



Jernbaneverket



Statens vegvesen

# Naturfareprosjektet. Delprosjekt 7- Skred og flomsikring Studietur Sveits

*Gunne Håland og Audun Langelid*

61  
2015



R  
A  
P  
P  
O  
R  
T

## Naturfareprosjektet. Delprosjekt 7- Skred og flomsikring

**Utgitt av:** Norges vassdrags- og energidirektorat

**Redaktør:**

**Forfattere:** Gunne Håland og Audun Langelid

**Trykk:** p.o.d.

**Opplag:**

**Forsidefoto:** Arkiv Statens vegvesen

**ISBN** 978-82-410-1108-5

**Sammendrag:** Formålet med studieturen var å utvikle vår kompetanse for bruk av ulike typer fanggjerd, som alpelandene bruker til skredsikring, med hovedvekt på vannrelaterte skred. Dette for å bringe ideer og metoder hjem til våre prosjekter og å bidra til naturfareprosjektet NIFS gjennom erfaringsutveksling. Ut i fra erfaringene vi har gjort på turen er det i rapporten satt opp noen punkter med anbefalinger til fagmiljøet i Statens vegvesen, NVE og Jernbaneverket som samarbeider om denne problemstillingen gjennom naturfareprosjektet.

**Emneord:** skred - og flomsikring

Norges vassdrags- og energidirektorat  
Middelthunsgate 29  
Postboks 5091 Majorstua  
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95  
Telefaks: 22 95 90 00  
Internett: [www.nve.no](http://www.nve.no)

2015

## Sammendrag

Denne rapporten omhandler erfaringer og inntrykk fra en studietur til Sveits 14.-18. september 2014. Gunne Håland (VD-TMT), og Audun Langelid (RS-Ressursavdelingen) besøkte Geobrudd AG ved hovedkontoret i Romanshorn like ved grensen mot Tyskland nord i Sveits. Etter besøket til hovedkontoret gikk turen gjennom store deler av Sveits der vi besøkte ulike skredsikringsprosjekter. Totalt 14 lokaliteter ble besøkt i løpet av fire dager. Informanter som var med oss ute på de ulike lokalitetene var personer som hadde hatt lederroller for gjennomføring av sikringstiltakene. Det var for det meste geologer fra private konsulentfirmaer.

Geobrudd produserer flere ulike typer fanggjerdar - utviklet for å sikre mot flere ulike skredtyper. Selskapet har i dag produksjonssteder på 4 kontinenter i verden (Sveits, Kina, Japan, Australia og USA) og omkring 340 ansatte. Geobrudd leverer sine produkter til hele verden og har samarbeidspartnere i over 50 land.

Tradisjonelt har fanggjerdar blitt mest brukt til sikring mot steinsprang i Norge, men i de siste årene har man i alpelandene utviklet fanggjerdar som sikrer mot både flomskred, jordskred og mindre snøskred. Dette er mulig fordi gjerdene har blitt mer fleksible gjennom modernisering og oppgraderinger av de ulike komponentene i gjerdene. Flexibiliteten i gjerdene gjør at de tåler dynamiske laster fra vannrelaterte skred - i tillegg til punktlaster fra steinsprang. Utvikling av bremselementene er den viktigste komponenten for at gjerdene har blitt mer fleksible.

Formålet med studieturen var å utvikle vår kompetanse for bruk av ulike typer fanggjerdar, som alpelandene bruker til skredsikring, med hovedvekt på vannrelaterte skred. Dette for å bringe ideer og metoder hjem til våre prosjekter og å bidra til naturfareprosjektet NIFS gjennom erfaringsutveksling.

Ut i fra erfaringene vi har gjort på turen er det i rapporten satt opp noen punkter med anbefalinger til fagmiljøet i Statens vegvesen, NVE og Jernbaneverket som samarbeider om denne problemstillingen gjennom naturfareprosjektet.

## Forord

Denne rapporten ble utarbeidet etter en studietur til Sveits. Studieturen startet hos fabrikk/hovedkontor til Geobruigg nord i Sveits. Deretter fortsatte turen sørover i Sveits med en snartur innom Italia, før turen endte opp i Luzern, som ligger omtrent midt i Sveits. Vi hadde med oss en representant fra Geobruigg som guidet oss på hele turen. Ved de ulike lokalitetene var det informanter som hadde god kjennskap til skredsikringsprosjektene.

Denne rapporten er utarbeidet av Vegdirektoratet og Region sør i Statens vegvesen og inngår som en del av NIFS-prosjektet. NIFS er et tverretattlig samarbeidsprosjekt mellom Statens vegvesen, NVE, og Jernbaneverket. Se: [www.naturfare.no](http://www.naturfare.no)

Problemstillingene som har blitt belyst i denne rapporten er med på å synliggjøre nye utfordringer, tanker og idéer knyttet til sikring mot vannrelaterte skred i Norge.

Vi ønsker å takke Geobruigg v/Andreas Schoop som tok godt imot oss, og sørget for at vi fikk et fantastisk opphold de dagene vi hadde sammen i Sveits. I tillegg ønsker vi å takke Kenneth Cappelen som er daglig leder i Fjerby AS som hjalp oss med få tak i de rette kontaktpersonene i Sveits. Vi ønsker også å takke Mauro Pini, Eric Pointner, Alban Brigger og Damian Steffen som stilte opp som informanter ute på de ulike lokalitetene.

Trondheim og Skien, mai 2015



Gunne Håland  
Vegdirektoratet



Audun Langelid  
Region sør

## Innhold

Sammendrag .....	1
Forord .....	2
1 Innledning .....	4
2 Generelt om Sveits .....	6
3 Geobrudd og Fatzer .....	7
4 Bruk av fanggjerd i Norge .....	8
5 Gjennomgang av turen .....	9
5.1 Fabrikk til Geobrudd i Romashorn: .....	9
5.2 Sikring av trafo med fleksible ringnett – gjerd i Regione Giubiasco (Faidi) .....	28
5.3 Sikring av bolighus med et fleksibelt ringnett – gjerde i Jaubiajco .....	33
5.4 Sikring av veg mot steinsprang i Domodossola (Italia) ved bruk av fleksible ringnett - gjerde .....	35
5.5 Sikring mot flomskred og steinsprang ved Iselle jernbanestasjon (Italia) ved bruk av fanggjerd og fangdam .....	37
5.6 Sikring av veg mot snøskred i Simplon pass ved bruk av snøgjerd som støtteforbygninger 41 .....	41
5.7 Sikring av veg og bolighus mot slamførende flomskred i Brig ved bruk av fleksible ringnett – gjerd og sedimentasjonsbasseng .....	47
5.8 Testområdet Illgraben .....	51
5.9 Sikring av veg mot steinsprang i Chandolin ved bruk av selvrensende fanggjerd .....	54
5.10 Sikring av veg og landsby i Oberwill ved bruk av et fleksibelt ringnett – gjerde .....	56
5.11 Sikring av landsby mot flomskred i Grönbach ved bruk av fleksible ringnett - gjerd .....	58
5.12 Sikring av to landsbyer (Hasliberg og Meiringen) ved bruk av fleksible ringnett – gjerd i løsneområdet .....	61
5.13 Sikring av bolighus og en rundkjøring mot jordskred i Luzern ved bruk av et fleksibelt ringnett – gjerde .....	65
6 Eksempler på skredområder i Norge der fanggjerd kan være aktuelle sikringstiltak .....	69
6.1 Rv 5 Kjøsnestfjorden, Støylstunellen vest, Sogn og Fjordane .....	69
6.2 Fv.30 Støren–Røros, Svølgja, Sør–Trøndelag .....	71
6.3 Fv.30 Støren–Røros, Kotsøy, Sør-Trøndelag .....	72
7 Vurdering av måloppnåelse for turen .....	73
8 Oppsummering og diskusjon .....	74
9 Anbefalinger for fagmiljøet i Statens vegvesen og samarbeidsetatene i NIFS .....	77
Vedlegg .....	78

# 1 Innledning

Rapporten er utarbeidet etter en studietur til Sveits 14.-18. september 2014. Hensikten med besøket til Geobruigg og Sveits var å utveksle erfaringer og øke kompetansen på bruk av ulike typer fanggjerder, med spesielt fokus på sikring mot vannrelaterte skred.

Sveits har sammenlignbare forhold med Norge både med tanke på klima og topografi. I alpelandene, med blant annet Geobruigg, har det i de siste årene blitt utviklet fanggjerder som kan brukes som sikringstiltak mot både flomskred, jordskred og mindre snøskred. Dette er mulig fordi gjerdene har blitt mer fleksible gjennom modernisering og oppgraderinger.

Denne rapporten er utarbeidet av Vegdirektoratet og Region sør i Statens vegvesen og inngår i delprosjekt 7 skred - og flomsikring, som er en del av naturfareprosjektet NIFS. Dette forskningsprosjektet (NIFS) er et tverretattlig samarbeidsprosjekt mellom Statens vegvesen, NVE, og Jernbaneverket.

Følgene personer fra Statens vegvesen var med på turen:

- Gunne Håland, ingeniørgeolog i Vegdirektoratet/TMT-avdelingen, Trondheim
- Audun Langelid, ingeniørgeolog i Region sør/Ressursavdelingen, Skien

I tillegg var Kenneth Cappelen, som er daglig leder i Fjerby AS, med på deler av turen.

De to deltakerne fra Statens vegvesen har sentrale roller innen skredsikring og begge er involvert i etatsprogrammet NIFS. De har geologisk og skredfaglig utdanning og jobber til daglig med skredfaglige problemstillinger i Statens vegvesen. Audun Langelid jobber også med geologiske problemstillinger relatert til tunnel og skjæringer. Han kjenner firmaet Fjerby AS fra tidligere skredsikringsprosjekter, som bisto og hadde hovedkontakten med Geobruigg i forkant av turen. Gunne Håland jobber også med design og dimensjonering av skredsikringstiltak, skredsimulering, skredfarekartlegging.

De viktigste målene for turen var:

1. Utvikle kompetansen innenfor bruk av fanggjerder som sikringstiltak med hovedfokus på vannrelaterte skred.
2. Gjennom presentasjoner, møter og nettverksbygging med fagmiljø i Sveits bringe ideer og metoder hjem til våre prosjekter og kollegaer.

Turen er finansiert av Statens vegvesen gjennom ordningen med reisestipend.

Rapporten tar først for seg en beskrivelse av hver lokalitet som ble besøkt i løpet av de fire dagene. Deretter kommer det et kapittel som oppsummerer og diskuterer de viktigste inntrykkene og erfaringene som ble gjort i løpet av turen. Til slutt avsluttes rapporten med en punktvis liste med hvilke anbefalinger vi har til Statens vegvesen og andre relevante faggrupper i NIFS prosjektet. Rapporten har to vedlegg; vedlikeholdsrutiner for fanggjerder og program for turen.

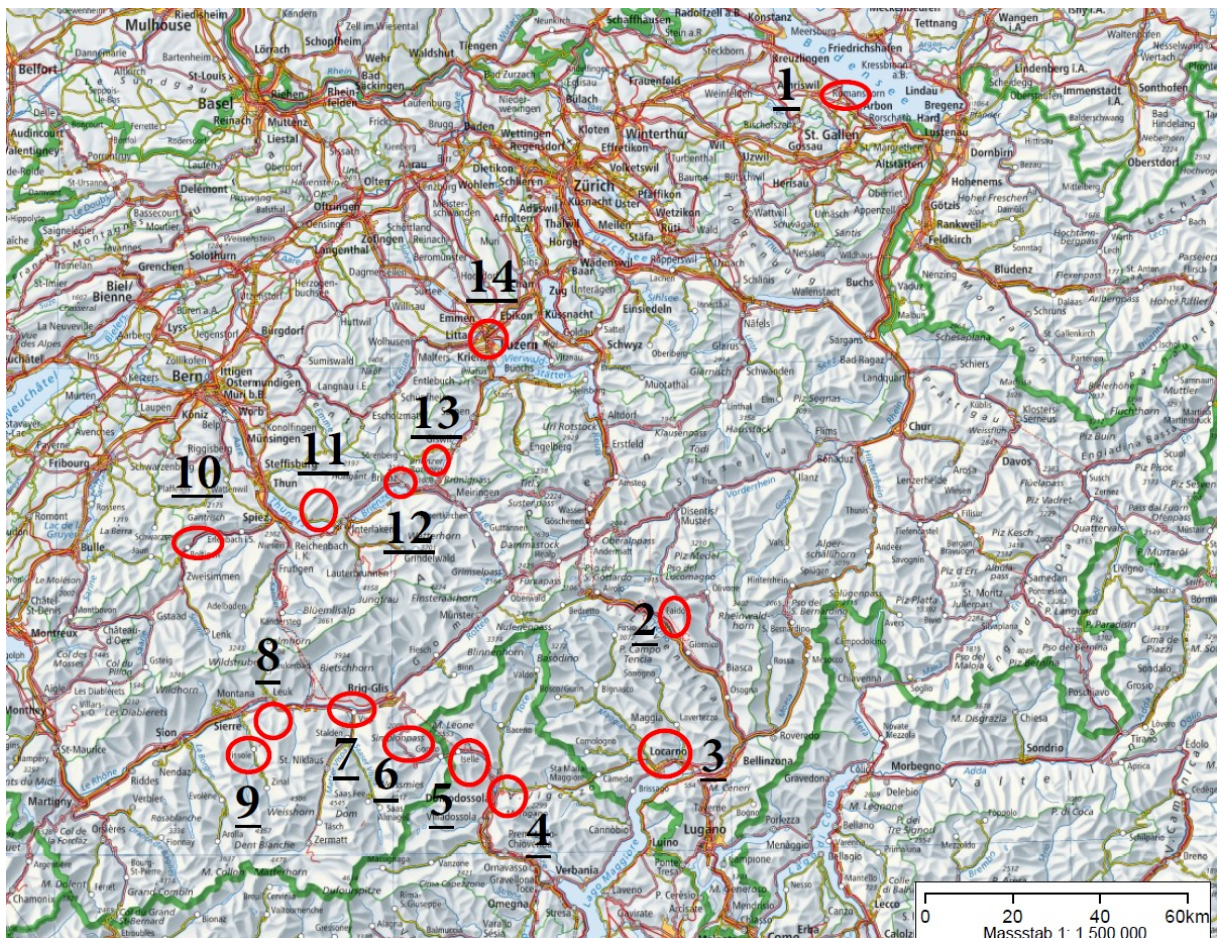
Tabell 1 under viser en oversikt over hvilke lokaliteter som ble besøkt i løpet av turen, og figur 1 viser reiseruta på kart.

**Tabell 1 Oversikt over lokaliteter som ble besøkt i løpet av 14.-18. september 2014**

Lokalitet	Stedsbeskrivelse	Sikringstiltak
1 (dag 1)	Romanshorn	Hovedkontor og fabrikk til Geobruigg og Fatzer
2 (dag 1)	Regione Giubiasco (Faidi)	Flomskredsikring ved bruk av fleksible ringnett - gjerder
3 (dag 1)	Jaubiajco	Flomskredsikring ved bruk av fleksible ringnett - gjerder kombinert med fangdam i betong
4 (dag 2)	Domodossola (Italia)	Sikring mot steinsprang. Fanggjerder fundamentert i bratt skråning med løsmasser.
5 (dag 2)	Iselle jernbanestasjon (Italia)	Sikring mot flomskred og steinsprang. Sedimentasjonsbasseng i betong og fanggjerder.
6(dag 2)	Simplon Pass	Sikring mot snøskred/snøsig ved bruk av snøgjerder som støtteforbygninger
7 (dag 2/dag 3)	Brig	Sikring mot flomskred. To fangdammer/sedimentasjonsbasseng bygd i betong og stein.
8 (dag 3)	Illgraben, Pfynwald	Testområde for bruk av fleksible ringnett - gjerder mot flomskred
9 (dag 3)	Chandolin	Sikring mot steinsprang på veg bruk av selvrensende fanggjerdet som overbygg
10 (dag 3)	Oberwill	Sikring mot flomskred. Veg og landsby sikret med verdens største fleksibelt ringnett - gjerde
11 (dag 4)	Grönbach (Thun)	Sikring mot flomskred. Sikre landsby ved bruk av fleksible ringnett - gjerder kombinert med betong
12 (dag 4)	Brienz	Sikring mot flomskred. Sikring av elveløp gjennom landsby med utgravning og ledevoll, erosjonssikring.
13 (dag 4)	Hasliberg (Brienz)	Sikring mot flomskred i løseområdet ved bruk av fleksible ringnett - gjerder
14 (dag 4)	Luzern	Sikring mot jordskred ved bruk av fleksible jordskredgjerder.

Informanter som vi møtte ute ved de ulike lokaliteter var personer som hadde hatt ulike lederroller i forbindelse med gjennomføring av sikringstiltakene. De fleste var geologer fra private konsulentfirmaer som hadde hatt rollen som prosjektledere. I tillegg var Alban Brigger, som er leder for naturfareavdeling i kanton Brig, med som informant på to ulike skredsikringsprosjekter i dette området.

Studieturen startet ved fabrikk/hovedkontoret til Geobruigg i Romanshorn, nord i Sveits. Deretter fortsatte turen sørover langs grensen til Liechtenstein, og etter hvert kjørte vi østover inn i Nord-Italia der vi besøkte to lokaliteter. Turen videre gikk nordvest og inn i de sentrale delene av Alpene, før turen endte opp i Luzern, omtrent midt i Sveits.



Figur 1. Reiserute iht til tabell 1. Landegrenser er merket med grønn linje

## 2 Generelt om Sveits

Sveits er en forbundsrepublikk i Sentral-Europa og består av 26 delstater (kantoner). Landet er lite, men svært sammensatt når det gjelder naturgrunnlag, språk og kultur. Det bor i overkant av 8 millioner mennesker i Sveits. Landet består naturgeografisk av tre hoveddeler; Jurafjellene i nordvest, Alpene i de sentrale og søndre delene av landet og Mittelland som utgjør de lavereliggende området mellom fjellområdene. Det er fire offisielle språk i Sveits: tysk, fransk, italiensk og retoromansk.

På nasjonalt nivå er den lovgivende og bevilgende makt lagt til den folkevalgte forbundsforsamlingen. Regjeringen, som kalles forbundsrådet, velges av den samlede forbundsforsamling etter forholdsmessige prinsipper. Forbundsrådet består av sju medlemmer som styrer hvert sitt departement. Disse veksler årlig på å være stats- og regjeringssjef. Ved forfatningsendringer og lovendringer kan det holdes folkeavstemninger. Sveits er det landet i den vestlige verden som har høyest innslag av direkte demokrati.

De 26 kantonene har en svært høy grad av indre selvstyre, og egne grunnlover. Staten Sveits har ansvaret for de store motorvegene og jernbanen, mens resten av infrastruktur og bebyggelse har de ulike kantonene ansvaret for.



### 3 Gebrugg og Fatzter

Hovedkontoret til Gebrugg ligger i Romashorn ca. 1 times kjøring nordøst for Zurich (se figur 2).



**Figur 2. Hovedkontoret og fabrikken til Gebrugg ligger i Romashorn, helt nord i Sveits (Foto: Gebrugg)**

Forløperen til Gebrugg ble stiftet/dannet i 1836 under navnet Fatzter AG i 1836. I 1896 ble firmaet Brugg AG dannet med Fatzter som et datterselskap. I 1951 utviklet Brugg AG sitt første skredsikringsnett for å erstatte betongkonstruksjoner til skredsikring. I 1958 utviklet Brugg AG verdens første fanggjerde. Dette ble montert for å beskytte en kraftlinje sør i Sveits. På sytti- og åttitallet ble de første bremsesystemene for fanggjerder utviklet som dermed gjorde at disse fanggjerdene kunne ta opp stadig større laster/krefter. I 1992 skilte man ut den delen av Fatzter AG som drev med skredsikringsprodukter i et eget datterselskap under Brugg og det fikk navnet Gebrugg.

Gebrugg fullskaletester alle produktene de sender ut på markedet. I de sveitsiske retningslinjene er det krav til at alle fanggjerder som brukes innen skredsikring skal dokumenteres ved fullskaletester. Gebrugg har i dag produksjonssteder på 4 kontinenter i verden (Sveits, Kina, Japan, Australia og USA) og omkring 340 ansatte. Gebrugg leverer sine produkter til hele verden og har samarbeidspartnere i over 50 land. Siste nyvinning innen skredsikring fra Gebrugg er selvrensende fanggjerder som kan benyttes til erstatning for skredoverbygg/tunnel (dette er omtalt i eget kapittel senere i rapporten).

## 4 Bruk av fanggjerd i Norge

Tradisjonelt har fanggjerd blitt brukt til sikring mot steinsprang i Norge, men er lite brukt for sikring mot vannrelaterte skred. Enkelte steder har det i nyere tid blitt satt opp snøgjerd som støtteforbygning for å hindre at snøskred løsner. Steinspranggjerd og wirenett blir også mye brukt til stabilisering av jordskrånninger og løse blokker.



