markert skredkanal/vannløp over overbygget
16	Svovikvollen 2	Bekk går i skredkanalen i terrenget over overbygget. Vannet i bekken faller ned en liten foss før den ledes mellom to murer midt på overbygget.
17	Svovikvollen 3	Vannløp, plastret i nedre del. Skredmateriale har ført til at elveløpet har spredt seg ut av den plastrede kanalen.
18	Svovikvollen 4	Skredkanalen er også et elveløp som kommer ned fra gjel i fjellsiden. Langs/forbi vollen er vannløpet ikke plastret.
19	Svovikvollen 5	Det naturlige elveløpet som kommer fra gjel i fjellsiden renner på oppsiden/innsiden av vollen og ledes ut og forbi vollen i en plastret kanal.
20	Vikanevollen 1	Skredkanalen kommer ut av gjel i fjellsiden. Vannløpet er plastrå og forsenka ned i magasinet.
21	Vikanevollen 2	Skredkanalen er forsenket ned for å få voller på siden til å hindre skredutbredelse i øst-vest retning. Vannløpet som går i midten er plastret.
22	Vikanevollen 3	Elv og skredkanal kommer fra gjel i fjellsiden og føres gjennom to ledevoller der den østlige gårr over til å bli en fangvoll. Det er plastring i nedre del ved fangvollen og videre mellom vollene ned til veggen.
23	Svarthammarteigvollen	Ikke plastret. Tørrmur på støtsiden av fangvollen og nokre stadar på vestlig ledevoll.
24	Litlefjellsvollen	Elveleie/skredkanal ut fra gjel i fjellsiden, med små leveer langs deler av skredkanalen. Noe tegn til forsøk av plastring i nedre del ved støtsiden til ledevollene og fangvollen.
25	Våtedalsvollen 1	Et gjel/vannløp som kommer ned fjellsiden omtrent midt foran vollen. Vannet går ned i liten skredvifte i magasinet, og ned i grunnen, uvisst hvor vannet går videre.
26	Våtedalsvollen 2	Skredvollen ligger i nedre del av skredviften som er et resultat av skred som kommer ned fra gjel i fjellsiden. Skredkanalen går fra apex på vifte og rett ned, svakt dreierende mot sør. Ikke plastret.
27	Sausgjelivollen	Skredkanalen løper ut fra et gjel i fjellsiden og følger en bekk mot midtpunktet av vollen. Ca 10 m før skredkanalen treffer vollen åpner det seg et plastret magasin som dreneres ned langs vollen i en plastret kanal. Dersom det går store skred kan den eksisterende skredkanalen oversvømmes og skred kan nå vollen høyere oppe og dermed bevege seg langs vollens fulle lengde.
28	Storeskorvollen	vertikal. Ingen større naturlige vannløp ned fjellsiden og ura.
29	Seltøygardsskred-vollen	Ikke noen større vannløp som møter vollen, kun sig fra fjellsiden. Dreneringshull mellom voll og fjellsiden et par steder.

Tabell 16: Tilstandsvurdering av skredvollene. Del 7 av 14.

	A	X
1		
2		
3	Navn	Beskrivelse av vannløpet / skredkanalen
30	Hagenvollen	Lite vannløp langs berget som renner ned til et dreneringsrør gjennom voll og veg.
31	Middelhaugsvollen	Liten bekk renner på innsiden av voll, og denne skredkanalen kommer ut av gjel i fjellsiden.
32	Liheimsvollen	Ikke vannløp i nærheten til vollen. Vannløpet renner lenger øst på vifta per dags dato.
33	Nygardsgrovovollen	Vannløpet med elv renner mot senter av voll. Ledes ut av voll gjennom delvis plastret kanal og rør, for så å ledes i rør under vegen.
34	Teigumsvollen	Skredkanal og bekkeløp renner ut ved vollens toppunkt. En mindre bekk renner også ut ved vollens midtpunkt, og her leder en delvis plastret kanal vann gjennom vollen.
35	Kvenshagvollen	Tørrlagt bekk som møter vollen et stykke under øvre del. Dette er potensiell skredkanal. Bekken dreneres ned i brønn og rør i enden av vollen.
36	Eråksøyvollen	Liten bekk renner på innsiden av vollen mot vest, uten plastring. Dreneres i rør gjennom voll og veg på nedsida. Ingen markert skredkanal, blokker og steiner løsner fra hele fjellsiden over.
37	Mannhellervollen	Ingen utpreget skredkanal. Stein og blokker løsner fra hele fjellsiden.
38	Arvenesvollen	Skredkanalen følger liten elv fra fjellsiden fortsetter gjennom de to ledevollene i et plastret vannløp før det renner ned på gamlevegen og ut i Årdalsvatnet.
39	Nepegjerdsteigvollen	En naturlig skredkanal som er forhøyet med en liten(15 m) voll i enden ned mot vegen. Videre oppover (ca 100 m, opp til kabelgaten) er skredkanalen sannsynligvis utbedret med gravemaskin en gang i tiden. Bekk renner i skredkanalen. Ingen plastring og i nedre ende dreneres bekken gjennom rør og under vegen.
40	Ytre Moavollen	Ikke noe særpreget vannløp.
41	Sandskredavollen	Vannløp er ikke plastret. Renner fritt gjennom magasinet.
42	Øyreskredavollen	Vannet blir naturlig drenert ned i skredmaterial, et stykke opp i skredkanalen.
43	Nautskredavollen 1	Vannløpet går parallelt med vollen rundt 70 m nord for vollen.
44	Nautskredavollen 2	Vannløpet /skredkanalen går parallelt med vollen, rundt 35-45 meter sør for vollen.
45	Nautskredavollen 3	Vannløpet går parallelt med vollen rundt 55 m sør for vollen.
46	Ramsteinskredavollen	Vannløpet går parallelt med vollen med en del vannføring. Som kommer fra svaberget og samles i elv på berg mellom løsmasser. Blir drenert i tillegg drenering under betongoverbygget.
47	Breiskredavollen 1	Skredløpet/vannløpet går parallelt mellom denne og vollen Breiskreda 2. Begrenser utbredelsen av skred. Vannløpet er plastret i nedre del og oppbygd på sidene. Kildeområde er gjel og fjellsiden for øvrig.
48	Breiskredavollen 2	Skredløpet/vannløpet går parallelt mellom denne og vollen Breiskreda 2. Begrenser utbredelsen av skred. Vannløpet er plastret i nedre del og oppbygd på sidene. Kildeområde er gjel og fjellsiden for øvrig.
49	Melandsvollen	Vannløp i smeltesesongen. Naturlig skredløp, der 30 nedste metrene er bygd opp som lede/fang-voll på nordsida av løpet. Vannet blir ført under veg i et godt dimensjonert rør.
50	Renndalsvollen	Skredkanalen er gravd ut, fordypet slik at skred skal begrense seg til denne. I rundt 400 meters lengde er skredkanalen gravd ut slik at man får naturlige voller på sidene. Nedste 200 metrene på sørsiden og 300 metrene på nordsiden er det på vollen lagt 1-2 meter med masse over terrenget rundt.
51	Opsegjelvollen	Skredkanal som er gravt ut med voller på sidene, spesielt på nordvestsiden.
52	Rustadgjelivollen	Elv og skredkanal kommer ut fra gjel i fjellsiden og renner ned på skredvifen i en naturlig skredkanal med leveer på sidene. Denne skredkanalen er gravd ut og på sørsiden er det bygget en voll.
53	Øreskredvollen	Vannløpet/skredkanalen er plastret nedre 100 metrene. Vannløpet nedenfor vegen er også plastret

Tabell 17: Tilstandsvurdering av skredvollene. Del 8 av 14.

