



NORGES TEKNISK-  
NATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET  
INSTITUTT FOR BYGG, ANLEGG OG TRANSPORT

Oppgavens tittel: Vurdering av sikringstiltak mot snøskred	Dato: 11. juni 2012		
	Antall sider (inkl. bilag): 143		
	Masteroppgave	X	Prosjektoppgave
Navn: Pernille Aas			
Faglærer/veileder: Arnfinn Emdal			
Eventuelle eksterne faglige kontakter/veiledere: Harald Norem			

Ekstrakt:

Mange norske veger er svært utsatt for snøskred, og Statens vegvesen jobber kontinuerlig med å utvikle effektive tiltak for sikring mot snøskred. Denne oppgaven har som hensikt å vurdere sikringstiltak sikringseffekt mot snøskred. Vurderingene vil også innebære undersøkelse av faktorer som kan påvirke sikringseffekten negativt.

14 sikringstiltak ble vurdert langs fire vegstrekninger i Møre og Romsdal og Sogn og Fjordane. Tiltakene bestod både av diverse overbygg og terrengtiltak med god spredning i alder. Undersøkelsene viste at en del av de eldre tiltakene var underdimensjonerte i forhold til skredene. Ledevollene var da for lave og korte, slik at skredene kunne gå over. Overbyggene var også for korte i lengden, slik at lagringsplassen ble for liten. Mange av terrengtiltakene, samt noen av overbyggene, hadde også behov for vedlikehold og reparering av skader.

Beregningene av sikringseffekten viste at de yngre tiltakene hadde svært god effekt. Det antas at årsaken er at utviklingen av effektive metoder for sikring har kommet langt. De yngre tiltakene er da ofte bedre tilpasset skredterreng og frekvens.

Effekten ved bruk av rassikringsplanen var noe vanskelig å måle, men de fleste tiltakene så ut til å være bygd slik rassikringsplanen foreslo.

Stikkord

1. Sikringseffekt
2. Sikringstiltak
3. Rassikringsplan
4. Funksjon

\_\_\_\_\_  
(sign.)



## **Forord**

Denne masteroppgaven er utført ved Faggruppe for geoteknikk, Institutt for Bygg, Anlegg og Transport, ved NTNU. Arbeidet har foregått i vårsemesteret 2012.

Oppgaven er ett samarbeid mellom NTNU og Statens vegvesen, Region midt. Ekstern vegleder, Harald Norem fra Statens vegvesen, har bidratt til valg av sikringstiltak og problemstilling. Hovedveileder, Arnfinn Emdal ved NTNU, har utarbeidet prosjektbeskrivelse for oppgaven.

Resultatene i denne masteroppgaven er med på å bevisstgjøre hvilke faktorer som kan påvirke sikringseffekten til ulike sikringstiltak mot snøskred.

Jeg ønsker å takke Harald Norem for god oppfølging og gode innspill under arbeidet med denne oppgaven. Takk til Svein Helge Frækaland ved Statens vegvesen, Region Vest, som var til god hjelp under befarings og ved oppsøking av informasjon. Takk til Arnold Hustad og Nils Bjørdal ved Statens vegvesen, Region Midt, for engasjementet og deling av erfaringer. Jeg ønsker også å takke Gunne Håland ved Statens vegvesen, Region Midt, for gode innspill og støtte. Til slutt vil jeg takke Arnfinn Emdal for hjelp til utførelse av oppgaven.

Trondheim, 11. juni 2012

---

Pernille Aas



## **Sammendrag norsk**

Mange norske veger er svært utsatt for snøskred, og Staten vegvesen jobber kontinuerlig med å utvikle effektive tiltak for sikring mot snøskred. Denne oppgaven er ett ledd i kartleggingen av de eksterende sikringstiltakenes sikringseffekt. 14 sikringstiltak er plukket ut fra fire forskjellige strekninger i Møre og Romsdal og Sogn og Fjordane. Blant tiltakene som vurderes er det forskjellige terrengtiltak og overbygg. Sikringseffekten vil blant annet måles opp mot rassikringsplanene, oppfølging av tiltakene og eventuelle skader.

Undersøkelsene viser at sikringstiltakene har varierende sikringseffekt. I hovedsak er det de yngste terrengtiltakene og betongrørstunnelene som kommer best ut. Årsaken kan være en generell økt bevissthet rundt utvikling av effektive sikringsmetoder og utforminger.

Rassikringsplanene fører i tillegg til bedre dokumentasjon rundt skredbanenes aktivitet. Nyere sikringstiltak kan derfor være bedre tilpasset til skredbanen og terrengets forhold. Det bør likevel merkes at det er vanskelig å måle sikringseffekt på nye tiltak, da værforhold og vinterklima som er utløsende for skred kan variere over lengere tid.

En del av terrengtiltakene ligger noe på grensen i forhold til fastsatte krav for forskjellige sikringstiltak. Dette gjelder spesielt for terrengtiltak som ble bygget eller utbedret for mer enn ti år siden. Årsaken kan være at disse tiltakene er plassert i områder der det oftes går sørpeskred, og at sikringstiltakene var underdimensjonert. Ved ett tiltak sammensvarte det ferdige terrengtiltaket spesielt godt med de foreliggende planene. Likevel førte ett sørpeskred til sperring av vegen.

Ett terrengtiltak kom ut med negativ sikringseffekt. Årsaken til dette var blant annet usikkerhet rundt registreringene av skredhendelser. En avgjørende faktor var også mengden med avsatte erosjonsmasser i ledevollens magasin, som førte til en reduisering av ledevollens effektive høyde. Dersom erosjonsmassene blir ryddet bort er det rimelig å anta at sikringseffekten vil øke. Det var også andre tilfeller der terrengtiltak var skadet eller hadde mye erosjonsmasser i magasinene, som hadde fått stå uberørt over flere år. Terrengtiltak krever vanligvis bedre oppfølging dersom ønsket sikringseffekt skal vedvare.

To av overbyggene hadde en sikringseffekt som ikke var tilfredstillende i forhold til kravene, da begge hadde en tendens til å være for korte eller for dårlig kanaliserte. Stålrørstunnelen hadde for eksempel kapasitet til ett eller to skred, men den høye skredaktiviteten i området førte til at taket ble relativt fort fylt opp. En faktor ved disse to er at begge ble bygget før 1990. Dette samsvarer med Hammerslands undersøkelser, som viste at eldre og korte overbygg ofte hadde dårlig sikringseffekt.

Generelt er det ikke lett å anslå hvor godt rassikringsplanene har blitt fulgt i planleggingen av sikringstiltakene. De fleste tiltakene, med unntak av noen få tiltak, så ut til å være bygd slik rasplanen foreslo.



## **Sammendrag engelsk**

Many Norwegian roads are exposed to snow avalanches, and the Norwegian Public Roads Department is continuously working with development of efficient mitigation measures against snow avalanches. This thesis is one of many projects assigned to map the efficiency of existing mitigation measures. 14 measures have been chosen out of four different stretches of highways based in Møre og Romsdal and Sogn og Fjordane. Among the mitigation measures different avalanche cover superstructures and terrain mitigations will be evaluated. The efficiency will be measured after the avalanche protection plans, property damage and how the mitigation measures are followed-up.

The investigations show that the mitigation measures have various effects against snow avalanches. The youngest mitigation measures for both superstructures and terrain seem to be more efficient. The reason may be that there is generally more focus on development of efficient methods and design of protection measures. Better documentation of activity in avalanche channels from the protection plan, may also help in planning and adaptation of new projects for mitigation measures. Still, it should be noticed that it may be difficult to measure the effect from new mitigation measures, since weather and winter climate may vary over many years.

Some of the terrain mitigation measures have an efficiency that is just within the limit of the determined requirements. This applies especially for mitigations that were built more than ten years ago. The reason may be that these mitigation measures are placed in areas where slush flow avalanches are normal, and that the measures were originally built to small. At one spot the plans and the construction of the mitigation measure were particularly planned and built. Still, one slush flow avalanche managed to block the road.

One of the terrain mitigation measures got a negative protection effect. The reason was probably some insecurity amongst the records of avalanche events. The mitigation measure had a lower efficient height due to the amount of erosion masses in the reservoir. If the masses are cleared, it is reasonable to assume that the protection efficiency will increase. Some of the terrain measures were also damaged by erosion, but the mitigation measures were not touched for several years. Terrain mitigation measures need a better follow-up if the wanted protection efficiency is to persist over many years.

Two of the avalanche cover superstructures had low protection efficiency according to the requirements. It seemed that both were designed with short lengths or with poor ability to channel the avalanche. The steel pipe tunnel was for instance capable of taking about two avalanches, but the roof of the superstructure would be packed and the roads would be blocked with more than two avalanches in a row. The two short superstructures turned out to be built before 1990. This is comparable to the investigations performed by Hammersland

in the year 2000, which showed that short superstructures had poor protection efficiency and were often quite old.

Generally, it is not easy to evaluate how the avalanche protection plans have been used in the planning of the mitigation measures. With the exception of some, most of the mitigation measures seemed to be built as the protection plans recommended.



## **Innhold**

Forord .....	ii
Sammendrag norsk .....	iv
Sammendrag engelsk .....	vi
Innhold .....	viii
Figurliste .....	x
Tabelliste .....	xiii
Innledning.....	14
1.1. Problemstilling .....	14
1.2. Oppgavens oppbygging .....	15
2. Dimensjonerende skred .....	16
2.1. Skredbanen .....	16
2.2. Skredtyper .....	17
2.3. Spor etter snøskred i terrenget .....	19
2.4. Klimatiske forhold i sammenheng med skredhendelser .....	20
2.5. Returperiode.....	20
2.6. Beregningsmetoder for utløpsområdet .....	20
3. Sikringstiltak mot snøskred .....	24
3.1. Ledevoll.....	24
3.2. Fangvoll.....	27
3.3. Bremseskjegler .....	29
3.4. Magasin og bred grøft .....	31
3.5. Overbygg.....	32
3.6. Sjømagasin .....	37
3.7. Krav til fyllmasser for terrengtiltak og overbygg .....	37
4. Rassikringsplanen.....	38
5. Sikringseffekt i Norge .....	39
5.1. Hammerslands undersøkelser .....	39
6. Vurdering av sikringstiltak.....	41
6.1. Valg av sikringstiltak .....	41
6.2. Utførelse av vurderingene .....	42

6.3.	E39 Festøy – Ørsta .....	44
6.4.	FV65 Standal – Festøy.....	61
6.5.	RV13 Dragsvik – Vetlefjorden .....	83
6.6.	RV615.....	105
7.	Kommentarer rundt vurderingen av sikringstiltakene .....	128
7.1.	Sikringseffekt .....	128
7.2.	Rassikringsplanen .....	128
7.3.	Dokumentasjon av skredbanene .....	128
8.	Diskusjon rundt målt sikringseffekt .....	129
8.1.	Overbygg.....	129
8.2.	Terrengtiltak og sjømagasin .....	129
8.3.	Gjennomføring etter rassikringsplan.....	130
9.	Litteratur .....	132
	Bilag .....	135

## Figurliste

Figur 2-1 Energilinje (Statens vegvesen, 2011) .....	22
Figur 2-2 Grafisk energilinjemodell (Statens vegvesen, 2011).....	22
Figur 3-1 Anbefalt utforming av ledevoll (Statens vegvesen, 2011) .....	26
Figur 3-2 Anbefalt utforming av fangvoll .....	28
Figur 3-3 Lagringsareal ved fangvoll (Statens vegvesen, 2011) .....	29
Figur 3-4 Prinsipiell skisse viser skredets kastelengde.....	30
Figur 3-5 Bygging av betongrørtunnelen ved Skasvora ved Rv 615 Hyen – Sandane (foto: Frækaland).....	34
Figur 6-1 Ramskreda og Breiskreda ved fv13, mars 2012 .....	41
Figur 6-3 Saltrefonna .....	45
Figur 6-4 Saltrefonna - skredløpets retning mot terrengtiltak.....	47
Figur 6-5 Saltrefonna - mye stein igjen etter sørpeskredet .....	48
Figur 6-6 Saltrefonna – erosjon på bremsekjegle .....	48
Figur 6-7 Beregnet utløpslengde.....	49
Figur 6-8 Energihøyde ved vegen .....	49
Figur 6-9 Storegjølet Nord.....	51
Figur 6-10 Storegjølet Nord i mai .....	52
Figur 6-11 Storegjølet Nord i mai .....	53
Figur 6-12 Storegjølet Nord i februar .....	53
Figur 6-13 Storegjølet Nord, utløpslengde.....	54
Figur 6-14 Storegjølet Nord, energilinje.....	54
Figur 6-15 Storegjølet Sør.....	55
Figur 6-16 Storegjølet Sør – kanalisering av skredet inn til magasinet.....	57
Figur 6-17 Storegjølet Sør – magasin og dagmagasin til stikkrenna .....	57
Figur 6-18 Storegjølet Sør – skredbanen på nedsiden av vegen.....	58
Figur 6-19 Storegjølet Sør - utløpslengde .....	59
Figur 6-20 Storegjølet Sør - energilinje .....	60
Figur 6-21 Årsnesfonna sett fra sør mot nord.....	61
Figur 6-22 Årsnesfonna sett fra terreng.....	63
Figur 6-23 Årsnesfonna - beregning av utløpsdistanse.....	64
Figur 6-24 Årsnesfonna - energilinje .....	65
Figur 6-25 Longeneset .....	66
Figur 6-26 Longeneset - steinavsetninger .....	68
Figur 6-27 Longeneset - erosjon.....	69
Figur 6-28 Longeneset - utløpslengde.....	70
Figur 6-29 Longeneset - energilinje.....	70
Figur 6-30 Breisvedet .....	72
Figur 6-31 Breisvedet, «Dolly Parton» .....	74
Figur 6-32 Breisvedet, utløpslengde .....	75

Figur 6-33 Breisvedet, energilinje .....	75
Figur 6-34 Seljesvora i februar .....	77
Figur 6-35 Seljesvora - skredsnø i tiltaket .....	78
Figur 6-36 Seljesvora - skredmasser ligger igjen på kjeglene.....	79
Figur 6-37 Seljesvora - erodert skredløp .....	80
Figur 6-38 Seljesvora, utløpslengde .....	81
Figur 6-39 Seljesvora, energilinje .....	81
Figur 6-40 Sandskreda .....	84
Figur 6-41 Sanskreda, avsetninger av erosjonsmasser .....	86
Figur 6-42 Sandskreda – Skader etter skred, vinteren 2012.....	87
Figur 6-43 Sanskreda, snøskred sperrer vegen, (Frækaland).....	87
Figur 6-44 Sandskreda - utløpslengde.....	88
Figur 6-45 Sandskreda - energilinje.....	89
Figur 6-46 Nauteskreda .....	90
Figur 6-47 Nauteskreda - utløpslengde.....	92
Figur 6-48 Nauteskreda - energilinje.....	93
Figur 6-49 Ramsteina.....	94
Figur 6-50 Ramsteina – Drenering under overbygget.....	96
Figur 6-51 Ramsteina - Avlagrede skredmasser.....	97
Figur 6-52 Ramsteina - utløpslengde .....	98
Figur 6-53 Ramsteina - energilinje .....	98
Figur 6-54 Breiskreda .....	99
Figur 6-55 Breiskreda – terrenget over overbygget har en knekk ned mot fjorden.....	101
Figur 6-56 Breiskreda - steinplastret bekkeløp .....	102
Figur 6-57 Breiskreda - februar .....	103
Figur 6-58 Breiskreda - utløpslengde .....	104
Figur 6-59 Breiskreda - energilinje .....	104
Figur 6-60 Storesvora .....	105
Figur 6-61 Storesvora - inntaket til elveløpet i vollen.....	108
Figur 6-62 Storesvora – stikkrenner fra sørenden .....	108
Figur 6-63 Storesvora - elveløpet sett fra vegen.....	109
Figur 6-64 Storesvora - snøskred sperrer vegen (foto: Frækaland).....	109
Figur 6-65 Storesvora - skredmasser har fylt opp tiltaket (foto: Frækaland) .....	110
Figur 6-66 Storesvora -utløpslengde .....	111
Figur 6-67 Storesvora - energihøyde.....	112
Figur 6-68 Seljesvora/Jonsoksvora sett fra sør .....	113
Figur 6-69 Seljesvora/Jonsoksvora, sett fra nord.....	115
Figur 6-70 Seljesvora/Jonsoksvora – Snømassene er dekket med jord og torv .....	117
Figur 6-71 Seljesvora/Jonsoksvora – Snøskredet har erodert i overdekningen på svabergene .....	117
Figur 6-72 Seljesvora/Jonsoksvora – erosjon og vannansamlinger ved midten av tiltaket... ..	118

Figur 6-73 Seljesvora, utløpslengde .....	118
Figur 6-74 Jonsoksvora, utløpslengde .....	119
Figur 6-75 Seljesvora, energilinje .....	119
Figur 6-76 Jonsoksvora, energilinje .....	119
Figur 6-77 Blomasvora sett fra nord .....	121
Figur 6-78 Blomasvora ligger til venstre i bildet (foto: Frækaland) .....	123
Figur 6-79 Blomasvora - stikkrenner .....	124
Figur 6-80 Blomasvora - inntak til stikkrenne i syd .....	124
Figur 6-81 Blomasvora – Hovedskredløpet har erodert i bekkeløpet .....	125
Figur 6-82 Blomasvora – utløpsdistanse .....	126
Figur 6-83 Blomasvora – energilinje.....	127
Figur 8-1 Tendens for sikringseffekt ved overbygg .....	129
Figur 8-2 Tendens for sikringseffekt ved terrengtiltak.....	130

## **Tabelliste**

Tabell 3-1 Tabellen beskriver viktige dimensjonskriterer for kjebler .....	31
Tabell 6-1 Krav til sikringseffekt (Hammersland, Evaluering av rassikringstiltak - Intern rapport nr. 2205, 2001) .....	39
Tabell 6-1 Valgte sikringstiltak .....	42

## Innledning

Det norske vegnettet er spesielt utsatt for skred ettersom store deler av vegnettet går langs bratte fjell og dalsider. Snøskred utgjør en betydelig risiko for driftspersonell og trafikanter om vinteren, og fører hvert år til betydelige skader og økonomiske tap på vegene. Statens vegvesen jobber derfor hele tiden med å skaffe informasjon om snøskred langs vegen, og utvikle kunnskap om hvordan vegene best kan sikres. Blant annet har det blitt utviklet rassikringsplaner for alle regionene i Statens vegvesen. Målet er å skape en oversikt over de strekningene som er mest utsatt for skred, foreslå tiltak og overvåke sikringstiltak som allerede er bygd. Ønsket er at rassikringsplanene skal kunne brukes som verktøy i planlegging ved bygging og utbedring av veg. Samtidig kan rassikringsplanen også brukes for å finne nytteverdien til forskjellige sikringmetoder, og måle disse opp mot kostnadene og risikoen.

Tidligere har Espen Hammersland utført en stor undersøkelse, der han tok for seg sikringstiltak mot snøskred over hele landet. Resultatene av undersøkelsene viste tydelige tendenser til gjentakende svakheter for diverse tiltaksmetoder. Undersøkelsene gav også overraskelser i form av at enkle tiltak med lave kostnader tildels viste å ha god effekt. I 2010 utførte Gunne Håland ett liknende prosjekt, der han tok for seg noen få sikringstiltak i Region Nord. Prosjektet la i midlertidig mer vekt på vurdering av kvalitet på rassikringsplanen i forhold til bygd tiltak, og avvikende forhold mellom planarbeid og bygging av tiltakene.

Denne oppgaven er en del av Statens vegvesens mål om å kartlegge effekten av sikringstiltak mot snøskred. Oppgaven gjøres på bakgrunn av et forprosjekt som ble gjennomført høsten 2012. Prosjektet var blant annet ett litteraturstudie om snøskred og om forskjellige metoder for sikring mot snøskred. I prosjektet ble det også gjennomført en vurdering på interessante sikringstiltak i Møre og Romsdal, som forberedelse til masteroppgaven. I ettertid ble det også valgt å se på tiltak i Sogn og Fjordane.