**Figur 3.** Her blir snøgjerd brukt som støtteforbygning for å hindre at snøskred treffer vegen, fv 503 i Telemark (Foto: Audun Langelid)

Det finnes i dag flere utenlandske leverandører markedet som leverer ulike typer fanggjerd. Eksempler på leverandører er Geobrugg (Sveitsisk), Trumer (Østerisk) og Avacoc (Fransk). For mer informasjon bruk av fanggjerd mot steinsprang i Norge henvises det til VD rapport 32: sikring av veger mot snøskred.

## 5 Gjennomgang av turen

### 5.1 Fabrikk til Geobrugg i Romashorn:

Informant: Andreas Schoop (Regional leder, Geobrugg AG)

Studieturen startet med en omvisning på fabrikken til Geobrugg der fanggjerdene og sikringsnettene produseres i Europa. Her fikk vi innblikk i hvordan de ulike sikringsnettene lages og til hvilke formål disse brukes. Vi fikk ikke lov til å ta bilder inne i selve fabrikkhallen av hensyn til forretningshemmeligheter.



**Figur 4. Omvisning på utsiden av fabrikken (Foto: Audun Langelid)**

Geobrugg produserer i hovedsak tre typer sikringsnett som brukes i de forskjellige fanggjerdene; Tecco, Spider, og Rocco ringnett. Nettsystemene har varierende egenskaper i forhold til hvor mye strekkrefter de tåler, og hvordan de absorberer energi.

Tecco-systemet levers med en wiretykkelse på 2, 3 og 4 mm og blir brukt i GBE fanggjerdar (steinspranggjerdar) for støtlaster på 100, 500 og 1000 kJ, samt jordskredgjerdar (SL - 100). Maskene har en rombeformet design noe som gir en effektiv kraftoverføring til naglene. Nettene tåler en strekkelast på 1770 N/mm<sup>2</sup>. Tecco-nettene blir også brukt til å stabilisere jordskråninger og løse blokker. Alle nettene er av rustfri kvalitet.

Spider-systemet er laget av spiralwire som er noe tynnere, men tåler like stor strekkstyrke som Tecco nettene. Spider nettene blir brukt i GBE fanggjerdar for støtlaster på 2000 - 3000 kJ, og i jordskredgjerdar (SL-150). Nettene blir også brukt til å stabilisere jord og ustabile fjellpartier.

Rocco ringnett systemet består av ringer som er flettet sammen. Hver ring består av 3 mm tykk stålwire med strekkstyrke på 1770 N/mm<sup>2</sup>. Det er 16-19 wiresspiraler som er buntet sammen i hver ring avhengig av mengden energi som skal bli absorbert. Nettene blir brukt for å ta opp store mengder støt energi. I produksjonen er ca. 50 % av ringene laget manuelt, resten skjer maskinelt. Nettene kan ta opp støt energi opp mot 8000 kJ og blir brukt i flomskredgjerdene (fleksible ringnett gjerdene), og i steinspranggjerdene som ligger i høyenergiklasser (RXE serien)

Figur 5 viser de ulike sikringsnettene; Tecco, Spider og Rocco.



Figur 5. Fra venstre: Tecco-nett, Spider-nett, og Rocco ringnett (Foto: Geobrudd)

### 5.1.1 Produktbeskrivelse:

Geobrudd har utviklet flere typer fanggjerdene som er testet og dimensjonert mot ulike skredtyper. Delkapitlene under tar for seg en kort gjennomgang av hvilke produkter som Geobrudd leverer for hver skredtype.

#### 5.1.1.1 Sikring mot steinsprang

Geobrudd leverer i hovedsak to ulike typer fanggjerdene for sikring mot steinsprang; GBE-serien og RXE-serien. Den sist nevnte typen har mange ganger blitt testet gjennom fullskala testforsøk i et feltområde i nærheten av Walenstadt (se figur 8). Testene er utviklet for å tilfredsstillere de sveitsiske retningslinjene.

GBE-gjerdene er dimensjonert for å stoppe en støtenergi på 100 – 3000 kJ, se figur 6. I disse gjerdene blir Tecco-nettene brukt for støtenergi opp mot 1000 kJ, mens Spider-nettene blir brukt i energiklasser på 1000 – 3000 kJ.



**Figur 6. GBE - serien med Tecco - nett (Foto: Geobruigg)**

RXE-gjerdene er dimensjonert for å stoppe en støtenergi på 1000 – 8000 kJ. I gjerdene blir Rocco-nettene brukt (se figur 7). De andre komponentene i gjerdet er forholdsvis lik GBE-serien, men gjerne noe kraftigere.



**Figur 7. RXE gjerdet med Rocco ring nett (Foto: Geobruigg)**



**Figur 8. Fullskala testforsøk av RXE fanggjerdet i Walenstadt, Sveits (Foto: Geobrugg)**

Viktige elementer som bidrar til energidemping og ønsket funksjonalitet i gjerdene er følgende:

- Sikringsnett
- Gjerdestoplene
- Bunnplate til stolpene
- Trinse (Running Wheel)
- Bremsselement
- Forankring til støttewirene

Disse elementene er kritiske punkt når fanggjerdet blir utsatt for stor støtbelastning, der forankringen til gjerdestoplene og støttewirene oftest er det mest kritiske punktet.

Bunnplaten til stolpene kan raskt og enkelt installeres både på forvitret og fast fjelloverflate, eller betongoverflate. Stolpene festes til bunnplaten med bolt og hengsel. Det mest vanlige er å bruke to eller tre forankringsbolter til å feste stolpen. Boltene er designet for å være et punkt som først går til brudd når belastningen blir for stor (se figur 9).

Stolpene er forankret i bakken og er i toppen festet i langsgående bærewirene (support rope), og er derfor bevegelige om forankringspunktet. Stolpene er designet slik at de skal ryke fra fotplata (svakeste punktet er bolten som fester stolpene til fotplata). Dette for å oppnå resthøyde på gjerdet etter maksimal treff. Da ødelegger man ikke fundamentene til bunnplata og stolpene blir med nettet for at fanggjerdet skal opprettholde nødvendig resthøyde etter maksimal treff.

Trinsa har som funksjon å styre/kontrollerer de langsgående bærewirene som går til toppen på stolpene og bunnplaten. Hjulene peker alltid i samme retning som wirene, noe som gir en større sikringsoverflate. På grunn av at hjulene roterer sammen med tauene, vil disse sørge for at bærewirene praktisk talt glir friksjonsfritt gjennom opphenget (suspension) når gjerdet blir truffet av en stein. Dette vil forlenge holdbarheten til wirene og forhindre at de ryker (se figur 9).



**Figur 8. Fra venstre: bunnplaten til gjerdestolpene, gjerdestolper og trinse (Foto: Geobrudd)**

Bremseelementene (U-Brake) har som formål å redusere belastningen på forankringen. Det blir brukt 4 bremselement pr. seksjon på fanggjerdar som har en energiklasse på 3000 kJ. Elementene er montert lateralt i enden på støttewirene, noe som gjør at de er enkle å installere og vedlikeholde.

Hovedkomponentene i bremseelementene består av to stålrør som er bent rundt en kihake (mandrel). Når gjerdene blir truffet av en stein vil stålrørene bli dratt rundt kihaken noe som fører til at energi bli absorbert. I støtøyeblikket blir støttetauet også noe forlenget ved hjelp av bremseringene (se figur 10 og 11). Bremseelementene bidrar derfor til en uniform og konstant kraft som blir fordelt videre på de ulike komponentene i gjerdet. Bremseelementene reduserer derfor kreftene som virker på ankeret.



**Figur 9. Bremseelement (U-brake system) i GBE - serien (Foto: Geobrudd)**

Ankeret tar opp de største kreftene i støtøyeblikket og er det mest kritiske punktet på gjerdet. Det kan være utfordrende å finne gode forankringspunkt i bratt terreng, spesielt i områder med mye løsmasser. Forankringslengden varierer med kvaliteten på grunnforhold og energiklasse som gjerdene skal tåle.

De vanligste forankringsmetodene er wirebolter og selvborete stag med et fleksibelt hodet. Begge disse forankringsmetodene tillater strekkreftene å avbøye 30 grader i forhold til akselen på borehullet, samtidig som ankrene greier å ta opp strekkreftene som oppstår i støtøyeblikket (se figur 11). Disse forankringsmetodene blir også brukt for de andre fanggjerdene. Det blir mer informasjon om hovedforskjellene i neste kapittel 5,1,1,2.



Figur 10. Fra venstre: bremsering, wireanker og selvboret stag med et fleksibelt hode (Foto: Geobrugg)

#### 5.1.1.2 Sikring mot flomskred

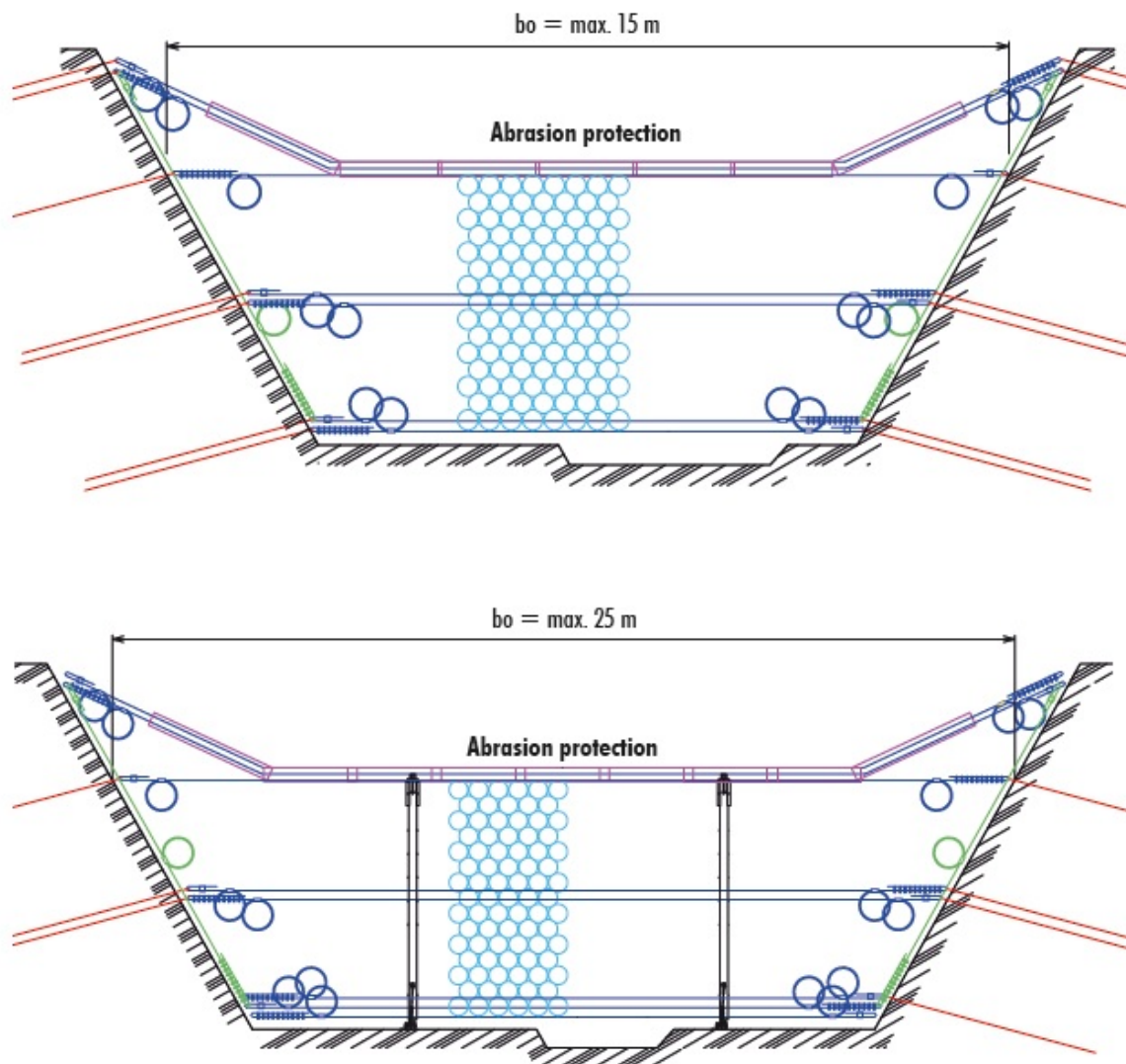
I flere år fanggjerdar for steinsprang blitt utviklet slik at gjerdene kan tåle større dynamiske krefter som man har i vannrelaterte skred (se figur 12). Dette fordi noen av hovedkomponentene i gjerdene, f. eks bremsesystemet er designet for å være mer elastisk og fleksibelt. På engelsk kalles disse gjerdene for flexible ring net barriers. Videre i rapporten blir disse gjerdene kaldt for fleksible ringnett-gjerdar eller fleksible fanggjerdar mot flomskred. Gjerdene stopper skredmassene, mens vann og mindre sedimenter blir sluppet videre gjennom nettene. Sammenlignet med åpne og lukkede dammer i betong er slike gjerdar billigere og raskere å installere. Gjerdene har mange ganger blitt testet ut av naturlige flomskred som går årlig i et skredområde i nærheten av Phynwald i Sveits (Illgraben).



Figur 11. Fleksible ringnett-gjerdar (Foto: Geobrugg)



Geobrugg leverer fanggjerdar mot flomskred som er tilpasset to ulike kanalformer; smal V-formet og bred U-formet (se figur 13).



**Figur 12. Prinsippskisse for installering av fleksible ringnett-gjerdar i U- og V-formede skredløp/kanalar (Foto: Geobrugg)**

Den øverste skissen i figur 13 viser hvordan man installerer gjerdene i en smal V-formet kanal. Her forankres nettene langs veggene i kanalen uten at man bruker gjerdestolper. Denne typen brukes kun i kanalar der sikringsnettlet får et maksimalt spenn på 15 meter og høyde på 6 meter (se figur 13 og 14). Den nederste skissen på figuren viser en bredere U-formet kanal. Her forankres to gjerdestolper fast i kanalbunnen. Denne typen brukes i kanalar der nettene får et spenn på maksimalt 25 meter, og høyde på 6 meter.



**Figur 13.** Et eksempel på et fleksibelt ringnett-gjerde som er installert i en smal V-formet kanal (Foto: Geobrugg)

I de sveitsiske retningslinjene er den totale kapasiteten for fleksible ringnett-gjerder oppgitt i volum og ikke i kJ (punktlast). I de sveitsiske retningslinjene blir dette oppfattet som et bedre dimensjoneringsgrunnlag for fanggjerdene som brukes mot vannrelaterte skred. En årsak til dette er at flomskredene gjerne kommer i flere bølger, der det er summen av alle hendelsene gjerdene må dimensjoneres for. Det er gjort mange tester både i felt og på lab hvor store skredvolum (inkludert vann) gjerdene tåler (se figur 15). Resultater viser at et enkel ringnett-gjerde kan fange opp flomskred med volum på 1000 m<sup>3</sup>. Videre har tester også vist at gjerdene har god sikringseffekt mot langt større hendelser der flomskredene flyter over gjerdene (overtopping).



**Figur 14.** Her har et fleksibelt ringnett – gjerde blitt testet ut av et naturlig flomskred i Illgraben. Skredet var så stort at det strømmet over gjerdet (overtopping). Gjerdet fanget opp ca.1000 kubikk (Foto: Geobrugg)

I de sveitsiske retningslinjene blir gjerdene dimensjonert etter 4 forskjellige stadier/scenarier som kan oppstå i flomskredsituasjoner, se beskrivelsen i figur 16.

**Situation 1: The first wave impact strikes the ring net with basal passage.**

The debris flow front reaches the installed ring net. Hydrostatic pressure ( $P_{hyd}$ ) and a dynamic component impinge on the lower support rope, distributed over the height of flow ( $h_n$ ). It is dependent on velocity, density and type of the debris flow.

**Situation 2: The second wave impact surges over the stopped first wave with flow height  $h_n$ .**

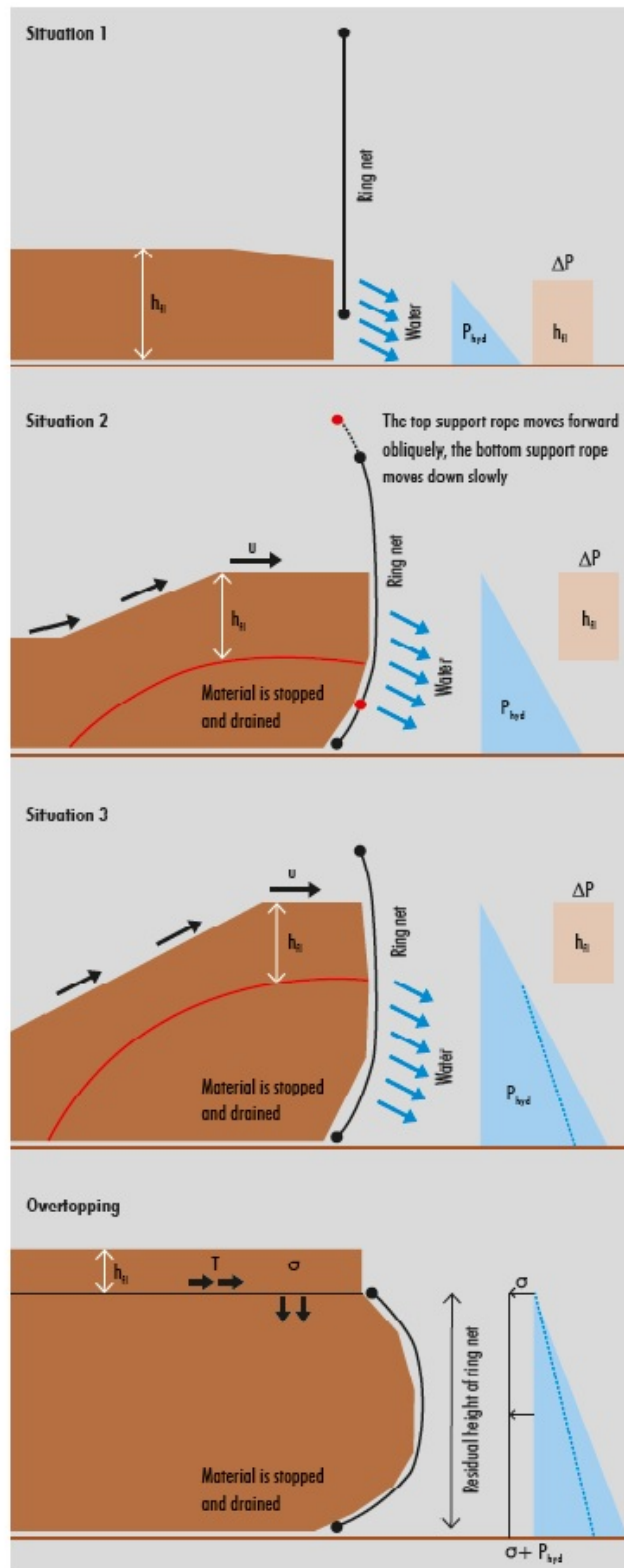
Now the hydrostatic pressure ( $P_{hyd}$ ) acts over the filling height  $2 \cdot h_n$ . With the second impact the dynamic component wanders up in its influence zone. The extra load of the second impact drains the material of the first.

**Situation 3: Another wave impact fills the net.**

The total number of wave impacts until the net is filled depends on the flow height and the height of the ring net barrier. The sequence is identical to situation 1 and 2: The next wave surges over the material already stopped. The hydrostatic pressure ( $P_{hyd}$ ) acts over the filling height and the dynamic shock over the flow height ( $h_n$ ) of the third wave. The hydrostatic pressure is reduced slowly depending on the nature of the material, drainage behavior and filling time and approximates to the active earth thrust.

**Overtopping: The next surge overtops the filled net. It acts on the ring net with the extra load of the debris flow  $\sigma$  and its shear force  $\tau$ .**

No further pressure surge acts on the net after overtopping. The weight of the overtopping debris flow and the shear force act on the retained material: The hydrostatic pressure acts with an additional component from the shear force and the extra load of the debris flow ( $\sigma + P_{hyd}$ ). The hydrostatic pressure can fall according to the drainage behavior of the material and the duration of the filling process (see the blue dotted line).



Figur 15. Fleksible ringnett-gjerdene blir i de sveitsiske retningslinjene ofte dimensjonert etter et skredscenario på 3 eller 4 stadier.

I de tre første stadiene blir gjerdet truffet av tre ulike bølger som kommer etter hverandre. Dette fører til at det påføres nye laster oppover langs gjerde etter hvert som gjerdet fylles opp. I det siste stadiet i scenarioriet går den siste bølgen over gjerdet, altså overtopping.

De viktige komponentene som bidrar til energidemping og ønsket funksjonalitet i gjerdene er stort sett de samme som for steinspranggjerdene:

- Sikringsnett
- Gjerdestoplene
- Bunnplate til stolpene
- Trinse
- Bremseelement
- Forankring til bærewire og støttewire

Alle flomskredgjerdene bruker Rocco systemet som sikringsnett. Gjerdestolpene, bremseelementene og bunnplaten er av samme type som steinspranggjerdene, og installeres på samme måte. De langsgående bærewirene blir beskyttet av en vinklet stålplate (se figur 17).