	A	Y	Z	AA	AB	AC
1						
2	Erosjon av voll som følge av					
3	Navn	Skredaktivitet	Nedbør	Manglende revegetasjon	Ingen erosjon	Er det skredavsetninger i magasinet til vollen?
4	Toggavollen				x	nei
5	Frudalsvollen				x	nei
6	Storeskredvollen				x	nei
7	Lundhammarvollen				x	nei
8	Lundevollen		x			nei
9	Allhauganevollen 1	x				ja, spredd i magasinet, konsentrert i vannløpet.
10	Allhauganevollen 2				x	Ja, spredd, men ubetydelig
11	Allhauganevollen 3				x	ja, spredd men ubetydelig
12	Indre Førenesvollen				x	ja, en del. Bør tømmes. Særlig en stor blokk.
13	Ytre Førenesvollen	x				ja, en del stein og noen større blokker
14	Litle Førenesvollen				x	ja, opptil en meter opp mot tørrmuren til vollen.
15	Svovikvollen 1				x	Ja, spredd skredmateriale på overbygget
16	Svovikvollen 2	x				ja, en del stein, trær og noen større blokker. Også mye i vannløpet.
17	Svovikvollen 3	x	x			ja, litt
18	Svovikvollen 4	x				Ja litt, spesielt øverst.
19	Svovikvollen 5	x				Ja, sannsynligvis 1 m.
20	Vikanevollen 1	x				Ja, i vannløpet og i magasinet.
21	Vikanevollen 2				x	Ja, men beskjeden mengde. Naturlig nok mest i vannløpet.
22	Vikanevollen 3	x				ja, opp til en halv meter
23	Svarthammarteigvollen	x				Ja, stedvis helt oppfylt.
24	Litlefjellsvollen				x	ja, mye i den øvre naturlige delen av skredkanalen, lite i den konstruerte nederste delen.
25	Våtedalsvollen 1				x	Ja, en del blokker og avsetninger av sørpeskred som er avsatt i vifteform.
26	Våtedalsvollen 2				x	Ja, noen større blokker
27	Sausgjelivollen	x				ja, litt foran midtpunktet til vollen og i vannkanalen.
28	Storeskorvollen				x	nei, vi ser ingenting nytt
29	Seltøygardsskred-vollen				x	ja litt spredd i magasinet. Ligger også jordskredavsetninger opp mot fjellsiden i vestlig ende.
30	Hagenvollen				x	Ja, enkelte/noen blokker og stein.
31	Middelhaugsvollen				x	nei
32	Liheimsvollen				x	nei
33	Nygardsgroivollen				x	ja, litt i skredkanalen/elva.
34	Teigumsvollen				x	Ja, i den øverste delen av magasinet/skredkanalen og lengre oppe i den naturlige skredkanalen.
35	Kvenshagvollen				x	nei
36	Eråksøyvollen				x	ja, noen spredde blokker og steiner.
37	Mannhellervollen				x	ja, en del spredde blokker.
38	Arvenesvollen	x				Ja, til dels mye, når opp til vollkrona et sted.
39	Nepegjerdsteigvollen	x				ja, en god del i skredkanalen.
40	Ytre Moavollen				x	ja, mye.
41	Sandskredavollen				x	Ja, en del.
42	Øyreskredavollen				x	Magasinet er for det meste fylt med 1-2 m skredavsetninger.
43	Nautskredavollen 1				x	Noe i vannløpet, men ubetydelig mengde.
44	Nautskredavollen 2	x	x	x		Noe i vannløpet.
45	Nautskredavollen 3				x	Noe i vannløpet.
46	Ramsteinskredavollen	x				Litt spreidd, men konsentrert over rist til drenering under betongoverbygg.
47	Breiskredavollen 1				x	Ja, men mest langt unna vollen mellom Breiskreda 1 og 2.
48	Breiskredavollen 2				x	Ja, men mest langt unna vollen mellom Breiskreda 1 og 2.
49	Melandsvollen	x				Ja, en del. Rundt en meter i skredkanal og magasin.
50	Rennaldsvollen	x				ja, men de er i stor grad fjernet nederst.
51	Opsegjelvollen	x				ja, mye i skredkanalen. Enkelte steder er den helt oppfylt.
52	Rustadgjelivollen	x				Ja, en del, men den var under vedlikehold da vi var der.
53	Oreskredvollen	x				ja, en god del.

Tabell 18: Tilstandsvurdering av skredvollene. Del 9 av 14.

	A	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO
1													
2		Er den vedlikeholdt?			Tåler vollen belastning over tid?			Er den stor nok?			Er det mulig å tømme den?		
3	Navn	ja	nei	usikkert	ja	nei	usikkert	ja	nei	usikkert	ja	nei	vanskelig
4	Toggavollen			x	x			x			x		
5	Frudalsvollen			x	x			x			x		
6	Storeskredvollen			x	x			x			x		
7	Lundhammarvollen			x	x			x			x		
8	Lundevollen			x	x			x			x		
9	Allhauganevollen 1			x		x			x		x		
10	Allhauganevollen 2			x	x			x			x		
11	Allhauganevollen 3			x	x			x			x		
12	Indre Førenesvollen		x			x			x		x		
13	Ytre Førenesvollen		x			x			x		x		
14	Litle Førenesvollen	x				x			x		x		
15	Svovikvollen 1		x		x					x	x		
16	Svovikvollen 2		x				x			x	x		
17	Svovikvollen 3		x			x		x			x		
18	Svovikvollen 4		x		x			x					x
19	Svovikvollen 5		x		x				x		x		
20	Vikanevollen 1		x			x			x		x		
21	Vikanevollen 2			x			x			x	x		
22	Vikanevollen 3			x		x			x		x		
23	Svarthammarteigvollen			x		x				x	x		
24	Litlefjellsvollen		x				x	x			x		
25	Våtedalsvollen 1		x		x				x		x		
26	Våtedalsvollen 2	x			x				x		x		
27	Sausgjelivollen			x			x	x			x		
28	Storeskorvollen	x			x					x	x		
29	Seltøygardsskred-vollen			x	x			x			x		
30	Hagenvollen		x		x					x			x
31	Middelhaugsvollen		x		x			x			x		
32	Liheimsvollen		x		x			x			x		
33	Nygardsgrovivollen			x	x			x			x		
34	Teigumsvollen			x		x			x		x		
35	Kvenshagvollen			x	x			x			x		
36	Eråksøyvollen			x	x					x			
37	Mannhellervollen			x			x			x	x		
38	Arvenesvollen			x		x			x				x
39	Nepegjerdssteigvollen	x				x			x		x		
40	Ytre Moavollen		x			x			x		x		
41	Sandskredavollen		x		x				x		x		
42	Øyreskredvollen	x				x			x		x		
43	Nautskredavollen 1			x	x			x			x		
44	Nautskredavollen 2			x			x	x			x		x
45	Nautskredavollen 3			x	x			x			x		
46	Ramsteinskredavollen			x	x			x			x		
47	Breiskredavollen 1			x	x			x			x		
48	Breiskredavollen 2		x		x			x			x		
49	Melandsvollen			x		x			x		x		
50	Renndalsvollen	x			x					x	x		
51	Opsegjelvollen	x				x			x		x		
52	Rustadgjelivollen	x					x			x	x		
53	Oreskredvollen			x			x	x			x		