### 1.1. Problemstilling

Oppgavens problemstilling omhandler faktorer som kan være avgjørende for sikringseffekt, og er lagt opp etter følgende punkter:

- Basert på registreringer av skredhendelser før og etter sikringstiltaket, skal det gjøres en beregning av sikringseffekten til sikringstiltaket. Hvilke faktorer påvirker sikringseffekten i positiv eller negativ retning?
- Sikringstiltaket skal settes opp mot rassikringsplan og forberedende planarbeider. Kan mangler i planarbeidet ha påvirket det aktuelle tiltakets sikringseffekt?
- Kan skader fra snøskred og vær skyldes kvaliteten på utformingen, eller er kommer de av mangler i planene?
- Er oppfølging og vedlikehold avgjørende for tiltakets sikringseffekt?
- Hvilke forbedringer kan utføres slik at sikringseffekten økes?

Oppgaven konsentreres om forskjellige terrengtiltak og overbygg. Krav til utforming av tiltak og terreng vil derfor bli gjennomgått, sammen med faktorer ved snøskred som er avgjørende for valg av tiltak. Oppgaven tar ikke for seg andre sikringstiltak eller særlig teori om snøens oppbygging, da dette ikke er betraktet som nødvendig for oppgavens hovedmål.

## **1.2. Oppgavens oppbygging**

Kapittel 2 og 3 presenterer teori som er relevant for vurdering av tiltakene. Kapittel 2 beskriver skredbanen og snøskredtyper, samt metoder for beregning i utløpsområdet. Kapittel 3 tar for seg de aktuelle sikringstiltakene, og hvilke utfordringer og metoder som finnes ved utforming av tiltakene.

I kapittel 4 blir Statens vegvesens mål og hensikt for rassikringsplanen presentert.

Kapittel 5 beskriver Hammerslands metode for beregning av sikringseffekt. Krav til sikringseffekt for de aktuelle sikringstiltakene vil bli presentert, samt Hammerslands funn fra 2001.

I kapittel 6 blir de utvalgte sikringstiltakene presentert og vurdert etter rassikringsplan, planer, skredhendelser, tilstand og sikringseffekt. Det blir også lagt frem forslag til eventuelle forbedringer, samt at sikringseffekten vil bli sammenliknet.

Kapittel 7 kommenterer metoden for måling av sikringseffekt, rassikringsplan og kvalitet på oppfølging av tiltakene.

Kapittel 8 oppsummerer funnene fra gjennomgangen av sikringstiltakene.



## 2. Dimensjonerende skred

Skredfrekvens, skredtyper, størrelse og skadeomfang kan variere fra skredbane til skredbane. Ved skredbaner der det vurderes å settes inn sikringstiltak, vil kunnskapen om skredbanen være svært viktig for valg av sikringsmetode. Dette kapitlet vil derfor gå igjennom de viktigste momentene ved snøskred, som er nødvendig ved dimensjonering av sikringstiltak.

### 2.1. Skredbanen

Snøskred kan gå i mange forskjellige terrengformasjoner, og både helling og bredde kan variere. I Norge, og særlig langs fjordene, kan skred gå i høydeforskjeller på opptil 1500 m. Skred kan også gå i en bredde på 10 til 25 m og opp til 1 til 2 km. En skredbane er ett samlet begrep som beskriver ett område der det kan gå skred. Vanligvis deles skredbanen inn i tre deler der området hvor skredet utløses, øker hastigheten og bremses, blir definert som utløsningsområdet, skredløpet og utløpsområdet. (Lied & Kristensen, Snøskred - Håndbok om snøskred, 2003)

#### 2.1.1. Utløsningsområdet

Utløsningsområdet er definert som området mellom skredets øvre bruddkant og skredflakets nedre kant. Det eksakte punktet og flakets størrelse kan naturligvis variere mellom hvert enkelt skred, men det er likevel mulig å vurdere hvor skred utløses hyppigst ved å studere eldre data. De vanligste terrengformasjonene der skred utløses er større botner, åpne skåler og forsenkninger, bratte skar og elvegjel, samt svaberg og flater som er konvekse i formen. (Lied & Kristensen, Snøskred - Håndbok om snøskred, 2003)

Statistisk utløses store snøskred oftest i helling mellom  $30^\circ$  og  $45^\circ$ , men det har vært eksempler på at tørre flakskred har løst i helling på  $28^\circ$ . Det finnes også eksempler på skred som har løst i helling på over  $60^\circ$ . Forholdene har da ligget til rette ved at snøen ofte har vært fuktig og klebrig når den har lagt seg i fjellet. Slike skred blir i midlertidig sjeldent svært store. (Lied & Kristensen, Snøskred - Håndbok om snøskred, 2003)

Vær og vind vil ofte være en avgjørende faktor for at skred kan løsne ut. Områder som ligger i le for vind og nedbørsretning vil typisk være spesielt utsatt. Vinden drar ofte med seg ekstra snø over fjellene, og i le-partier vil snøen lettere falle av og avsettes. I Norge vil de mest utsatte områdene for vind og nedbør variere etter hvor i landet de befinner seg. På Vestlandet kommer helst nedbøren fra sør og sørvest, og sidene som er vendt mot nord og nordvest vil derfor være mer utsatt. (Lied & Kristensen, Snøskred - Håndbok om snøskred, 2003)

I tillegg til vær, vind og helling bør terrengets vegetasjon og ruhet tas med i betraktning. Dette kommer av at flakskred potensielt kan gå helt ned til bakken i områder der terrenget består av svaberg eller gress. Slike områder er spesielt utsatt i solsider om våren og ved generelt stigende temperaturer. Smeltevannet renner ofte ned langs med bakken, og

reduserer svaberget og gressets friksjon mot snøen. For utløsningsområder der det ligger mye stein og terrenget er generelt ujevnt, vil skredfaren være minimal så lenge snøen ikke har dekket ujevnhhetene fullstendig. (Statens vegvesen, 2011)

### 2.1.2. Skredløpet

Når skredet har løsnet ut vil skredet gli over i skredløpet der hastigheten øker. Vanligvis ligger skredløpets helling mellom 20 til 25°, men terrenget kan variere i form. I områder der terrenget er jevnt, kan skredet i teorien bli like bredt som utløsningsområdet. Samtidig har skredet en tendens til å følge forsenkninger i terrenget. Vanligvis vil raviner, bekkedaler og bekkeløp fungerer som skredløp. Skredet blir da kanalisert og den originale bredden fra skredets utløsningsområde blir redusert. (Lied & Kristensen, Snøskred - Håndbok om snøskred, 2003)

Dersom skredet er stort kan det i midlertidig hende at skredet utvikler skredarmer ved punkter der terrenget har ujevnheter. Dette gjør det mulig for skredet å skulpe over kanten. Disse skredarmene kan gå svært langt og forårsake skader ett godt stykke unna den originale skredbanen. (Statens vegvesen, 2011) Dersom ett snøskred har en snøsky vil disse også kunne gå over kanter der disse ikke er høye nok. Ofte kan de mer kompakte skredmassene følge forsenkningen, samtidig som snøskyaen går over kanten. Snøskyaen er vanskelig å styre, og der skredmassene svinger av kan snøskyaen fortsette rett frem. (Lied & Kristensen, Snøskred - Håndbok om snøskred, 2003)

### 2.1.3. Utløpsområdet

Så snart hellingen i fjellsiden avtar vil skredets hastighet reduseres. Ettersom frontmassene i skredet er de første til å bremse, vil de bakre massene bli presset ut til siden av frontmassene. (Statens vegvesen, 2011)

Vanligvis blir skred normalt bremsset opp i helling fra 25° til 15°, avhengig av hastighet og skredtype. For store og tørre skred kan hellingen være så slak 10° før oppbremsingen virkelig settes i gang. Dette gjelder også for store våtsnøskred, men hastigheten er som regel lavere. (Lied & Kristensen, Snøskred - Håndbok om snøskred, 2003)

## 2.2. Skredtyper

Snøskred kan i hovedsak klassifiseres i to grupper, der den ene er såkalte løssnøskred, og den andre er flakskred. Løssnøskred oppstår gjerne rett etter snøfall, da snøen er fersk og bindingene mellom snølagene fortsatt er svake. Løssnøskred oppstår også etter temperaturendringer, eller ved regnvær, som fører til en endring i vanninnholdet. Ved alle tilfellene har kohesjonen i skredet blitt redusert, og det er lite som skal til for at snøen blir satt i bevegelse. Løssnøskred kjennetegnes ved at skredet har en karakteristisk dråpeform. Løssnøskred gjør sjeldent skade, da utløpslengde og skredvolum ofte er lite. Likevel kan en ikke avskrive løssnøskred helt, da de ved riktige forhold kan ha ett tilstrekkelig volum og en hyppighet som kan føre til sperrede veger. (Statens vegvesen, 2011)

Flaskred kjennetegnes ved at snøen kan løsne i store flak over ett visst areal. Det er sjeldent at ett snødekke er helt monotont fra overflaten og til bakken. Skiftninger i klima – og værforhold gjør at snødekket kan inneholde lag med forskjellige kvaliteter. Noen lag kan være svært porøse på grunn av kalde perioder og tørr luft. Disse har ofte dårlig bæreevne, og anses som svake lag. Nye lag som dannes over svake lag kan ha sterke bindinger mellom sine egne snøkrystaller, men kan bruke lang tid på å danne bindinger med de svake lagene. Belastninger som kommer av mer nedbør, steinsprang eller kollapsede snøskavler kan føre til at det svake laget går til brudd, og det sterke laget løsner. Laget som løsner vil da gjerne løsne i flak på grunn av de sterke bindingene seg i mellom. (Lied & Kristensen, Snøskred - Håndbok om snøskred, 2003)

Flaskred kan bli svært store, og er tradisjonelt den typen skred som har gjort mest skade. Skredene kjennetegnes gjerne ved at de består av en del med skredmasser som går langs med bakken, og en snøskydel som består av suspenderte snøpartikler fra skredmassene. Partiklene blir opprettholdt av turbulensen som skapes når skredet beveger seg nedover. Tettheten er gjerne liten, men kan likevel oppnå ett trykk som kan gjøre store skader. Tettheten i massene langs med bakken er som regel relativt stor, vanligvis mellom 100 til 200 kg/m<sup>3</sup> for tørrsnøskred og opptil 300 kg/m<sup>3</sup> for våtsnøskred. (Statens vegvesen, 2011)

Innenfor hovedgruppene finnes det flere undergrupper som forteller om skredets bevegelse, glideplan og vanninnhold, samt om skredet er naturlig eller kunstig utløst. (Statens vegvesen, 2011) Når ett sikringstiltak mot snøskred skal bygges på veg kan spesielt vanninnhold være en avgjørende faktor for valg av tiltak. Tørre snøskred oppfører seg forskjellig fra våte snøskred. Sørpeskred er snøskred med ett ekstremt høyt vanninnhold er omtrent flytende. De minner gjerne mer om flomskred enn snøskred. (Statens vegvesen, 2011)

### 2.2.1. Våtsnøskred

Våte snøskred oppstår i perioder der smelteprosessen i snøen øker på grunn av stigende temperaturer. Våtsnøskred kan løsne både som løssnøskred og flaskred. Ved løssnøskred har vannet ført til at kohesjonen mellom snøkrystallene er så dårlig, at selv de minste bevegelser kan sette snøen i bevegelse. (Statens vegvesen, 2011) Både skiftende klima i forhold til høyden, og at skredbevegelsen skaper energi som varmer opp snømassene, kan føre til at tørre flaskred kan omdannes til våte snøskred på vegen ned fjellsiden. (NGI)

Våte snøskred kan oppnå hastigheter opp til 40 m/s, men det er relativt sjeldent. (Statens vegvesen, 2011)

### 2.2.2. Tørrsnøskred

For at tørre snøskred skal dannes bør temperaturen være lav over en lengere periode. Denne typen snøskred forekommer derfor oftest i høyere fjellområder, der temperaturen gjerne er jevnt kald over hele vinteren. Tørrsnøskred kan bli utløst ved at det faller store mengder nysnø over en kort periode. (NGI)

Tørrsnøskred er ofte den typen skred som skaper mest skader. Store skred kan oppnå en hastighet på opptil 60 til 70 m/s.

### 2.2.1. Sørpeskred

Sørpeskred beveger seg på en måte som minner mer om flomskred enn snøskred. Årsaken er det store vanninnholdet i snøen. Slike skred forekommer helst i perioder der været er ustabil. Regn ved milde temperaturer og store temperaturendringer i stigende retning gir ofte stor snøsmelting og økte vannmengder. Terreng der snøen lett kan demme opp og samle på store mengder vann er spesielt utsatt. (NGI)

## 2.3. Spor etter snøskred i terrenget

Skred setter ofte merker i terrenget, og skredbaner blir av den grunn ofte lett gjenkjennelige om sommeren. Ved å studere sporene er det mulig å gjøre en vurdering av skredfrekvens, størrelse og om skredet eventuelt deler seg.

### 2.3.1. Erosjon og avsetninger

Da isen trakk seg bort ved forrige istid for omtrent 10.000 år siden, la den igjen mye morenemasser i fjellsidene. Morenemassene kan ofte være løse, og inneholde materialer av forskjellig størrelse. Skredets ferd gjennom skredbanen vil ofte føre til at massene blir dratt med nedover. Dette gjelder kanskje spesielt for områder der snødekket gjerne er tynt eller fraværende ett godt stykke opp i fjellsiden. Skredløpene er da ofte preget av at skredene har gravd raviner i terrenget. Noe av massene blir lagt av langs kantene i skredløpet, og resten vil bli avsatt i utløpsområdet. En del av løsmassene blir liggende i eller oppå snømassene, og ett lett gjenkjennelig tegn er der ofte at stein kan settes av på unaturlige plasser. (Lied & Kristensen, Snøskred - Håndbok om snøskred, 2003)

Det er som oftest til tunge og våte skredene som har best evne til å grave seg ned i løsmassene. I skredbaner der overgangen mellom fjell og dalbunnen blir stor, kan skredet oppnå en stor avbøyningskraft når det treffer slakere terreng. Avbøyningskraften fører da til at skredet graver seg dypt ned i løsmassene og kaster massene av på siden, samtidig som de også kan skyve masser fremfor seg. Ved gjentagelser vil skredene derfor ofte danne naturlige voller og groper. (Lied & Kristensen, Snøskred - Håndbok om snøskred, 2003)

### 2.3.2. Vegetasjon

Ett av de tydeligste tegnene på skred er at det er lite eller ingen vegetasjon i skredløpet og særlig utløpsområdet. Det tyder på at skredene har høy frekvens, og samtidig er sterkt eroderende. Samtidig er det kanskje mer vanlig at gress og mindre buskvekster får stå, imens trær ofte blir lagt ned eller knekt. I andre skredbaner har skredene svært lav frekvens, og det er nok tid til at skog kan vokse opp, før ett nytt skred rydder banen igjen. Slike skredbaner kan gjenkjennes ved at skogveksten ofte er svært monoton i type trær, alder og vekst. (Statens vegvesen, 2011)

Skred kan også legge ned trærne i skredløpet og utløpsområdet. Dersom rotsystemet ikke blir ødelagt, kan ett nedlagt tre likevel overleve. Greinene vil da vokse vertikalt oppover. (Statens vegvesen, 2011)

Ett annet gjenkjennelig tegn er at noen trær kan få skjærbrudd langs stammens lengderetning. Snøskyer kan også føre til at trær blir ødelagt høyt opp på stammen, eller at skredsiden av treet får knekt av greinene. I tillegg kan store steiner bli avlagt mellom treklynger eller oppå nedlagte trær. (Statens vegvesen, 2011)

#### **2.4. Klimatiske forhold i sammenheng med skredhendelser**

B.B. Fitzharris og S. Bakkehøi artikkel fra NGIs publikasjon nr. 178 forsøker å sette klimatiske forhold om vinteren i sammenheng med store skredvintere der snøskred har tatt mange liv. I artikkelen er en stor skredvinter definert av at antallet omkomne på grunn av skred var mer enn 20 mennesker. De fant at vintrene med flest omkomne gjerne hadde avvikende værforhold i forhold til normal-vintre. Store snøskredhendelser var hyppigere der det skjedde en forandring i lufttrykket over Atlanteren samtidig som «kulden fra Sibir» ekspanderte mot vest. Dette førte til kalde vintre med vær fra nord eller øst. Snøen var da tørr og ustabil, og det ble løst ut en rekke tørrsnøskred med stor rekkevidde. (Fitzharris & Bakkehøi, 1989)

Samtidig fant de også ut at høytrykksblokkeringer nær de britiske øyer, skapte luftstrømmer med retning fra vest-nordvest og rett inn i fjellene i vest - og nordlandsområdene. Det ble antatt at slike forhold skapte svært ustabile forhold og store snøskred. (Fitzharris & Bakkehøi, 1989)

Det ble også anslått at en rask skiftning i sirkulasjonsmønsteret fra disse to værtypene til mer normale forhold, eller en forsterket sør-vestlig eller sørlig luftstrøm, kunne overbelaste snødekket og skape ekstremt store snøskred. (Fitzharris & Bakkehøi, 1989)

#### **2.5. Returperiode**

Skredfrekvens og størrelse vil ofte variere med de klimatiske forholdene gjennom flere vintre. Ved bygging og sikring av infrastruktur er det viktig å vite mest mulig om skredets rekkevidde. Dette kan anslås ut ifra historiske beretninger og spor i terrenget. Ofte kan det gå lang tid mellom hver gang store skred oppstår. Dette sees da i sammenheng med utløpsdistansen, slik at skredbanens returperiode kan defineres. Returperioden brukes som verktøy for å kunne bestemme sannsynligheten for at ett skred når en viss lengde. Denne informasjonen er svært viktig i forhold til bygging av infrastruktur, boliger og arbeidsplasser i skredutsatte strøk. (Lied & Kristensen, Snøskred - Håndbok om snøskred, 2003)

#### **2.6. Beregningsmetoder for utløpsområdet**

Det bratte fjell – og fjordlandskapet i Norge fører til at mange vegger er svært utsatt for snøskred om vinteren. Vegene blir ofte langt i gjennom typiske utløpsområder, da det ved mange strekninger ikke finnes andre alternativer. Sikring av vegene skjer også i stor grad ned

ved utløpsområdet. Derfor er det viktig å opparbeide kunnskap om skredets hastighet og utløpslengde, slik at sikringen kan fungere mest mulig effektivt. I denne oppgaven er det tatt i bruk to metoder for beregninger i utløpsområdet.  $\alpha$ - $\beta$ -modellen er empirisk og statistisk basert på 200 registrerte skred som har som kjennetegn at de alle har gått åpent terreng i dalbunner der ingenting hindrer utbredelsen. (Lied & Kristensen, Snøskred - Håndbok om snøskred, 2003) Den andre modellen er grafisk, og baseres på å trekke en energilinje fra skredets fastlagte utløpsdistanse. Modellen kan brukes til å gjøre ett overslag på skredets hastighet i utløpsområdet. (Statens vegvesen, 2011)

Det finnes mange modeller som er utviklet for beregninger av skredets utløpsdistanse. Mange av metodene er svært kompliserte, og en god del baseres på numeriske beregninger. Sammenlikninger har vist at  $\alpha$ - $\beta$ -modellen kan gi minst like gode resultater ved beregning av kjente skredbaner. (Statens vegvesen, 2011)

Norem foreslår at en kombinasjon av energilinjemodellen og  $\alpha$ - $\beta$ -modellen gir ett godt bilde av skredet i utløpsområdet. Det påpekes i midlertidig at ingen av metodene kan forutse skredets bevegelse nøyaktig, men at kombinasjonen vil gi en god pekepinn. (Statens vegvesen, 2011)(Norem:pers.kom)