**Figur 16. Fra venstre: Rocco ringnett, bremseringer, beskyttelse av bærewire (Foto: Geobrugg)**

Figur 18 viser de to forankringsprinsippene som generelt brukes på alle fanggjerdene til Geobrugg; wirebolter og selv borende stag (type Ischebeck eller tilsvarende) med et fleksibelt hodet. Wirebolter er å foretrekke da disse ikke har svake punkt i innfestingen (enten så sitter wirebolten fast, eller så drar man ut hele bolten). Selv borende stag har sitt svakeste punkt i innfestingen av wiresløyfen på gjengene på bolten (dvs i gjengene der man skrur på wiresløyfen på staget).

I terrenget der det kan oppstå flomskred er det ofte mye løsmasser, noe som fører til at man gjerne må bore dypt for å få godt nok feste til ankerene. Dette er ofte en utfordring på grunn av at lange borehull krever større og kraftigere boreutstyr for å få boret inn selv borende stag. I tillegg er lange og dype hull i fine løsmasser ofte svært vanskelige å holde åpne (raser fort igjen) slik at man da må benytte selv borende stagforankringer. Det kan også bli problematisk å få tilstrekkelig med gysemasse rundt boltene/stagene. Man får også ofte problemer med å utføre tilfredsstillende prøvetrekkninger av disse stagene da man presser inn løsmassene omkring stagene istedenfor å trekke i selve staget.

Selv borende stag er ofte en billigere måte å forankre gjerdene på enn bruk av wirebolter. Dette medfører at forankring er et viktig element når pris og kvalitet skal vurderes i konkurransegrunnlaget.



Figur 17. Fra venstre: wireanker, selvboret stag med et fleksibelt hode, gjerdestolper (Foto: Geobrugg)

### 5.1.1.3 Sikring mot jordskred

Det er på samme måte som for flomskredgjerdene, utviklet fleksible fanggjerdene som er designet for å fange opp små/grunne jordskred med varierende vanninnhold (se figur 19). På engelsk kalles disse gjerdene for shallow landslide barrierer. Gjerdene er raske å sette opp og kan installeres i bratt terreng. Slike fanggjerdene egner seg derfor bra i bratte løsmasseskråninger (for eksempel på innsiden av en veg) der det er liten plass til å gjøre andre inngrep. Gjerdene er også dimensjonert for å stoppe mindre flomskred og steinsprang.

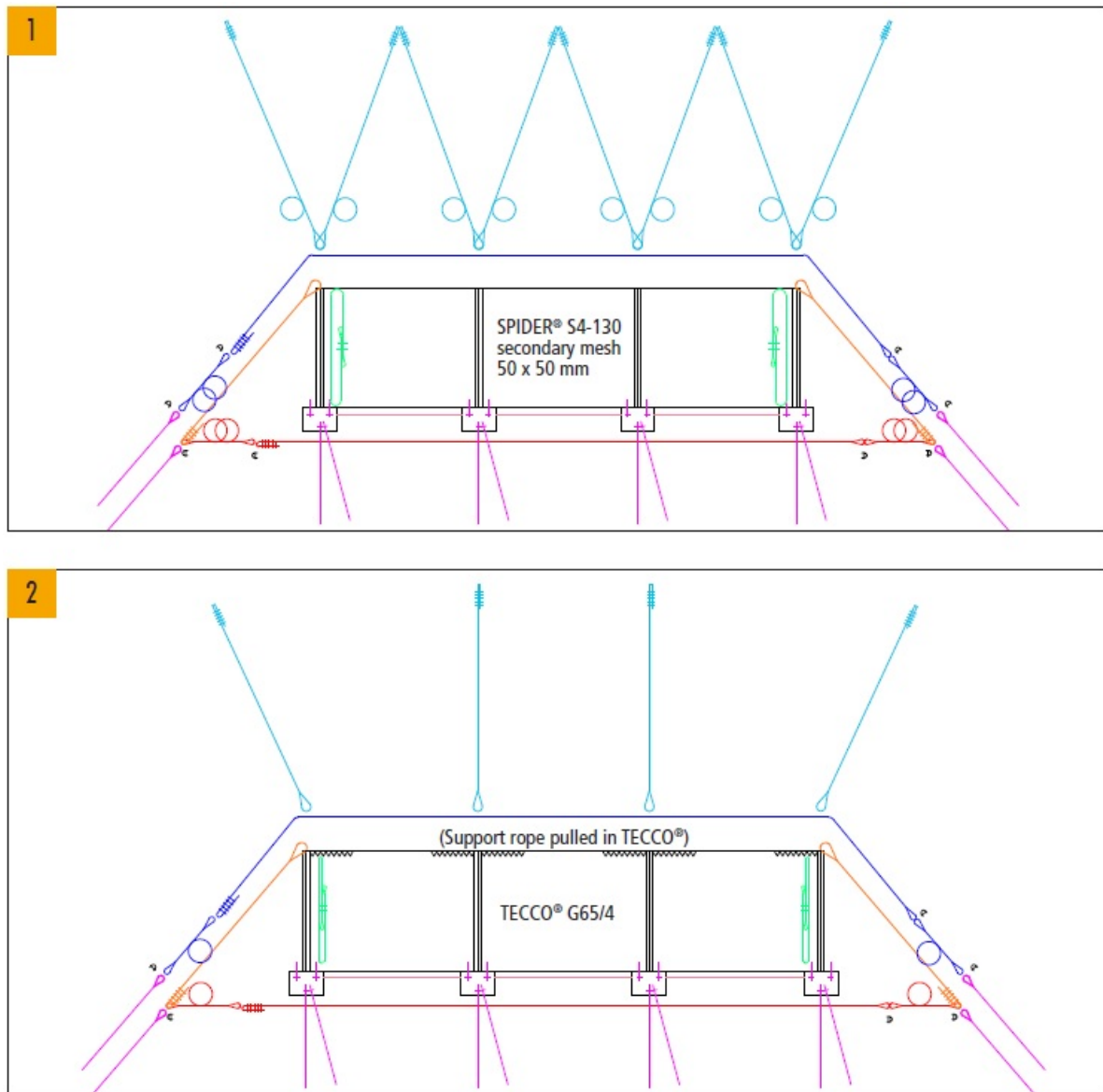


Figur 18. Geobrugg leverer fanggjerdene som er utviklet for å fange opp mindre/grunne jordskred (Foto: Geobrugg)

Det leveres to forskjellige jordskredgjerdene; SL - 150 og SL - 100. Den første typen tåler mest krefter og er den mest brukte. SL - 150 leveres med Spider - sikringsnett med doble masker, og gjerdestolper

som brukes på RXI - steinspranggjerdet. Gjerdestolpene kan ha en avstand på maksimalt 8 meter mellom hverandre. Både de langsgående bærewirene og støttewirene har bremsringer (se figur 20).

SL - 100 levers med Tecco - sikringsnett, og gjerdestolpene kan maksimalt ha en avstand på to meter fra hverandre. Støttewirene er ikke tilkoblet bremsringer (se figur 20).



**Figur 19. Geobrudd leverer to ulike typer fanggjerdet for sikring mot jordskred; SL - 150 (Skisse nr.1) og SL – 100 (skisse nr.2)**

Generelt er bremsesystem og forankringsmetoder de samme som for de fleksible ringnettbarrierene. En forskjell er at for jordskredgjerdene er det vanlig at man trekker sikringsnettet noe tilbake langs bakken for å forhindre erosjon og at massene fra skredet går under gjerdet (se figur 21).



**Figur 20. SL - 150 fanggjerdet installert for å fange opp jordskred i Skottland. Legg merke til at man har trukket sikringsnettet tilbake langs bakken (Foto: Geobrugg)**

Jordskred har gjerne stor massetetthet og påfører gjerdene store dynamiske laster. Jordskredgjerdene blir derfor også testet ved fullskala testforsøk i felt (se figur 22). Noe av det viktigste man ønsker å finne ut ved disse forsøkene er hvor mye skredmasser som blir liggende i gjerdene etter en hendelse. Dette påvirker hvordan gjerdene skal dimensjoneres.



**Figur 21. Fullskala testforsøk av fanggjerd for jordskred (Foto: Geobrugg)**

#### **5.1.1.4 Sikring mot glidende snøskred**

##### **Glidende snøskred:**

Geobrugg har sammen med det sveitsiske snøforskningsinstituttet SLF (Institut für Schnee- und Lawinenforschung), forsket på hvordan fanggjerdene for steinsprang kan dimensjoneres og utformes med tanke på at de også skal tåle de dynamiske kreftene i små glidende snøskred. I perioden 2003-2007 ved Tyrol i Østerrike ble det satt opp to gjerdene i et område der man sprenger ned skred for å sikre et alpinanlegg. Gjerdene ble testet mot både dynamisk last fra snøskred i bevegelse og statisk last fra snøsig (se figur 23 og 24)

I disse forsøkene er det gjort oppgraderinger/justeringer på følgende komponenter i gjerdene:

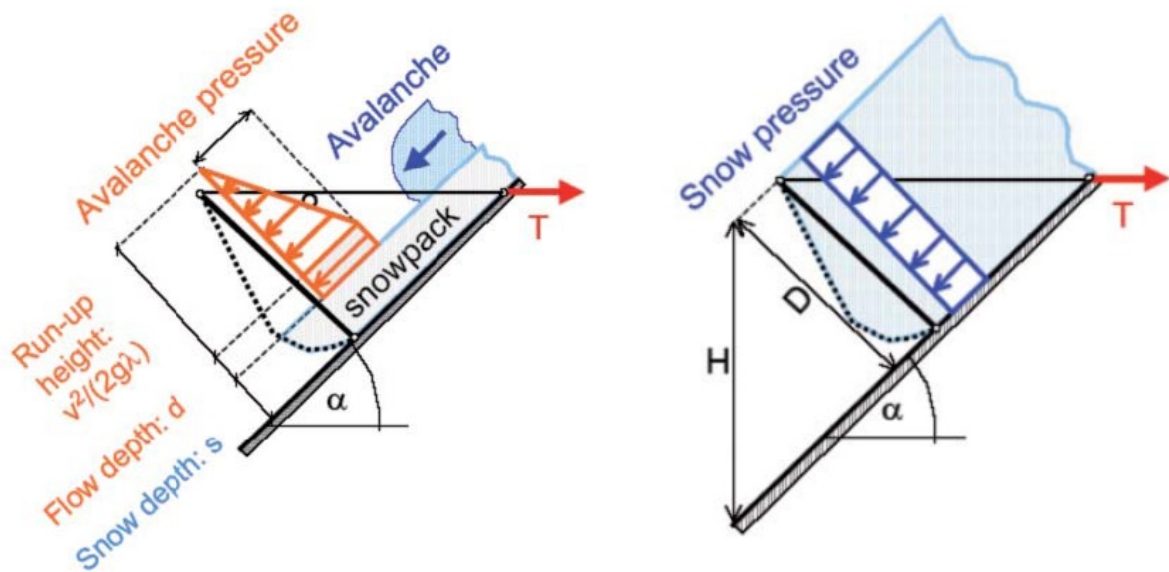
- Fundamenteringen av stolpene
- Forankringen
- Bremsesystemet
- Støttewire

Disse oppgraderingene har medført at gjerdene har blitt mer fleksible og har fått bedre egenskaper på hvordan den dynamiske lasten fra et snøskred i bevegelse og snøsig, blir absorbert.



**Figur 22.** Her har et fanggjerd blitt fylt opp av snømasser i et testområde i Fieberbrunn i Østerrike. Legg merke til fleksibiliteten i gjerdene (Foto: Geobrugg)





**Figur 23.** Skissen til venstre viser dimensjoneringskriteriene på dynamisk last fra et glidende snøskred og skissen til venstre statisk last fra snøsig.

Gjerdene har blitt prøvd ut av naturlige skredhendelser rundt om i verden, for eksempel i Japan som vist i figur 25 under.

Ved å oppgradere og forbedre komponentene i steinspranggjerdene har man konkludert med at disse også har evnen til å stoppe mindre glidende snøskred.



**Figur 24.** Her har et fanggerde stoppet et mindre glidende snøskred i Hayato, Fukushima i Japan (Foto: Geobrudd)

Figur 26 viser et eksempel på et RXE - fanggerde som har blitt satt opp for å sikre både mot steinsprang og mindre snøskred ved Melchtal i Sveits.



Figur 25. Her er et fanggjerd satt opp både mot steinsprang og mindre snøskred (Foto: Geobrugg)

#### **Sikring i løseområdet ved bruk av gjerder som støtteforbygninger:**

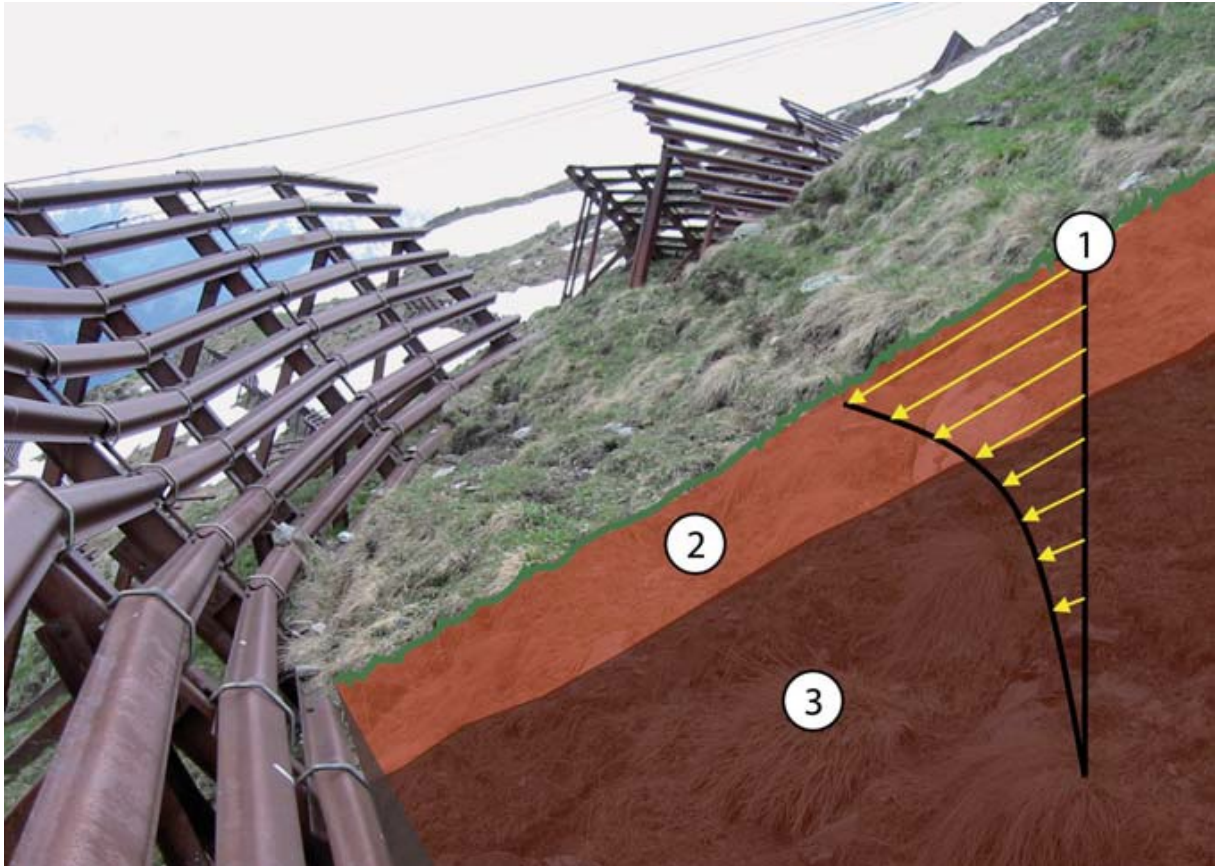
Et vanlig sikringstiltak mot snøskred i alperne er å bruke støtteforbygninger i løseområdene. Hensikten med dette tiltaket er å armere fast snødekket og forhindre at skredene løsner. I alpelandene har man tradisjonelt brukt tre og stål elementer som forbygninger. I de senere årene har man flere steder valgt å bruke snøgjerder som et alternativ (se figur 27). Dette fordi:

- Snøgjerder er mindre synlig i terrenget
- Snøgjerder kan effektivt fange opp steinsprang som hindrer at forbygningen blir skadet
- Bedre forankring i permafrost områder og i områder med jordsig



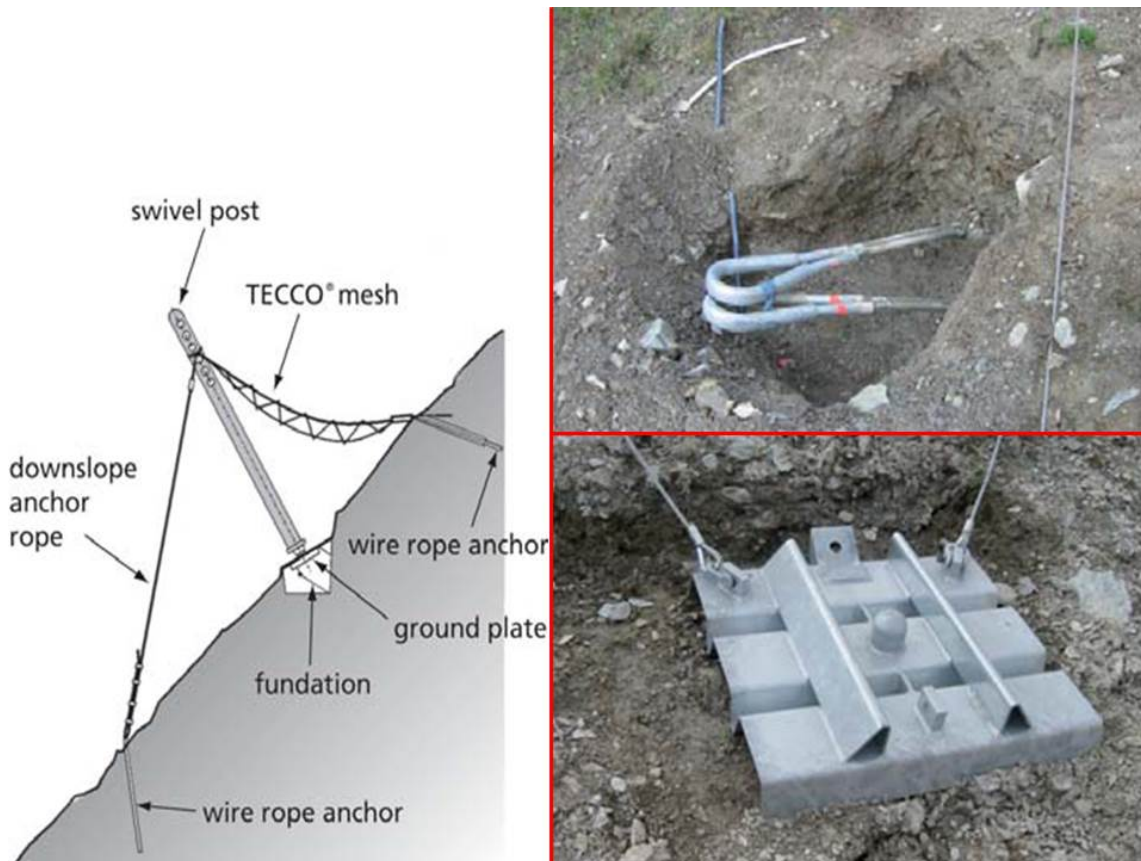
Figur 26. Snøgjerder som støtteforbygning i løseområdet (Foto: Geobrugg)

God forankring har vært er en stor utfordring ved bruk av støtteforbygninger som sikringsmetode mot snøskred. I områder over tregrense og permafrostområder er ofte den øvre delen av jorda i bevegelse. Dette skaper problemer når fundamentet til forbygningen forankres fast i fjell. Figur 28 viser jordkryp i en fjellside der man har installert støtteforbygninger i stål. Området ligger over tregrense i et permafrostområde i Sveits. Etter en periode med kraftig regn i 2003 begynte det øverste laget i jorda å gli nedover fjellsiden.