Tabell 19: Tilstandsvurdering av skredvollene. Del 10 av 14.

	A	AP	AQ	AR	AS
1					
2		Tilstand til voll			
3	Navn	god	middels	dårlig	kritisk
4	Toggavollen	x			
5	Frudalsvollen	x			
6	Storeskredvollen	x			
7	Lundhammarvollen	x			
8	Lundevollen	x			
9	Allhauganevollen 1		x		
10	Allhauganevollen 2	x			
11	Allhauganevollen 3	x			
12	Indre Førenesvollen			x	
13	Ytre Førenesvollen			x	
14	Litle Førenesvollen	x			
15	Svovikvollen 1	x			
16	Svovikvollen 2		x		
17	Svovikvollen 3		x		
18	Svovikvollen 4		x		
19	Svovikvollen 5		x		
20	Vikanevollen 1		x		
21	Vikanevollen 2		x		
22	Vikanevollen 3		x		
23	Svarthammarteigvollen				x
24	Litlefjellsvollen	x			
25	Våtedalsvollen 1			x	
26	Våtedalsvollen 2		x		
27	Sausgjelivollen	x			
28	Storeskorvollen		x		
29	Seltøygardsskred-vollen	x			
30	Hagenvollen	x			
31	Middelhaugsvollen	x			
32	Liheimsvollen	x			
33	Nygardsgrovivollen	x			
34	Teigumsvollen			x	
35	Kvenshagvollen	x			
36	Eråksøyvollen	x			
37	Mannhellervollen	x			
38	Arvenesvollen				x
39	Nepegjerdsteigvollen			x	
40	Ytre Moavollen			x	
41	Sandskredavollen			x	
42	Øyreskredvollen			x	
43	Nautskredavollen 1	x			
44	Nautskredavollen 2	x			
45	Nautskredavollen 3	x			
46	Ramsteinskredavollen		x		
47	Breiskredavollen 1	x			
48	Breiskredavollen 2	x			
49	Melandsvollen			x	
50	Renndalsvollen	x			
51	Opsegjelvollen				x
52	Rustadgjelivollen		x		
53	Oreskredvollen		x		

Tabell 20: Tilstandsvurdering av skredvollene. Del 11 av 14.

	A	AT
1		
2		
3	Navn	Hva må utbedres?
4	Toggavollen	Dreneringsrør må tømmes/renses iløpet av de neste 5 årene.
5	Frudalsvollen	
6	Storeskredvollen	
7	Lundhammarvollen	
8	Lundevollen	
9	Allhauganevollen 1	Tømme vannløp/magasin for skredmateriale. Dersom magasinet ikke tømmes jevnlig bør vollen bygges høyere.
10	Allhauganevollen 2	
11	Allhauganevollen 3	
12	Indre Førenesvollen	Tømme skredkanal/vannløp. Forhøye østlig ledevoll.
13	Ytre Førenesvollen	Skredkanalen må tømmes. Vestre ledevoll må forhøyes.
14	Litle Førenesvollen	Vurdere om den burde vært høyere
15	Svovikvollen 1	
16	Svovikvollen 2	Vannløpet må tømmes for skredmateriale.
17	Svovikvollen 3	Erosjon i øvre del av vollen. Tørrmur bør bygges her.
18	Svovikvollen 4	Bør forhøyes i øvre ende fordi blokker er avsatt på vollkronen. Samtidig bør skredmateriale fjernes i øvre ende slik at magasinet blir dypere.
19	Svovikvollen 5	Bør forhøyes, eller så bør magasin fordypes fordi det er avsatt blokker på vollkronen og muligens i skråningen nedenfor. Bør tømmes for skredmateriale i magasin og elveløp.
20	Vikanevollen 1	Plastringen til vannløpet bør forhøyes på støtsiden av vollen for å minimere erosjon. Vannløpet bør tømmes for skredmaterialer. Vollen bør forhøyes ettersom det ligger tre og blokker på vollkronen.
21	Vikanevollen 2	Større magasin og bygging fangvoll i bunn.
22	Vikanevollen 3	Nedre del av kombivollen bør forhøyes, siden det er mye stein på vollkronen. Plastringen på kombivollen bør forhøyes og forlenges oppover skredkanalen.
23	Svarthammarteigvollen	Skredkanal må tømmes.
24	Litlefjellsvollen	Kan være nyttig å grave ut skredkanalen enda dypere helt opp til toppen av vifta.
25	Våtedalsvollen 1	Vollen må forhøyes! Kunne evt. bygges en bratt tørrmur på støtsiden for å hindre overløp.
26	Våtedalsvollen 2	Kunne vært 1-2 m høyere for å unngå steiner som går over.
27	Sausgjelivollen	Kan foreslå å bygge tørrmur midt på vollen der skredkanalen/bekken møter skredvollen. Over tid vil det eroderes en del her.
28	Storeskorvollen	Forhøyes?
29	Seltøygardsskred-vollen	

Tabell 21: Tilstandsvurdering av skredvollene. Del 12 av 14.