### 2.6.1. Alfa-Beta modellen

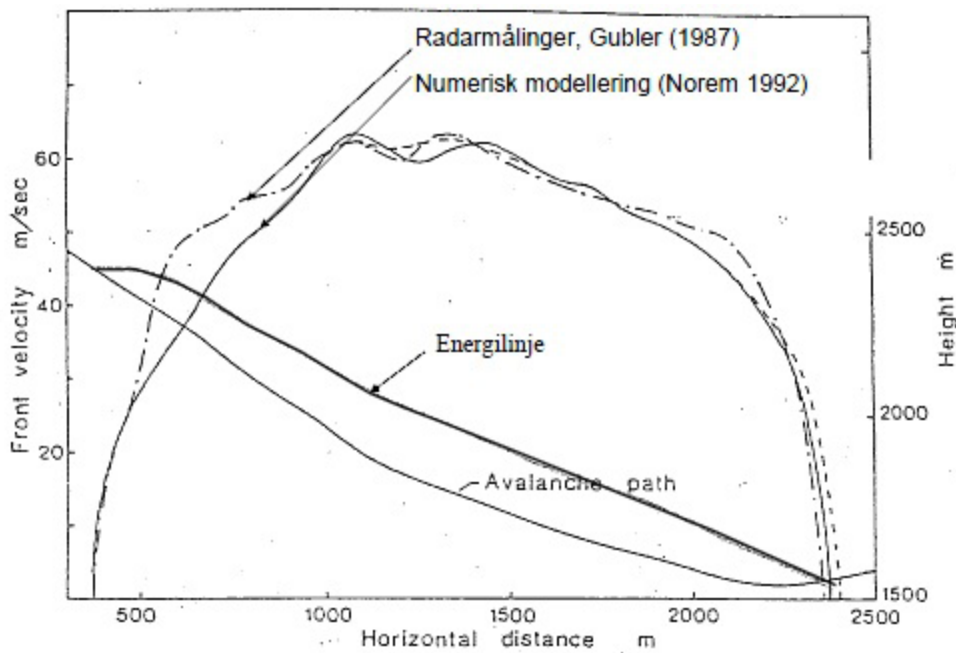
Lied og Bakkehøi utviklet allerede i 1980 en metode der skredbanens høyde og helling blir vurdert ut ifra ett topografisk kart. Utløpsdistansen beregnes ved å definere et øvre utløsningspunkt og ett punkt der skredet hurtig bremses ned. (K.Lied & Bakkehøi, 1981) Statistisk sett mister store skred mye fart der skredbanen har helling på  $10^\circ$ . En linje trekkes derfor fra øvre utløsningspunkt til  $10^\circ$ -punktet. Linjen gir en vinkel,  $\beta$ , som er skredbanens gjennomsnittlige helling. Analysene som ble utført i forbindelse med utviklingen av modellen viste en sammenheng mellom den gjennomsnittlige vinkelen, og vinkelen fra utløpsdistansens nedre begrensning og opp til utløsningspunktet. Den gjennomsnittlige vinkelen kan derfor brukes til å beregne utløpsdistansen. (Statens vegvesen, 2011)

### 2.6.2. Energilinjemodellen

Energilinjemodellen er en grafisk modell, utviklet av Harald Norem, som i utgangspunktet kan brukes for å vurdere utviklingen av ett skreds hastighet fra utløsningspunktet til utløpspunktet. Modellen baseres på Bernoullis likning, der summen av potentiel energi, hastighetsenergi og energitap er likt over en hel linje for tynne strømninger. (Statens vegvesen, 2011)

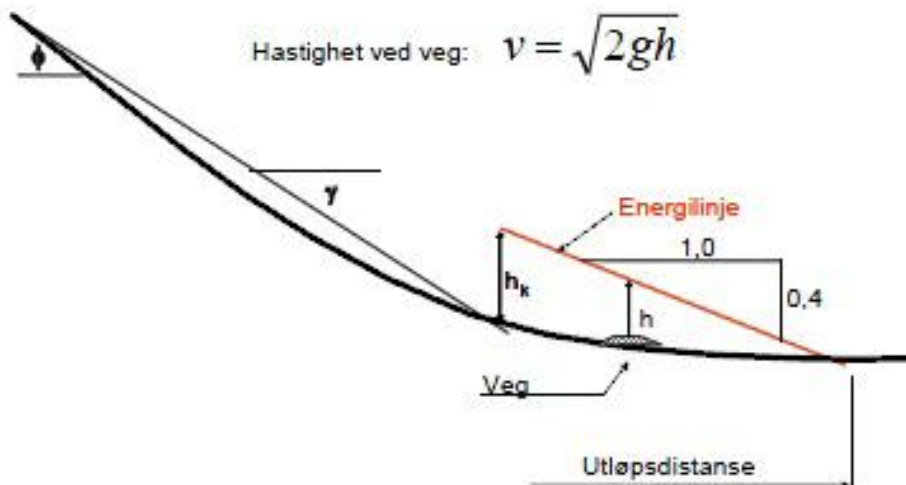
Langs med hele skredbanen tilsvarer den potentielle energien høyden til terrenget, imens skredets hastighetshøyde vil variere med kvadratet av skredets hastighet. Summen av terrenghøyden og hastighetshøyden gir skredets energihøyde. (Statens vegvesen, 2011) Figur 2-1 viser at snømassene har høy potentiel energi ved utløpspunktet, men i det skredet løses ut vil den potentielle energien overføres til hastighetsenergi samtidig som det vil være

ett energitap. Ved utløpspunktet har den potentielle energien blitt tapt, og hastighetsenergien er lik null. (Statens vegvesen, 2011)



Figur 2-1 Energilinje (Statens vegvesen, 2011)

Ved sikring av veg vil det være interessant å bruke denne modellen for å studere skredets hastighet i utløpsområdet. Det har tidligere blitt utført en rekke analyser av skredhastighet og tilbakeberegninger av kjente og store skred. Analysene har vist at hellingen til energilinjen i utløpsområdet har en middelerdi på 0,4:1. Noen få store skred har hatt verdier ned til 0,3:1, men energilinjer med mindre helling enn 0,35:1 er sjeldent. (Statens vegvesen, 2011)



Figur 2-2 Grafisk energilinjemodell (Statens vegvesen, 2011)

Figur 2-2 viser en svært enkel og grafisk metode for beregning av skredets hastighet i utløpet. Den fungerer ved at energilinjen trekkes fra utløpspunktet og opp med en helling på 0,4:1. Hastighetshøyden, altså avstanden mellom terrenget og energilinjen, kan da brukes til

å beregne skredets hastighet over utløpsområdet ved hjelp av likning 3-1. (Statens vegvesen, 2011)

$$v = \sqrt{2gh_k} \quad 2-1$$

Der  $v$  = Skredets hastighet (m/s)

$g$  = Gravitasjonskraft

$h_k$  = hastighetshøyde i ønsket punkt

Den grafiske metoden er svært forenklet, og har ikke blitt testet mot NGIs database. Erfaringsmessig har det likevel vist seg at metoden gir gode resultater. Dette kan være på grunn av at de korte avstandene gir mindre usikkerhet. (Statens vegvesen, 2011)(Norem:pers.kom)



### 3. Sikringstiltak mot snøskred

Mange veger er utsatt for skred i Norge, og skred er en viktig årsak til at mange veger stenges i vinterhalvåret. For å kunne holde vegen åpen, øke trafikksikkerheten og minimere skade på konstruksjoner og anlegg, er det derfor viktig å sikre vegene mot snøskred.

Metoder for sikringstiltak er hele tiden under utforskning, hvor målet er å finne sikringsmetoder som både er effektive og har lave kostnader ved bygging og vedlikehold.

#### 3.1. Ledevoll

Grovt oppdelt finnes det to typer ledevoller. Rette ledevoller blir oftest brukt til å kanalisere skredene ned mot annet tiltak. På denne måten kan de andre tiltakene bygges mindre, da den opprinnelige bredden på skredet blir redusert. I skredbaner der terrengtiltak er eneste sikring mot snøskred har det i Norge ofte blitt brukt buede ledevoller. Hensikten er både å kanalisere og lede skredet parallelt med vegen.

##### 3.1.1. Utforming

I de senere år har flere forsøk blitt utført for å finne ut av skredets bevegelsesmønster i det skredet treffer en ledevoll. Hákonardóttirs forsøk med rette ledevoller med 90°-helling fra 2004, viste at den høyden skredet klarte å presse seg opp langs vollveggen var avhengig av vollens avbøyningsvinkel. Lav avbøyningsvinkel gav mindre oppressingeffekt enn høyere avbøyningsvinkler. (Hákonardóttir, 2004)

Brateng undersøkte denne effekten videre med ett annet oppsett. I forsøkene ble det brukt nedskalerte rette ledevoller, slik at det ble mulig å undersøke mengden skredavsetninger som havnet bak vollen. Forsøkene viste at vollen med avbøyningsvinkel lik 15° var mest effektive ved kanalisering av skredet. Der vollveggen hadde en 30° vinkel og avbøyningsvinkel på 15°, var det minimale avsetninger bak vollen. Ved en avbøyningsvinkel på 30° i kombinasjon med en vinkel på 30° på vollveggen var det store mengder masser som klatret over vollen og ble avsatt på baksiden. I forsøkene der vollveggen hadde en vinkel på 90° var det ikke noen masser som klatret over vollen på 15°, samt at mengdene som klatret over vollen med avbøyningsvinkel på 30° var minimale. (Brateng, 2005)

Norem oppsummerer Bratengs forsøk med at rette ledevoller bør konstrueres med brattest mulig vollvegg, og helst med en avbøyningsvinkel som er minst mulig. Det påpekes også at vollens evne til å lede skredet også avhenger av dens høyde, da skredets hastighet, flyte høyde og bredde avgjør skredets klatreevne. (Statens vegvesen, 2011) Skredets klatreevne kan man finne ved å beregne dimensjonerende skreds hastighetsenergi i treffpunktet på vollen, se likning 3-1. (Statens vegvesen, 2011)

$$H_{k\alpha} = \frac{v \cdot \sin^2(\alpha)}{2g}$$

Der  $v$  = Skredets hastighet (m/s)

$g$  = Gravitasjonskraft

$\sin^2(\alpha)$  = Vollens avbøyningsvinkel

Videre kan man finne nødvendig høyde på vollen ved å legge sammen skredets klatrehøyde, flyte høyde og tykkelsen på snølaget på bakken. Flyte høyden på ett snøskred ligger normalt på mellom 1 og 2 meter. Mengden snø på bakken kan variere mellom 1 – 2 meter, men det kan ved kystnære strøk være mindre enn 1 meter. Konstanten,  $k$ , beskriver skredets energitap, og kan variere mellom 0,8 og 1,0. (Statens vegvesen, 2011)

$$H_{voll} = k \cdot H_{k\alpha} + H_{skred} + H_{snø} \quad 3-2$$

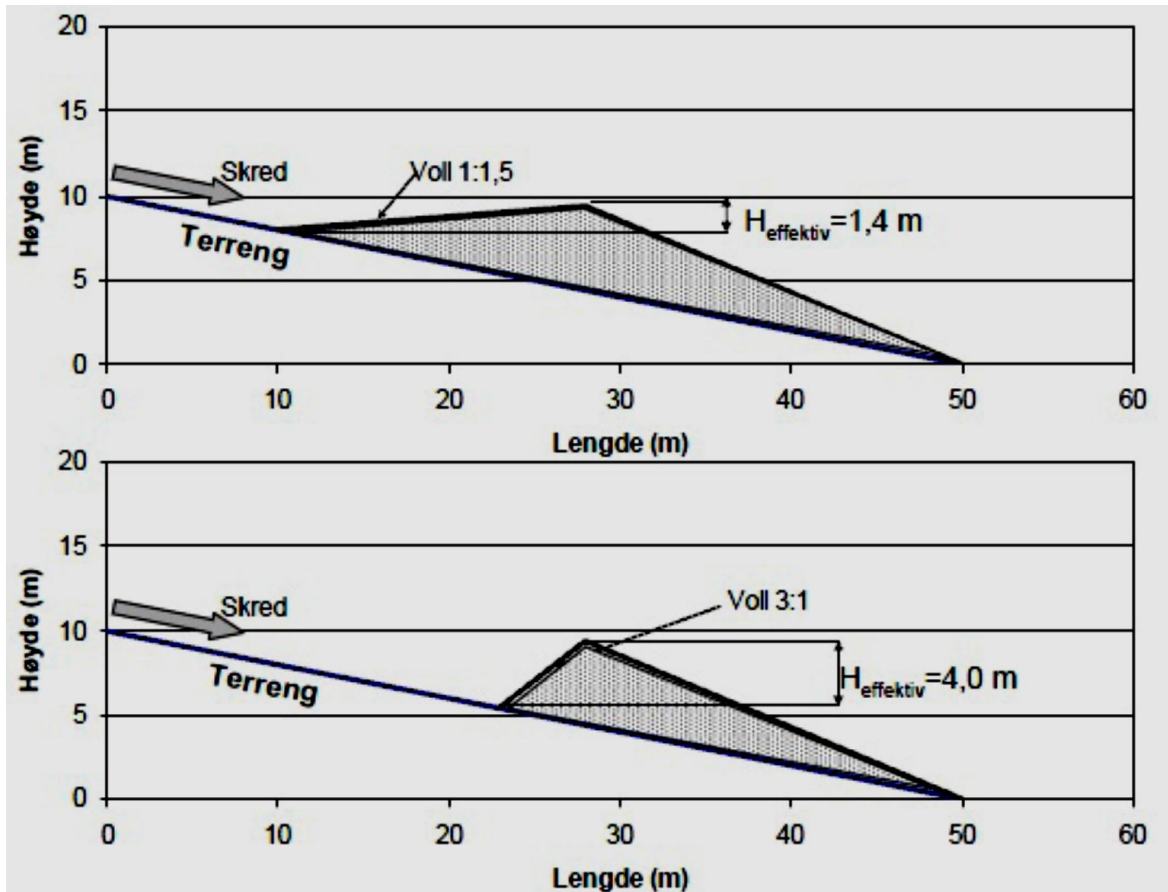
Der  $H_{skred}$  = Snøskredets flyte høyde

$H_{snø}$  = Liggende snølags tykkelse

$k$  = Effektivt energitap (konstant)

Det bør merkes at selv om skredets utløpsdistanse blir betraktelig redusert i skredretningen, så vil kanaliseringen av skredet føre til at skredets nye utløp gjerne blir lenger. (Statens vegvesen, 2011) (Brateng, 2005)

Brateng testet også buede voller. Forsøkene viste at disse var klart mindre effektive enn rette voller, da skredets bakre masser lettere tok igjen de fremste massene da de ble bremsert av vollen, og på denne måten lettere klatret over frontmassene og vollen. (Brateng, 2005) Buete voller får ett kritisk punkt i det vinkelen mot skredet blir større enn 30-40°, samtidig som at de frontale massene samler seg i enden og fører til redusert effektiv høyde. Norem mener derfor at en buet voll krever økt vollhøyde fra buen og til enden. (Statens vegvesen, 2011)



Figur 3-1 Anbefalt utforming av ledevoll (Statens vegvesen, 2011)

Figur 3-1 oppsummerer anbefalt utforming av ledevoller. Ved en økt vinkel mot skredet, vil vollens effektive høyde øke.

### 3.1.2. Plassering i terreng og praktisk utforming

Det er viktig å påse at skredløpet blir optimalisert slik at skredet blir bremsset, samtidig som at skredet ikke skaper mer trykk på ledevollen enn nødvendig. Skred kan potensielt grave seg dypt ned i løse masser eller bringe med seg vann som kan erodere på tiltaket. Det er derfor anbefalt at skredløpet blir senket ca. 1m under opprinnelig terreng og voll, samtidig som bredsiden av skredløpet får ett fall fra vollfoten. (Statens vegvesen, 2011) Massene som tas fra terrenget bør brukes i vollen. Det er derfor viktig å undersøke massenes kvaliteter slik at vollene kan opprette holde en bratt helling mot skredsiden, og samtidig være motstandsdyktige mot skred, erosjon og utglidninger.

Bratengs forsøk at både lede – og buevoller har større effekt jo lenger ned i skredbanen de blir plassert. (Brateng, 2005) Bratengs forsøk stemmer godt overens med erfaringer fra virkelige skred. Statens vegvesen anbefaler derfor at ledevoller bør plasseres nærmest mulig vegen. Det bør samtidig tas høyde for at masser fra skredene blir avlagret, og at det også bør graves magasin. (Statens vegvesen, 2011) Eventuelt kan vollene mures med naturstein, slik at vollbredden kan reduseres samtidig som den opprettholder høyde og vinkel. Ofte kan det

være vanskelig i praksis å få plass til en ledevoll med ønskelige dimensjoner. Det heter seg derfor at terrengtiltak må bygges så terrenget er utnyttet optimalt. (Hustad:pers.kom)

### 3.1.3. Drenering av vollområdet

Det er viktig å påse at bekkeløp og andre naturlige drensveier blir ført igjennom vollområdet på en hensiktsmessig måte. Det kan være vanskelig fordi skredmassene ofte fører med seg erosjonsmasser, og dermed fylle inntaket med stein og grus. En løsning er derfor å føre vannet langs med vollen, og plassere en stikkrenne ved enden. Det blir da mindre risiko for at skredmassene skal rekke bort til inntaket. Drenvegene kan også føres igjennom vollen via en kulvert, men kulverten må da beskyttes med rist eller ha en dimensjon som forenkler oppryddingsarbeidet. Dersom vannet blir ført gjennom vollen, er det også spesielt viktig at en reservestikkrenne etableres ved enden av vollen. (Statens vegvesen, 2011)

I tillegg til å beskytte inntaket, er det viktig å beskytte selve tiltaket mot erosjon fra vannmassene. Dersom det er mulig med erosjon fra drensvegene bør bekkeløp og større drensveger sikres ved å legge naturstein i løpet, og eventuelt legge fiberduk i tillegg. (Statens vegvesen, 2011)

## 3.2. Fangvoll

Fangvoller har som hensikt å fange opp skredet før det kommer til veg. Vollen er da bygd normalt på skredretningen, og har som oftest ett magasin på skredsiden for lagring av skredmasser.