**Figur 27. Støtteforbygninger i stål får ekstra stor belastning på ankrene når jorda begynner å sige. 1) det øverste jordlaget i bevegelse, 2) Tine/fryse lag, 3) Forvitret fjell i permafrost (Foto: Geobrugg)**

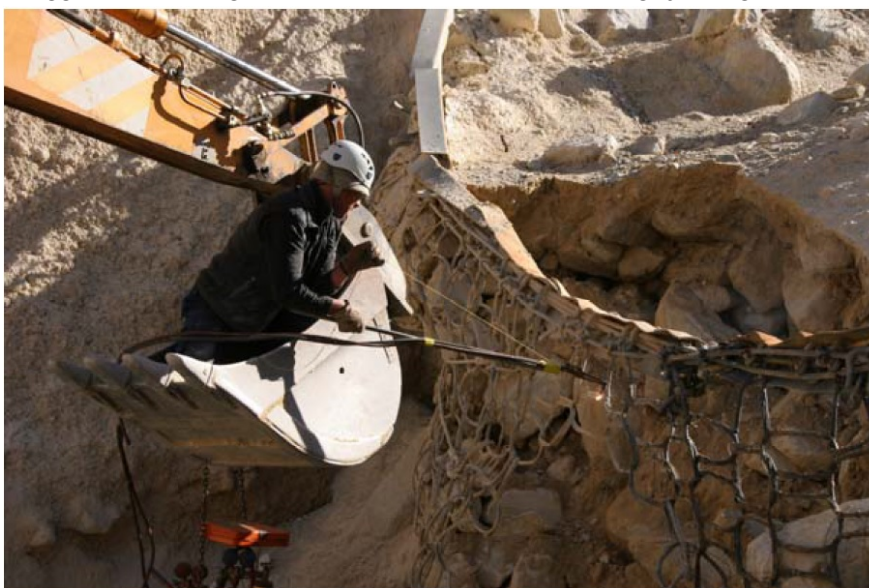
Etter et forskningsprosjekt gjort av SLF (støttet av Geobrugg) fant man ut at gjerdestolpene kan festes i bakken via en trykkplate som ikke forankret fast i fjellet. Denne fundamenteringsplaten festes kun til jorda ved vekten til gjerdestolpene (se figur 29). Dette sørger for at hele fundamentet til gjerdestolpen kan bevege seg sammen med jorda. Det er kun nedre og øvre wirebolt som forankres fast til fjell (se figur 29). Dette fører til at hele snøgjerdet vil være fleksibelt og kan være bevegelig når jorda begynner sige. Det er kun wirebolt som bør brukes som forankringsmetode slik at gjerde kan være mest mulig fleksibelt.



Figur 28. Figur til venstre viser de ulike komponentene i et snøgjerdet. Legge merke til at fundamentet(Trykkplaten) til gjerdestolpen ikke er forankret i fjell. Figur nede til høyre viser trykkplaten før gjerdet installeres. Figur oppe til høyre viser wirebolt som forankringsmetode i løsmasser (Foto: Geobrugg)

### 5.1.2 Drift og vedlikehold av fanggjerdet

Vedlikehold er viktig og er helt avgjørende for at gjerdene skal fungere etter hensikten til enhver tid. Generelt er vedlikehold ofte den største ulempen ved bruk av fanggjerdet som sikringstiltak mot skred. Dette på grunn av at gjerdene ofte er plassert i bratt og utfordrende terreng der det kan være vanskelig å legge til rette for god tilkomst for maskinell tømning/fjerning av skredmasser (se figur 30).



Figur 29. Fjerning av skredmasser fra et fleksibelt ringnett - gjerde (Foto: Geobrugg)

Når det har gått et skred i gjerdet, anbefales det (der er mulig) å fjerne massene maskinelt fra innsiden. Da unngår man å demontere gjerdet når det skal tømme. Skal man fjerne massene fra nedsiden må man i de fleste tilfellene demontere deler av gjerdet for så å montere det opp igjen når massene er fjernet. Dette med unntak av fanggjerdene som brukes mot jordskred. Her kan sikringsnettet rulles opp slik man enkelt kan fjerne massene også fra nedsiden, se figur 31.



**Figur 30.** Et eksempel på hvordan man kan fjerne massene fra nedsiden på et fleksibelt fanggjerde mot jordskred (Foto: Geobrudd)

Etter at gjerdet har blitt truffet av et skred er bremseelementer den vanligste komponenten som må skiftes. Sikringsnettet og støttewirene er også komponenter som er vanlig å skifte ut. Andre komponenter som bolter på bunnplata, stolper, og anker er også viktige komponenter som må bli undersøkt.

Til vanlig når gjerdet står urørt av skred, anbefaler Geobrudd at det blir utført jevnlig inspeksjoner som vist i punktene under:

- Ligger det noen blokkeringer/hindringer i gjerdet, for eksempel tømmer, stein etc, som kan redusere sikringseffekten?
- Er det fortsatt åpning mellom kanalbunn og gjerde slik at eventuelt vann kan strømme forbi uten å berøre gjerdet?
- Er alle netthengslene fortsatt på plass?
- Har bremseelementene blitt aktivert? Hvor langt har de i tilfelle strekt seg?
- Sjekk klemmene på wirene med momentnøkkel. Alle klemme skal etterstrammes innen 6 måneder etter installasjon.
- Er det noe tegn til korrosjon? Hvor?
- Ta en raskt og visuell titt på ankerpunktene og stolpefundamentene. Har for eksempel jordsig ødelagt akene? Akene må byttes hvis de har beveget mer enn 3 cm.

Det anbefales at inspeksjonen utføres minst 1. gang i året. For mer informasjon om drift og vedlikeholdsrutiner, se vedlegg 1.

## 5.2 Sikring av trafo med fleksible ringnett – gjerder i Regione Giubiasco (Faidi)

Informant: Mauro Pini, prosjektansvarlig fra Geobruigg og for utførende entreprenør (se figur 32)



**Figur 31.** Her informerer Mauro Pini om lokaliteten (Foto: Gunne og Audun)

Ved denne lokaliteten er det installert to fleksible ringnett-gjerder som er tilpasset en bred U-formet kanal. Disse er satt opp for å sikre trafostasjonen til jernbanetunnelen gjennom Brennerpasset, som

ligger under bakken nederst i dalen. Jernbanen har stor trafikk og er av de aller viktigste jernbanestrekningene i Europa. Den gir forbindelse mellom Tyskland i nord og Italia i sør.



**Figur 32. Trafostasjonen til jernbanen blir sikret med to fleksible ringnett- gjerder i kanalen. Det fremste gjerdet (til venstre i bildet) har en høyde på 6 meter og er det høyeste av denne typen i Sveits. Det bakerste gjerdet er på 5 meter (Foto: Audun Langelid).**

Gjerdene har en høyde på henholdsvis 5 og 6 meter. Det er ikke registrert skredaktivitet her før, men etter kartlegging av skredfare frykter geologene at det i fremtiden kan gå flomskred i gjelet. Jernbanemyndighetene har derfor valgt å sikre denne kanalen, og må selv stå for finansieringen. Gjerdene kostet totalt omkring 1,5 Mill kr, inkludert montering. En driftsstans på den aktuelle trafostasjonen er mye dyrere pr time enn selve sikringsjobben. Plasseringen av gjerdene, inkludert høyde og innbyrdes avstand, er kalkulert ut fra sannsynlig størrelse på eventuelle fremtidige flomskred i gjelet. I dette eksemplet har myndighetene tenkt at det er en billig «forsikring» å utføre forebyggende sikringstiltak, enn eventuelt å gjøre noe etter at et skred er gått. En driftsstans på jernbanen med flere

hundre tog i døgnet vil være en meget stor konsekvens for hele samfunnet siden togtrafikken må flyttes over til veg inntil man får ordnet med strøm.



**Figur 33. Begge gjerdene sett med skredretningen. (Foto: Gunne Håland)**

### **Dimensjonering og utforming:**

Det fremste gjerdet på 6 meter er det høyeste av denne typen i Sveits, og har en spennvidde på ca. 35 meter. Gjerdene er dimensjonert etter et scenario der det tenkes at skredet kommer i tre ulike bølger/stadier av granulære masser. I dimensjoneringsgrunnlaget er det beregnet totalt skredvolum (inkludert vann), og en strømningsrate målt i  $m^3/s$ . I dette tilfelle er det vurdert at den første bølgen har et totalt volum på ca.  $3500 m^3$ , og en strømningsrate på ca.  $35 m^3/s$ , bølge 2 på  $1500 m^3$ , og bølge 3 på  $1000 m^3$ . Det presiseres at den totale kapasiteten på flomskredgjerd oppgis ikke i kJ, men i totalvolum som i dette tilfelle er på  $6000 m^3$  (se figur 35)



		Caso 1	Caso 2	Caso 3	
<b>Tipo e densità di colata</b>					
Tipo		granulare	granulare	granulare	
Densità del materiale	$\rho$	2'070	2'220	1'950	Kg/m <sup>3</sup>
Peso specifico del materiale	$\gamma$	20.3	21.8	19.1	kN/m <sup>3</sup>
Contenuto d'acqua	$\omega$	0.35	0.26	0.42	
<b>Volume della colata e numero di spinte</b>					
Volume (incl. Acqua)	$V_{tot}$	3'500	1'500	1'000	m <sup>3</sup>
No. spinte	N	5	3	2	
Volume per spinta (media)	$V_N$	1'050	750	750	m <sup>3</sup>
<b>Portata max</b>					
Secondo Rickemann	$Q_{rec}$	35.1	29.5	14.5	m <sup>3</sup> /s
considerata	$Q_p$	25	20	10	m <sup>3</sup> /s

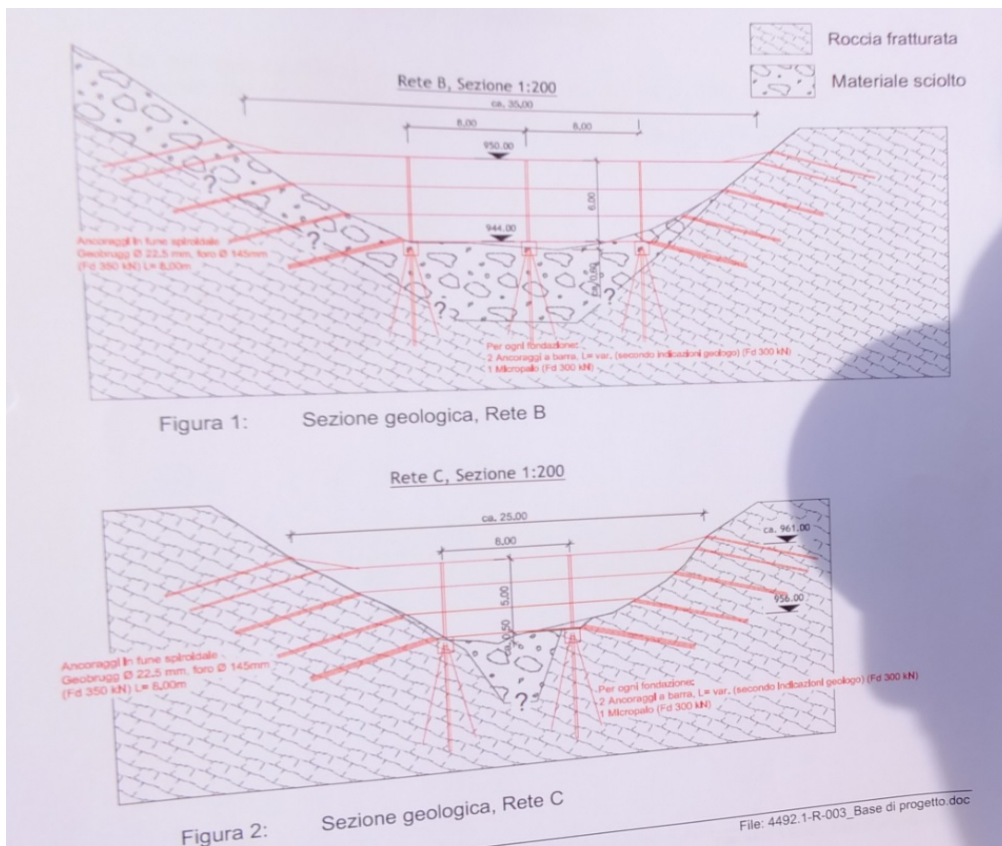
Figur 34. Bilde er tatt fra en rapport som viser dimensjoneringsgrunnlaget for gjerdene (Foto: Gunne Håland)

Jernbanemyndigheten i Sveits hadde forhåndsdefinerte krav over hvor mye de to gjerdene skulle tåle av belastninger og skredvolum. Derfor hadde også Jernbanemyndigheten boret prøvehull og montert 6 stk. forankringer av ulik lengde og prøvetrukket disse med store belastninger. Disse dataene ble vedlagt konkurransegrunnlaget slik at alle entreprenørene hadde samme datasett med type løsmasser og borehullslogger osv. Da forhindrer man spekulativ prising fra entreprenører når det gjelder krav om tillegg for vanskelig boring, uventet grunnforhold osv. Man tilstreber å få en best mulig beskrivelse i konkurransegrunnlaget.

Det er mye løsmasser i kanalen og det var utfordringer med å få til god nok forankring fra sidene i gjerdet og i kanalveggen. Utførende entreprenør hadde enkelte steder til dels store problemer med å få boret inn disse forankringene på grunn av at hullene raste, noe som igjen forårsaket videre problemer med å få tilstrekkelig med gysemasser omkring disse forankringene. Det ble vurdert ulike løsninger, blant annet å støpe en betongbjelke der ankerpunktene kunne festes. Til slutt klarte man å bore inn 8 meter før man traff tilstrekkelig godt nok berg. Entreprenøren klarte også å oppnå tilfredsstillende gysing av forankringene. Disse ulempene ble heftet entreprenøren fordi man på forhånd hadde kunnskap om grunnforholdene. Figur 36 viser wirebolter som forankringsmetode av de langsgående bærewirene og støttewirene, mens figur 37 viser en vertikalsnitt på hvordan gjerdet og borehullene skal utformes.



Figur 35. Forankringsmetode (Foto: Gunne Håland og Audun Langelid)



Figur 36. Bilde er tatt fra en rapport som viser en skisse på hvordan gjerdene utformes og forankres (Foto: Gunne Håland)

### Utførelse og drift:

Gjerdene er lette å installere og kan utføres av de fleste entreprenører. I dette tilfelle ble gjerdene satt opp av en lokal entreprenør. Geobrudd har 30 års garanti på gjerdene og det blir utført vedlikehold omtrent 1 gang i året. Jernbanemyndigheten er nøye med at vedlikeholdet på fanggjerdene blir fulgt opp etter egne prosedyrer.

### **5.3 Sikring av bolighus med et fleksibelt ringnett – gjerde i Jaubiajco**

Informant: Andreas Scoop (Regional leder, Geobrudd AG)

Ved denne lokaliteten er det satt opp et fleksibelt ringnett-gjerde for å sikre et par hus i en landsby mot flomskred. I tillegg skal det bygges ledevoller, fangdam og energidreper til vann. Alt dette bygges og støpes i betong nedstrøms av fanggjerdet (se figur 38).



**Figur 37. Lokalitet ved Jaubiajco. Her skal noen hus i en landsby sikres med et fleksibelt ringnett barriere kombinert med en fangdam, ledevoll og energidreper i betong (Foto: Gunne Håland og Audun Langelid)**

Gjerdet er av samme type som ble satt opp i Regione Giubiasco og er tilpasset en bred U-formet kanal. Det er ikke registrert skredaktivitet i denne kanalen før, men faresonekartene fra skredfarekartlegging viser at det er et par nye hus som ligger i høy risikosone. Kantonen har derfor satt ned krav om at det må bli utført skredsikring for å redusere skredrisikoen. Sikringskostnadene blir finansiert av utbygger. Dette er tilsvarende krav som NVE setter til private utbyggere i Norge. Det er støpt store betongklosser i endene på gjerdet for å få god nok forankring i de tykke løsmassene (se figur 39).



**Figur 38. Det er støpt store betongklosser for å få god forankring i løsmassene (Foto: Audun Langelid)**

Betongdammen har som hensikt å fange opp de suspenderte masser som flyter gjennom gjerdet, for så å lede disse videre ned i en elv som går gjennom landsbyen (se figur 40).



**Figur 39. Betongdammen har som hensikt å lede vann og suspenderte masser fra eventuelle flomskred kontrollert til elven som går gjennom landsbyen (Foto: Gunne Håland og Audun Langelid)**

Det ble kun fortatt en kort befarings her. Vi fikk ikke informasjon om dimensjoneringsgrunnlag, planlegging og utførelse av fanggjerde og betongkonstruksjonen.

#### **5.4 Sikring av veg mot steinsprang i Domodossola (Italia) ved bruk av fleksible ringnett - gjerder**

Informant: Andreas Scoop (Regional leder, Geobrudd AG)

Ved denne lokaliteten er det satt opp to fanggjerder for å sikre vegen mot steinsprang og jordskred. Vegen er en viktig forbindelse mellom Italia og Sveits og har stor trafikk. Terrenget på innsiden av vegen er bratt og hovedproblemet er stein som kommer rullende fra skråningen og direkte ned i vegen. Den smale grøften og det bratte terrenget på innsiden av vegen gjør det utfordrende å bygge andre sikringstiltak i dette området.

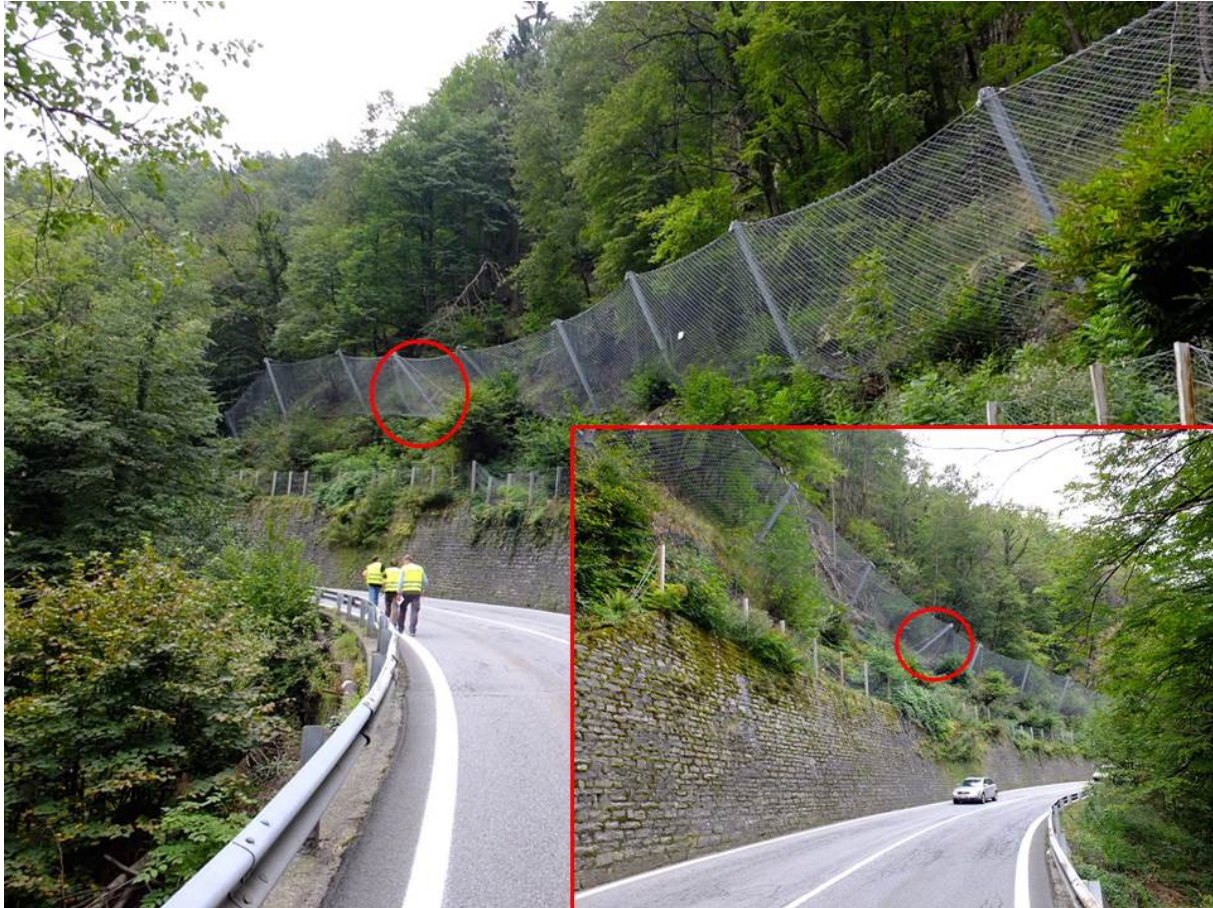
##### **Dimensjonering og utforming:**

Begge fanggjerdene er av GBE - typen, der gjerdet i figur 41 er dimensjonert for 100 kJ. Dette gjerdet består kun av et lag med Tecco - sikringsnett. Gjerdet har ikke bremseelementer og hensikten er å sikre mot små nedfall til en lav investeringskostnad. Gjerdestolpene er forankret i eksisterende støttemur. Eventuelle rullende steiner som spretter over gjerdet, vil havne i skråningen på andre siden av vegen.



Figur 40. Fanggjerdet på 100 kJ med Tecco - sikringsnett (Foto: Gunne Håland)

Det andre gjerdet er plassert nederst i den bratte skråningen på innsiden av vegen og er dimensjonert for støtlaster på 3000 kJ. Gjerdet består av to lag med sikringsnett; Tecco innerst og Spider ytterst (se figur 42). Dette gjerdet vil også ha god sikringseffekt mot eventuelle jordskred. Det har vært problemer med å få god forankring på dette gjerdet fordi fjellet under løsmassene er forvitret. Figur 42 viser at en gjerdestolpe er ødelagt.