	A	AT
1		
2		
3	Navn	Hva må utbedres?
30	Hagenvollen	
31	Middelhaugsvollen	
32	Liheimsvollen	
33	Nygardsgroivollen	
34	Teigumsvollen	Utbedre overgangen mellom den naturlige skredkanalen og vollen. Kanalen må graves dypere og vollen må
35	Kvenshagvollen	
36	Eråksøyvollen	
37	Mannhellervollen	
38	Arvenesvollen	Må forhøye ledevollene, spesielt vestre. Må tømme skredkanalen.
39	Nepegjerdsteigvollen	Bygge vollen høyere, spesielt i nedre del. Her har skred gått over vollen. Tømme/grave ut skredkanalen og gjøre den enda mer markert.
40	Ytre Moavollen	Magasinet <u>må</u> tømmes, det er fullt.
41	Sandskredavollen	Bygge høyere voll der skredet har gått over vollkrona. Se bilder for sted.
42	Øyreskredvollen	Magasin bør tømmes. Skredkanal lenger oppe er fullt, bør derfor tømmes for å unngå nye skredløp. Fangvollen bør forlenges, slik skred ikke kan gå direkte ut på veg.
43	Nautskredavollen 1	
44	Nautskredavollen 2	
45	Nautskredavollen 3	
46	Ramsteinskredavollen	Rense dreneringsrist på/over overbygg
47	Breiskredavollen 1	
48	Breiskredavollen 2	
49	Melandsvollen	Tømme magasinet og skredkanal. Bygge tørrmur i lede/fangvoll, siden det er erosjon helt opp.
50	Renndalsvollen	
51	Opsegjelvollen	Betongmur på brua ved vegen må fikses. Skredkanalen må tømmes helt oppe i skredkanalen, i midten, og bør gjøres i bunn.
52	Rustadgjelivollen	Er behov for voll på nordsiden av skredkanalen. Skredkanalen må tømmes, og da spesielt i bunn mot vegen. Brua over vegen bør repareres.
53	Oreskredvollen	For mindre vedlikeholdsarbeid over tid bør det lages tørrmur flere steder langs støtsiden. Betongmur på brua ved vegen må fikses.

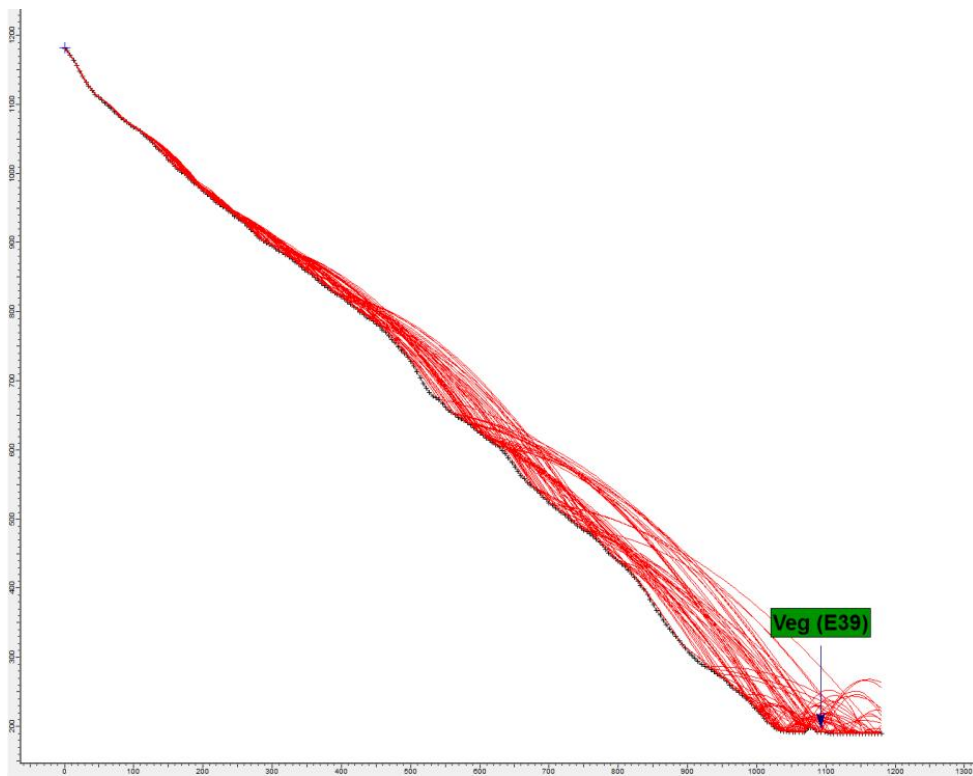
Tabell 22: Tilstandsvurdering av skredvollene. Del 13 av 14.

	A	AU
1		
2		
3	Navn	Andre bemerkninger?
4	Toggavollen	Vollen ser ikke ut til å være testet mot skred. Ingen skadde trær i terrenget like over voll. Vollen er lavest i sørenden og høyere i nordenden.
5	Frudalsvollen	Vollen har et ca 15 m bredt og flatt magasin.
6	Storeskredvollen	Minst høyde i midten av vollen, størst ved endene.
7	Lundhammarvollen	
8	Lundevollen	Nedbør har ført til skred i de finere massene i støtsiden til vollen. Derfor ikke hensiktsmessig å bygge støtside av finere løsmasser brattere enn 35° pga. fare for skred.
9	Allhauganevollen 1	Tørrmur nederste del av støtside, 1 meter høg der vannløp treffer vollen, gradvis økende høyde mot øst. Det ligger rundt 1 m med skredavsetninger i vannløpet som skred følger, dette fører til lavere effektiv høyde av vollen og tørrmuren. Dette har nok ført til erosjon av fyllmassen over tørrmur. Det ligger blokker og tre på vollkrona.
10	Allhauganevollen 2	Ledevoll til Allhaugane 1.
11	Allhauganevollen 3	Ledevoll til Allhaugane 1.
12	Indre Førenesvollen	Finnes også en vestlig leddevoll, men den er ikke like viktig ettersom den ikke beskytter vegen. På den østlige vollkronen mot vegen er det avsatt store blokker som tyder på at vollen er for lav. Dersom blokkene i skredkanalen ikke fjernes vil de utgjøre et naturlig hinder og lede skred mot øst, altså mot tunnelportal. Den østlige vollen avtar i høyde nedover skråningen.
13	Ytre Førenesvollen	Ser ut som at skred har gått over voll og stoppet på gresslette over tunnelportalen. Her ligger det blokker og stein. Våren 2010 gikk det et steinskred oppe i gjelet fra 450 moh og ned til 360 moh. Dette kan føre til problemer i årene som kommer, og i verste fall kan det demme opp elva i gjelet. Derfor er det spesielt viktig å ha en god voll på dette stedet. Se link og bilder. (http://norgebilder.no/?zoom=16&lat=6824848.29655&lon=370765.47474&project=Jølster%202010,Jølster%202006,Sogndal%202008&srs=EPSG:32632).
14	Little Førenesvollen	Det er tørrmur over hele støtsiden og motsatt side av vollen. Vannløpet i magasinet ser ut til å være rensket. Det ligger stein/blokker på vollkrona, i tillegg til tre rester. Over vollen er det sprengt ut et magasin på 30*10 meter, med 10 meter høy bergskjæring i bakkant.
15	Svovikvollen 1	Vollen ovenfor og muren på overbygget begrenser utbredelse av skred i østlig retning, og ned på vegen. Det ligger en kubikkmeter stor blokk 10 meter øst for vollen, som stoppet i et dyregjerde. Uten dyregjerdet ville blokken truffet vegen.
16	Svovikvollen 2	Vollen i seg selv er i god stand, men vannløpet begynner å bli fullt i topp av skredmateriale. Også en del erosjon på muren her. Burde vært overbygg hele strekningen mellom Svovika 1 og 2. Kan se sår i asfalt.
17	Svovikvollen 3	Elveerosjon i øvre del av vollen, som følge av stor vannføring ved mye nedbør.
18	Svovikvollen 4	Nødvendig med jevnlig tilsyn på vollen slik at øvre del av magasinet ikke fylles opp. Vollen avtar i høyde nedover. Vollen bidrar til å bremse, stoppe og lede skredmateriale på veg ned til Svovika 5.
19	Svovikvollen 5	Den tåler kun belastning over tid dersom magasinet tømmes regelmessig for skredavsetninger. Svovika 3 er dens leddevoll. Vollen avtar i høyde nedover.
20	Vikanevollen 1	To steder er vollen erodert inn ein meter over plastringen til vannløpet. Det er en liten leddevoll i østkant for å unngå østlig utbredelse av skred og den leder inn mot denne kombivollen. Kort tørrmur helt i enden av vollen (mot øst). Vollen avtar i høyde nedover.
21	Vikanevollen 2	Vollene såg i utgangspunktet store nok, men ved ettersyn på Google StreetView med bilde fra mars 2010 var det skred som hadde fylt opp magasinet med snø og ved flere skred den snøskredsesongen ville det gått inn på vegen.
22	Vikanevollen 3	Det er erosjon ca 2 meter opp på kombivoll fra skredkanalen langs heile lengden pga. manglende plastring/tørrmur. 40° helning på leddevoll. Høyden til vollene avtar nedover.
23	Svarthammarteigvollen	Det er et utgravid elveløp/skredkanal, som i utgangspunktet nok skulle fungere som ledevoller, men nå er oppfylt av skredavsetninger. Svinger svakt i nedre del, derfor kombivoll. Dersom skredkanalen ikke tømmes risikeres det at skredløpet får en ny veg, ut av denne skredkanalen.
24	Littlefjellsvollen	Fallvinkel til leddevoll er ca 25°, mens fallvinkel til fangvoll er ca 35°.
25	Våtedalsvollen 1	Vollen i seg selv er i god stand, men den er for liten! Store steiner/små blokker ligger oppå kronen. Noen steiner ligger i vegkant og på andre siden av vegen. 3 m høyere hadde sannsynligvis vært tilstrekkelig. Steinspreng kan nå vegbanen. Siden vollen ligger helt opp til vegbanen er konsekvensen stor. Det er stor trafikk og stor skredaktivitet. Ergo, høy risiko. Vollens generelle tilstand er på grensen til kritisk!
26	Våtedalsvollen 2	Ser ut til at magasinet har vært utvida siste åra ved utgraving av nedre kant av vifta. Nye steiner i grøftkant som trolig har kommet fra skred, men ingen merker i asfalten.
27	Sausgjellivollen	
28	Storeskorvollen	blokker potensielt kan sprette over vollen og ut i vegbanen. I bakkant er vollen/tørrmuren dekket av
29	Seltøygardsskred-vollen	Både i vest og øst enden hvor faren for steinsprang er størst er det brukt tørrmur og ikke finere løsmasser i konstruksjonen av støtsiden. I midten av vollen har det gått et jordskred og det er potensiale for flere jordskred ned fjellsiden.