### 3.2.1. Utforming

Siden skredet i utgangspunktet treffer vinkelrett på vollen, vil kreftene i skredet være større enn for ledevoller. Skredet vil derfor presse skredmassene enda høyere oppover vollveggen. Fangvoller har av den grunn større krav til høyde og vinkel på vollveggen enn en ledevoll. (Statens vegvesen, 2011)

Nødvendig høyde på vollen kan bli beregnet ut ifra likning 3-3. Treffvinkelen på vollen vil da være  $90^\circ$ , som gir  $\sin(\alpha) = 1$ . (Statens vegvesen, 2011)

$$H_{voll} = \frac{k \cdot v^2}{2g} + H_{skred} + H_{snø} \quad 3-3$$

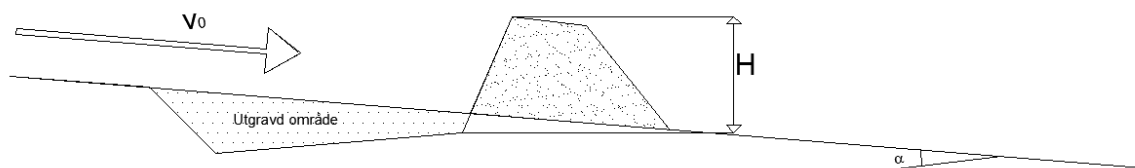
Der  $v$  = Skredets hastighet (m/s)

$g$  = Gravitasjonskraft

$H_{skred}$  = Snøskredets flyte høyde

$H_{snø}$  = Liggende snølags tykkelse

$k$  = Effektivt energitap (konstant)



Figur 3-2 Anbefalt utforming av fangvoll

Hustad gjorde registreringer på terrengtiltak ved Fv 65 langs Hjørundfjorden fra 1986 til 1993. Registreringene viste at terrengtiltakene stoppet 101 av 107 våtsnøskred, 28 av 38 tørrsnøskred og 6 av 14 sørpeskred. Statens vegvesen konkluderer med at terrengtiltakene har bedre effekt mot våtsnøskred enn tørrsnøskred. Årsaken er at våtsnøskred ofte har lavere hastighet enn tørrsnøskred fordi energitapet er større for ett våtsnøskred. Dette må derfor tas med i betraktningene når en velger energitapkonstanten,  $k$ . Det er sjeldent realistisk at  $k$  settes lik 1,0. Avhengig av vollveggenes helling er det anbefalt at energitapet settes lik 0,6 ved våtsnøskred eller 0,8 for tørrsnøskred ved helling over  $60^\circ$ . Energitapet kan settes lik 0,7 for våtsnøskred og 0,9 for tørrsnøskred dersom vollveggen har en helling som er  $45^\circ$  eller mindre. (Statens vegvesen, 2011)

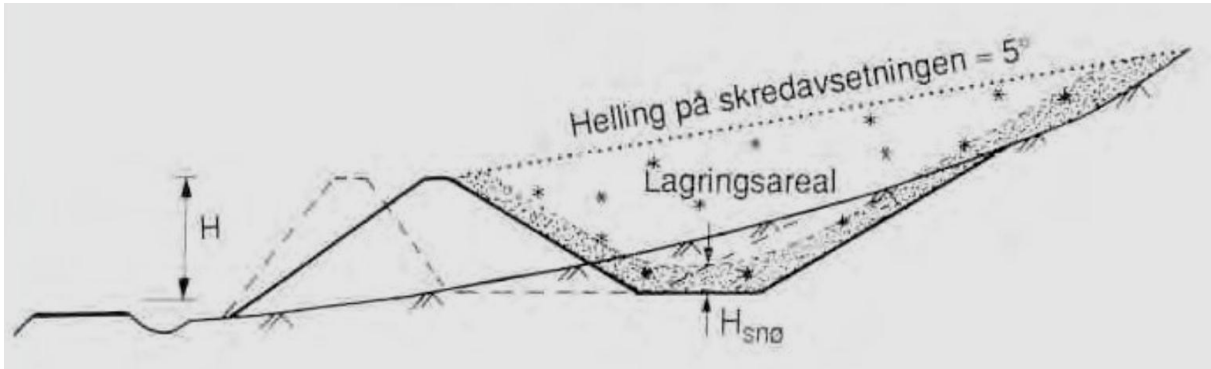
I forsøkene til Brateng ble fangvollene plassert langt oppe i skredbanen, med den hensikt å bremse skredet. Resultatene viste at effekten var liten, og at bremsevirkningen derimot økte jo lenger ned i skredbanen fangvollene ble plassert. (Brateng, 2005)

### 3.2.2. Praktisk utforming

Ved bygging av fangvoll anbefaler Statens vegvesen at massene tas fra vollens skredside, slik at det blir enklere å øke vollens effektive høyde. Samtidig blir det påpekt at det bør vises noe forsiktighet ved uttak av masser på skredsiden, da det ikke er ønskelig å grave magasinet på den måten at skredets hastighet øker før det treffer vollen. (Statens vegvesen, 2011)

Samtidig er det også ett krav om at massene som blir brukt i tiltaket skal være motstandsdyktige mot erodering fra skred og vann. Mengden finstoff bør ikke være større enn 10 %. (Lied & Kristensen, Snøskred - Håndbok om snøskred, 2003) Alternativt kan en bygge vollen ved å plassere massene med mest finstoff inne i vollen, for så å legge større stein utenpå. (Frækaland:pers.kom)

Ved utgraving av magasinet bør man ha i tankene at lagringsarealet på skredsiden av vollen er tilstrekkelig. Lagringsarealet er området ved skredsiden av vollen. Figur 3-3 viser at avgrensningene kan finnes ved å trekke en linje med helling på  $5^\circ$  fra vollkrona og ned mot skredløpet. (Statens vegvesen, 2011)



Figur 3-3 Lagringsareal ved fangvoll (Statens vegvesen, 2011)

Alle terrengtiltak krever en god utforming slik at de best mulig kan opprettholde sin funksjon over lenger tid. For fangvoller er det blant annet viktig at vollveggen mot skredet har jevn helling og at vollkrona er jevn. Dette er viktig for at vollens effektive høyde er lik langs hele vegen, og at den ikke får en korridor der skredet kan klatre over. (Statens vegvesen, 2011)

Forøvrig er det også viktig at det etableres nye drensveger ved fangvoller. Med noe forbehold kan drensveger utformes som i kapittel 3.1.3.

### 3.3. Bremseskjegler

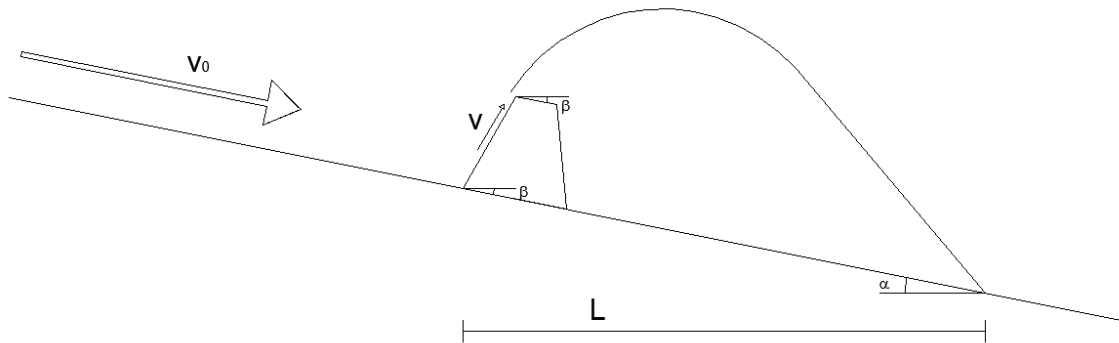
Kjegler brukes til å bremse skred, ved at kjeglene rører opp om skredet i det skredet treffer. En del av skredmassene vil bli kastet av kjeglene, og en mindre del vil få en mindre retningsendring ved at de blir presset gjennom lysåpningene. De forskjellige bevegelsene skaper en indre friksjon i skredmassene, skredet spres utover ett større område og hastigheten senkes betraktelig. (Lied & Kristensen, Snøskred, Håndbok om snøskred, 2003)

Statens vegvesen beskriver energitapet kjeglene gir skredet ved å bruke energilinjemodellen. Etter at skredet har passert en rad med bremseskjegler vil skredet få ett energitap på en viss prosent. Det vil si at selv om hellingen på skredløpet ikke er forandret, vil skredets energihøyde bli mindre og utløpslengden kortere. (Statens vegvesen, 2011)

#### 3.3.1. Kastelengde

Kjeglens evne til å skape indre turbulens avhenger av hvor godt de klarer å kaste av skredet. Forsøk gjort av Brateng viste at det er nødvendig at skredet innehar en viss hastighet ved treffpunkt, slik at skredet ikke bare flyter over kjeglene. For at kjeglene skal få en optimal effekt, bør de derfor plasseres så langt opp i skredet som mulig. (Brateng, 2005) (Statens vegvesen, 2011)

Det er fortsatt noe usikkerhet om skredets hastighet i det skredet blir kastet av kjeglen. Teorien sier at utgangshastigheten til skredet blir redusert til 80 % av skredets hastighet. Utkastvinkelen bør derfor reduseres med mellom  $0^\circ$  og  $10^\circ$  ved tilfeller der kjeglefronten har en helling på  $60^\circ$ . Energitapet kan derfor settes lik 0,7, slik at utkastvinkelen tilsvarer kjeglefrontens helling. (Statens vegvesen, 2011)



Figur 3-4 Prinsipiell skisse viser skredets kastelengde

$$L = k \cdot \frac{v^2 \cdot \sin(2\beta)}{g} \cdot \left(1 + \frac{\tan(\alpha)}{\tan(\beta)}\right) \quad 3-4$$

Der  $v$  = utgangshastighet (m/s)

$\beta$  = Vinkel på kjegle i forhold til terrenget

$\alpha$  = helning i terrenget

$k = 0,7$  = effektivt energitap (konstant)

Dersom det er aktuelt med to eller flere rader med bremsekjeglere vil kastelengden være en avgjørende faktor for tiltakets virkning. Andre kjeglerader må plasseres utenfor første kjeglerads kastelengde, hvis ikke vil store deler av skredet unngå andre rader. (Statens vegvesen, 2011) Bratengs forsøk viste at optimal plassering på andre kjeglerader var ved landingspunktet for første kast. (Brateng, 2005)

Bratengs forsøk viste også at flere kjeglere på en rekke skaper god turbulens i skredmassene. I testene der kjeglene var plassert i plogform viste det seg at skredet traff kjeglene med forskjellig hastighet, ettersom de delene av skredet som traff de nederste kjeglene allerede hadde tapt energi. (Brateng, 2005) Norem anbefaler like vel at kjeglere kan plasseres i plogform ved tiltak der det er nødvendig å føre bekkeløp igjennom. Bekkeløp krever ofte stor plass, fordi de ved snøsmelting i fjellet eller ved dager med mye nedbør kan vokse seg svært store. Ved vanlige snøskred og ved sørpeskred kan også massetransporten i bekkeløpet bli stort. Det kan derfor være vanskelig å opprettholde en tilfredsstillende lysåpning mellom kjeglene. Ved å føre bekkeløpet igjennom kjeglene ved en s-form kan en forhindre at bekket renner rett igjennom tiltaket, og kjeglene får noe bedre effekt på oppbremsing av massene. (Statens vegvesen, 2011)

### 3.3.2. Utforming

Høyden skal være to ganger høyere en skredets flyte høyde og ta hensyn til liggende snø på bakken. (Statens vegvesen, 2011) Dette ble også påvist i Hákonardóttirs forsøk i 2004. Modellforsøkene til Hákonardóttir viste også at en høyde over 2 ganger flyte høyden ikke nødvendigvis gav bedre virkning. (Hákonardóttir, 2004)

Bredden på kjeglekrona skal utformes med hensyn til høyden, men i hvilket forhold er noe diskutert. Bratengs forsøk viste at kjegler med høyde-bredde-forhold på  $B=2H$  gav noe bedre effekt enn kjegler der bredden og høyden var lik. Samtidig viste tidligere forsøk utført av Brateng og Hákonardóttir at forholdet bør være  $B=H$ . (Brateng, 2005; Hákonardóttir, 2004) Statens vegvesen anbefaler også ett bredde-høydeforhold på  $B=H$ . (Statens vegvesen, 2011)

For at kjeglene skal gi en god utkastvinkel og kastelengde er det viktig at kjeglefronten har en bratt helning mot skredet. Dette gjelder særlig der skredet har stor utgangshastighet mot kjeglene. Det er anbefalt at kjeglefronten blir konstruert med en helning på  $60^\circ$ , og ikke mindre enn  $45^\circ$ . (Statens vegvesen, 2011)

Eksponeeringsarealet er avgjørende for kjeglenes virkningsgrad mot skredet. Det er verken optimalt med store lysåpninger mellom kjeglene, eller svært høy tetthet. Bratengs forsøk viser at effekten blir redusert dersom eksponeeringsarealet overskrider 70-80 %. (Brateng, 2005) Statens vegvesen anbefaler at åpningen mellom kjegler med høyde på 5 m ikke blir konstruert større enn 3 m. (Statens vegvesen, 2011) Optimal helling på sideveggene er anslått til  $60^\circ$ . Det er vist i Bratengs forsøk at effekten øker med strammere geometri. (Brateng, 2005) Ved slakere vinkel på sideveggene vil eksponeeringsarealet være betraktelig mindre. I henhold til Bratengs forsøk vil dette ikke gi optimal sikringseffekt. Det er likevel praktisk i forhold til vedlikehold, da tettere kjegler kan gjøre det vanskelig for vedlikeholdsmaskiner å komme imellom. (Statens vegvesen, 2011)

Krav til utforming av kjegler oppsummeres i tabell 3-1.

Dimensjoneringskriterier		
<b>Høyde</b>		$H = 2 \times H_{flyt} + H_{snø}$
<b>Bredde</b>		$B = H$
<b>Helning</b>	Skredside	$45^\circ < \alpha < 60^\circ$
	Sidevegger	$B = 60^\circ$
<b>Avstand</b>		$B_a \leq 3 \text{ m}$

Tabell 3-1 Tabellen beskriver viktige dimensjonskriterier for kjegler

### 3.4. Magasin og bred grøft

Magasin brukes for å fange opp skredmassene, og blir ofte brukt i kombinasjon med lede – eller fangvoller. Magasin vil også i mange tilfeller fungere som en brems på skredet, men den viktigste funksjonen er å fordele skredmassene utover ett større område der voller er hovedtiltaket.



Bred grøft blir bygget på strekninger der størrelsen og hyppigheten til skredene ikke er store, men nok til å være en risiko for vegen. Den brede grøfta fungerer ved at skråningen opp mot vegen bremses skredet, samtidig som snøen blir fanget opp.

### 3.5. Overbygg

Overbygg er det tiltaket som generellt gir best sikringseffekt. Optimalt sett glir skredene over tiltaket, og trafikantene kan kjøre trygt under. Overbygg kan også fungere fint i områder der det er fare for steinsprang og isras. På grunn av økonomi, estetikk og trafikksikkerhet blir overbygg kun brukt ved de mest utsatte skredbanene i Norge.

Det finnes generelt tre forskjellige typer overbygg. Den første typen er ett overbygg med støpt vegg inn i terrenget og støttevegger på luftsiden. Den andre typen egner seg for områder der det er ekstra krav til fundamentering. Denne typen kan minne om den første, men har ett stivt kassetvernsnitt med helstøpt gulv. Disse overbyggene er oftest brukt i Norge.

Den siste typen er rørtunnel, enten ved bruk av en sirkulær stål - eller betongkulvert. Rørtunnel innbyr til en god utforming av terrenget, og kan ofte være bedre å bruke for å bevare terrengets naturlige helning. Samtidig krever rørtunneler også god drenering og omfattende fyllinger rundt hele tunnelen for å hindre skjevbelastninger.

#### 3.5.1. Dimensjonerende laster

Ved dimensjonering av overbygg er det nødvendig å ta hensyn til flere forskjellige laster. Først og fremst vil ett overbygg være påfallende belastet med jordtrykk. Ett vanlig overbygg er som regel bare belastet med horisontalt jordtrykk på veggen mot terrenget. Sirkulære overbygg er avhengig av at jordtrykket er forholdsvis likt rundt hele overbygget slik at det ikke oppstår skjevbelastninger. Fyllingen over overbygg bør legges tykt, slik at laster fra skred og skredavsetninger får bedre spredning ned i fyllmassene. Når jordtrykk beregnes for alle typer overbygg, må lastene fra skredlaget og skredavsetninger tas med i beregningen. (Statens vegvesen, 2011)

Videre beregnes vekten av skredlaget og snøavsetningene som en normalkraft. Norem anslår at densiteten til avlagret snø er 600 kg/m<sup>3</sup>. Tykkelsen til skredlaget bør anslås etter observasjoner, men er erfaringsmessig 2,0 til 5,0 meter tykt avhengig av overbyggets helning. (Statens vegvesen, 2011) Skredlagets tykkelse er også avhengig av overbygget og utløpets helning. I tillegg vil skredvolumet, skredtype, og kanaliseringsgraden før tiltaket, være avgjørende for skredlagets tykkelse. Statens vegvesen anslår at tykkelsen ligger mellom 1,5 til 3,0 m. For ett skredlag kan densiteten antas å være 300 kg/m<sup>3</sup>. Normaltrykket kan så beregnes fra likning 3-5. (Statens vegvesen, 2011)

$$p = \rho \cdot g \cdot h \cdot \cos(\varphi)$$

3-5

Der  $\rho$  = Densitet på lag

$h$  = Tykkelse på lag

$\varphi$  = Takets helling

Når ett skred går over ett overbygg vil det belaste overbygget med avbøyningskrefter ettersom skredet gjerne får en viss retningsendring vertikalt. (Statens vegvesen, 2011)  
Denne kraften kan beregnes som i likning 3-6.

$$K = 2 \cdot \rho \cdot h \cdot v^2 \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad 3-6$$

Der  $K$  = Kraft (N/m)

$\rho$  = Skredets densitet (kg/m<sup>3</sup>)

$h$  = Skredets tykkelse (m)

$v$  = Skredets hastighet (m/s)

$\alpha$  = Vinkel mellom nytt og opprinnelig terreng

Trykket,  $k_a$  Kraften fordeles så utover lengden i skredretningen på overbyggets tak. Dersom lengden er større enn 10 meter må det tas høyde for at lasten blir redusert etter dette. Se likning 3-7 og 3-8. (Statens vegvesen, 2011)

$$L \leq 10 \text{ m} \quad k_a = \frac{K}{L} \quad 3-7$$

$$L \geq 10 \text{ m} \quad k_a = \frac{K}{10 + \frac{1}{2} \cdot (L - 10)} \quad 3-8$$

Det er nå mulig å beregne skredets avbøyningsstrykk på overbygget ved å sette likning 3-9. (Statens vegvesen, 2011)

$$p_{an} = k_a \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad 3-9$$

Videre kan  $k_a$  også brukes til å beregne friksjonsspenningen mellom skredet og overbygget, se likning 3-10. For å beskrive friksjonen når skredet beveger seg over bakken brukes friksjonskoeffisienten,  $\mu$ .

$$f_{an} = \mu \cdot k_a \cdot \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) + k_a \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad 3-10$$

Der  $f_{an}$  = skjærspenninger parallelt med flaten

$\mu$  = friksjonskoeffisient

### 3.5.2. Tilpasning til terreng

I likhet med overbygg er det svært viktig at overbygg har en god utforming etter terrenget. Estetisk sett, vil dette gjøre at overbygget ikke bryter for mye med naturen rundt. Praktisk

sett, vil et overbygg med god tilpasning til terrenget gjøre at skred glir lettere over tiltaket, uten at det påfører overbygget for stor belastning. Økonomisk sett, vil en god tilpasning av terrenget kunne føre til at skredet blir godt kanalisert og at overbyggets lengde kan reduseres deretter. I forhold til risiko for skader fra vann vil det også være nødvendig å sørge for god drenering av overflatevann. (Statens vegvesen, 2011)

Alle typer overbygg er avhengig av gode tilbakefyllinger, slik at overgangen mellom naturlig terreng og overbygget ikke blir for stor. Dersom overgangen er ufullstendig utført kan dette sørge for at skredet lettere bremses opp her, og mye skredmasser samler seg over overbygget. Dette kan også føre til at overbygget blir tilført støtbelastninger fra skredet. (Statens vegvesen, 2011)

Statens vegvesen anbefaler å plassere overbygg i skjæring med 5 – 8 m høyde. For å hindre at vegen før og etter overbygget blir utsatt for skred på grunn av høye skjæringer, bør overbygget plasseres noen meter ut fra skjæringen slik at gapet kan fylles opp, og terrenget lettere kan formes. (Statens vegvesen, 2011)

Rørtunneller er anbefalt til bruk i terreng der skredbanen har svak helning, da det er enklere å fordele massene riktig over kulverten. Sidefyllingene på hver side bør ha en bredde som tilsvarer kulvertens høyde. Samtidig bør overdekningen ha en tykkelse på minst 2,5 m og dekke både kulvert og sidefyllinger. (Statens vegvesen, 2011) Det er spesielt viktig å være nøye på fyllinger og overdekning ved bygging av rørtunnel, da sirkulære tverrsnitt er mer følsomme for horisontale laster. Det er fyllingene og overdekningene som tar i mot lastene og fordeler de nedover i lagene. (Statens vegvesen, 2011)

Figur 3-5 er ett bilde tatt fra byggingen av en betongrørtunnel ved Skasvora ved Rv615 mellom Hyen og Sandane. Bygging av rørtunneler er en svært omfattende prosess, og krever ofte store tilpasninger i terrenget.