**Figur 41. Gjerdet på 3000 kJ er satt nederst i en bratt løsmasseskråning. Det har vært utfordrende å få god forankring på grunn av dårlig fjell under løsmassene (Foto: Gunne Håland)**

### **Utførelse og drift:**

Bratt terreng og plassmangel på innsiden av vegen har gjort sikringsarbeidet utfordrende. Samtidig er et fanggjerde av denne typen trolig det eneste aktuelle sikringstiltaket i denne type terreng. Gjerdene ble satt opp av en lokal entreprenør.

Når det gjelder drift og vedlikehold kan det bli en utfordring med maskinell fjerning av eventuelle jordskredmasser fra innsiden av gjerdet. I dette tilfelle må fjerning av skredmasser skje fra nedsiden, og ved en større skredhendelse må gjerdet sannsynligvis demonteres når massene skal fjernes.

Det ble kun fortatt en kort befarings her. Vi fikk lite informasjon om dimensjoneringsgrunnlag, utførelse, og driftsplaner av gjerdene.

## 5.5 Sikring mot flomskred og steinsprang ved Iselle jernbanestasjon(Italia) ved bruk av fanggjerder og fangdam

Informant: Eric Pointer, geolog i konsultantselskapet Rovina og Partner AG. Han er prosjektleder for dette skredsikringsprosjektet, se figur 43.



Figur 42. Her informerer Eric Pointer om lokaliteten (Foto: Gunne Håland)

Ved denne lokaliteten er det Iselle Jernbanestasjon som skal sikres mot både steinsprang og flomskred. Denne jernbanestrekningen er en av de to viktigste jernbaneforbindelsene i Europa. Stasjonen ligger inneklemt mellom vegen og en bratt fjellskrent i en trang dal helt i nord i Italia. Det har gått flere mindre steinsprang fra den overliggende fjellskrenten som truer stasjonen og jernbanesporet inn til stasjonen. Det er satt opp flere ulike typer fanggjerder langs utstikkende hyller i fjellskrenten for å sikre mot nedfall (se figur 44, 47 og 48).



Figur 43. Det er installert flere ulike typer fanggjerder mot steinsprang i den bratte fjellskrenten over jernbanestasjonen (Foto: Gunne Håland)

Det kommer en bekk som går ned langs en trakt i denne fjellskrenten. Her kommer det med jevne mellomrom flomskred av ulik størrelse (se figur 45). I år 2000 gikk det et flomskred i dette bekkeløpet etter det hadde kommet omtrent 500 mm med nedbør i løpet av en uke. Eksisterende kulvert under veg og jernbane er for liten til å ta imot massene som kom ned i bekkefareet. Dette resulterte i at massene tettet undergangen slik at skredet kom både på veg og jernbane.

Bekkeløpet skal nå sikres mot nye skred ved at det støpes en kraftig fangdam i betong med et fanggjerde (fleksibelt ringnett) i fremkant. Det skal støpes kun en vegg som ligger mellom skredløpet og jernbanen. På den andre siden fungerer den bratte fjellskrenten som en naturlig vegg i fangdammen. På grunn av liten plass mellom fjellskrenten og jernbanen, har man måtte ta bort berg i bakkant og inn i bekkeløpet for å oppnå tilstrekkelig stort volum i fangdammen (se figur 45).

Årsaken til at man må støpe opp en betongvegg er for å få ledet vannet i retning av undergangen og få konsentrert skredene i en retning. I tillegg kombinerer man denne betongkonstruksjonen for å få innfesting på den ene siden til fanggjerdet i fremkant av fangdammen (se figur 46). Denne sikringskonstruksjonen skal fungere slik at skredmassene stopper opp i fangdammen, mens vannet renner fritt videre. Deretter skal man tømme fangdammen og reparere fanggjerdet og eventuelle andre skader slik at man er sikret når neste skred kommer. Dermed håper man nå på å unngå fremtidige stengninger av jernbane og veg når det kommer flomskred her.



**Figur 44. Bilde til venstre viser bekkeløpet som kommer ned i en trakt i fjellskrenten. Området rett under pilen er berg som er tatt bort for å få stort nok lagringsvolum i dammen. De andre bildene viser betongkonstruksjonen som er under bygging mellom bekk og jernbane. Rød pil indikerer bekkeløpet (Foto: Gunne Håland)**





Figur 45. Veggene i betongdammen er 5 meter tykke. Det er brukt staganker som forankringsmetode med en ankerdybde på 6 meter for innfestingen til fanggjerdet (Foto: Gunne Håland)

### **Dimensjonering og utforming:**

Betongveggen har en tykkelse på opptil 5 m. Det er brukt staganker som forankringsmetode med en ankerdybde på 6 meter inn til innfestningen.

Det er satt opp flere typer fanggjerder mot steinsprang i fjellskrenten. Nederst er GBE-serien med Spider sikringsnett brukt (figur 47). Høyere oppe i skrenten er det brukt 5 meter høye RXE-gjerder med Rocco ringnett, dimensjonert for 1000 kJ (figur 47). For disse gjerdene er det brukt dimensjonerende blokkstørrelse på  $2 m^3$ . Det er brukt Rocky fall (ikke RockFall fra RocScience) som simuleringsverktøy for å beregne spretthøyde og støtenergier. Forankringsdybden på gjerdene varierer fra 2-5 meter, alt etter kvaliteten på fjellet.



Figur 46. GBE-gjerder med Spider sikringsnett, plassert nederst i skrenten (Foto: Gunne Håland)



Figur 47. RXE fanggjerdar med Rocco ringnett og Tecco som innernett. Gjerdene er plassert i høye områder i skrenten (Foto: Audun Langelid)

### Utførelse og drift:

Et privat ingeniørfirma har dimensjonert og tegnet gjerdene og et entreprenørfirma har hatt ansvaret for installasjonen. Delene til gjerdene ble flydd opp med helikopter til hyllepartiener i skrenten. Her har gjerdene blitt satt sammen og forankret. Monteringen og forankringen ble gjort av klatrelag hengende i tau.

Før konkurransegrunnlaget ble utarbeidet ble det også i dette prosjektet utført prøvetrekking. Hele fjellsiden er laserscannet for at tegningene med plassering av gjerdene og forankringspunktene skal bli mest mulig nøyaktig på byggeplanene. Dette for å få et mest nøyaktig konkurransegrunnlag og for å hindre at det oppstår avvik mellom byggeplaner og ferdig utført installasjon.

## **5.6 Sikring av veg mot snøskred i Simplon pass ved bruk av snøgjerdar som støtteforbygninger**

Informant 1: Alban Brigger, leder for landskap og naturfare i Keton Brig. Informant 2: Damian Steffen, skredgeolog i konsulentfirma A. Burkard AG, og prosjektleder for dette skredsikringsprosjektet se figur 49.



**Figur 48. Alban Brigger til venstre og Damian Steffen til høye. I midten Andreas Schoop fra Geobrugg (Foto: Audun Langelid)**

Denne lokaliteten er en vegstrekning som er sikret med snøgjerdar. Strekingen er en nasjonal veg og har stor trafikk. Lokaliteten ligger på ca. 2000 moh, rett ved Simplon passet som er en kjent turistattraksjon. Det var her Napoleon, med sin hær, dro over alpene, og Hannibal gikk med sine elefanter på veg mot romerne. Landskapet er preget av lite vegetasjon og det er permafrost i bakken. I

løpet av en 10 års periode kan det oppstå værforhold som kan gi 3-5 meter med snø i løpet av en vinter. Vegen har flere ganger blitt stengt av snøskred som løsner flere hundre meter oppe i fjellsiden ovenfor vegen. Det har også gått skred på vegen som har løsnet kun 50 meter over vegen.

Hensikten med snøgjerdene er å forankre snøen og hindre at snøskred løsner. I dette tilfellet valgte man snøgjerdar framfor tradisjonelle betongforbygninger på grunn av forankringsmetode og estetiske årsaker. Det er et forholdsvis stort område på oversiden av vegen som er utsatt og er sikret med snøgjerdar (se figur 50 og 51).



**Figur 49. De nederste snøgjerdene sett fra vegen (Foto: Gunne Håland)**



Figur 50. Det er et stort område som er sikret med snøgjerder (Foto: ukjent)

### Dimensjonering og utforming:

I dette området er det en utfordring å få god forankring til tradisjonelle forbygninger siden det er permafrost i bakken. Snøgjerdene er derfor forankret etter prinsippene beskrevet i kapittel 5,1,1,4 og vist i figur 52. Det vil si at selve fundamentplata til gjerdestolpene ikke er forankret i fjell, men er kun naglet fast til jorda ved vekten til stolpene.



**Figur 51.**Fundamentplata til gjerdestolpene ikke er forankret i fjell, men er naglet fast til jorda ved vekten til stolpene (Foto: Audun Langelid)

Det er kun øvre og nedre støttewirene er forankret til fjell ved wirebolter. Gjerdene blir da fleksible og ødelegges ikke når det øverste jordlaget begynner å sige. Hensikten med den nedre støttewiren er å hindre at gjerdestolpene bøyes tilbake når nettene fylles opp med snø (se figur 54). Det er derfor viktig

at denne wiren verken er for stramm eller for slakk. Det er brukt geotekstiler mellom enkelte av radene for å stabilisere det øverste jordlaget (se figur 53).



**Figur 52.** Der terrenget er ekstra bratt og utsatt for jordsig er det valgt å legge geotekstiler mellom radene. Dette for å binde jorda bedre sammen (Foto: Audun Langelid)

Det har vært en utfordring å finne den rette maskestørrelsen i nettene. Hensikten med de små hulrommene i nettene er å slippe gjennom snø for å forhindre at det bygger seg opp store snømengder på gjerdene. Samtidig er det viktig at de ikke blir for store slik at snøskred glir gjennom nettene. Denne vinteren løsnet det et skred mellom radene som gikk gjennom nettene. Dette er en utfordring som er viktig å ta med seg når dimensjoneringsgrunnlaget skal vurderes.



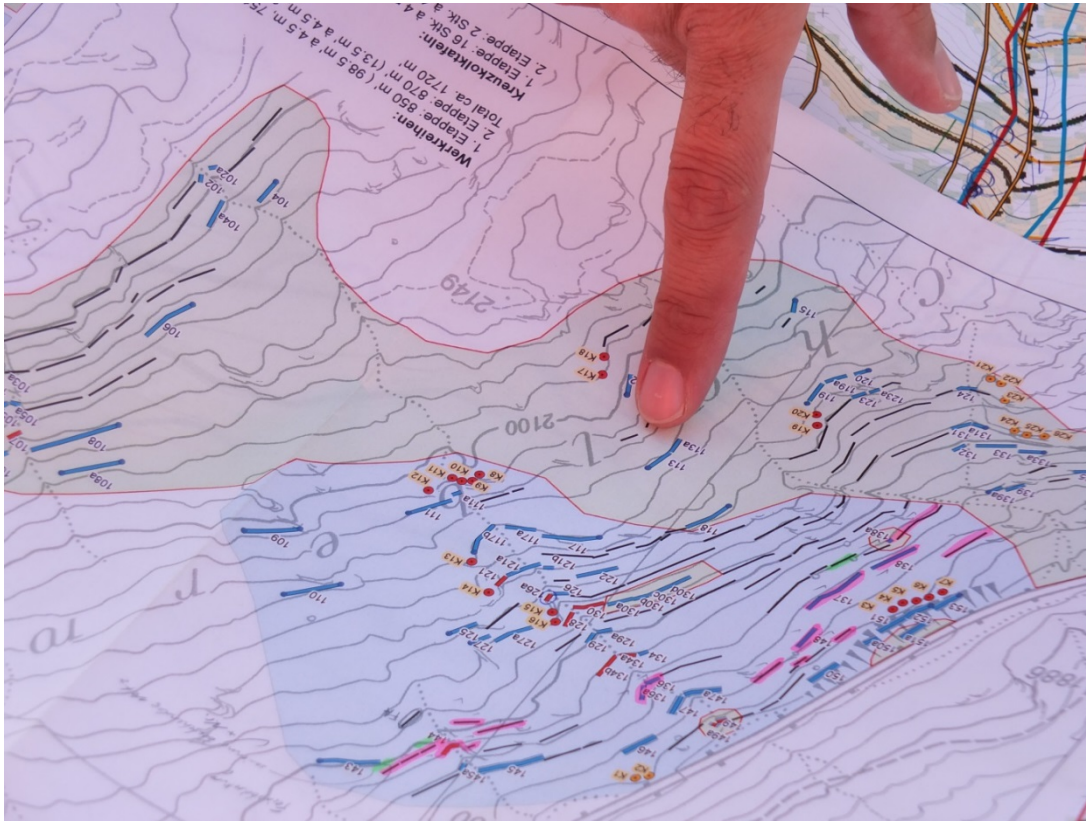
**Figur 53.** Det er en utfordring med rett maskestørrelse i gjerdene. Det er viktig at den nedre støttewiren er passe stram. Bilde oppe til høyre viser hvordan nettene festes til bakken (Foto: Audun Langelid)

### **Utførelse og drift:**

Snøgjerdene kostet ca. 1500-1600 sveitsiske franc pr. løpemeteter, noe som tilsvarer ca. 12 000-13 000 norske kroner pr. løpemeteter. Prosjektet er finansiert av staten siden denne vegen er en nasjonal veg.

Sveitserne er opptatt av vedlikehold. Alle gjerdene i dette skredområdet blir målt inn med GPS og lagt inn en database. Gjerdene blir så tegnet på et kart som entreprenøren bruker i driftskontrakten, se figur 55.





Figur 54. Snøgjørdene blir målt inn med GPS og lagt inn i en database. Dette danner et kartgrunnlag som blir brukt i driftskontrakten (Foto: Gunne Håland)

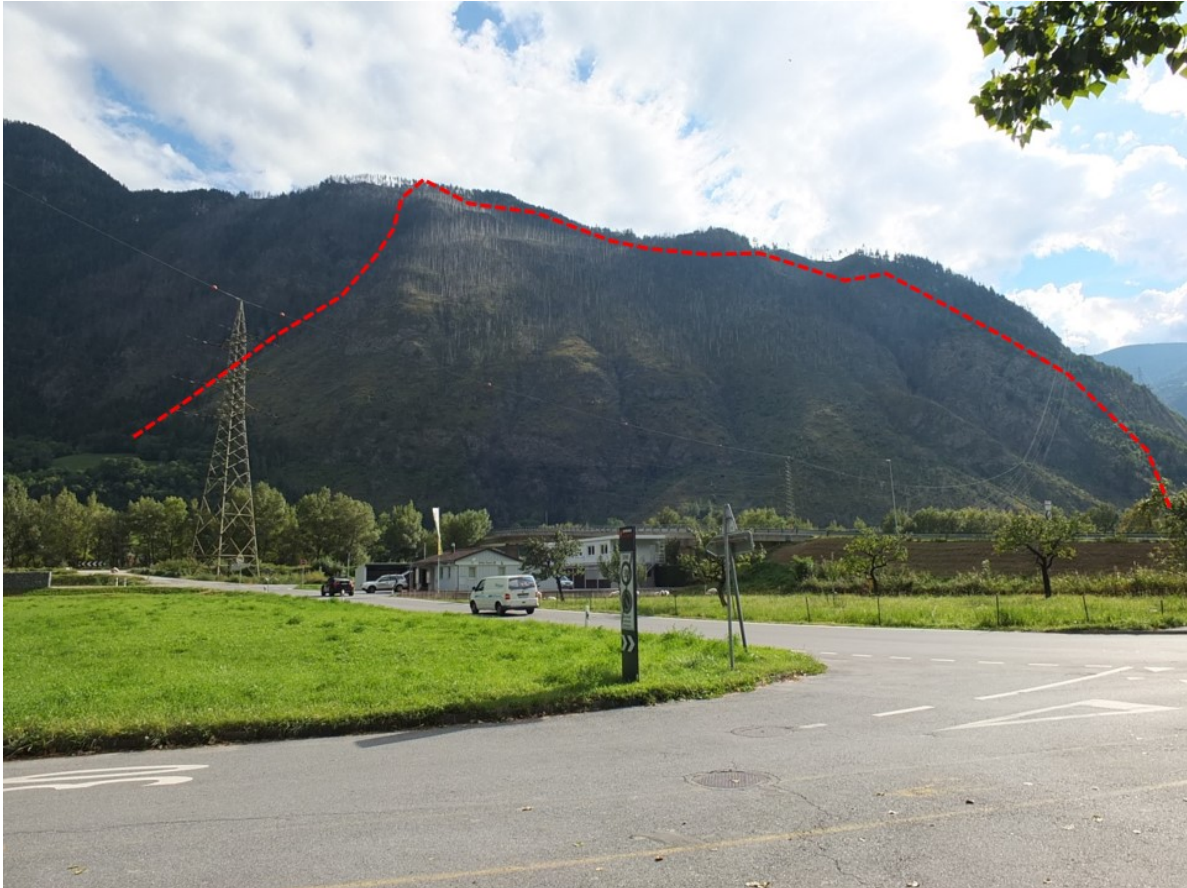
## 5.7 Sikring av veg og bolighus mot slamførende flomskred i Brig ved bruk av fleksible ringnett – gjerder og sedimentasjonsbasseng

Informant: Alban Brigger, leder for landskap og naturfare i Kanton Brig, se figur 56.



Figur 55. Alban Brigger informerer om skredproblematikken i Brig (Foto: Gunne Håland)

I april 2011 var det en enorm skogbrann i dalsiden vist i figur 57. I etterkant av denne kraftige skogbrannen, hvor all vegetasjon som holdt på løsmassene ble borte, fikk man store problemer med utglidninger og slamførende flomskred når det regnet. Det tar tid før vegetasjonen vokser opp igjen så derfor måtte man sette inn sikringstiltak for å beskytte bebyggelsen og infrastrukturen for nye skred som kan løsne fra denne dalsiden.



**Figur 56.**Område i dalsiden som ble berørt av skogbrann (Foto: Gunne Håland)

I dalbunnen ble det satt om flere 500 kJ fleksible gjerder og en betongvoll som sikringstiltak. Noen gjerder ble også montert i lokale forsenkninger midt i bratte dalsiden der man forventet at det kunne oppstå nye skred (se figur 58). Nederst i denne dalsiden ble det i 2011 også bygget to fangdammer/sedimentasjonsbasseng for å fange opp eventuelle fremtidige flomskred fra denne dalsiden. Fangdammene ligger ca. 100 meter fra hverandre i skredløpet, der den øverste fangdammen har som hensikt og stoppe/fange de groveste massene i skredet. Det nederste bassenget fungerer mer som en barriere mot finere og slamførende masser som slipper gjennom det øverste tiltaket (se figur 59 og 60).



Figur 57. Litt vanskelig å se på bilde, men det er satt opp fanggjerd i en lokal forskning i dalsiden der man tror det kan gå nye skred (svart sirkel). Rød strek viser en forsenkningen som kan være et potensielt skredløp (Foto: Gunne Håland)



Figur 58. t. v: Det øverste bassenget har som formål å stoppe de groveste massene i flomskredet. Bilde oppe t. h viser kanalen i bakkant som skredet dreneres gjennom. Bilde nede t. h viser energibaren der jernrør er satt på skinner (Foto: Gunne Håland og Audun Langelid)



Figur 59. Det nederste bassenget har som formål å fange finere og slamførende masser som blir sluppet gjennom den øverste fangdammen. Rød strek viser skredretning (Foto: Audun Langelid og Gunne Håland)

### **Dimensjonering og utforming:**

Disse fangdammene er godt tilpasset inn i terrenget (figur 61) og er bygget for å få enkel tilkomst for vedlikehold ved hjelp av maskinell tømning. Begge fangdammene er designet slik at vannet skal slippe igjennom energibarrierene, mens løsmasser og vegetasjon blir liggende igjen i selve bassengområdet. Energibarrierene består av jernrør som er satt på skinner. Rørene kan enkelt løftes av for tømning og vedlikehold. Det er brukt grov naturstein for å hindre at veggene i bassenget eroderes.



Figur 60. Rød ring viser at det nederste sedimentasjonsbassenget er meget godt tilpasset i terrenget. Det er nesten umulig å se tiltaket på avstand (Foto: Audun Langelid)

## 5.8 Testområdet Illgraben

Informant: Andreas Schoop (Regional leder, Geobruigg AG)

Illgraben er et av områdene i Sveits hvor Geobruigg har fått testet ut sine flomsikringsgjerdet i full skala. Utløpsområdet for skredene ligger på en lang flat slette i front av høye fjell (se figur 62). Utløpsområdet ligger i en nasjonalpark med vernet furuskog. Det er derfor svært strenge krav til å utføre tiltak/inngrep i dette området. Flomskredene har flere ganger truffet motorvegen som ligger nederst på sletten.



**Figur 61. Skredløpene dreneres ut på en lang/flat slette som består av vernet furuskog (Foto: Gunne Håland)**

Det var kun 2 flomsikringsgjerdet igjen i skredløpet da vi var der på befaring. Resten av gjerdene hadde blitt fjernet på grunn regler for landskapsvern i dette området. Det er ønskelig å ha minst mulig inn gripen og la naturen gå sin gang i denne nasjonalparken. Myndighetene har bestemt seg for å flytte motorvegen og legge den i bro over utløpsområdet slik at vegen ikke blir truffet av nye skred i fremtiden.