Tabell 23: Tilstandsvurdering av skredvollene. Del 14 av 14.

	A	AU
1		
2		
3	Navn	Andre bemerkninger?
30	Hagenvollen	Stein kan potensielt sprette over vollen hvis den løsner i topp, men det er lite sannsynlighet for at dette vil skje.
31	Middelhaugsvollen	Ser ut som at det har gått snøskred i terrenget vest for vollen fordi her er det enkelte trær som ligger flate, men det ser ut til å være en stund siden.
32	Liheimsvollen	Litt merkelig plassering av skredvullen. Undres over om den er bygget for å bli kvitt tunnelmasse eller om det er for å hindre at eventuelle flomskred ikke skal renne inn og ned i tunnelen?
33	Nygardsgrovivollen	Buet fangvoll. Svinger i en S over tunnelportal, slik at den også beskyttes. Kan også stoppe jordskred. Flere eldre jordskredavsetninger i område fra skredløpet som har beveget seg.
34	Teigumsvollen	Kan se tydelige spor på at skred har beveget seg ut av skredkanalen og over vollens øvre del og ned på feil side av vollen. Her er vollen for lav. Skjer dette igjen med et større skred vil det nå vegen uten særlig oppbremsing.
35	Kvenshagvollen	Ser ikke ut som at det har vært særlig skredaktivitet etter at vollen ble bygget.
36	Eråksøyvollen	Usikkert om vollen er stor nok fordi det ligger store eldre blokker, som har gått langt lenger enn der vollen står. Noe som vollen ikke hadde vært stor nok til å stoppe. (Mulig at vollen er for liten i vest, for det ligger stein i vegkanten som kan ha sprettet over vollen, men sannsynligvis har noen dratt de ut av vollen og plassert dem i vegkanten.
37	Mannhellervollen	Fangnett på topp av voll, og oppe i fjellsiden på berget. Meget løst berg i fjellsiden. Potensiale for at store blokker kan løsne.
38	Arvenesvollen	Oppstøpt betongmur i overkant av vollen med nedrevet gjerde på topp. Magasin/øvre skredkanal er sprengt ut. Under synfaring så det ut som at fangnett over vollen var under montering, men det var ingen tegn til vedlikehold på mur or skredkanal. Skredkanalen er mer utgrav enn nedsenket mellom vollene.
39	Nepegjerdsteigvollen	Flere steder langs skredkanalen ser det ut til at skred har gått over ryggen og at løpet har forandret seg litt over årene. Ser ut som at vollen "nylig" har blitt vedlikeholdt i nedre del mot vegen, men ikke i øvre. Dessverre er vedlikeholdet ikke tilfredsstillende, for vollen her er alt for liten.
40	Ytre Moavollen	Høyden til vollen blir større når skredmateriale tømmes. Derfor trenger den ikke å forhøyes, men tømmes. Men dersom det ikke er ønske om jevnlig vedlikehold kan den heller forhøyes.
41	Sandskredavollen	Nederst er vollen 5 m høy, øverst 10 m. I bunnen er det tørrmur helt opp til vollkrona, ca. 5 m. Lengre oppe er tørrmuren bare ca. 3 m høy og massen over er fylling. Skred har gått over vollkrona. Ser ut til at skred har gått over vegen! I 2000 var siste skred med skade på veg registrert.
42	Øreskredvollen	Nederst er vollen 3 m høy, øverst 4 m. Magasinet er gravd ut i enden av skredkanalen i jordmasser, rett ovenfor vegen. Derfor er vollkrona i ett med terrenget rundt.
43	Nautskredavollen 1	
44	Nautskredavollen 2	Lite/ingen revevegetasjon, vanskelig å si noe om dette skyldes erosjon, eller dårlig jordsmonn/fylling.
45	Nautskredavollen 3	Smal krone. Vollens tilstand er inntil videre god, men bør revurderes innen få år.
46	Ramsteinskredavollen	Hypotese; store deler av magasinet har vore fylt opp av snø og samtidig har det kommet sørpeskred og erodert langs snøskredkanten. På sørsida av vollen har det rast blokker ned på traktorveg, dersom blokkene går bare meteren til kan de treffe hovedvegen. Her bør snarest settes opp en sognemur, for å forhindre videre utrasinger fra jorden ovenfor.
47	Breiskredavollen 1	
48	Breiskredavollen 2	
49	Melandsvollen	På nedsiden av vegen er skredkanalen plastret. På oppsiden av vegen er verken skredkanalen eller magasinet plastret.
50	Rendalsvollen	Tørrmur nederste 20 metrene av den utgravde skredkanalen. Har betraktet de to ledevollene på hver sin side av skredbanen sammen med fangvullen, noe som vegen fungerer som. Nylig vedlikeholdt og utbedret. Skredkanal nylig tømt og fordypet. På nedsiden av vegen, i retning den store elva, er det lagt opp store leveer.
51	Opsegjelvollen	Tørrmur nederste 70 metrene av vollen på nordvestsida. Vollen er vedlikeholdt, men det er en stund siden sist. Slik tilstanden er nå kan skred finne nytt løp fra midten av kanalen, og vestover, rett over vegen. I verste fall vil skred dreie nordover fra rotpunktet på skredviften. Fallvinkelen til støtsiden er minst i topp(20°) og størst i bunn (40°).
52	Rustadgjelivollen	Ser ut som at vollen er under vedlikehold for det er parkert en gravemaskin i bunn. Dersom vedlikeholdsarbeidet som er i gang utføres slik det skal blir tilstanden bra, men det kan bli vanskelig for oss å kontrollere, så i skrivende stund er tilstanden middels.
53	Oreskredvollen	Mye tørrmur i bunn og fylling ovenpå, stedvis plassert mer i nedre del. Fallvinkel til terreng like over voll; 35-40° i gjel og 15-25° i skredkanal som går langs voll. Erosjon langs støtsidene til vollen flere steder, burde være tørrmur flere steder for mindre vedlikeholdsarbeid over tid. Den nordre ledevollen fortsetter på nedsiden av vegen, ingen erosjon på den. Betongmur på brua ved vegen er deformert av skred. Her gikk det skred over veg i midten av november 2013.