Figur 3-5 Bygging av betongrørtunnelen ved Skasvora ved Rv 615 Hyen – Sandane (foto: Frækaland)

### 3.5.3. Kanalisering av skredet

Ledevoller og ledemurer er ett nødvendig supplement til overbygg for å kanalisere skredet over overbygget. Bruk av ledevoller – og murer kan også være effektive tiltak for å redusere skredbredden og overbyggets nødvendige lengde langs vegen. (Statens vegvesen, 2011)

Vollene bør i hovedsak ikke bygges med en avstand mellom vollene som er mindre enn skredløpets bredde. I tillegg er det viktig å ta hensyn til at flere skred kan gå i løpet av en vinter. Det vil derfor alltid være en fare for at snøavsetninger fra tidligere skred legger seg over tiltaket, og kan føre til en opphoping av masser over tiltaket. Denne opphopingen kan gi ugunstig belastning på ledemurer og overbygget. Norem anbefaler at overbygget tillegges noen ekstra løpemeter, slik at det er tilstrekkelig med plass. (Statens vegvesen, 2011) I praksis blir det sagt at overbygg bør ha en lengde lik skredbredden, bredden på eventuelle ledevoller, pluss 15 meter ekstra på hver side. (Svein Helge Frækaland: pers. Kom)

I likhet med vanlige vollkonstruksjoner er det gunstig å ta ut masse til vollene fra skredløpet. På den måten blir det enklere å øke vollenes effektive høyde, og samtidig forme skredløpet slik at skredet gir mindre press på vollene. Norem påpeker også viktigheten av at ledevollene blir formet uten ujevnheter på vollkrona og i helning mot skredsiden, slik at skredet blir effektivt kanalisert mot overbygget. (Statens vegvesen, 2011)

Ett kritisk punkt for tiltaket ligger i overgangen mellom terrenget og overbygget. Det er ofte ikke ønskelig å fortsette ledevollene over overbygget, da ledevollene krever stor bredde og overbyggets lengde må økes deretter. I stedet brukes det helst ledemurer, som krever mindre plass. Aberet er at en ledemur vil være svakere mot avbøyningskreftene fra skred og skredmasser, og vil derfor kreve ekstra avstivning. (Statens vegvesen, 2011)

Norem foreslår to løsninger til utforming av ledemurer. (Statens vegvesen, 2011) Første forslag gjelder for tiltak der skredbanen har moderat helning på terrengsiden av overbygget. Ledemuren føres ut mot terrengsiden og med en avstand på 3-5 meter til ledevollens krone. Ledevollen føres inn mot grensen mellom terreng og overbygg, og vil derfor ligge 3-5 meter innenfor overbyggets ende. Denne løsningen krever at lengden på overbygget tilsvarer skredbredden og ekstra avstand på grunn av ledemurene. For ekstra avstivning kan en støttemur etableres i forlengelsen av overbygget. (Statens vegvesen, 2011)

Andre forslag er anbefalt for overbygg plassert i ett punkt hvor skredvinkelen fortsatt er noe bratt, og skredets flyte høyde er noe større enn for terreng med slakere vinkel. Det vil derfor være nødvendig med høyere ledevoller – og murer. Ledemurene vil få ett høyere moment, og trenger avstivning. Dette kan løses ved å trekke en støttemur i forlengelsen av overbygget, og samtidig konstruere den like høy som ledemuren. På denne måten kan overbyggets lengde reduseres med 3-4 m i forhold til første forslag. (Statens vegvesen, 2011)

Ledemurene må ha kapasitet til å ta i mot avbøynings – og skjærkrefter fra passerende skred. Dette kan beregnes ved å ta i bruk formel XX. Norem anslår at minimum

avbøyningsvinkel på 20°, skredhastighet på 20 m/s og en flyte høyde på 2 m gir en minste verdi lik 8 kPa for skredtrykket normalt på ledemuren. (Statens vegvesen, 2011)

$$p_{mur} = 2 \cdot \rho \cdot h \cdot v^2 \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad 3-11$$

Når det gjelder rørtunneler bør ledevollene føres fra terrenget og over hele overbygget. Ledemurer er ikke anbefalt da det ikke er hensiktsmessig å fundamentere disse i løsmasser, men tørrmurer kan likevel være ett alternativ. Dersom rørtunnelene bygges med ledevoller må det tas høyde for en lengdeøkning på 5 – 10 meter, avhengig av vollenes høyde og bredde. (Statens vegvesen, 2011)

#### 3.5.4. Drenering og vannføring

I de aller fleste tilfeller vil det være naturlige bekkeløp i skredløpene, særlig dersom skredet går i naturlige forsenkninger i terrenget. Bekkeløpene må derfor føres forbi tiltaket på en hensiktsmessig måte. I praksis er det vanligst å føre vannet over tiltaket. Samtidig finnes det tilfeller der vannet blir ført under tiltaket. Dette er vanligst der det ikke er noe klart bekkeløp, og det derfor vil være vanskelig å fange opp vannet over ett punkt, eller i tilfeller vannet gir større risiko for erosjonsskader på selve overbygget. (Statens vegvesen, 2011)

Over tiltaket bør det konstrueres en renne, med vegger som ikke bør overskride en høyde på 20-35 cm. Dette kommer av at bekkerenna ikke er ideell i forhold til selve skredet. Ved bruk av en minimal høyde på veggene reduseres bremseeffekten fra disse, samtidig som trykket på veggene blir redusert. (Statens vegvesen, 2011) Når vannet føres over tiltaket bør vannrenna plastres i terrenget både før og etter overbygget. Årsaken er skredene kan erodere bekkeløpet, og skape nye veier for vannet før det når overbygget. Vann som renner av overbygg er gjerne i fritt fall, og vil derfor treffe bakken relativt hardt. Særlig ved store vannmengder, for eksempel ved snøsmelting eller kraftig regnvær, vil vannet ha en eroderende effekt. Det vil derfor være hensiktsmessig å erosjonssikre langs hele overbygget. (Statens vegvesen, 2011)

Dersom vannet føres under overbygget er det nødvendig å ta høyde for at skred kan dra med seg mye erosjonsmasser som kan tette drensveggen. Overbyggets drensveger bør derfor utformes slik at det er mulig for vedlikeholdsmaskiner å komme til. (Statens vegvesen, 2011)

Ved sirkulære tverrsnitt bør bekkeløp føres i plastrede renner over hele overbygget. Det bør også tas høyde for at skredmasser kan føre til at vannet føres nye veier, slik at fyllmassene som brukes rundt og over rørtunnelen er drenerende og lite telefarlige. (Statens vegvesen, 2011)

#### 3.5.5. Praktisk utforming

Overbygg kan ofte oppleves mørke, og gi dårlig sikt til trafikantene. Derfor er det ofte ønskelig med åpne overbygg som slipper lyset inn på vegbanen. Estetisk sett vil slike

overbygg også virke mindre dominerende i terrenget. Dessverre er slike løsninger ofte lite praktiske, da snøskyer og skredmasser kan presse seg inn i tunnelen. Ett overbygg med store lysåpninger er også avhengig av at terrenget nedenfor bygget har helning slik at skredmassene glir videre nedover, i stedet for å samle seg foran overbygget. Store ansamlinger med skredmasser foran åpne overbygg kan føre til at snø blir presset inn i vegbanen. (Statens vegvesen, 2011)

Videre kan overbygg skape problemer for trafikanten ved at det dannes is innenfor overbygget. Dette gjelder spesielt for dager med sterk soloppvarming, men med kald lufttemperatur. Ved åpne overbygg der noe snø kommer inn, kan dette også føre til is på vegen innenfor overbygget. Vegbanen inne i overbygget bør derfor sikres med dreneringer, og tiltak bør utføres ved endene slik at snø fra taket ikke faller ned på vegbanen. (Statens vegvesen, 2011)

### **3.6.Sjømagasin**

I visse tilfeller har vegen blitt flyttet ut på fylling i sjøen for å sikre vegen mot skred. Veg på sjøfylling har vist seg å ha god sikringseffekt mot særlig våtsnøskred, men fungerer ikke like godt mot tørrsnøskred og sørpeskred. Årsaken er at tørrsnøskred og sørpeskred ofte har svært høy hastighet, slik at de treffer sjøen med stor fart. Det kan skape flodbølger, og eventuelt kan skredmassene kastet over vegen, i tillegg til at det kan skape sterke trykkbølger i luften. Med tørrsnøskred følger det ofte snøskyer, som også kan ha stort trykk. Alt dette kan skape risiko for trafikanter, og skade de nødvendige rekkverkene på fyllingen. Rekkverkene krever ofte større styrke enn konvensjonelle rekkverk. (Norem:pers.com) (Statens vegvesen, 2011)

Det vil også være viktig at sjømagasinene har kanaler ut til sjøen, slik at vannet hele tiden blir utskiftet, og at strømmingene holdes mest mulig naturlig. (Norem:pers.com)

### **3.7. Krav til fyllmasser for terrengtiltak og overbygg**

Krav fra Statens vegvesens håndbok 018 og 274 er dimensjonerende for bruk av fyllmasser i terrengtiltak, ved overbygg eller sjømagasin. I hovedsak går kravene ut på hellinger i forhold til forskjellige materialer, lagtykkelser og kompresjon ved utlegging, samt tilkomst av finstoff og humusholdig jord i forhold til frostsikring og erosjonssikring. Håndbok 274 beskriver også forslag til sikring av skråninger og fyllinger i forhold til overflateerosjon, grunnvannserosjon og overflateglidning. (Statens vegvesen, 2008; Statens vegvesen, 2010)

Kort oppsummert må massene være telesikre, godt drenerende, og ha ett lavt innhold av finstoff. Hellinger kan blant annet sikres mot erosjon og grunnvannserosjon ved å bruke vegetasjonsdekke, erosjonsnett, terrenggrøft og grus eller pukklag. Mot overflateglidning kan det blant annet brukes vegetasjonsdekke, armeringsnett, terrenggrøft og skråningsdren. (Statens vegvesen, 2008)

#### 4. Rassikringsplanen

Det er utarbeidet rassikringsplaner for samtlige av Statens vegvesens regioner, da det stadig er økende krav om sikkerhet og fleksibilitet langs de norske vegene. Hensikten er å skape en oversikt over utsatte strekninger i Norge, og samtidig forslå tiltak for sikring. Tiltakene vurderes etter effekt og kostnader, samt prioritering i forhold til behov og risiko. (Statens vegvesen, 1997)

Rassikringsplanen presenterer opplysninger om skredtyper og størrelse på skredene, samt skredenes frekvens og under hvilke værforhold skredene helst løsner. Sikringsplanen tar også for seg risiko for trafikanter og driftspersonell, samtidig som informantene gir sin egen vurdering av skredbanen. (Statens vegvesen, 1997)

I forhold til vegen vil det bli gitt opplysninger om vegstandard, området rundt vegen og trafikkmengder. Sikringsplanen tar også for seg eventuelle omkjøringer eller om det er risiko for at mennesker kan bli isolert. Det blir også nevnt eventuelle planer for utbedring av vegen, og hvordan tiltak eventuelt kan tilpasses i utbedringsprosjekter. (Statens vegvesen, 1997)

På bakgrunn av dette vil de forskjellige skredbanene bli plassert i tre forskjellige prioriteringsgrupper, der rangeringen går fra ikke prioritert til høy prioritet. (Statens vegvesen, 1997)

Skredbaner merket med høy prioritet er de skredbanene som har størst påvirkning for sikkerhet, framkomst og kostnader for vedlikehold av vegen. Tiltakene deles videre inn i tre grupper, der første gruppe er tiltak som kan bygges uten å påvirke veglinja eller vegstandarden. Neste gruppe innebærer tiltak som krever høye kostnader og tid til utarbeiding av planer. Siste gruppe innebærer tiltak hvor det er ønskelig å forbedre vegstandarden samtidig. Slike tiltak er bare nevnt med mulige kostnader for utarbeiding av vegen. (Statens vegvesen, 1996)

Skredbaner som er merket med lav prioritet innebærer områder der bygging av tiltak kan utsettes fordi risiko og konsekvens ved skred er lavere. (Statens vegvesen, 1996)

Ikke prioriterte tiltak innebærer skredbaner der det ikke er aktuelt å bygge tiltak. Årsakene kan være lav skredfrekvens i registreringsperioden, krevende terreng som krever kostbare tiltak, eller at vegen har generelt dårlig vegstandard slik at utbedring av veg og eventuelle andre risikofaktorer blir prioritert først. (Statens vegvesen, 1997)

## 5. Sikringseffekt i Norge

Hammersland utførte i 2000 en undersøkelse der han vurderte diverse sikringstiltak mot snøskred på veg over hele Norge. Hensikten var å finne ut av hvor effektive sikringstiltakene mot snøskred. Dette var første gang en slik vurdering ble gjort i landet.

Hammersland definerte sikringstiltakets sikringseffekt ved å sette opp antall stengninger etter at tiltaket ble bygd, mot antall stengninger før tiltaket ble bygd. Her regnes også de hendelser der vegen bare ble delvis stengt med. (Hammersland, Evaluering av rassikringstiltak - Intern rapport nr. 2205, 2001)

$$SE = \left(1 - \frac{\text{antall stengninger etter bygd tiltak}}{\text{antall stengninger før bygd tiltak}}\right) \quad 5-1$$

Hammersland satte krav til minimums sikringseffekt for overbyggene. Kravene som er gjeldene for de aktuelle sikringstiltakene er presentert i Tabell 5-1.

Sikringsmetode	Krav til minimums sikringseffekt i %
Overbygg	90 -100
Rørtunnel	90
Terrengtiltak, enkeltvis eller i kombinasjon	70

Tabell 5-1 Krav til sikringseffekt (Hammersland, Evaluering av rassikringstiltak - Intern rapport nr. 2205, 2001)

### 5.1. Hammerslands undersøkelser

Hammersland valgte sikringstiltakene ut ifra flere kriterier. For det første skulle det være en variasjon i sikringsmetodene, slik at sikringseffekten kunne måles over ett representativt utvalg. Sikringstiltakets funksjonstid var også prioritert, da dette gav best bilde av sikringseffekten gjennom flere år. Tiltak med høy rasfrekvens og tiltak som var spredd ut over hele landet var også ett av kriteriene, samt at det skulle være en viss geografisk spredning. (Hammersland, Evaluering av rassikringstiltak - Intern rapport nr. 2205, 2001)

#### 5.1.1. Overbyggenes sikringseffekt

Hammersland undersøkte 60 overbygg med gjennomsnittlig alder på 22 år. De undersøkte overbyggene var plassert på veger med ÅDT mellom 75 og 2000. Hammerslands vurderinger viste at 23 % av overbyggene var mindre enn 70 % effektive. Kun 40 % viste seg å ha en effektivitetsverdi på 90 % eller mer. Ved nærmere innsyn viser det seg at det er overbyggene med lengde lik 30 meter eller mindre som er minst effektive. Raten ligger her på ca. 55 % effektivitet. Lengre overbygg er 80 % effektive med svak stigning mot overbygg mellom 100 og 200 meter. Overbygg som er lengere enn 200 meter har en sikringseffekt opp mot 100 %. I tillegg fant Hammersland at overbygg plassert ved skredbaner der skredhendelser skjedde mer enn fem ganger per år hadde dårligere sikringseffekt. Hammersland forklarer dette med at de mest hyppige skredene går i smale og godt definerte skredbaner, der overbyggene har blitt dimensjonert deretter. (Hammersland, Evaluering av rassikringstiltak - Intern rapport nr. 2205, 2001)



Hammersland konkluderte med at overbyggene med lavest effektivitet var underdimensjonert i forhold til skredfrekvensen i området. Særlig de korte overbyggene hadde liten plass til mer enn ett skred. Det viste seg også at skredene hadde en tendens til å bre seg ut i det skredet traff overbygget. Årsaken er at skredbanen blir løftet 6 m opp over vegen, slik at skredvinkelen derfor blir slakere og fører til en oppbremsing av skredet. Han fant også ut at noen overbygg hadde mangler i forhold til tilpasning av terreng, i hovedsak overbygg der ledevoller – og murer var for lave eller manglet. Ett annet problem Hammersland pekte på var overbygg med store lysåpninger på luftsiden. Ofte ble vegen stengt fordi snøen presset seg inn i selve overbygget. (Hammersland, Evaluering av rassikringstiltak - Intern rapport nr. 2205, 2001)

Rapporten til Hammersland førte til at 45 % av de undersøkte overbyggene måtte forbedres. Enten ved forlengelse, gjenoppbygging av terrengtiltak, tetting av lysåpninger på luftsiden eller lage nye dreneringsløp. Forbedringene førte til at 90 % av de ombyggede overbyggene økte sikringseffekten med mer enn 20 %. (Hammersland, Norem, & Hustad, Evaluation of Measures for snow avalanche protection of roads)

#### 5.1.2. **Terrengtiltakenes sikringseffekt**

Hammersland undersøkte 37 forskjellige skredbaner der terrengtiltak var eneste sikring mot snøskred. Gjennomsnittlig alder på tiltakene var 12 år, og innebar både fangvoller, ledevoller og magasiner. Resultatet av undersøkelsene viste at 75 % av terrengtiltakene hadde en sikringseffekt på mer enn 70 %, og mer enn 20 % hadde en sikringseffekt på mer enn 90 %. For skredbaner der det gikk mer enn 5 skred i året ble sikringseffekten målt til 80 %. Samtidig hadde tiltak med en til fem hendelser hvert år og helt ned til en til fire hendelser per femte år sikringsprosent mellom 70 og 80 %. Hammersland antar at den høye sikringsprosenten sammenlignet med skredfrekvens kommer av at skredbaner med høy frekvens normalt får skred av mindre størrelser. Videre viste undersøkelsene at terrengtiltakene fungerte bedre mot våtsnøskred enn tørrsnøskred og sørpeskred. (Hammersland, Evaluering av rassikringstiltak - Intern rapport nr. 2205, 2001)

Terrengtiltak viste seg mindre effektive i terreng der snødybden generelt er høy. I fjellområder ligger det mer snø enn ved kystnære strøk, og terrengtiltakenes høyde må derfor økes for å sikre god sikringseffekt. Praktisk sett kan slike høyder være vanskelige å bygge i forhold til byggemassenes egenskaper og generelt plass i terreng. Dessuten er det vanligere med tørre snøskred i høyden. (Hammersland, Evaluering av rassikringstiltak - Intern rapport nr. 2205, 2001)

Undersøkelsene til Hammersland viste også at de eldste terrengtiltakene ofte var underdimensjonert, og fungerte dårlig mot flere skred. Etter undersøkelsen ble 22 % av terrengtiltakene forbedret, og 90 % av disse fikk økt sikringsprosent på mer enn 20 %. (Hammersland, Norem, & Hustad, Evaluation of Measures for snow avalanche protection of roads)

## 6. Vurdering av sikringstiltak



Figur 6-1 Ramskreda og Breiskreda ved fv13, mars 2012

### 6.1.Valg av sikringstiltak

Ett av de viktigste kriteriene for valg av sikringstiltak var at tiltakene eller skredbanene hadde blitt fulgt opp over tid, og at det derfor var nok informasjon til at en vurdering kunne utføres. Det ble også funnet hensiktsmessig å velge flere sikringstiltak på få strekninger, da strekninger med flere utsatte punkter ofte blir utredet i en omgang. Det blir derfor enklere å finne sammenlikningsgrunnlag på en strekning. Samtidig kan også forskjellige strekninger sammenliknes ved å vurdere metoder for sikring i forhold til når strekningene ble utbedret.

I alt ble fire vegstrekninger valgt i Region Midt og Vest. I Region Midt er det valgt to strekninger som begge befinner seg i Ørsta Kommune ved Sunnmøre. De valgte strekningene er E39, fra Festøy til Ørsta, og Fv 65, fra Standal til Festøy. Plassering er vist på kart i vedlegg B.1. En rekke sikringstiltak langs E39 ble bygd eller utbedret rundt 2001, samtidig som de fleste sikringstiltakene ved Fv65 ble bygd mellom 1986 og 1987. Kontaktpersoner for disse sikringstiltakene har vært Harald Norem og Arnold Hustad ved Statens vegvesen, som begge har vært svært involvert med begge strekningene.