Det høye fjellene i bakkant av sletten danner et enormt nedslagsfelt for både nedbør og tilførsel av nye løsmasser. Fjellene består av bergarter som meget lett forvitrer, noe som fører til en stor produksjon av nye løsmasser. Forvittringsmassene raser/sklir ut fra det bakenforliggende fjellet i kombinasjon med vann, og samles opp i foten av fjellet (se figur 63). Siden dette er en kontinuerlig prosess som foregår, oppstår det med jevne mellomrom store flomskred som danner markerte skredløp i utløpsområdet. I

følge registreringer går det store flomskred hvert 3 – 5 år, og mindre flomskred flere ganger i året. Illgraben er derfor et ideelt området for uttesting av både flomskredsikring og simuleringsmodeller.



**Figur 62. Fjellet i bakkant av Illgraben er lite motstandsdyktig mot erosjon og gir stor tilførsel av løsmasser i området. Dette fører til at det jevnlig går skred som danner markante skredløp i utløpsområdet (Foto: Audun Langelid)**

I det mest dominerende skredløpet har Geobrudd testet ut flere flomskredgjerder med stort hell. I forbindelsene med testforsøkene hadde Geobrudd full instrumentering og overvåkning som kunne dokumentere gjerdenes sin oppførsel ved treff, se figur 15 i kapittel 5,1,1,2. Disse fullskalatestene har vært avgjørende i utvikling av Sveitsiske retningslinjer for slike fanggjerder. Figur 64 under viser en åpen kontrolldam i betong og de to gjenværende gjerdene. De fleksible gjerdene har hatt god sikringseffekt mot flomskred.



**Figur 63.** Her har skredløpet blitt sikret med en åpen kontrolldam i betong og to fleksible flomskredgjerder. Gjerdene har hatt god sikringseffekt mot flomskred (Foto: Gunne Håland og Audun Langelid)

### **Dimensjonering og utforming:**

På grunn av stort finnstoffinnhold i løsmassene er hovedvekten av skredene i Illgraben slamaktige flomskred. Slike skred får store hastigheter og eroderende effekt på sideterrenget i skredløpet. Dette medfører at gjerdene blir utsatt for store krefter når de blir truffet av slike skred. Hele skredet kommer nødvendigvis ikke på en gang, men kan komme i flere omganger/pulser. Dette har medført at man har også fått testet ut hvordan gjerdene oppfører seg når de blir truffet av skredmasser i flere omganger og til slutt blir så fulle at de resterende skredmasser flyter over og ned til neste gjerde. Da ser man hvordan gjerdet takler overtopping, og hva som er resthøyden når det er fullt. Disse observasjonene har vært med på å utvikle de Sveitsiske retningslinjene for dimensjonering av fleksible gjerder mot flomskred. I dimensjoneringskriteriene anbefales det at slike gjerder dimensjoneres for et scenario som tar høyde for fire ulike faser i forbindelse med en flomskredhendelse. Mer informasjon om dette i kapittel 5,1,1,2.

### **Utførelse og drift:**

Det største problemet man hadde under monteringen av flomskredgjerdene var forankringen i sidene. Kanalene har store løsmassemektigheter. Det oppstod store problemer da man skulle bore i disse løsmassene fordi hullene rase igjen og man fikk dermed ikke fullgyst wireankrene. Man måtte derfor bruke Ischebeck stag som forankring. Disse ble boret inn opptil 15 m for å få tilstrekkelig forankring. Dette medfører at man får et svakt punkt på gjerdene der hvor man må montere på fleksibelt hode på enden av Ischebeckstaget. Dette er det svakeste punktet på gjerdet fordi man må skru sammen på

gjenger. Dette medførte at man måtte noen steder ha to slike innfestninger ved siden av hverandre hvor det normalt ville ha holdt med et vaieranker, se figur 65.



**Figur 64.** Gjerdene måtte forankres med to ischebeckstag, fordi man ikke fikk fullgyst wireankrene. Bildet viser det fleksible hodet i enden av stagene (Foto: Gunne Håland)

Geobrugg har plassert gjerdene der skredløpet er smalere enn 15 m. Dette for å unngå å montere stolper på gjerdene.

## **5.9 Sikring av veg mot steinsprang i Chandolin ved bruk av selvrensende fanggjerder**

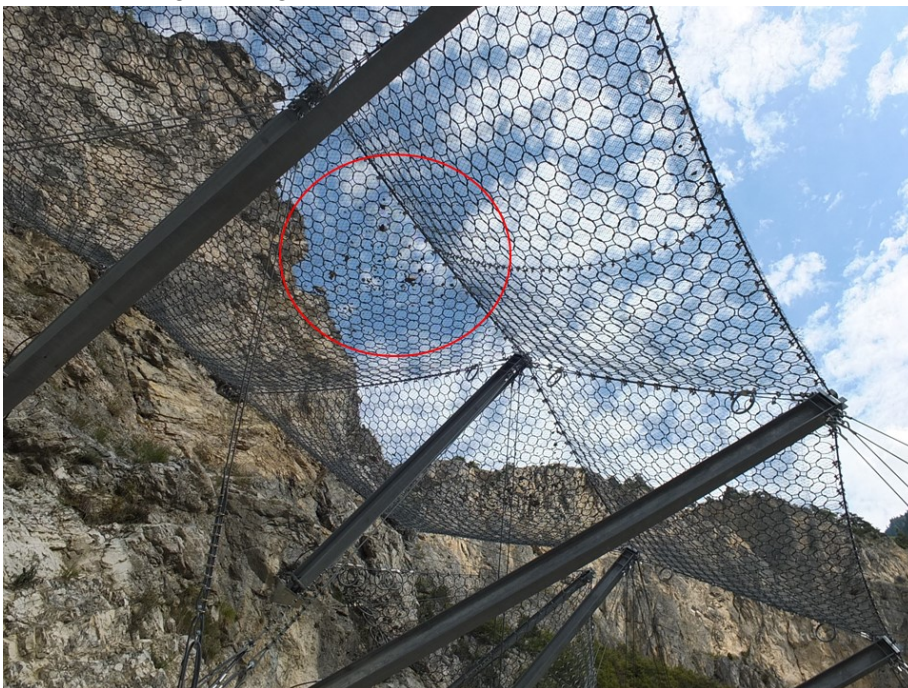
Her så vi på den siste nyvinningen til Geobrugg: Et selvrensende fanggjerde for steinsprang som kan benyttes som skredoverbygg (se figur 66). Ved denne lokaliteten (Chandolin) er det jevnlig nedfall av stein på vegen og kantonen har blitt nødt til å utføre fjellsikring her. Vegen går på en trang og smal hylle i en bratt fjellside. I planleggingen av skredsikringen ble det sett på to muligheter, enten å bygge tunnel forbi stedet eller lage et tradisjonelt skredoverbygg. Geobrugg utviklet da dette selvrensende fanggjerdet som har en kostnad på omkring en tredjedel sammenlignet med et skredoverbygg/tunnel (inkludert utviklingen av dette gjerdet).





**Figur 65. Geobrugg har utviklet et selvrensende fanggjerd for steinsprang som i dette tilfellet har erstattet tunnel og overbygg (Foto: Gunne Håland)**

Konstruksjonen er designet slik at energien fra steiner/blokker som treffer gjerdet får steinene til å «sprette» videre over og ned i dalsiden under vegen. Styrken på fanggjerdet som er brukt på dette «overbygget» er på 2000 kJ. Det er 3 lag med ulike nett slik at man også hindrer små steiner å falle ned vegbanen, se figur 67. Denne konstruksjonen krever minimalt med vedlikehold og den er meget enkel å besiktige fra vegbanen.



**Figur 66. Fanggjerdet består av tre lag med nett, noe som hindrer at små stein faller ned i vegbanen (Foto: Gunne Håland)**

Dette er en konstruksjon som absolutt kan være aktuell å bygge på skredutsatte steder i Norge med samme skredproblem og lokal topografi. På turistveger der man ønsker å bevare utsikten kan dette være et spesielt aktuelt tiltak. Hovedulempen med et slikt tiltak er dårlig landskapsarkitektur.

## 5.10 Sikring av veg og landsby i Oberwill ved bruk av et fleksibelt ringnett - gjerde

Informant: Andreas Scoop (Regional leder, Geobrugg AG)

Ved denne lokaliteten ble det i 2013 bygget det som mest sannsynlig er verdens største fleksible ringnett - gjerdet mot flomskred (se figur 68). Hensikten med dette tiltaket er å sikre både landsby, jernbane og veg mot et katastrofalt flomskred man frykter kan oppstå i denne elven en gang i fremtiden. Skredområdet er preget av forvitret fjell, noe som gir stor sedimentasjonstilførsel til elven (se figur 69).



**Figur 67.** I 2013 ble verdens største fleksible ringnettbarriere satt opp for å sikre landsby (Oberwill), veg og jernbane mot et stort flomskred man frykter kan komme her en gang i fremtiden (Foto: Gunne Håland)

På 90-tallet gikk det flere flomskred i denne elven som forsakte flere skader i landsbyen Oberwill. Etter skredfarekartlegging i 2004 ble flere deler av landsbyen klassifisert i rød sone på skredfarekartet. Skredhendelsene som hadde vært, og kartleggingen, resulterte i at myndighetene ønsket å utføre permanent sikring. Sikringstiltaket ble et spleiseprosjekt mellom staten og kanton Berne, der kantonen dekket 2/3 av kostnadene.



Figur 68. Skredområdet består av forvitret fjell som gir stor tilførsel av sedimenter til elven (Foto: Gunne Håland)

### **Dimensjonering og utforming:**

Fanggjerdet er dimensjonert for en 300 års hendelse, der scenarioet er at det kan komme tre hendelser/pulser på  $5000 \text{ m}^3$  i løpet av en forholdsvis kort periode. Gjerdet er dimensjonert for å tåle en strømningsrate på  $350 \text{ m}^3/\text{s}$  (vann og partikler). Fangområdet bak gjerdet har en lagringskapasitet på ca.  $13000 \text{ m}^3$ .



Figur 69. Det er stor lagringskapasitet bak gjerdet (Foto: Audun Langelid)

Gjerdet har en spennvidde på 40 meter og har en høyde på 14 meter. Det er totalt 9 langsgående bærewirene som er forankret i betongelementer langs kanalveggen. Bærewirene har en diameter på 95 mm og kan tåle en strekkraft på 9120 kN. Disse wirene er levert av Fatzer.

Gjerdet består av doble lag med Rocco ringnett de 9 første meterne, og et lag fra 9-14 meter (se figur 71).



**Figur 70.** De nederste 9 meterne består av et dobbelt lag med ringnett. De 9 bærewirene er forankret i støpte betongelementer langs kanalveggene. Nederst er det en åpning slik at elven kan strømme fritt gjennom uten å berøre gjerdet (Foto: Gunne Håland og Audun Langelid)

Hovedårsaken til at gjerde ble plassert her i den bredere delen av kanalen var fordi dette er eneste stedet i bekkeløpet hvor man kan komme til med anleggsmaskiner for å tømme fanggjerdet etter eventuelle flomskred. Dette medførte at gjerde ble en del større i omfang enn det kunne ha blitt hvis det hadde blitt plassert lenger ned der kanalen var smalere.

## **5.11 Sikring av landsby mot flomskred i Grönbach ved bruk av fleksible ringnett - gjerder**

Informant: Andreas Scoop (Regional leder, Geobrugg AG)

Her er det bekkeløp som renner gjennom et boligfelt der det går flomskred. Dette boligfeltet har flere ganger blitt truffet av flomskred. Det spesielle her er at det langs det skredutsatte bekkeløpet, ovenfor boligfeltet, ligger det noen få hus hvor beboerne nekter å flytte. Dette har vanskeliggjort sikringsarbeidet siden det er der hvor disse få husene ligger hvor det hadde vært best å plassere sikringstiltaket. Derfor måtte man lage en sikringskonstruksjon i en kombinasjon av fanggjerdet og

betongkonstruksjon lengre nede i elven. I tillegg måtte man også sørge for at den lille bebyggelsen på oversiden av den nye sikringskonstruksjonen opprettholdt tilgangen til sine eiendommer. Dermed har man måtte bygge en «bilport» i konstruksjonen (se figur 72 og 73).



**Figur 71.** Bilde av sikringsiltaket oppstrøms, bilporten til venstre i bilde (Foto: Audun Langelid)



**Figur 72.** Bilde av konstruksjonen sett nedstrøms. Legg merke til bilporten til høyre i bilde (Foto: Audun Langelid)

### **Dimensjonering og utforming:**

I dette bekkeløpet kommer det også ned mye store trær i skredmassene. Konstruksjonen er bygget i en bueform for å føre kreftene mest mulig ut til sidene (samme prinsipp som en betongdemning). Derfor har de beskyttet deler av konstruksjonen med tømmerstokker for å forsøke å minimere skadene på betongen ved treff av store skred, se figur 74. Geobrudd anser at selve bilporten er det svake leddet i skredsikringskonstruksjonen. Gjerdene består av et lag med Rocco ringnett og er 6 meter høye.

Konstruksjonen er dimensjonert for å stoppe/lagre  $6000 m^3$  med skredmasser. Det har ikke gått noen store flomskred som har fått testet ut tiltaket etter at sikringstiltaket stod ferdig i 2013. Gjerdene har ingen støttewire, men har kraftige langsgående bærewirere som er forankret i betongelementene. Betongmuren som er vist i høyre kant på figur 72 er støpt 6 meter inn og 3 meter ned i løsmasseskråningen. Alle de langsgående bærewirere er utstyrt med flere bremseelementer.



**Figur 73. Tømmerstokkene beskytter betongkonstruksjonene mot skredmassene (Foto: Audun Langelid)**

## 5.12 Sikring av to landsbyer (Hasliberg og Meiringen) ved bruk av fleksible ringnett - gjerder i løsneområdet

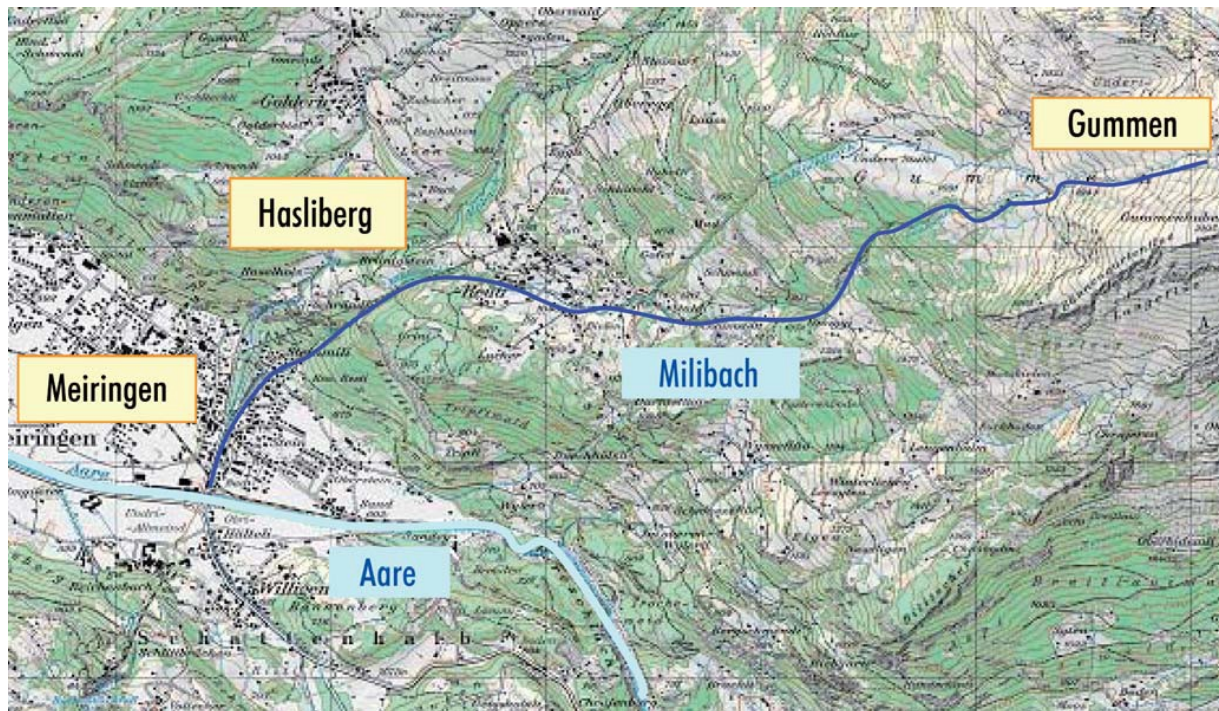
Informant: Andreas Scoop (Regional leder, Geobrugg AG)

Ved denne lokaliteten er det satt opp 13 fleksible ringnett - gjerder for å hindre at det utvikler seg flomskred i bekken/elven under intense nedbørsperioder (se figur 75). Gjerdene er satt opp øverst i elven ca. 2000 moh, der man regner med at flomskredene starter. Dette sikringstiltaket skal sikre to landsbyer som ligger nederst i dalen; Hasliberg og Meiringen.



**Figur 74. Det er satt opp 13 fleksible ringnett - gjerder øverst i en elv for å hindre at det utvikler seg flomskred (Foto: Gunne Håland og Audun Langelid)**

I 2005 gikk det et flomskred i elven Milibach etter en uvanlig intensiv nedbørsperiode. Skredet berørte begge landsbyene og det ble raskt bestemt at disse måtte sikres ved permanente tiltak. Flere tiltak, for eksempel betongdammer ble vurdert, men på grunn av utfordrende topografiske forhold ble dette for dyrt. Utviklingen av flomskredet startet helt opp ved Gummen området der gjerdene i dag er satt opp (se kart i figur 76).



Figur 75. Kart over skredområdet ved Hasliberg

Bergarten i Gummen-området er stort sett en mørk skifer med mørke leirmineraler. Denne forvitrer svært lett når den blir utsatt for vær og vind. Det finnes også lag med sandstein mellom skiferlagene. Over dette ligger det en flere meter tykk løsmassepakke av forvittringsmasser. Disse massene har stort innhold av leir og silt, noe som fører til at flomskredene får en flytende og slamaktig oppførsel. Grunnforholdene fører til at det hele tiden vil være tilførsel av sedimenter til elven, noe som favoriserer regelmessige skred (se figur 77).



Figur 76. Skredene løsner i et område der det er stor produksjon av forvittringsmateriale. Dette tilføres elven når det regner (Foto: Gunne Håland)



Det er antatt at det løsnet ca. 13 000 kubikk med forvitret løsmasser under hendelsen i 2005. Videre er det kalkulert at skredet har vokst til ca. 40 000 kubikk i løpet ferden nedover dalsiden. Dette skredet var et slamaktig skred (mud flow) og man antar skredet hadde en hastighet på 7 - 9 m/s.

### **Dimensjonering og utforming:**

Tabellen under viser hvilket dimensjoneringsgrunnlag som ble brukt når det skulle vurderes skredsikring. Parametere som totalt skredvolum, strømningsrate, tetthet, flyte høyde, hastighet, overtopping og kanalform blir vurdert i dimensjoneringskriteriene (Tabell 2). I tillegg ble laster fra snøsig også vurdert.

**Tabell 2. Dimensjoneringsgrunnlaget for modellskredet**

Parameter	Dimensioning value	Overload
Channel inclination	30%	-
Type of debris flow	Mud flow, viscous flow	-
Total volume	10'000–15'000 m <sup>3</sup>	-
Surge volume	5'000 m <sup>3</sup>	-
Flow bulk density	18–20 kN/m <sup>3</sup>	18–22 kN/m <sup>3</sup>
Max. discharge	60 m <sup>3</sup> /s	100–150 m <sup>3</sup> /s
Flow height	1.5–2.0 m	
Flow velocity	6–12 m/s	up to 18 m/s

Det ble konkludert med at de kun var de sterkeste sikringsnettene som kunne bli brukt i disse gjerdene. Kapasiteten til gjerdene ble også simulert med simuleringprogrammet FARO.

Det ble det gjort laboratorieforsøk for å finne ut størrelse på nødvendig maskeåpning i ringnettene, samt størrelse på åpningen mellom kanalbunn og gjerdet. Laboratorieforskene ble utført på grunn av at man var usikre på effekten gjerdene ville ha mot slamaktige skred. Det ble konkludert at en ringdiameter på 30-50 cm, og en åpning på ca. 50 cm mellom kanalbunn og gjerde burde være tilstrekkelig. Disse konklusjonene var også basert på tester og naturlige hendelser i Illgraben.

Alle 13 gjerdene skal til sammen kunne fange opp ca. 10 000 kubikk med masser.

### **Utførelse og drift:**

De 13 gjerdene ble installert i løpet av høsten 2007 og sommeren 2008 i Gummen-området der man antar at flomskredene starter. Gjerdene ble fraktet opp med helikopter. Første steg når gjerdene skal installeres er å bore hull til forankringen og grave ut fundamentet der man skal støpe feste til gjerdestolpene. Etter dette blir gjerdestolpene og bære- og støttewirene installert. Tilslutt fires ringnettet inn på de langsgående bærewirene der de festes fast, se figur 78.