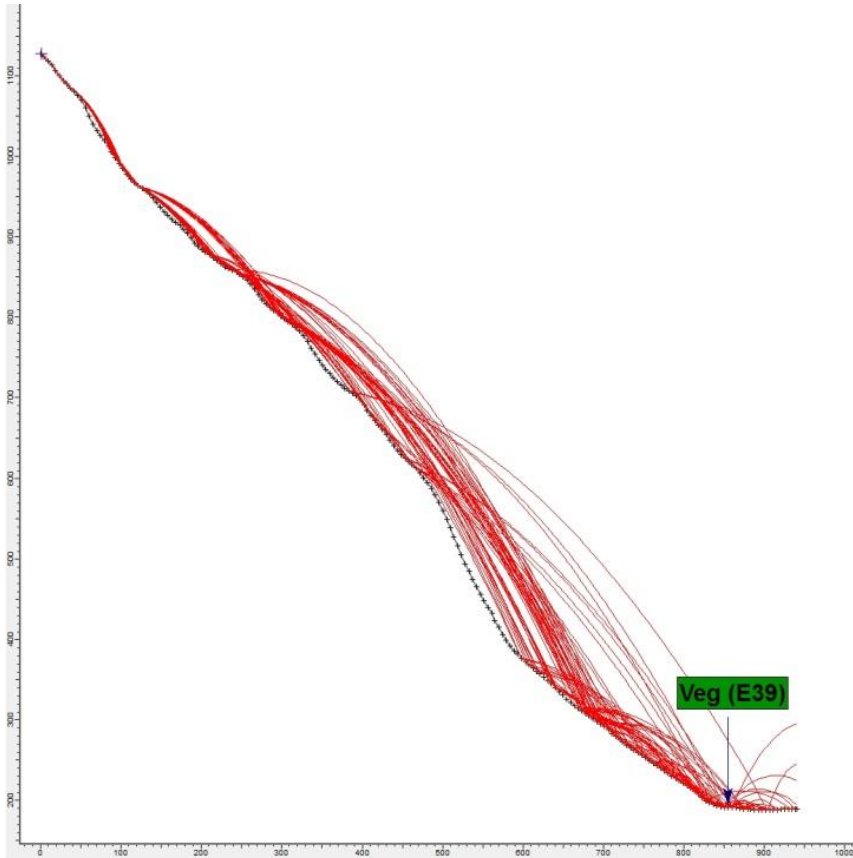
10.2 Case Studies



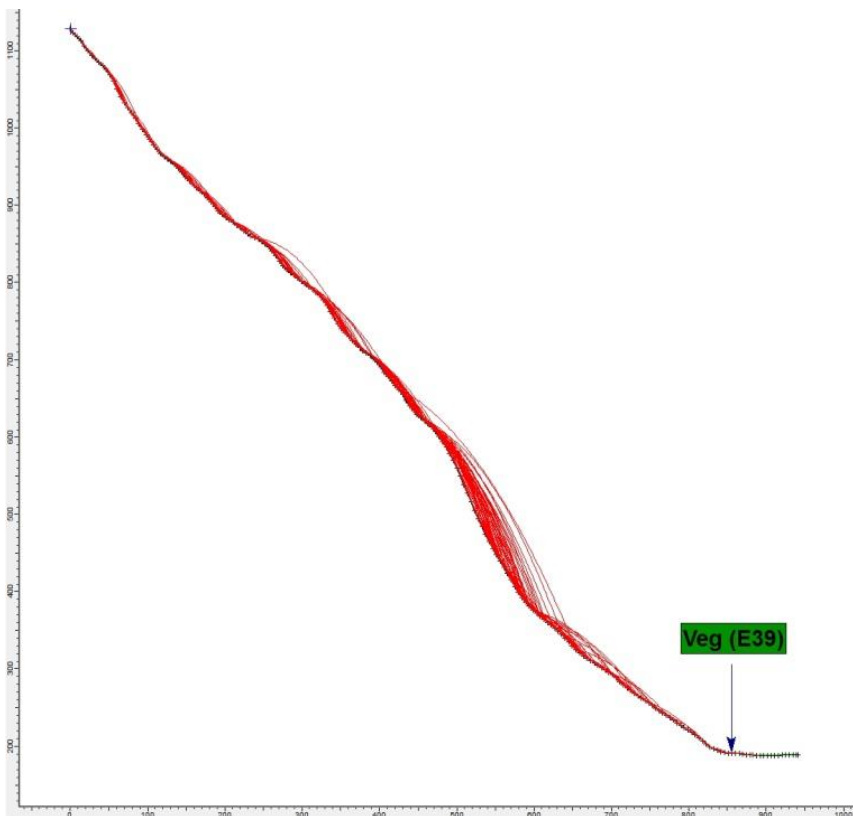
Figur 65: Simulering av fallinje 2 med SF verdier.