De to valgte strekningene i Region Vest ligger henholdsvis i Balestrand kommune og i Gloppen kommune. I Balestrand er strekningen Rv13 mellom Dragsvik og Vetlefjorden valgt, og er vis på kart i vedlegg B.2. I Gloppen er strekningen Rv615 mellom Hyen og Sandane valgt, og vises på kart i vedlegg B.3. Kontaktpersoner for strekningene har vært Svein Helge Frækaland og Harald Norem ved Statens vegvesen, som begge har vært involvert med begge strekningene.

19 forskjellige sikringstiltak fra de fire strekningene ble vurdert som interessante. Etter befaring ble 5 av tiltakene valgt bort på grunn av mangel på informasjon eller erfaring med tiltakene. De 14 resterende er listet opp i tabell tabell 6-1.

	<b>Tiltak</b>	<b>Bygd</b>
<b>E39 Festøy – Ørsta</b>		
Saltrefonna	Ledevoll og bremsekjegler	2001
Storegjølet Nord	Ledevoll	2001
Storegjølet Sør	Ledevoll	2001
<b>Fv65 Festøy – Standal</b>		
Årsnesfonna	Overbygning	1987
Longeneset	Stålrørstunnel	1987
Breisvedet	Sjømagasin	1986
Seljesvora	Ledevoll, fangvoll og bremsekjegler	1987/1995
<b>Rv13 Dragsvik – Vetlefjorden</b>		
Sandskreda	Ledevoll	1999
Nautskreda	Betongrørstunnel	1999
Ramsteina	Overbygg/leddevoll	1972/2005
Breiskreda	Betongrørstunnel	2002
<b>Rv615 Hyen – Sandane</b>		
Storesvora	Ledevoll	2009
Seljesvora/Jonsoksvora	Ledevoll/fangvoll	2009
Blomasvora	Fangvoll	2009

Tabell 6-1 Valgte sikringstiltak

## 6.2. Utførelse av vurderingene

Vurderingen av sikringstiltakene er utført ved hjelp av tilgjengelig informasjon. Informasjonen er skaffet til veie ved hjelp av rassikringsplanen, eldre sikringsrapporter, registreringer, plantegninger og geotekniske rapporter. Opplysninger om sikringstiltakenes tilstand og skredhendelser er vurderinger gjort ved befaring i samarbeid med Statens vegvesen. Vurderingene av hvert enkelt sikringstiltak er utført med bakgrunn i følgende punktene listet opp nedenfor.

### a) *Grunnlag for sikringstiltak*

Beskrivelse av skredbanen og tidligere skredhendelser er viktig for å kunne danne ett bilde av forholdene og grunnlag for valg av sikringstiltak. I tillegg vil registreringer i rassikringsplanen beskrives.

***b) Plan***

Beskrivelse av planer og eventuelt forarbeid, som for eksempel geotekniske undersøkelser, er viktig for å kunne ha ett sammenlikningsgrunnlag.

***c) Beskrivelse av ferdig tiltak***

Det skal forsøkes å beskrive tiltaket slik det var rett etter at det ble bygd, eller eventuelt etter utbedring.

***d) Skredhendelser i ettertid***

Informasjon fra registreringer og rapporter, samt observasjon fra befaring, om skredhendelser etter tiltaket ble bygd vil bli oppsummert.

***e) Tiltakets tilstand i 2012***

Tiltakets tilstand ved befaring vil bli beskrevet, og det forsøkes å se sammenheng med eventuelle skredhendelser etter at tiltaket ble bygd. Eventuelle svakheter vil bli diskutert.

***f) Vurdering av sikringseffekt***

Vurdering av tiltakets sikringseffekt på bakgrunn av hendelser før og etter tiltaket ble bygd. Eldre tiltak som er utbedret i ettertid vil regnes som nytt fra utbedringen av. Hensikten blir da å finne ut hvor effektiv utbedringen var.

Vurderingen av sikringseffekten innebærer også at visse beregninger for utløpsområdet blir utført. Blant annet blir utløpslengden beregnet, og energilinjemodellen vil bli brukt til å finne energihøyde og hastighet for å se om dette kan ha sammenheng med sikringseffekten. Koordinater for terrenget i skredbanen er hentet fra kart fra kommunene.

***g) Forslag til forbedringer***

Til sist vil det eventuelt bli foreslått mulige forbedringer for sikringstiltakene dersom det er svakheter.

### **6.3.E39 Festøy – Ørsta**

Fjelltoppene langs E39 er noe lavere enn ved Fv65 mot Standal, og i tillegg har mange av de mest utsatte skredbanene færre utløsningsområder. Likevel kan fjellene potensielt samle store snømengder dersom vind – og nedbørsretningen er riktig. E39 er av den grunn periodevis utsatt for skred, og skredene kan bli svært store.

Befaring ble utført 23. januar 2012 med Harald Norem og Arnold Hustad fra Statens vegvesen, og 14. mai 2012 med Nils Bjørdal fra Statens vegvesen.

### 6.3.1. Saltrefonna



Figur 6-2 Saltrefonna

#### *a) Grunnlag for sikring*

Saltrefonna er en skredbane særlig utsatt for snø – og sørpeskred. Vegen ble sikret med terrengtiltak allerede i 1978. Tiltaket bestod av 6 kjebler og ledevoll omtrent 50 -60 m

ovenfor vegen. Erfaring viste at kjeglene og ledevollen var effektiv mot ordinære snøskred, men hadde dårlige funksjon mot sørpeskred. (Statens vegvesen, 1999) Ved tilfeller der skredene i Saltrefonna har blitt svært store har skredet hatt en tendens til å dele seg ett par 100 m ovenfor bremsekjeglene. Skredarmen har da gått ned til Høgehjellen ved Vektlassen. (Nils Bjørdal: pers. kom)

I rassikringsplanen fra 1996 er Saltrefonna registrert med 6 sperringer i perioden fra 1978 til 1995. Saltrefonna er da merket med høy prioritet og med forslag for bygging av magasin. (Statens vegvesen, 1996)

Informasjon om tiltaket er hentet fra planer lagt av Statens vegvesen i 1999, rassikringsplanen og fra befaringsnotiser ved tiltaket i samarbeid med Statens vegvesen.

### ***b) Plan***

I 1999 ble det lagt planer for utbedring av sikringstiltaket ved Saltrefonna. Planen gikk i hovedsak ut på å bygge nytt magasin og ny ledevoll inntil vegen. Magasinet ble planlagt med bunnivå på 3,0 m under vegbanenivå. Høyden på ledevollen ble planlagt til 3,0 m over vegbanenivå ved enden i nord, og deretter bygges med stigende høyde mot sør. På grunn av liten plass i terrenget inntil vegen ble det valgt at ledevollen skulle konstrueres med forstøtninger av natursteinsmur. Lengden ble valgt til 25 m, og vollen skulle bygges 3,0 m fra vegkanten. (Statens vegvesen, 1999)

Samtidig ble det bestemt at kjeglene skulle forhøyes med 2 m, og at en ny kjegle med høyde på 4 m skulle bygges ovenfor de nåværende kjeglene. Kjeglen som står plassert ved granskogen sør i tiltaket ble planlagt utvidet til en kort ledevoll med høyde på 3,5 m. Bekkeløpet i skredbanen er planlagt ført igjennom kjeglene ved hjelp av en S-form. (Statens vegvesen, 1999)

En ny stikkrenne ble planlagt med inntak ved den nordre enden på ledevollen. Diameter ble valgt til 1400 mm, og med utløp ved den gamle stikkrenna. Planer for reserverenne er ikke nevnt. (Statens vegvesen, 1999)

### ***c) Beskrivelse av ferdig tiltak***

Utbedringene av Saltrefonna ble fullført i 2001. Tiltaket består i dag av en ledevoll med magasin, der vollveggen er murt med stein på begge sider. Første rad med bremsekjegler er plassert rundt 40 m opp i skredløpet. Det er i alt 3 rader, i 3-2-1 formasjon. Kjeglene er plassert slik at bekken går igjennom ved rad 3, mellom midterste og sydligste kjegle. Ellers er de resterende kjeglene plassert på nordre side av bekkeløpet. Bekkeløpet er belagt med stein fra siste kjeglerad og ned mot magasinet, slik at renna er mer motstandsdyktig mot erosjon.

Hovedstikkrenna, Ø 1400 mm, er plassert ved nordenden av muren, og har fall ned til andre siden av vegen. Reserverenna har uttak bak muren ved vegen. Reserverenna har lukket drenering, og ligger noe høyere opp enn hovedrenna. Det er fortsatt en viss høydeforskjell

på veggen og reserverenna slik at denne kan ta unna vann og hindre at vannet strømmer over veggen i tilfelle hovedrenna blir tett.

#### *d) Skredhendelser i ettertid*

Det er en registrert skredhendelse i Saltrefonna etter 2001, som har ført til sperring av veg. Skredet var ett sørpeskred, og tok traff en trafikant i veggen uten at det førte til personskader. Ett mindre skred gikk også i 2001, men dette ble stoppet av tiltaket.

Skredet i 2004 gikk hardt utover tiltaket, og førte med seg mye steinmasser. Som det fremgår av figur 6-5 har bremsekjeglen nærmest bekkeløpet blitt svært erodert, sannsynligvis fra både skred og høy vannføring i bekken. Grantreet i figur 6-5 tyder også på at skredet ikke har berørt den siden av vollen i like stor grad. Treet har likevel tegn til skader i form av mindre greiner opp til en høyde lik kjeglen ved siden av. Videre lå det noe stein mellom kjeglene nærmest bekkeløpet, likevel var ikke dette mye hvis en sammenligner mengden med stein som ligger i bekkeløpet og nede i magasinet. Kjeglen lengst fra bekkeløpet så helt uberørt ut. Figur 6-3 viser hvordan skredet har gått inn mot tiltaket. De nedlagte trærne viser at skredet har hatt en retning med bekkeløpet, og stort sett har unngått nordsiden av grantreet og kjeglene.



Figur 6-3 Saltrefonna - skredløpets retning mot terrengtiltak



*e) Tiltakets tilstand i 2012*



Figur 6-4 Saltrefonna - mye stein igjen etter sørpeskredet



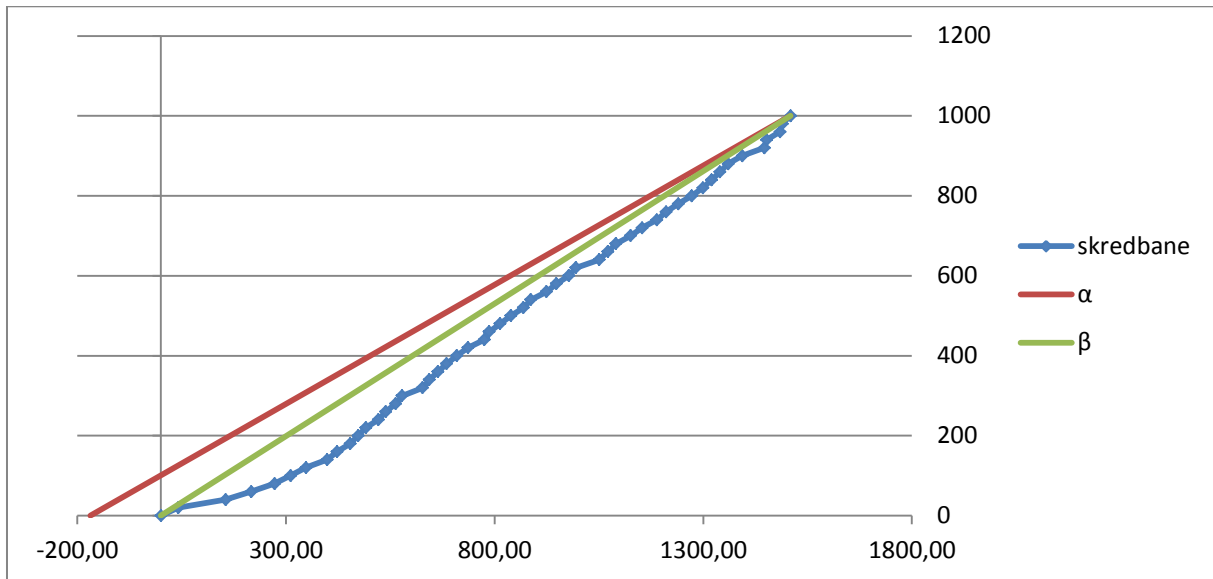
Figur 6-5 Saltrefonna – erosjon på bremsekjegle

Steinmassene som har samlet seg i magasinet er forholdsvis fint fordelt. Figur 6-4 viser at en del stor stein har blitt dyttet fram og forbi murvollen. Stikkrennas inntak ligger som beskrevet i del c) muren, og er derfor ikke blitt fylt igjen av de største steinene. Det har imidlertid samlet seg en del grus og småstein her. Vedlikehold av tiltaket har ikke blitt gjennomført etter skredet i 2004. Det er tydelig at oppryddingsarbeidet av vegen den gang, kun tok for seg skredmassene som lå over og langs med vegen.

Tilkomstvegen til anlegget ser ut til å være i en grei stand. Det må i midlertidig ryddes for vegetasjon dersom anleggsmaskiner skal opp til bremsekjeglene.

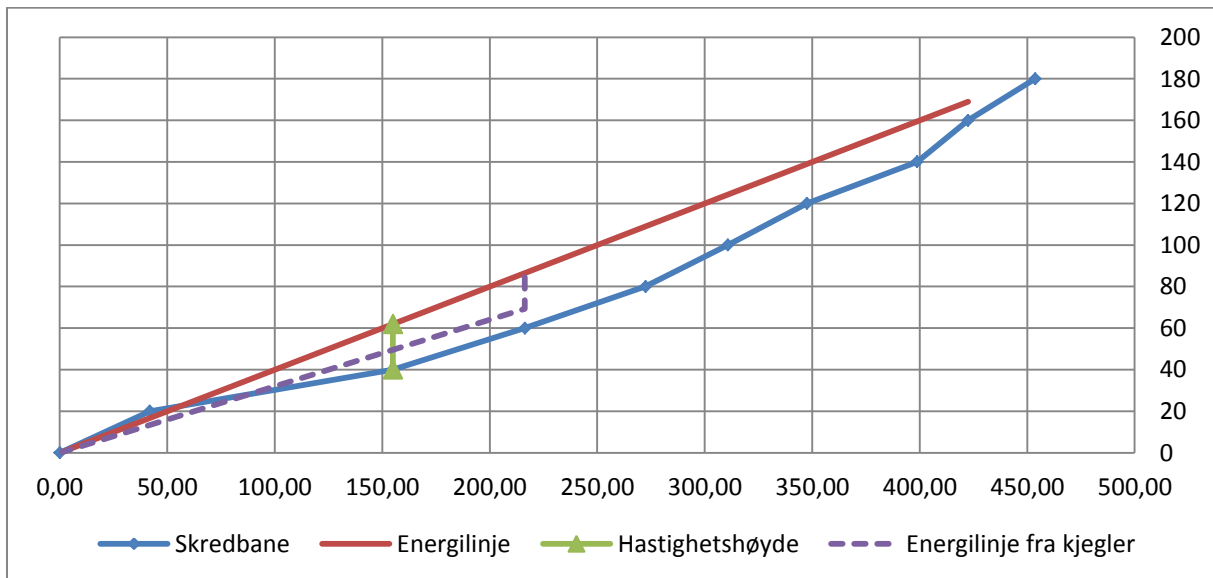
*f) Vurdering av sikringseffekt*

Det er 7 registrerte skredhendelser som har ført til sperring av veg før 2001, og 1 hendelse etter. (Statens vegvesen, 1996; Statens vegvesen, 2007) Dersom tiltaket blir ansett som ferdig i 2001 da tiltaket ble utbedret, gir summen av hendelser etter utbedring en sikringsprosent på 86 %. Dette er i utgangspunktet godt innenfor Hammerslands krav til sikringseffekt for terrengtiltak. (Hammersland, Evaluering av rassikringstiltak - Intern rapport nr. 2205, 2001) Likevel kan det tenkes at sikringseffekten er mye lavere i dag, da det er store skader på særlig kjeglene.



Figur 6-6 Beregnet utløpslengde

Beregning av teoretisk utløpslengde ble utført med utgangspunkt i  $\alpha$ - $\beta$ -modellen. (Statens vegvesen, 2011) Utløpspunkt ble valgt ved bratteste helling nær toppen av fjellet. Terrenget ovenfor vegen blir relativt slakere fra kote 160, likevel blir terrenget her aldri slakere enn  $10^\circ$  hvis en ser bort i fra hellingen på vegen. Under vegen blir helningen stiger hellingen ned til fjorden. Beregningene viser at skred kan gå over vegen uten sikringstiltak, og at de muligens vil bli svært bremsset opp av vegen og dermed legge igjen mye masser her.



Figur 6-7 Energihøyde ved vegen

Energilinjemodellen ble så brukt til å finne energihøyden ved vegbanen. Beregningene ble først utført uten hensyn til effekten av kjeplene. Energihøyden ble beregnet til å være 21,97

m. Dette gav en skredhastighet på 20,7 m/s. Nødvendig vollhøyde er beregnet med likning 3-3 fra kapittel 3 og blir 9,3 m med utgangspunkt i avbøyningsvinkel på 15°.

En enkel beregning med hensyn til kjeglene ble utført ved å regne på effekten av en rad. Energitalpet ble da satt til 20 %, noe som er mindre enn anbefalt (se kapittel 3.3.1). Med tanke på dagens tilstand på kjeglene bør dette være rimelig, eller for høyt. Beregningene viste at hastighetshøyden ved vegen var 9,6 m og skredhastigheten 13,7 m/s. Dette gav en redusert nødvendig vollhøyde på 4,0 m.

En enkel beregning av kjeglenes teoretiske kastelengde (likning 3-4) viser at en kan forvente kastelengde ved første rad lik 27,4 m. Beregningene er utført med utgangspunkt i at kjeglene er plassert 40 m ovenfor vegen. I virkeligheten er første rad plassert enda lenger opp, og kastelengden vil derfor øke fordi hastigheten er større. I dag er kjegleradene plassert med en avstand på mindre enn 10 m til hverandre, og det er sannsynlig å tro at første kjeglerad vil kaste skredmassene rett over bakerste kjeglerad. Andre kjeglerad vil derfor ikke ha noen effekt på massene som blir kastet over. Andre rad vil likevel kunne påvirke skredmassene som blir trengt igjennom lysåpningene.

#### ***g) Forslag til forbedring av tiltaket***

Kjeglene er i dag plassert nær hverandre og nær tiltaket. For å øke kjeglenes effekt kan det være ett alternativ å flytte de lenger opp i skredløpet, samt sikre en plassering hvor skredets kastelengde ikke går over neste kjeglerad. Erfaring har vist at bremsekjegler som plasseres ved vannførende løp fungerer best dersom vannet kan føres i en s-form rundt kjeglene. Dette bør derfor prøves i størst mulig grad ved plassering av kjeglene. For å sikre riktig lysåpning mellom kjeglene der bekken går igjennom bør bekkeløpet og delene av kjeglene som vender mot bekken steinplastres. Forbedring av kjeglenes plassering bør være mulig med hensyn til praktiske forhold, da skredbanens helling er forholdsvis slak ett stykke opp i siden.

Murvollen bør antagelig forlenges mot nord, da steinavsetningene fra gamle skred kan tyde på at skredet kan bli ledet ut i veien ved enden av vollen. Det bør også vurderes å øke høyden på vollen, men dersom bremsekjeglene blir forbedret er det ikke sikkert at dette er nødvendig.

I forhold til trafiksikkerhet kan det anbefales at autovern settes opp slik at en bil ved en eventuell ulykke har en buffer mot murvollen.