Figur 77. Installering av gjerdene i 2007/2008. Gjerdene ble fraktet opp med helikopter. Bilde øpe t.h viser anker i kanalveggen, og bilde nede t.h viser festingen av ringnettene (Foto: Geobrugg)

Når det gjelder vedlikehold er det forventet at gjerdene må tømmes hvert 10 - 30 år på grunn av flomskred. Gjerdene har god adkomst for maskinelt tømming slik at massene lett kan fjernes ved eventuelle skred. Rutiner for vedlikehold av disse 13 gjerdene er vist i tabell 3 under.

Tabell 3. Vedlikeholdsrutiner for de 13 gjerdene

Return period	Expected event intensity	Maintenance work
2x per year (springtime and autumn)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Blockage of the basal opening</li> <li>• Local small landslides</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Checking the barriers</li> <li>• Cleaning manually</li> <li>• Checking of brake rings elongation</li> </ul>
More than 10 year term	Debris flow event smaller than 5'000 m <sup>3</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Build of transportation ways to the landfill sites</li> <li>• Cleaning with excavators</li> <li>• Repairs of damaged components (brake rings etc.)</li> </ul>
10–15 year term	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impact of an avalanche</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Changing brake elements at barrier 2</li> </ul>
30–100 year term	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debris flow event larger than 10'000 m<sup>3</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Build of transportation ways to the landfill sites</li> <li>• Cleaning with excavators</li> <li>• Repairs of damaged components (brake rings etc.)</li> </ul>

### 5.13 Sikring av bolighus og en rundkjøring mot jordskred i Luzern ved bruk av et fleksibelt ringnett - gjerde

Informant: Andreas Scoop (Regional leder, Geobrugg AG)

Ved denne lokaliteten er det satt opp et fanggjerde for å sikre en rundkjøring og bygninger mot jordskred (se figur 79). Rundkjøringen ligger like under en bratt løsmasseskråning der det er observert bevegelse i jordmassene. Etter at det tidligere gikk et jordskred som traff to hus i nærheten, frykter man nå at det kan gå skred også i denne skråningen.



**Figur 78.** Det er satt opp et fleksibelt fanggjerde for å sikre en rundkjøring og noen bygninger mot jordskred (Foto: Gunne Håland)

Toppen av skråningen går brått over i et flatt platå der det ligger et større slott. Den markante overgangen mellom platået og skråning er ugunstig med tanke på dreneringsforhold og dannelse av poretrykk i jorden. Den tunge bygningen vil i tillegg redusere skråningsstabiliteten (se figur 80).



**Figur 79.** Det ligger en bratt jordskråning over en rundkjøring der man frykter det kan gå et jordskred. Toppen av skråningen går over i et flatt platå der det ligger et slott (Foto: Gunne Håland)

### **Dimensjonering og utforming:**

Fanggjerdet som er brukt i dette tilfelle er et av typen SL-150 med spider sikringsnett og et vanlig flettverksnett som innernett (se figur 20). Gjerde er 3 meter høyt og er dimensjonert for å tåle en dynamisk last på  $150 \text{ kN/m}^3$ . Både de langsgående bærewirene og støttewirene som er festet til stolpene har bremseelementer (se figur 81). Bærewirene har bremseelementer pr. 20 meter, og gjerdestolpene har en avstand på maksimalt 5 meter mellom hverandre. Støttewirene er forankret i bakken med wirebolt (se figur 81). Sikringsnettene er trukket tilbake noen meter for å hindre erosjon og at potensielle skred ikke skal gå under gjerdene. Sikringsnettene er festet til en langsgående bunnwire: Dette vil gjøre tømningsarbeidet lettere fordi man enkelt kan hekte av sikringsnettet og rulle det sammen (vist på figur 31)



**Figur 80.** Både de langsgående bærewirene, og støttewirene som er festet til stolpene har bremsringer. Gjerdene har Spider sikringsnett og et vanlig flettverksnett som innernett (Foto: Gunne Håland)



**Figur 81.** Støttewirene er forankret til bakken med wirebolt (Foto: Audun Langelid)

### **Utførelse og drift:**

Når det gjelder drift og vedlikehold er det gode adkomstmuligheter for maskinelt fjerning av eventuelle skredmasser. Grusvegen bak fanggjerdet sørger for at man kan komme til på innsiden av gjerdet som er det mest optimale. Det er også mulig å hekte av sikringsnettet og rulle det sammen som vil forenkle tømmingen ytterligere.

## 6 Eksempler på skredområder i Norge der fanggjerdar kan være aktuelle sikringstiltak

### 6.1 Rv 5 Kjosnesfjorden, Støylsnestunnelen vest, Sogn og Fjordane

Etter at Støylsnestunnelen ble ferdigbygd, ble vegen rett vest for vestre tunnelportal lagt noe lenger inn i terrenget enn før. Dette har resultert i at det nå kommer både glidende snøskred og steinsprang på vegen. Snøskredene løsner på de bratte svaene som vist på figur 83 og løsner når vanninnholdet i snøen øker. Skredene som kommer i dette området er for det meste våte svaskred som har en glidende bevegelse. Skredene er forholdsvis små, men er store nok til å stenge vegen og utgjøre en fare for trafikanter. Det er nylig bestemt at store deler av strekningen som går langs Kjosnesfjorden skal gå i tunnel, og vil dermed også eliminere dette skredpunktet. Dette skredområdet er likevel et godt eksempel på problematikken med glidende snøskred/svaskred.



Figur 82. Viser antatt løseområdet til snøskredet og plassering av fanggjerdene (Foto: S. H. Frækaland, 2011)

Da tunnelen var ferdig, ble det satt opp et steinspranggjerde på 1500 kJ for å sikre veien mot steinsprang. I mars 2011 gikk det to mindre våte snøskred fra to skredløp. Fanggjerdet ble fylt opp og delvis ødelagt av disse hendelsene (se figur 84 og 85).



**Figur 83.** Skredmasser har fylt opp gjerdet og knekt 2 stolper (Foto: Kristian Kjesbu)



**Figur 84.** Skredmasser har fylt opp gjerdet fra to forskjellige skredløp. Terrenget over består av bratt svaberg (Foto: Kristian Kjesbu)



Steinspranggjerdene ble delvis ødelagt av disse hendelsene, og viser at disse fangggjerdene ikke er dimensjonert for å ta den dynamiske lasten som er i snøskredene. Det har som tidligere nevnt i rapporten blant annet blitt forsket på hvordan fangggjerder for steinsprang kan optimaliseres og dimensjoneres i forhold til at det også kan ta opp dynamisk last for små glidende snøskred. Disse gjerdene kunne ha vært et interessant tiltak ved Støylsnestunnelen hvis ikke det skulle ha blitt bygd tunnel. Skredområdet er også utsatt for steinsprang.

## 6.2 Fv.30 Støren–Røros, Svølgja, Sør-Trøndelag

Over vegen er det et bratt svaberg der det med jevne mellomrom ryr ned mindre steiner. Det meste av dette blir fanget opp av et omtrent 30 meter langt steinsprangnett som er plassert nederst på svaberget like ovenfor vegen. Svaberget består av glatt fjell og er stort sett fritt for vegetasjon. Det er stor fare for at det kan rase ut mindre snøflak/svaskred på vegen når snødekket er gjennommettet med vann. Steinspranggjerdet har frem til nå stanset snøsiget, og hindrer at snøflak løsner. Steinspranggjerdet er kun dimensjonert for å ta opp mindre stein og er ikke dimensjonert for å fange opp de store sigkreftene som oppstår i snøen. Stengene/stolpene på gjerde har flere steder bøyd seg utover, sannsynligvis på grunn av dette, og har nå redusert kapasitet (se figur 86).



Figur 85. Snøsigproblemer over vegskjæring ved Svølgja i Sør-Trøndelag (Foto: Google street, 2010)

Dette er nok et eksempel på et område som har problemer med snøsig og svaskred ovenfor vegen. Her kunne det ha vært interessant byttet ut eksisterende gjerde med et fleksibelt steinspranggjerde som tåler snøsig.

### 6.3 Fv.30 Støren–Røros, Kotsøy, Sør-Trøndelag

I 2004 gikk det et jordskred som løsnet i en liten forsenkning omtrent 130 meter over veien. Jordskredet var på omtrent  $100\text{ m}^3$  og vegen ble stengt en kort stund. Skredbanen har en jevn bratt helning på ca.  $35^\circ$  helt ned til veien som har smal grøft (se figur 87 og 88). Skredet har gått i et tynt dekke av morenemasse. Det ligger fortsatt mye masser igjen i skredbanen.



Figur 86. Løsneområdet til jordskredet i 2004 ved Kotsøy (Foto: Gunne Håland)

Et eldre middels stort jordskred ble observert ca. 30-40 meter sør for jordskredet omtalt ovenfor. Utglidningen fulgte en forsenkning i terrenget, der skredets løsneområde og skredbanens helning var omtrent det samme som for det nordre skredet. Dette skredet ble bremsset opp av slakere terreng omtrent 30-40 meter på oversiden av fylkesveien. Dette skredet har også gått i et tynt dekke morenemasse med stort innhold av finkornet materiale.



Figur 87. Bratt jordskråning ned mot vegen ved Kotsøy. Grøften er smal og har liten stoppeeffekt fra skred som løsner lenger oppe i dalsiden (Foto: Gunne Håland)

Løsmassegeologi, topografiske forhold, og observert skredaktivitet i skråningen tyder på at det kan løsne nye skred i dette området. Den smale grøften på innsiden på vegen har ingen stoppeeffekt. På grunn av plassmangel og bratt jordskråning på innsiden av vegen er det en utfordring å få plass til skrinstitak som bredere grøft, eller voll og mur.

Et alternativ kan være å bruke fleksible fangjerder (SL-150) som er utviklet for sikre mot jordskred. Hovedutfordringen med dette tiltaket vil være å få god forankring i den bratte skråningen og eventuell maskinell fjerning av skredmasser (må fjernes på nedsiden). Samtidig er det viktig å nevne at i dette området vil det ikke oppstå regelmessige skred i samme skredløp. Et eventuelt fanggerdet vil derfor sikre mot en engangshendelse.

## **7 Vurdering av måloppnåelse for turen**

De viktigste målene for turen var:

1. Utvikle kompetansen innenfor bruk av fanggerder som sikringstiltak mot vannrelaterte skred.
2. Gjennom presentasjoner, møter og nettverksbygging med fagmiljø i Sveits bringe ideer og metoder hjem til våre prosjekter.

Gjennom mye tid i felt sammen med både geologer, representanter fra fylket og konsulenter, samt samtaler og omvisninger, har vi økt kompetansen innen bruk av fanggerder som sikringstiltak mot flere ulike skredtyper. Vi har økt kompetansen spesielt innen sikring mot vannrelaterte skred, men vi har også lært at fanggerder kan utformes som overbygg for sikre vegen mot steinsprang, eller som støtteforbygninger for å sikre mot snøskred. Vi har også fått innblikk i sveitsiske retningslinjer for dimensjonering, utførelse og vedlikehold av fanggerder (mål 1).

Kapittel 5 viser aktuelle områder i Norge der ulike typer fanggerder kan være gode løsninger (mål 2)

Vi håper også at denne kompetansen kan være med på å forbedre prosesskoder i kravspesifikasjoner ved bruk av fanggerder, samt utforming av dimensjoneringsgrunnlag. I tillegg håper vi at viktigheten med oppfølging av fanggerder i forhold til drift og vedlikehold også blir belyst i denne rapporten. I kapittel 8 vil de viktigste anbefalingene for Statens vegvesen og fagmiljøet i NIFS oppsummeres (mål 2).

Gjennom denne rapporten håper vi at resten av fagmiljøet i Statens vegvesen, og NIFS gis tilgang til denne kompetansen.

## 8 Oppsummering og diskusjon

Tradisjonelt har fanggjerdar blitt mest brukt til sikring mot steinsprang i Norge, men i de siste årene har man i alpelandene utviklet fanggjerdar som sikrer mot både flomskred, jordskred og mindre snøskred. Dette er mulig fordi gjerdene har blitt mer fleksible og bevegelige gjennom modernisering og oppgraderinger av ulike komponenter i gjerdene. Flexibiliteten i gjerdene gjør at de tåler dynamiske laster fra vannrelaterte skred. Utvikling av bremseelementene er den viktigste komponenten for at gjerdene har blitt mer fleksible. Geobrudd har bidratt mye for den utviklingen som har skjedd på dette området de siste årene.

Geobrudd har utviklet tre sikringsnett som brukes i de fleste fanggjerdene i dag; Tecco, Spider og Rocco ringnett. Disse har ulike egenskaper for å absorbere strekkrefter, der Rocco systemet tåler mest. Tecco og Spider blir brukt i fanggjerdar mot steinsprang og jordskred for lavere energiklasser. Nettene blir også brukt til å stabilisere enkelte steinblokker, samt fjell- og løsmasseskråninger. Rocco-nettene blir brukt i gjerdar mot steinsprang, flomskred og snøskred for høye energiklasser.

Viktige komponenter som bidrar til energidemping og ønsket funksjonalitet i gjerdene er sikringsnettet, gjerdestoplene, bunnplate til stolpene, trinse, bremseelement og forankring til støttewirene og bærewirene. Ankeret tar opp de største kreftene i støtøyeblikket og er det mest kritiske punktet på gjerdet. Bremseelementene og trinse sørger for en uniform og konstant kraft som blir fordelt vidare på de ulike komponentene i gjerdet. Dette reduserer kreftene som virker på ankeret.

Geobrudd bruker to forankringsprinsipper på alle fanggjerdene; wirebolter og selvborende stag (type Ischebeck eller tilsvarende) med et fleksibelt hode. Wirebolter er oftest å foretrekke da disse ikke har svake punkt i innfestingen. Selvborende stag har sitt svakeste punkt i innfestingen av wiresløyfe på gjengene på bolten. I kanaler/skredløp der det kan oppstå flomskred er det ofte mye løsmasser, noe som fører til at man gjerne må bore langt for å få godt nok feste til ankerene. Dette skaper utfordring på grunn av at lange borehull krever større/kraftigere boreutstyr for å få boret inn selvborende stag. I tillegg kan lange/dype hull i fine løsmasser ofte være vanskelige å holde åpne slik at man da må benytte selvborende stagforankringer. Det kan også bli problematisk å få tilstrekkelig med gysemasse rundt boltene/stagene. Det blir også ofte problemer med å utføre tilfredsstillende prøvetrekkninger av disse stagene da man presser inn løsmassene omkring stagene istedenfor å trekke i selve staget. Selvborende stag er billigere enn wirebolter. Forankringsmetode er derfor et viktig element når pris og kvalitet skal vurderes i konkurransegrunnlaget.

Gjerdestolpene er designet slik at de skal ryke fra fotplata (svakeste punktet er bolten som fester stolpene til fotplata) hvis belastningen blir for stor i støtøyeblikket. Dette for å oppnå resthøyde på gjerdet etter det er fylt opp med skredmasser. Da ødelegger man ikke fundamentene til bunnplata og hindrer mest sannsynlig å knekke stolpene eller å ødelegge de andre komponentene i gjerde.

I de sveitsiske retningslinjene oppgis kapasiteten til fleksible gjerdar mot flomskred i volum og ikke i punktlast (energi). En årsak til dette er at mange flomskredssituasjoner kommer i flere mindre bølger/pulser etter hverandre. Gjerdet må derfor ikke dimensjoneres etter en enkelt hendelse, men hvordan det skal takle å bli truffet flere ganger etter hverandre. I retningslinjene blir derfor totalt forventet skredvolum oppfattet som en bedre dimensjonerende faktor enn punktlast (energi). Hvor store skredvolum gjerdene har kapasitet til å fange er testet ut ved fullskala forsøk i felt, laboratorieforsøk, og simuleringer. Resultater viser at et fleksibelt flomskredgjerde kan fange/stoppe omtrent 1000 kubikk. Flexible ringnett - gjerdar dimensjoneres ofte etter et scenario der flomskredet treffer gjerdet i 4 stadier. I de tre første stadiene blir gjerde truffet av tre ulike bølger/pulser som

kommer etter hverandre. Dette fører til at det påføres nye laster oppover langs gjerde etter hvert som gjerdet fylles opp. I det siste stadiet i scenarioet går den siste bølgen over gjerdet, altså overtopping. Følgene parametere blir vurdert når dimensjoneringsgrunnlaget for fleksible fanggjerd mot flomskred skal vurderes: totalt skredvolum, strømningsrate i kanal ( $m^3/s$ ), tetthet til skredmassene ( $kg/m^3$ ), flyte høyde, hastighet, overtopping og kanalform. I tillegg blir laster fra snøsig påfører gjerdene også vurdert i dimensjoneringsgrunnlaget. Lagringskapasitet bak gjerdene er også viktig å vurdere for å unngå overtopping.

I alpelandene er det flere steder brukt snøgjerd som støttestrukturer i løseområdene til snøskred i stedet for de tradisjonelle stålkonstruksjonene. Hovedårsaker til dette er forankringsmetode og estetikk. I områder med jordsig, for eksempel i permafrostområder, blir ikke gjerdestolpene forankret i fast fjell slik som de tradisjonelle stålkonstruksjonene blir. I stedet blir de naglet/støpt fast til jorda der bunnplata til stolpene holdes på plass av selve vekten til stolpene. De er kun øvre og nedre støttewirene som forankres til fjell. Gjerdene blir da mer bevegelige og ankrene ødelegges ikke når jorda begynner å sige.

Selvrensende fanggjerd mot steinsprang er en nyvinning fra Geobrudd og kan brukes som sikringstiltak mot steinsprang på steder der vegen har bratt terreng både over og under vegen. Dette tiltaket koster ca. 1/3 av prisen for tunnel og overbygg og man bevarer i tillegg utsikten. God utsikt er spesielt viktig for turistvegene. Hovedulempen med et slikt tiltak er dårlig landskapsarkitektur, men det har også betongoverbygg.

Drift og vedlikehold er viktig og er helt avgjørende for at gjerdene skal fungere etter hensikten til enhver tid. En av de største ulempene ved bruk av fanggjerd som sikringstiltak mot skred er vedlikeholdet. Dette på grunn av at gjerdene ofte er plassert i bratt og vanskelig terreng, der det ikke er mulig å legge til rette for god tilkomst for maskinell tømning/fjerning av skredmasser. Når det har gått et skred i gjerdet, anbefales det der er mulig å fjerne massene maskinelt fra innsiden. Da unngår man at man må demontere gjerdet. Skal man fjerne massene fra nedsiden må man i de fleste tilfellene demontere deler av gjerdet for så å montere det opp igjen når massene er fjernet. Dette med unntak av fanggjerdene som brukes mot jordskred. Her kan sikringsnettet ruller opp slik man enkelt kan fjerne massene også fra nedsiden. Når gjerdene blir truffet av skred er bremseringen den vanligste komponenten som må skiftes ut. Det er viktig at det utføres jevnlig inspeksjoner etter at fanggjerdene er satt opp. Dette for at sikringstiltaket til enhver tid skal fungere optimalt. Geobrudd anbefaler inspeksjon minimum 1 gang pr. år.

Før konkurransegrunnlaget for et fanggjerde blir utarbeidet er det vanlig at byggherren utfører prøveboringer og prøvetrekker forankringer (i ulike lengder). Data fra testene legges ved som en del av konkurransegrunnlaget og gir en mer rettferdig og likeverdig konkurranse mellom entreprenørene. Dette reduserer også sannsynlighetene spekulativ prising fra entreprenører og krav om tillegg. Eksempel på dette kan være «vanskelige» grunnforhold, noe som kan føre til at det er nødvendig med lengre forankringslender osv. Sveitsiske myndigheter og entreprenørene er meget godt fornøyde med denne ordningen. Dette er noe Statens vegvesen absolutt bør vurdere å ta med som en del av konkurransegrunnlaget, også for montering av fanggjerd i løsmasser.

Kostnadene på gjerdene varierer etter type og valg av plassering i terrenget. Gjerdene i Regione Giubiasco kostet ca. 200 000 Sveitsiske Franc for 35 meter, noe som tilsvarer ca. 40000,- norske kroner pr. meter. I Norge blir nok prisen pr. løpemeter noe dyrere. Geobrudd har 30 års garanti på alle gjerdene og er meget opptatt av at noen er ansvarlige for oppfølging i ettertid for å se om sikringen

fungerer optimalt i forhold til funksjonssvikt, osv. Det er vanlig at det blir utført vedlikehold minimum 1 gang i året i regi av eieren av tiltaket.