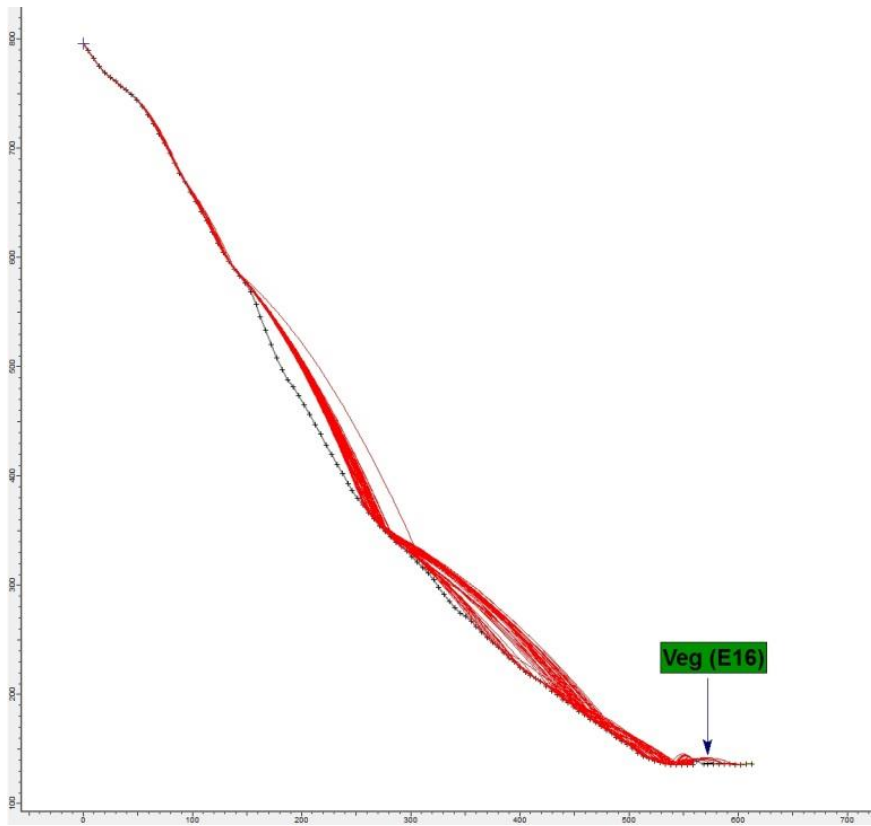
Figur 66: Simulering av fallinje 2 med SWECO verdier.



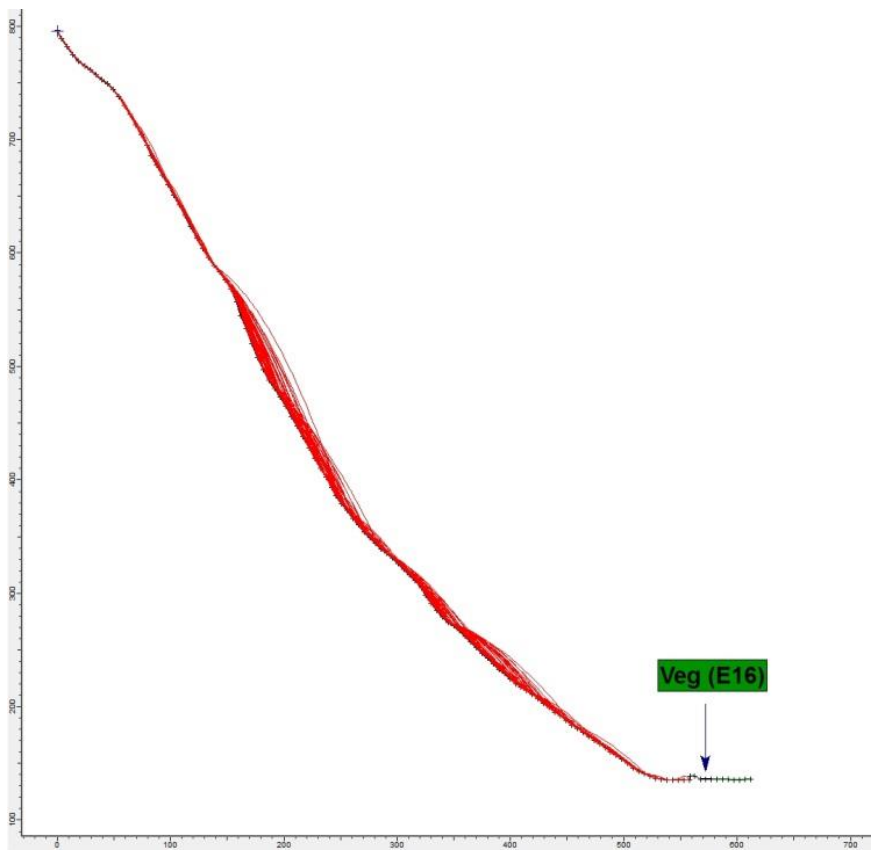
Figur 67: Simulering av fallinje 3 med SF verdier.



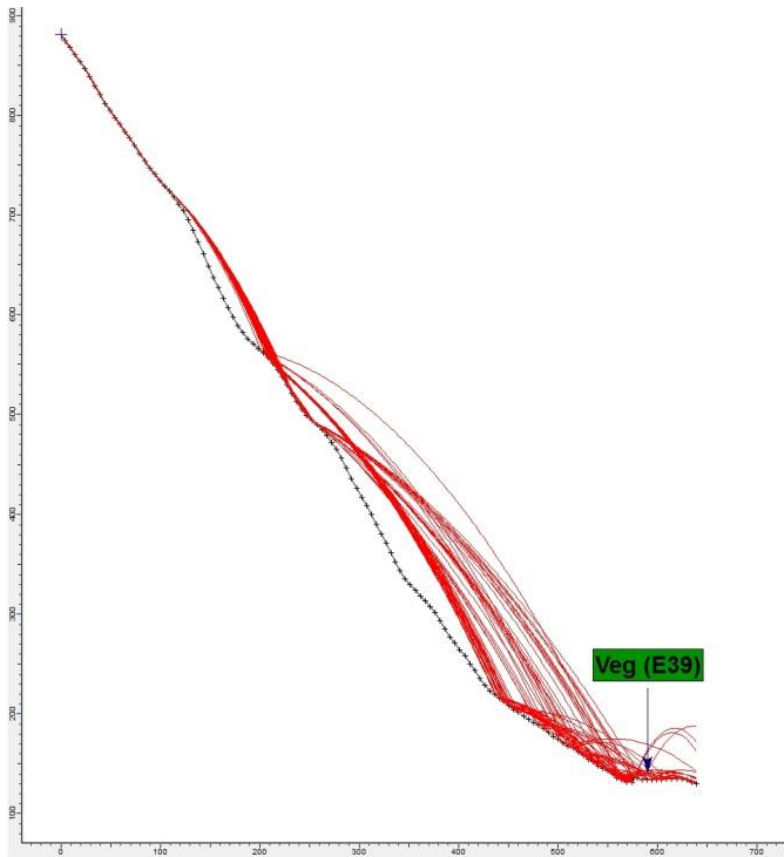
Figur 68: Simulering av fallinje 3 med SWECO verdier.