### 6.3.2. Storegjølet Nord



Figur 6-8 Storegjølet Nord

#### **a) Bakgrunn og grunnlag for sikring**

I Storegjølet Nord er det vanlig med både snø – og sørpeskred, men det er sørpeskredene som har ført til flest vegstenginger. Sørpeskredene har også ført til omfattende skader på veg og drencsystem. Det ble derfor lagt en ny reserverenne noe høyere opp for hovedstikkrenna i 1995. (Statens vegvesen, 1999)

I rassikringsplanen fra 1996 er Storegjølet Nord registrert med 5 vegsperringer på grunn av snø – eller sørpeskred. Skredområdet er merket med høy prioritet og ett forslag om bygging av voll.(Statens vegvesen, 1996)

Informasjon om tiltaket er hentet fra Statens vegvesens planer fra 1999, samt rassikringsplanen og interne registreringer frem til 2007. Informasjon ble også hentet ved befaring i samarbeid med Statens vegvesen.

#### **b) Plan**

Plan for utbedring av tiltaket ble laget i 1999. Da ble det bestemt at en ny lede/fangvoll skulle bygges nær vegen. Enden i nord ble dimensjonert med høyde på 2 m over vegbanenivå, med jevn stigning mot terrenget i sør. På grunn av plassmangel ble det bestemt at delen av vollen langs med vegen skulle konstrueres i natursteinsmur på begge sider. Avstand mellom voll og veg ble bestemt til 2,5 m, hvorav grøfta ble 1 m dyp mot vollen. (Statens vegvesen, 1999)

Videre ble det planlagt å legge ny stikkrenne,  $\varnothing$  1400 mm med 20 % fall, der inntaket er plassert i en synk med bunn på 3,0 m under vegbanenivå ett par meter lenger nord for vollen. Det ble funnet nødvendig og forstøtte synken med natursteinsmur. Denne renna vil da fungere som reserverenne dersom magasinet blir fylt opp og tettet. Ellers ble den gamle renna plassert under vollen med funksjon som hovedstikkrenne. (Statens vegvesen, 1999)

### *c) Beskrivelse av tiltak*

Tiltaket består av en murt voll langs med vegen, samt en synk for reserverenna nord for vollen. I skredbanen går det ett bekkeløp, der vannføringen varierer etter nedbør og snøsmelting. Bekkeløpet er i midlertidig ikke lagt med stein. Ellers ser tiltaket ut til å stemme med planen. Skredbanen går i en forsenkning i terrenget, og den nye vollen er i en forlengelse av en naturlig voll langs med skredbanen.

### *d) Skredhendelser i ettertid*

De to skredene som gikk i 2001 og i 2004 har satt kraftige spor i tiltaket. Det er ikke kjent om det har gått skred ned i tiltaket i ettertid, men lite trær i skredbanen kan tyde på det.

Figur 6-9 viser at det ligger en del nedlagte trær i skråningen til den naturlige vollen. Det tyder på at skredet kan ha klatret opp den naturlige vollen og glidd ned over og på sørsiden av fangvollen. Det er også sannsynlig at skredet har kommet i så stor fart mot fangvollen at det ble kastet over. Skredbanen bærer preg av erosjon fra skred, nedbør og større mengder vann i bekkeløpet, og deler av den naturlige vollen har sklidd ut.



Figur 6-9 Storegjølet Nord i mai

*e) Tiltakets tilstand i 2012*

Skredet i 2004 førte antagelig til at store mengder stein og grus ble erodert opp fra grunnen og avlagret i magasinet. Ved befaring i februar var tiltaket rimelig fylt opp av gamle skredmasser, og det lå en del vann rundt stikkrenna under vollen, se figur 6-10. Ved befaring i mai var i midlertidig en del av massene fjernet, og det så ut til at vannet rant godt igjennom stikkrenna, se figur 6-11.



Figur 6-10 Storegjølet Nord i mai

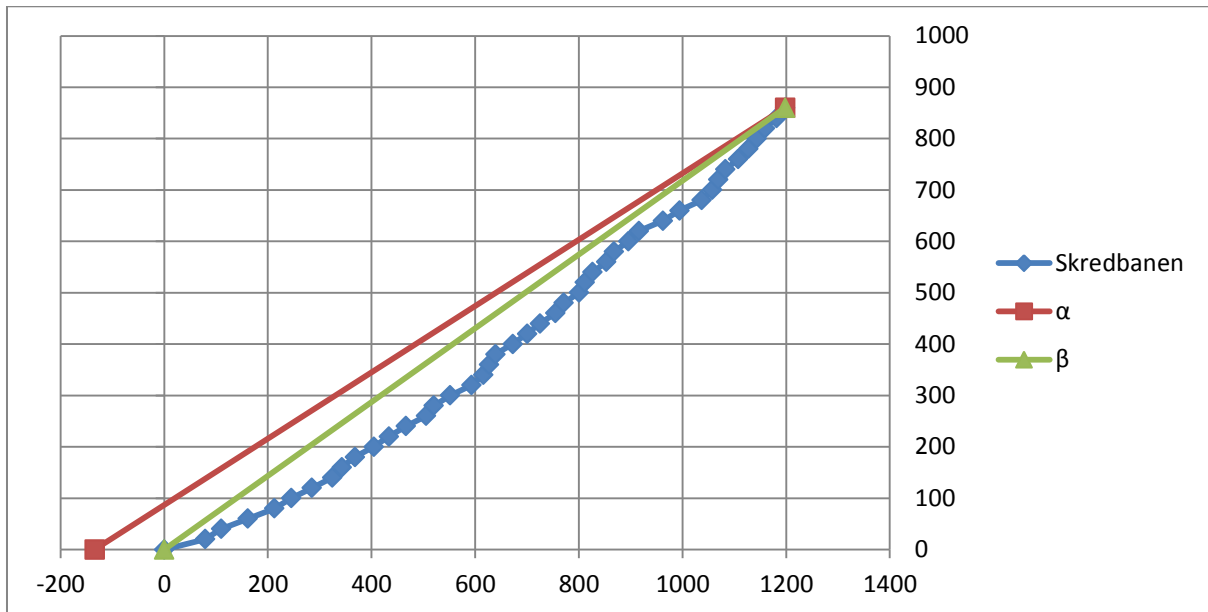


Figur 6-11 Storegjølet Nord i februar

Det ligger også en del stein og grus i synken til reserverenna. Dette kan føre til fare for tetning ved eventuelle skreditsituasjoner. Faren er at renna ikke klarer å ta unna nok vann ved flomsituasjoner.

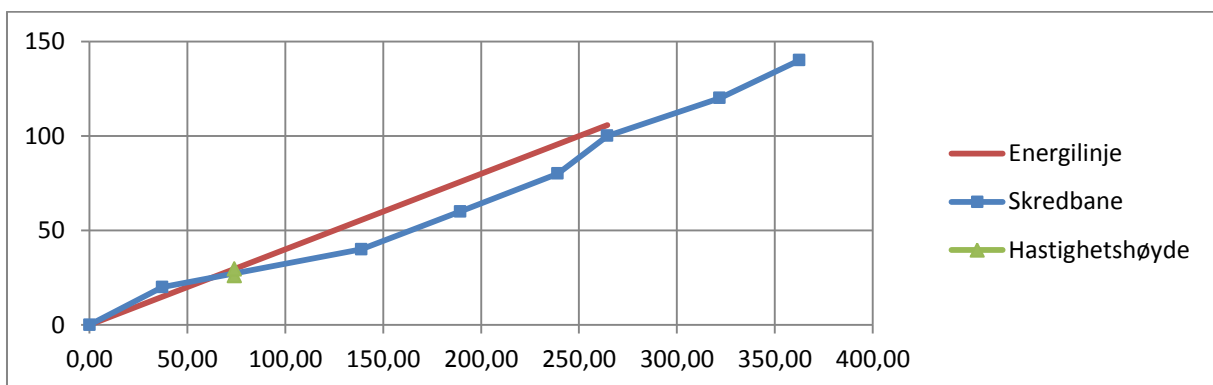
**f) Vurdering av sikringseffekt**

Før 2001 ble det registrert 7 hendelser der vegen ble stengt på grunn av snøskred. (Statens vegvesen, 1996; Statens vegvesen, 2007) Etter 2001 ble det registrert 2 hendelser, dette gir en sikringsprosent på 71 %, som er akkurat innenfor kravet til sikringseffekt for terrengtiltak. (Hammersland, Evaluering av rassikringstiltak - Intern rapport nr. 2205, 2001)



Figur 6-12 Storegjølet Nord, utløpslengde

Figur 6-12 viser resultatet av teoretisk beregnet utløpslengde. Skredbanen er relativt bratt, og med jevn stigning opp fjellsiden. Siden det ikke er ett 10° punkt i banen, er denne satt til bunnen. Antagelig vil skredet få en oppbremsing ved vegen, som fører til at mye masser kan avsattes i vegområdet. Mindre skred vil også kunne gå langt på grunn av den bratte skredbanen.



Figur 6-13 Storegjølet Nord, energilinje

Figur 6-13 viser skredutløpets energilinje og beregnet energihøyde ved veg. Modellen gir en hastighetshøyde lik 3,6 m og en skredhastighet lik 8,4 m/s Nødvendig vollhøyde er beregnet med likning 3-3 fra kapittel 3, og blir 1,5 m med utgangspunkt i avbøyningsvinkel på 15°.

Figuren viser at energilinjen i utgangspunktet er svakere enn hellingen i terrenget. Resultatet blir derfor ikke riktig, noe som også bekreftes av tidligere skred som har gått over vegen.

***g) Konklusjon for strekning og tiltak***

Tiltaket kan muligens få en forbedret sikringseffekt ved at vollen forlenges mot nord, og samtidig forhøyes. Det bør også vurderes om vollen bør forhøyes og forlenges opp langs med skredbanen, da det kan virke som om skredet har gått over vollen på nordsiden.

**6.3.3. Storegjølet Sør**



Figur 6-14 Storegjølet Sør

***a) Bakgrunn og grunnlag for sikring***

Storegjølet Sør er spesielt utsatt for sørpeskred. Skredbanen er relativt bratt, og store skred potensielt kan gå rett i fjorden. Det er noe usikkert om andre snøskredtyper har ført til stenging av veg ved tidligere anledninger. En voll og ett mindre magasin ble bygget i 1978-1979. (Statens vegvesen, 1999)

På nedsiden av vegen ligger ett smoltanlegg som flere ganger tidligere har blitt skadet av skred fra Storegjølet Sør. Siden sørpeskred fører med seg mye vannmengder vil bygningen også stå i fare for flomskader indirekte på grunn av skredet. (Statens vegvesen, 1999)

Storegjølet er sør er registrert 4 sperringer på grunn av sørpeskred i perioden mellom 1975 og 1995, i rassikringsplanen fra 1996. Skredbanen er også merket med høy prioritet og med forslag om bygging av voll og magasin. (Statens vegvesen, 1996)



Informasjon om tiltaket er hentet fra planer lagt av Statens vegvesen i 1999, samt rassikringsplanen fra 1996. Informasjon er også hentet ved befarings i samarbeid med Statens vegvesen.

### *b) Plan*

Planene fra 1999 innebar store utbedringer av både voll, magasin og vannløp. Vollen ble satt til å være 35 m lang. Vollen ble dimensjonert med 3,5 m høyde over vegbanenivå i sør, og med stigende høyde opp til 4,5 m i nord. Viktigheten av en god overgang mellom vollen og terrenget i nord ble spesielt påpekt i planen. På grunn av plassmangel ble det funnet best at vollen ble forstøttet med natursteinsmur. Avstanden mellom voll og veg ble satt til 3,5 m. (Statens vegvesen, 1999)

Samtidig ble magasinet dimensjonert med ett areal på 40x10 m. Den nye stikkrenna, Ø 1400 mm, fikk inntak i sørenden, via ett dagmagasin med svakt fall mot stikkrenna. Dagmagasinet ble dimensjonert med bunn på 2 til 3 m under vegbanenivå. Stikkrenna ble planlagt 22 m lang, og ført ned til ny vannrenne på nedsiden av vegen. Den gamle stikkrenna ble da liggende noe lenger nord for den nye stikkrenna. Den gamle stikkrenna lå på ett høyere nivå, og fikk funksjon som reserverenne. Inntaket til denne ble planlagt lagt i grøfta mellom vegen og vollen, slik at risikoen for at masser sperrer inntaket blir redusert. I den forbindelse ble det påpekt viktigheten av å sikre at vannet enkelt kan renne til reserverenna ved en eventuell tetning av hovedrenna. Inntaket til reserverenna ble også dimensjonert med en 1x1 m åpen rist for å hindre tetning. (Statens vegvesen, 1999)

På nedsiden av vegen ble planlagt sikret med vernevoll langs nordsiden av skredløpet. Vollen ble dimensjonert med 30,0 m lengde og 2,0 m høyde. Ellers ble vannrenna fra hovedstikkrenna planlagt utgravd og steinplastret. Vannrenna ble dimensjonert med 1,5 dybde og 5,0 m bredde. Vannrenna ble så ført ned til en sedimentasjonskum med stikkrenne under vegen til smoltanlegget. Sedimentasjonskummen ble dimensjonert med areal på 15x5 m og med dybde på 2,5 m. Bunnen ble planlagt steinplastret, og kantene murt med naturstein. Stikkrenna, med Ø 1400 mm, ble dimensjonert med 10 m lengde og med inntak fra sørenden i kummen. (Statens vegvesen, 1999)

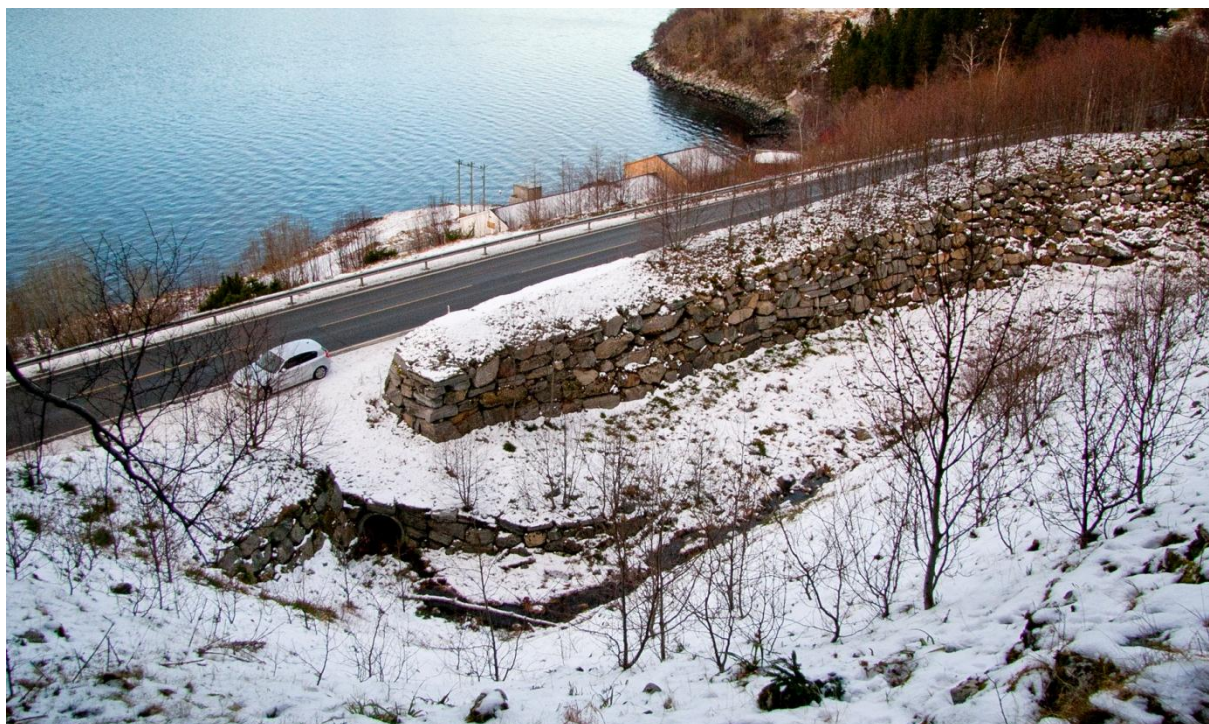
### *c) Beskrivelse av tiltaket*

Vegen ligger på en høyde ca. 28 moh, og luftavstanden til sjøen er omtrent 79 m fra midten av vegbanen. Skredbanen går i en naturlig forsenking i terrenget, og er preget av mye svaberg lenger opp i fjellsiden. Rett før tiltaket svinger bekkeløpet brått mot nord, og på sør – og sørvestsiden av bekkeløpet følger en naturlig voll. Formasjonen fører til at skredet blir ført ned i tiltaket i en S-form. Figur 6-15 viser skredets inngang til magasinet. Figur 6-16 viser utformingen av magasinet og dagmagasinet ved inntaket til stikkrenna, og figur 6-17 viser utformingen av skredbanen på nedsiden av vegen.

Byggingen av tiltaket ble nøye fulgt opp av Statens vegvesen, og tiltaket har blitt som planlagt. (Norem: pers. kom)



Figur 6-15 Storegjølet Sør – kanalisering av skredet inn til magasinet



Figur 6-16 Storegjølet Sør – magasin og dagmagasin til stikkrenna



Figur 6-17 Storegjølet Sør – skredbanen på nedsiden av vegen

#### *d) Skredhendelser i ettertid*

Sørpeskredet som gikk i Storegjølet Sør i 2004, ble kastet av den naturlige vollen, over murvollen og vegen, ned på taket til smolthuset og deretter kastet videre ut i sjøen. Vegen ble sperret, og mye skredmasser ble også samlet i magasinet. Skadene på smolthuset ble ikke altfor store, men det antas at det ville blitt fullstendig ødelagt dersom det ikke hadde vært sikringstiltak. Det antas at skredet i 2004 var ett 100 årsskred, og hadde en hastighet på 40 km/t. Skredet sperret vegen i en bredde på hele 204 m. (Norem:pers.kom)

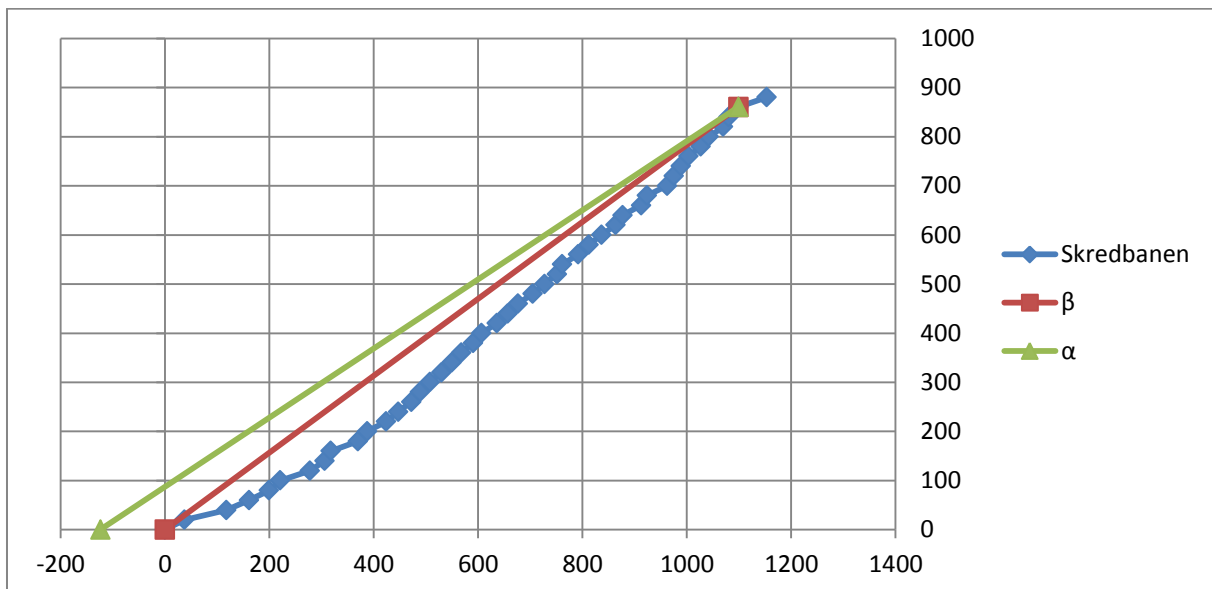
Ved befaring i februar lå det fortsatt en mengde nedlagte trær på sørsiden oppover langs bekkeløpet. En god del av trærne var rotløsnet, dette kan også komme av stormene som herjet rundt jul og nyttår i 2011. I bekkeløpet og oppover langs skråningene i skredbanen ligger det en god del stein som ser ut til å være fraktet med skred. Det ligger særlig mye stein, grus og jord igjen i magasinet. Videre har det vært massetransport via avløpet og videre til skredrenna på andre siden av vegen.