Når det gjelder sikringsfilosofi går ofte kvalitet foran pris når infrastruktur skal sikres. Det sikrer nødvendigvis ikke kun i skredløp der det har gått skred før, men legger man stor vekt på konsekvens og sårbarhet et potensielt skred kan påføre infrastrukturen i fremtiden. Dette medfører at et potensielt skredløp der det ikke er registrert skred kan bli prioritert før skredområder der det har gått skred. Klimaendringer blir også vektlagt i stor grad i slike områder. Det er utarbeidet faresonekart (Hazards map) for hele Sveits hvor det er kartlagt potensielle skredløp. Disse faresonekartene brukes til å utarbeide mer nøyaktige skredfarevurderinger for lokale områder. Det gjøres grundige risikovurderinger og de med stor konsekvenser blir som nevnt gjerne prioritert først. I Statens vegvesen må det være et kjent skredløp med en viss frekvens (3 skred i løpet av 20 år) før det kan bli prioritert etter en matematisk vekttallsmodell. Mulige klimaendringer blir foreløpig ikke tatt hensyn til i denne modellen (men kan bli vurdert utenom av fagpersoner). Dette medfører et problem i forhold til sikring mot flomskred i Norge fordi vi sjeldent har gjel eller bekkeløp der slike skred har et gjentaksintervall. Hovedårsaken til dette er at Norge består stort sett av gode og intakte bergarter som i liten grad forvitrer, noe som gir lite sedimentasjonstilførsel sammenlignet med alpelandene. Noen unntak vil være i områder med hyppig steinsprangaktivitet der det dannes ur/tallus, eller i skredløp med hyppig snøskredaktivitet. Generelt har Norge mindre utbredelse av flomskred sammenlignet med Sveits, men det vil være en aktuell problemstilling å sikre potensielle skredløp før flomskredet går. Dette gjelder spesielt i områder der skredet kan påføre infrastruktur store konsekvenser.

I Sveits har hver kanton ansvaret for å prioritere, finansiere og gjennomføre nødvendige sikringstiltak for infrastrukturen. Dette gjelder ikke hovedveger som de statlige myndighetene har ansvar for. Denne praksisen er tilsvarende her i Norge der fylkeskommunen har ansvar for fylkesveger, staten for riksveger, og kommunene for skredfarekartlegging for bebyggelsen. Kantonen kan for eksempel sette ned krav om at det må bli utført skredsikring for å redusere skredrisikoen for bebyggelse. Sikringskostnadene må da bli finansiert av utbygger. Dette er tilsvarende krav som NVE setter til private utbyggere i Norge.

Geobrudd har strenge krav til dokumentasjon av kapasitet og funksjonalitet til alle fanggjerdene. Det er ikke godt nok med beregninger og simuleringer, men alle produkter må bestå fullskala tester i felt etter de sveitsiske retningslinjene.

Kort oppsummert kan fanggjerdene være gunstige sikringstiltak mot ulike skredtyper der det er bratt terreng og plassmangel på innsiden av vegen. Det er imidlertid viktig at berget og grunnforholdene er av god nok kvalitet for å få tilstrekkelig forankring. I og med at det sjelden oppstår jord- og flomskred med et gjentaksintervall i norske skredløp, vil praktiske ulemper knyttet til maskinell tømning reduseres.

## 9 Anbefalinger for fagmiljøet i Statens vegvesen og samarbeidsetatene i NIFS

Basert på inntrykk og ideer fra Sveits og kjennskap til problemsstillinger i Norge, ønsker vi å gi følgende anbefalinger:

- Ta i bruk fleksible fanggjerder for å sikre mot vannrelaterte jord- og flomskred, og glidende snøskred. I bratte områder med plassmangel på innsiden av vegen kan slike gjerder spesielt være en effektiv og økonomisk fornuftig løsning. Det er viktig at det er gode nok forankringsforhold. Når det gjelder tilgang for maskinell tømning av gjerdene er ikke dette så kritisk i Norge som i Sveits på grunn av mindre hyppig gjentakintervall av flomskred.
- Forankring av alle typer fanggjerder (ikke selve gjerdestolpene, men støttewirene og bærewirene) bør helst gjøres med wirebolter og ikke selvborende stag i løsmasser. Dette er noe vi selv kan sette krav til i konkurransegrunnlaget uavhengig av leverandør. Da unngår vi et unødvendig svakt punkt i konstruksjonen.
- Vi bør i større grad vurdere prøveboring og prøvetrekking, før utarbeiding av konkurransegrunnlag for fanggjerder når det skal forankres i løsmasser.
- Vi bør ha større fokus på kvalitet til fanggjerder, og generelt sikringstiltak mot skred. Det er ikke nødvendigvis det billigste tilbudet i anbudet som er det mest hensiktsmessige tiltaket. Det bør generelt stilles strengere krav til dokumentasjon av gjerdene i konkurransegrunnlaget.
- Det må utarbeides egne prosessbeskrivelser i Statens vegvesen i konkurransegrunnlag for anskaffelser av de ulike typer fanggjerder. Det finnes ikke slike beskrivelser i dag slik at man for hver anskaffelse må lage seg sine egne beskrivelser.
- Det anbefales at det utarbeides en egen veileder for bruk av de ulike typer fanggjerder som er aktuelle å bruke i Norge til sikring av stein-, snø-, jord- og flomskred. En slik veileder bør inneholde oversikt over de ulike typene av fanggjerder som finnes på markedet, om bruksområder og de begrensninger de ulike fanggjerdene har, og med et kapittel som omhandler driftsperioden av fanggjerdene.
- I permafrostområder eller i områder med jordsig der det er aktuelt med støttforbygninger for å sikre mot snøskred, kan snøgjerder med bevegelige ankere være en god løsning.
- Selvrensende fanggjerder mot steinsprang kan i noen tilfeller erstatte tunnel og overbygg og vil kunne være aktuell å bruke på steder der vegen ligger i bratt terreng. Dette tiltaket er en god del billigere enn tunnel og overbygg og man bevarer i tillegg utsikten. God utsikt er spesielt viktig for turistvegene.
- Hvilken sikringsfilosofi skal utøves for sikring mot vannrelaterte skred som jord- og flomskred i Norge? Kan vi, basert på kartlegging og risikovurderinger, bli bedre på å sikre potensielle jord- og flomskredløp før skredene går?
- Det er svært viktig å ha fokus på drift og vedlikehold av fanggjerder (alle typer). Det anbefales derfor at man utarbeider rutiner og retningslinjer som gjelder for de ulike typer fanggjerder slik som i eksemplet i vedlegg 1 (dette er fra Sveits). Disse rutine/retningslinjene bør da være vedlegg til driftskontrakter som har fanggjerder i sitt kontraktsområde. Det er i dag mange uklarheter omkring slike fanggjerder og det er tilfeldig hvordan vedlikeholdet og oppfølgingen utføres for fanggjerder.

## **Vedlegg**

**Vedlegg 1: Sveitsiske drift- og vedlikeholdsrutiner for fanggjerd**

**Vedlegg 2: Program for studieturen til Sveits**



## 7 Service and Maintenance

Debris flow protection systems from GEOBRUGG require minimal or zero maintenance **unless** structures have been loaded by major avalanche and snow-slip events, during the winter, or by minor to major debris floods. The debris flow protection systems' maintenance items are to be considered supplements to the maintenance manual for RXI systems. Listed and described, separately, are only the items especially applicable to debris flow barriers:

### 7.1 Accessibility

Accessibility to barriers should be guaranteed to the extent that all support components can be inspected at regular intervals. In particular tree and shrub growth along the channel bed should be removed to minimize the amount of driftwood and prevent blockage in the event of a flood.

### 7.2 Regular inspection

The regular inspection interval is dependent mainly on the following parameters:

- Frequency of heavy rainfall events which can lead to flooding
- Severity of winters

Two normal visual inspections per year are sufficient in a standard situation. If there are frequent flood run-offs, an appropriate number of extra inspections are necessary for the timely removal of minor blockages. The inspections should be carried out before the onset and after the end of winter.

### Inspection of the anchorage

All anchors should be visually inspected after the structure has been in place for one year in order to identify any existing problems. These can be due to active ground movements, heavy scouring and side erosion. After the first year, where such problems are visually apparent, they should be carefully examined during future inspections.

### Quick inspection

A quick inspection of the structure should be comprised of the following:

- Are there any large blockages? If so, clear out boulders, earth, rubble, dry leaves and driftwood to prevent further filling of the barrier
- Are the desired basal openings still present? In the case of a movable channel bed it is beneficial to record the basal openings on each inspection visit!
- Are all the net shackles still in place?
- Have the brakes been activated? To what extent have they been stretched?
- Recheck the wire rope clamps with the torque wrench. All wire rope clamps should be retightened after an installation has been in place for approx. 6 months.
- Is any corrosion apparent? If so, where?
- Brief visual inspection of the anchoring points, both at the retention ropes, support ropes and the post foundations

### 7.3 Inspection after events

Inspection is to take place as soon as possible after reported events. The following items are to be checked:

- Have the brakes been activated? To what extent have they been stretched?
- Was the system fully filled and has it been overtopped?
- Check the scouring protection
- Have the support or retention ropes been damaged? Frequently the retention ropes can only be properly checked after draining
- Has the ring net suffered plastic deformation?
- Have posts, baseplates or connection bolts been damaged?
- Is damage to the threaded anchors on the baseplate or at the concrete foundation apparent?
- Is there any damage to the anchors of the support or retention ropes? Are the flexible heads still intact?

If one or more of the items in the above list is applicable, the damage must be rectified as quickly as possible to ensure the continued serviceability of the barrier system.

Clearing out the barrier in the case of an event is self-explanatory in order that the retention space is once more available.

### 7.4 Criteria for servicing

#### General

In principle smaller amounts of blockage and retained material can be left behind the structure where it will not lead to any reduction in the support capacity. However, periodic clearing out should be considered in order to avoid further filling of the net sooner than planned due to a blocked basal opening.

**Note:**            **Routine clearing out of the system is imperative for proper functioning and in order to prevent damage.**

#### 7.4.1 Braking

The brake rings should be replaced when more than 50% of the maximum elongation has been reached. This corresponds to a lengthening of approx. 40 cm. Care is also to be taken that the additional stretching of the net caused by the elongation of the brake rings must be kept within limits because this considerably influences the effective height of the barrier. Retensioning the appropriate ropes can also be carried out without changing the braking elements by simply retensioning the support rope.

### 7.4.2 Ring net

Even in the case of bent rings it is not usually necessary to replace complete nets.

- a) Where individual wires have slipped out of a press piece, secure them with a suitably sized wire rope clamp.
- b) If ring wires are found which have been clearly compressed or severely deformed, these rings must be changed.
- c) If a ring shows fractures, this ring must be replaced.
- d) The complete net must be changed if several rings have fractures and/or several rings are simultaneously compressed and seriously deformed.

### 7.4.3 Support ropes

With the exception of external influences, such as for instance a rock impact to a rope, the service life is determined exclusively by degree of corrosion. The rope is to be changed where a considerable reduction of the rope cross section is apparent. This is usually obvious by fractured external wires. In this case the rope is brittle and will lose its breaking strength in the following few years. In case of doubt, a section of rope should be cut out in order to test its breaking strength. Replace the complete rope if the test results imply loss of strength.

Whether or not you replace the complete rope or just the affected section depends on the extent of damage to the rope.

Ropes can be damaged by externally acting forces. A valuable indication is squeezed and broken wires. An exchange of the rope or a section of it should always be carried out if more than approx. 10% of the cross section has been damaged. If only a section of rope is affected, only this rope section must be replaced.

Replacement of the whole or part of a rope is also recommended in the case of obvious rope kinking (see procedure described in paragraph 5.4).

Where one or more strands are broken, the whole rope or this section must always be replaced.

Usually the bending of the brake rings does not damage the rope. If however a brake ring is stretched by more than 50% it is advisable from a cost-effective aspect to replace the complete rope with the brake rings.

### 7.4.4 Retention ropes

The same criteria also apply to the retention ropes. Here however it is more effective and economic to replace the complete retention rope and not just the affected section within the brake ring.

#### 7.4.5 Posts

The most important function of the posts is to maintain the effective height of the net. Slightly bent posts only have to be replaced when their condition results in a considerable loss of height. We recommend that a post is replaced when it is bent by more than 15°.

#### 7.4.6 Baseplate

Only very heavy impacts which reach or exceed the construction limit should harm the baseplate. If plates are bent (at the ground surface, the front, or the center plate), replacement is advised. Slight bends are unacceptable if they are located at welds. The baseplate must be changed if a weld is defective.

#### 7.4.7 Abrasion protection

If the barrier net has been filled to its top edge by an event, the installed scouring protection must be checked. If it is visible that the shackles are severely bent or even if slots have broken out, the corresponding profiles must be replaced. It is important to ensure that no locations (except on the edge) of the top support rope or wing rope are unprotected.

**If no scouring protection is installed in the case of a lightweight system but the system has been completely filled and has been overtopped, it is absolutely imperative to check the top support ropes and wing ropes for damage!**

#### 7.4.8 Secondary mesh

The secondary mesh prevents small stones, leaves and fine components being flushed through the ring net. If it is desired to retain the fine components, a secondary mesh must be spanned across the entire surface. The secondary net mesh wire can be damaged in the case of an event and must be remounted or replaced. Broken wires in the mesh result in gaps which must be covered by the new mesh wire.

#### 7.4.9 Post foundations

In the case of an event the post foundations should be carefully checked for any scouring after clearing out. Erosion forces from debris flows and flood water run-offs can cause scouring underneath the foundation when the channel bed re-deepens. In the case of exposed anchors, suitable measures – such as a foundation renovation or enlargement – must be carried out to guarantee corrosion protection and the stability of the anchors.

#### 7.4.10 Spiral rope anchors / self drilling anchors

Spiral rope anchors only have to be replaced if there is serious damage to wires. If only one (steel tube of an anchor head) is defective, the load limit is not reduced. However, due to reduced corrosion protection this can result in a shorter life. Both spiral rope anchors and self-drilling anchors must be replaced when pulled out of the ground by more than 3 cm, as this can in some cases lower the supporting capacity.

## 7.5 Tools for debris flow barrier maintenance

The following tools are required for repair work:

- One or two 6 m long ladders
- Two hand operated winches with 20 kN traction force (e.g. HABEGGER hand operated winches)
- Two hand operated winches with 7.5 kN traction force (e.g. LUGAL hand operated winches)
- Extraction press 30 kN
- Various slings 1 m long
- 1" and ¾" shackles
- Set of socket or open-ended spanners
- Various standard tools such as hammer, pliers, hemp ropes, tape measure etc.
- Circular saw
- Four eccentric clamps for ropes diameter 22 mm Dutch tongs for wire ropes)
- Two complete sets of screwdrivers

## 7.6 Emptying and clearing out the barriers

There are various ways of clearing barriers. The applied method depends on local boundary conditions, amount of material in the net and the available cleaning resources.

**Attention:** The system may be under tension from debris material present in the net. This must be taken into account when removing components or releasing ropes!



### 7.6.1 Clearing the barrier from downstream

It must be taken into account that the ring net can be highly tensioned due to the weight in the net.

- If the scouring protection is removable, the top support ropes, and the respective wing ropes can be relieved and the rope clamps corresponding can also be released by spanning rope tensioning devices across to the opposing flexible head. Special care is necessary here because material retained behind the net can be set in motion depending on its angle of friction.

This method is often not possible if the support ropes – through the scouring protection – are not freely accessible. In this case the only solution is to cut or blast out the ring net:

- Part of the net is blasted by a controlled explosive charge. Often this is not possible due to adjacent infrastructure.
- Cutting through the ring net or support ropes with a welding torch using an extension, i.e. operate the welding torch or circular saw from an extendable boom, as the ring net is highly tensioned in its filled state (operate at a safe distance). Afterwards the net is removed by excavator, the severed components are replaced as required and the barrier rebuilt according the Chap. 4.



### 7.6.2 Emptying nets manually or by machine from upstream

Generally, emptying the nets from upstream is more maintenance-friendly and should always be the aim during project planning. The material can be simply removed and transported away manually or with a mobile excavator.

When	What	Where	Details
------	------	-------	---------

**Sunday 14.9.2014**

19:15	Arrival at ZRH Airport	ZRH Airport	
19:30	Pick Up of Rental Car	Rental Car Service	
	Drive to Lake of Constance (approx. 70 min.)	ZRH - St.Gallen - Egnach	Highway A1, A1.1
20:30	Check in at hotel	Landgasthof Seelust, Wiedehorn	
21:00	Dinner (if not taken on the road)	Landgasthof Seelust, Wiedehorn	
	options :		
	Dinner together in St.Gallen		
	Dinner stop by your own upon request		

Landgasthof Seelust  
Wiedehorn  
9322 Egnach  
Phone : +41 71 474 75 75

**Monday 15.9.2014**

07:00	Welcome Breakfast	Landgasthof Seelust, Wiedehorn	
08:00	Transfer to Geobruigg Headquarter	Romanshorn	
08:30	Introduction to Geobruigg	Geobruigg Headquarter	
	Meeting with Andrea Roth / Bruno Haller	Geobruigg Headquarter	
09:00	Production Tour Geobruigg	Geobruigg Headquarter	
10:00	Fatzer Visit (Rope Production Tour and Reference Projects in NO)	Fatzer Facility 2	
11:00	Introduction to Debris Flow / Shallow Landslide Protection Systems	Geobruigg Headquarter	
11:30	Transfer to Tessin (Southern Switzerland)		
12:30	Lunch at Heidiland	Maienfeld	
14:00	Via Mala Canyon	Thusis Alte Strasse	
	Passage through San Bernardino Tunnel		
15:30	Debris Flow Site Visits	Regione Giubiasco / Faido	
17:30	Transfer to Locarno	Lago Maggiore	
18:00	Check In at Hotel	Hotel Muralto, Locarno	
19:00	Dinner	Village Center / Lakeside Locarno	
	option :		
	nature experience at Maggia / Verzasca / Melezza River		

Hotel Muralto  
Via Sempione 10  
6600 Locarno - Muralto  
Phone : +41 91 735 30 60

**Tuesday 16.9.2014**

08:00	Check Out	Hotel Muralto, Locarno	
	Scenic Drive through typical landscape	Centovalli	
10:00	Project site in action (various structures)	Iselle Stazione	
	Gondo Rock Protection measures	Gondo	
	Gondo Canyon	Simplon South	
13:00	Lunch	Simplon Hospiz	
14:30	Saltina Flood Protection Concept	Brig	
16:00	Drop Off Kenneth (see details on the right)	Brig Railway Station	
16:30	Transfer	Brig - Binnental	
17:30	Check In at Hotel	Hotel Ofenhorn, Binn	
19:00	Dinner	Hotel Ofenhorn, Binn	

Nonstop Intercity Train 835  
Train Departure Brig : 15:49  
Train Arrival Zurich Airport : 18:16

Hotel Ofenhorn  
Uf em Acher 1  
3996 Binn  
Phone : +41 27 971 45 45

**Wednesday 17.9.2014**

08:30	Check Out at Hotel	Hotel Ofenhorn, Binn	
	Transfer	Rhone Valley - Pfynwald	
09:30	Debris Flow Test Site	Illgraben, Turtmann	
	Transfer		
10:45	Tunnel de Pontis Rockfall Canopy	Val d'Anniviers, Chandolin	
	Transfer		
12:30	Goppenstein Car Access Station	Goppenstein	
	Lötschberg Train Car Transport	Lötschberg Tunnel	
13:00	Lunch	Kandersteg	
14:00	Transfer	Blausee - Frutigen - Spiez	

15:00	Hüpbach Torrent : Big Baby	Oberwil im Simmental
16:00	Transfer	Simmental - Thunersee
	Kander Canyon	Lower Kander Valley
	City Visit / Water Regulation System	Thun
17:30	Check In at Hotel	Parkhotel Gunten, Thunersee

Parkhotel Gunten  
Seestrasse 90  
3654 Gunten  
Phone : +41 33 252 88 52

#### Thursday 18.9.2014

08:30	Check Out at Hotel	Parkhotel Gunten, Thunersee
	Transfer	
09:00	Grönbach Torrent Debris Flow Barrier	Merligen
	Transfer	
	several protection measures along road	Sundlauenen / Thunersee
11:00	Meiringen	
12:00	Lunch	
13:30	Millibach Torrent	
	Transfer	Brünig "Mountain" Pass
15:00	Shallow Landslide Barrier	Basel Street, Lucerne
16:00	Sightseeing	Lucerne City
	Transfer	Wigger Valley
17:30	Check In at Hotel	Hotel Krone, Lenzburg
19:00	Dinner	Village of Lenzburg

Hotel Krone  
Kronenplatz 20  
5600 Lenzburg  
Phone : +41 62 886 65 65

option (recommended) before or after dinner :

Visit of the Castle of Lenzburg (short hike)

#### Friday 19.9.2014

07:00	Farewell Breakfast	
08:30	Check Out at Hotel	
	Transfer to Zurich	Highway No. A1 (approx. 40 min.)
	Day to your disposition as requested	Zürich
14:55	Transfer to ZRH Airport	Zurich - ZRH Airport
16:55	Flight Departure from ZRH	ZRH Airport

Highway A1L, A51



Andreas Schoop, Geobruigg AG, with you on tour

Mobile : +41 79 686 65 70

Geobruigg Headquarter, Romanshorn

Phone : +41 71 466 81 50

Emergency Call

112

Ambulance

144

Rescue Helicopter (REGA)

1414





Norges  
vassdrags- og  
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29  
Postboks 5091 Majorstuen  
0301 Oslo

Telefon: 09575  
Internett: [www.nve.no](http://www.nve.no)