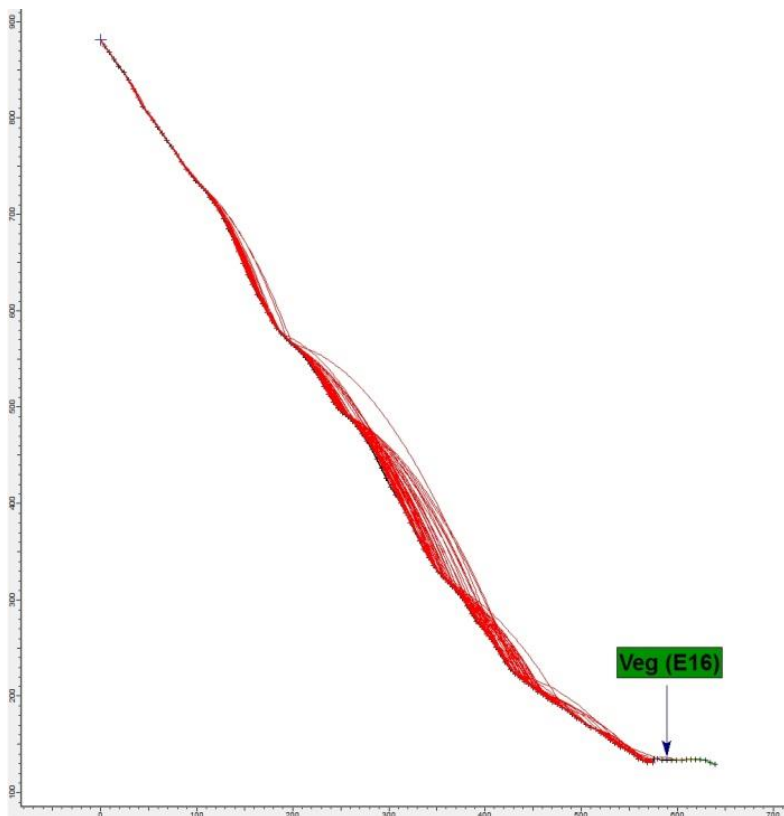
Figur 69: Simulering av fallinje 4 med SF verdier.



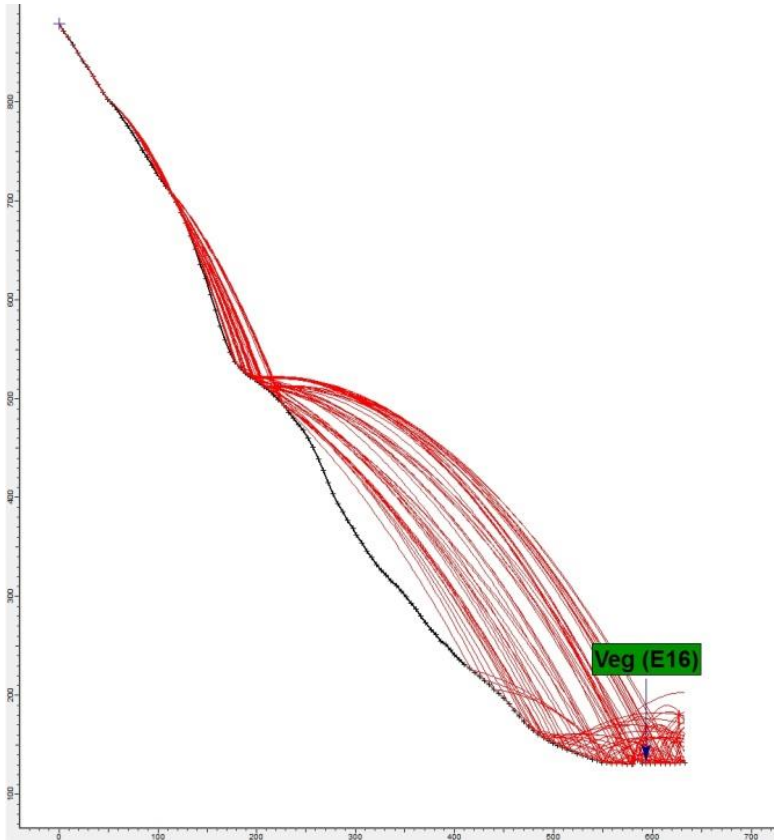
Figur 70: Simulering av fallinje 4 med SWECO verdier.



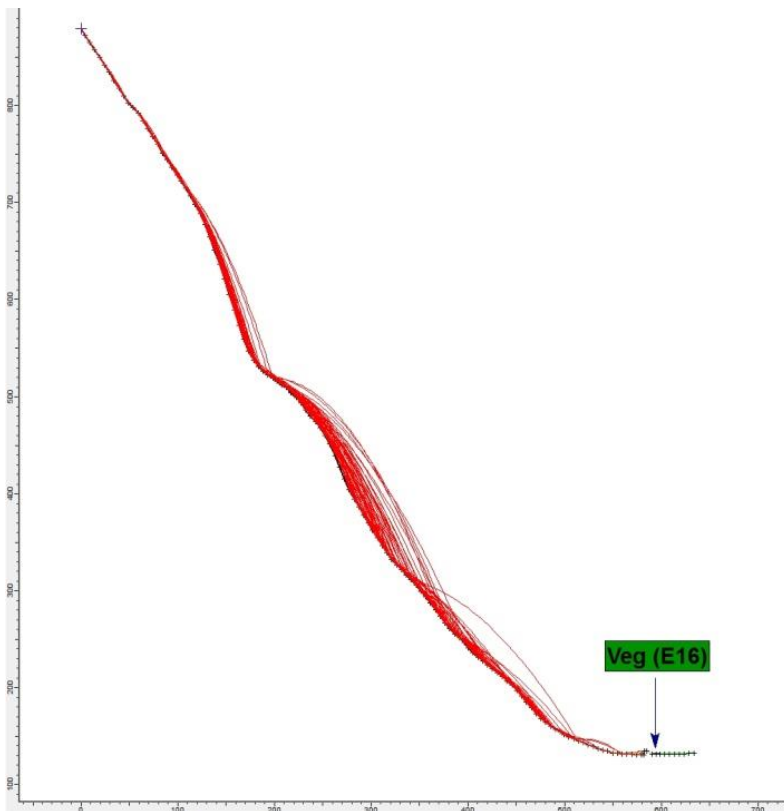
Figur 71: Simulering av fallinje 6 med SF verdier.



Figur 72: Simulering av fallinje 6 med SWECO verdier.



Figur 73: Simulering av fallinje 7 med SF verdier.



Figur 74: Simulering av fallinje 7 med SWECO verdier.