*e) Beskrivelse av tiltaket i 2012*

Avstanden mellom skredets inngang til magasinet og bort til stikkrenna virker lang nok. Skredet ser ut til å ha fordelt massene langs med hele magasinet, slik at kun de minste partiklene havner nærmest inntaket til stikkrenna. Tiltaket ser ikke ut til å ha fått noe særlig med skader etter skredet, og magasinet har antagelig blitt ryddet ved oppryddingen av vegbanen i forbindelse med skredet.

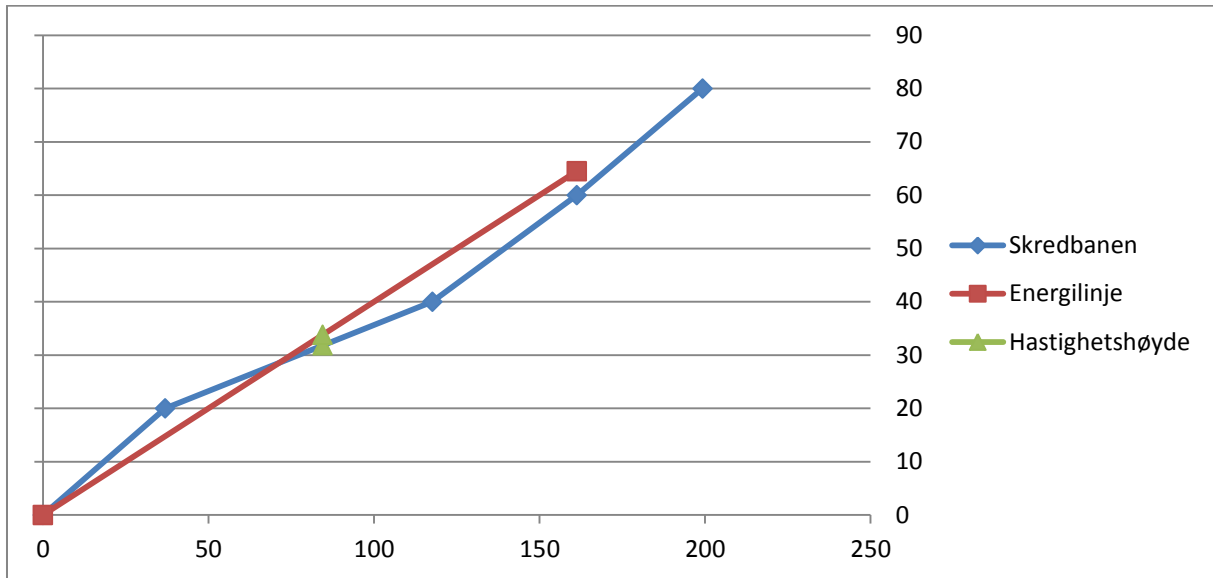
*f) Vurdering av sikringseffekt*

Fra tiltaket først ble bygd i 1979 og til 1997 var det 5 stenginger. (Statens vegvesen, 1996)Ettersom tiltaket ble betraktelig utbedret i 2001, regnes sikringseffekten derfor fra dette året. Med en stenging etter 2001 er sikringseffekten på 80 %, som i utgangspunktet er godt over kravet til sikringseffekt. Det bør likevel merkes at tiltaket er relativt ungt i forhold til tidsperioden med registreringer før tiltaket ble bygd. Antagelig er rasfrekvensen svært lav, og sikringseffekten kan være vanskelig å bedømme før det har gått flere år.



Figur 6-18 Storegjølet Sør - utløpslengde

Figur 6-18 viser beregnet utløpslengde for store skred i Storegjølet Sør. Skredbanen har ikke ett  $10^0$ -punkt, og  $\beta$ -linjen ble trukket fra utløsningspunkt til fjordgrensa. Det vil si at ett stort skred teoretisk kan øke farten ned hele fjellsiden. Dette ble bevist ved skredet i 2004, da det ble tilbakeberegnet en skredhastighet på 40 m/s oppe ved vollene. Ved hjelp av likning 3-3, ser en at en slik hastighet krever en vollhøyde på minst 34 m.



Figur 6-19 Storegjølet Sør - energilinje

Figur 6-19 viser at energilinjen har for svak helling i forhold til banen. Det er beskrevet i kapittel 3 at utløpsområdet er definert fra det punktet i skredbanen skredet mister hastigheten, som for mindre skred er mellom 25 og 15°. (Lied & Kristensen, Snøskred - Håndbok om snøskred, 2003) Koordinatene som er plukket fra Storegjølet Sør gir ikke helning på mindre enn 18°. Den forenklede metoden for bruk av energilinjemodellen vil ikke kunne brukes her. Storegjølet Sør har en helning som tilsier utløpsområdet i teorien fortsatt er en del av skredløpet. Hastigheten som ble beregnet ved hjelp av energilinjemodellen er altfor lav i forhold til helningen på banen, og resultatene i figur 6-19 kan derfor anses som feilaktige.

### *g) Forbedring av tiltaket*

I utgangspunktet skal tiltaket ha god funksjon nok mot mindre skred, men faren er overhengende for at skred med størrelse lik det som gikk i 2004 skal gå igjen. Slike skred kan sannsynligvis bare sikres mot ved hjelp av overbygg. Likevel kan små forbedringer gjøre at skadene blir redusert. For eksempel kan skredløpet senkes før vollene, og det bør vurderes om vollene skal forlenges opp mot siden så langt det er praktisk mulig. Det bør også vurderes om vinkelen mellom skredet og den naturlige vollen blir for bratt, slik at skredmassene derfor blir kastet over tiltaket i stedet for å bli ført ned i magasinet. Murvollen kan også forhøyes noe i sør, med en fortsatt økende stigning mot nord og til terrenget.

I forhold til trafiksikkerhet bør det settes opp ett autovern langs med vegen. Dette fordi enden av vollen vender mot kjøreretningen og fordi murvollen i utgangspunktet står for tett innpå vegen. Dette kan utgjøre en stor risiko for trafikantene.

#### 6.4. FV65 Standal – Festøy

Fjellene langs Fv65 mellom Standal og Festøy er relativt høye, bratte og har gjerne flere potensielle utløsningsområder vendt mot flere himmelretninger. Av den grunn blir utløsningsområdene ofte liggende i le for nedbør og vind, som vanligvis kommer fra sør og sørvest. (Lied & Kristensen, Snøskred - Håndbok om snøskred, 2003) Fv65 er derfor svært utsatt for skredhendelser, og tidligere var det ikke uvanlig at vegen ble sperret flere ganger per vinter. Strekingen er lite trafikkert, men en vegstenging kan få store konsekvenser for lokalbefolkningen. De siste vintrene har fjellovergangen mellom Standal og Ørsta blitt holdt åpen, og fører til bedre fleksibilitet. Denne vegstrekningen er i midlertidig også truet av skred, og lokalbefolkningen kan fortsatt bli innestengt. Det er også ett gammelt fergeleie inne ved Standal, slik at ferge kan settes inn ved vegsperringer. De som bor i mellom Standal og Festøy er i midlertidig fortsatt utsatt for stenginger ettersom det ikke er noen annen forbindelse med fylkesvegen på vinteren.

Befaring ble utført 24. januar 2012 med Harald Norem og Arnold Hustad fra Statens vegvesen, og 15. mai med Arnold Hustad.

##### 6.4.1. Årsnesfonna



Figur 6-20 Årsnesfonna sett fra sør mot nord

##### *a) Bakgrunn og grunnlag for sikring*

Skredbanen i Årsnesfonna er ikke spesielt bratt, men har en jevn stigning opp mot fjellet. Vegen ligger i ett punkt der helningen er mindre enn  $12^\circ$ , og rundt 180 m ovenfor er helningen på  $18^\circ$ . Skredene har derfor hatt en tendens til å få redusert hastighet før det når

vegen. Skredene følger en forsenking i terrenget, men denne utvider seg i den hellingen blir redusert, og skredet bres kraftig ut i bredden de siste hundre metre før vegen. Av den grunn har skred før til vegsperringer på lengder opp til 275 m, hvor største registrerte skreddybde da har vært omtrent 8 m. Fra 1979 til 1986 ble vegen sperret av snøskred 3 ganger. Alle de tre skredene fulgte det markerte bekkeløpet. (NGI, 1986) Ned i skredløpet til Årsnesfonna kan det også ett mindre skred med utløsningspunkt ved Likkjetuen. (Norem; pers. kom)

Årsnesfonna er forøvrig ikke registrert med prioritet i rassikringsplanen fra 1996. (Statens vegvesen, 1996)

Informasjon om tiltaket er hentet fra planer laget av NGI i 1986, samt ved befaring av tiltaket i samarbeid med Statens vegvesen.

### ***b) Plan***

I 1986 ble det planlagt å bygge ett overbygg ved Årsnesfonna. Erfaringene fra de tre skredene som gikk mellom 1979 og 1986, viste at skredets hovedmasser stort sett fulgte den naturlige forsenkningen laget av elveløpet. De største skredene kom fra den sørligste delen av utløsningsområdet. Planene forteller at vegkontoret i Møre og Romsdal tidligere foreslo å bygge ett overbygg med 130 m lengde. Utgangspunktet var da at vegen ble sikret for store deler av skredets utløpsbredde. NGI foreslo at overbygget kunne bygges kortere dersom omfattende terrengetiltak ble bygd i skredbanen. (NGI, 1986)

Forslaget gikk ut på å bygge en 90 m lang ledevoll ned mot overbygget, slik at skredet da ble hindret i å følge ett dalsøkk mot nordvest. Øverste punkt ble derfor planlagt bygd omtrent 150 m fra vegen. Forslaget innebar at massene til vollen skulle tas fra skredløpet ved at en markert rygg ble sprengt ut 90 – 160 m ovenfor vegen. Vollen ble dimensjonert med 2,0 m høyde over terrenget i begge ender, og med økende stigning på vollkrona til en høyde på rundt 6 til 7 m. (NGI, 1986)

Videre var det ønskelig at vegen ble flyttet rundt 25 m mot vest i elveløpet. Hensikten var at vannet skulle bli ført over overbygget og at skredbelastningen på overbygget ville bli redusert. (NGI, 1986) Planene gir ellers lite informasjon om vegen og overbyggets kurvatur, men kurver ned til 25 m ble nevnt. (NGI, 1986)

I forhold til ledemurene ble det foreslått å bygge disse med 3 m høyde over overbyggets tak i ytterkant, og 4 m høyde i indre kant. Murene ble også planlagt forlenget inn mot terrenget bak overbygget. (NGI, 1986)

I nye planer fra 1987 ble belastningene på overbyggets tak anslått til å være 12 kN for horisontallasten, og 50 kN for normallasten. For ledemurene ble normaltrykket beregnet til 35 kPa. (NGI, 1987)

*c) Beskrivelse av tiltaket*



Figur 6-21 Årsnesfonna sett fra terreng

Utløpsområdet er smalnet inn med ledevollen på nordkanten av utløpsområdet, og er omtrent like bredt som tiltaket. Det er også bygd en ved skredbanens søndre begrensning.

Videre er overbygget 65 m langt, og plassert i en kombinert horisontal - og høybrekkskurve på vegen. Ledemurene på tiltaket er bygd i betong, og er ført omtrent 3,0 m inn mot terrenget i bakkant av overbygget. De er omtrent 3,0 m høye med svak stigning mot punktet ved overbyggets bakvegg. Ledemurene er forstøttet med en betongskive med høyde lik overbyggets tak, se figur 6-20. Figuren viser også at overbygget har små åpne luker like oppunder taket på overbygget.

Elveløpet i skredbanen blir ført over taket på overbygget. Kantene som avgrenser elveløpet er mellom 30 og 40 cm høye, se figur 6-21.

*d) Skredhendelser i ettertid*

Ved befarings i både februar og mai var det ikke tegn til skredaktivitet helt ned til tiltaket. Det antas at det er kun de største skredene går så langt ned som til fjorden, og at det er lenge siden skred har gått så stort. Sist kjente registrerte skred gikk i 1994, og var ett sørpeskred.

Det er mye nedlagte trær i området bak tiltaket. Skogen som har vokst til over tiltaket ser dessuten ut til å bestå av såkalt staurskog, noe som tilsier at trærne er i omtrent samme alder.

Skredet i 1994 gikk ut av tiltaket. Sannsynligvis er årsaken at ledevollene ikke kanaliserte skredet godt nok, og at noen skredmasser derfor skvulper over. Det kan også se ut til at



ledevollene er for lave. Dersom det går mer enn ett skred over en vinter kan det hende at tiltaket får ett kapasitetsproblem, og øke sjansen for vegsperring.

Ved befaring i mai ble det også funnet spor etter eldre skred som har gått over den nordre vollen, omtrent ved kote 60. Det var tegn til at skredet fra hovedutløsningspunktet hadde skvulpet over. Samtidig var det også tegn til at en mindre skredbane med utløsningspunkt fra Storstuen, ikke blir fanget opp av de øvre vollene. Skredet i midlertidig ut til å stoppe ett godt stykke opp i skråningen, og det er ikke kjent om dette tidligere har gått lenger. Dersom dette en gang i fremtiden går lenger, kan det utgjøre en risiko for gården noe lenger nord for overbygget.

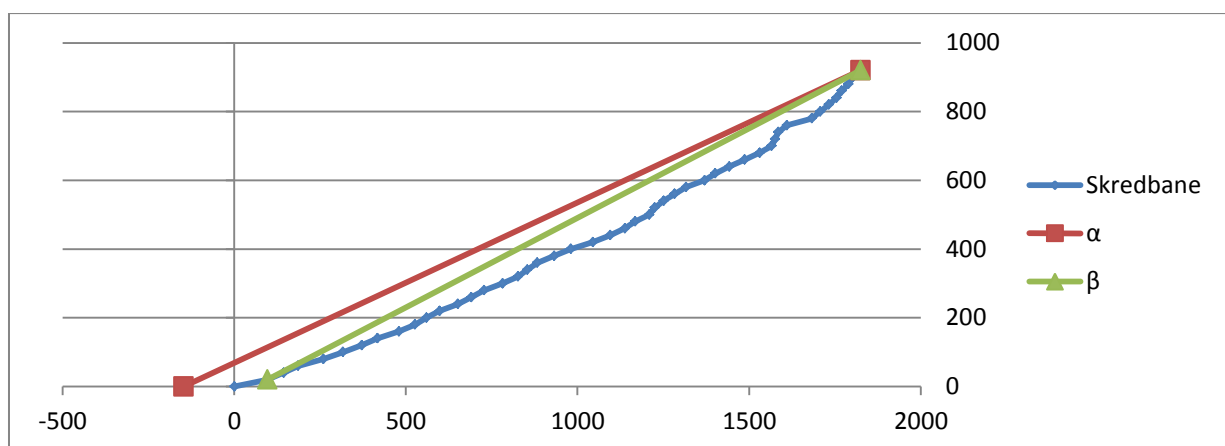
### e) Tiltakets tilstand i 2012

Sørpeskredet som gikk høsten 1994 eroderte sår i den søndre ledevollen og i driftsvegen på utsiden av overbygget. Det ble da anbefal å rense bekkeløpet slik at vannet ble ledet mot det konstruerte bekkeløpet over overbygget. Massene herfra ble videre anbefalt å brukes til å erosjonssikre sår i søndre ledevoll og til reparasjon av driftsvegen. (NGI, 1994)

Bekkeløpet før tiltaket så ikke ut til å være rensset for masser, disse kan i midlertidig ha kommet med eventuelle skred i ettertid. Ved befaring var det ikke tegn til at bekkeløpet hadde gått utenfor det konstruerte bekkeløpet på overbygget.

### f) Vurdering av sikringseffekt

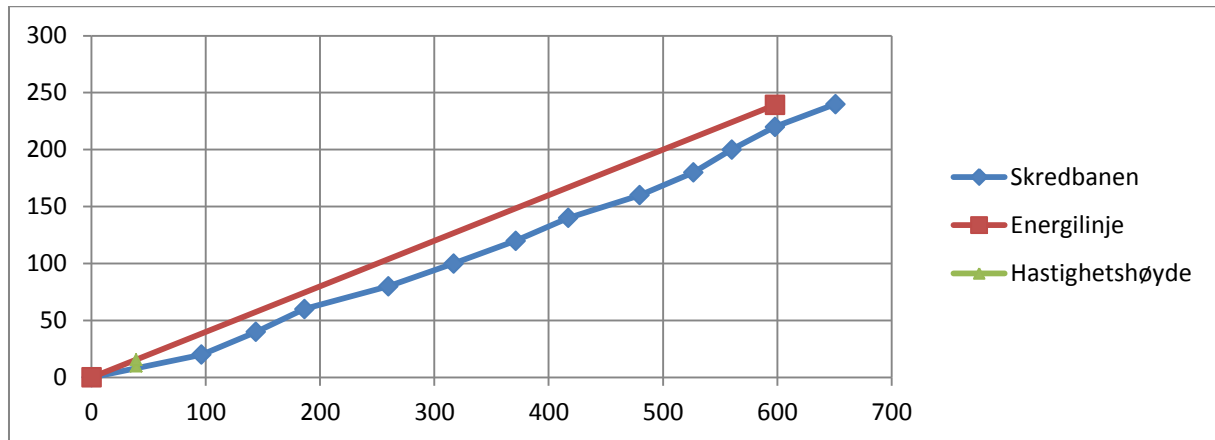
Med 3 registrerte stenginger før tiltaket ble bygd, og en kjent stenging etter bygging, får Årsnesfonna en sikringseffekt på 67 %. Sikringseffekten er ut ifra denne beregningen altfor lav etter kravene. (Hammersland, Evaluering av rassikringstiltak - Intern rapport nr. 2205, 2001) Effekten er også svært usikker på grunn av de få registreringene før tiltaket, og fordi det er en viss usikkerhet om det har vært flere enn en stenging etter tiltaket.



Figur 6-22 Årsnesfonna - beregning av utløpsdistanse

Figur 6-22 viser den beregnede utløpslengden i Årsnesfonna. Punktet der skredet virkelig begynner å miste fart ligger på rundt 20 moh, like ovenfor vegen. Sammenliknet med virkelige skredhendelser i Årsnesfonna virker resultatet rimelig. Skredene har antagelig

mistet fart en stund før  $10^\circ$ -punktet, og spredd seg utover som følge av at frontmassene presset ut de bakerste massene.



Figur 6-23 Årsnesfonna - energilinje

Vegens plassering helt nede ved fjorden fører til at energihøyden blir svært lav. Årsaken er at terrengformasjonen fører til at eventuelle skred får redusert fart ett stykke opp i siden. Ved vegen vil skredet allerede være spredd ett godt stykke utover, og flyteøyden er redusert. Hastighetshøyden er beregnet til 5,6 m over vegen, noe som gir en skredhastighet på 10,5 m/s. Nødvendig vollhøyde er beregnet med likning 3-3 fra kapittel 3, og blir 2,4 m med utgangspunkt i avbøyningsvinkel på  $15^\circ$ . Skredet blir i midlertidig kanalisert og ført over overbygget. Det kan derfor være rimelig å anta at ledemurene bør være høyere enn 2,4 m, da kanalisering vil føre til en oppstuvning av skredmassene.

### *g) Forslag til forbedring av tiltaket*

Med tanke på størrelsen på skredene som har gått tidligere, ser det ut til at overbygget har fått problemer med lagringsplass for skredmassene. Det kan derfor være nødvendig å forlenge overbygget, slik at overbygget har kapasitet til flere enn ett skred.

Vollen i nordre kant av rasløpet bør forhøyes i begge ender. Det bør dessuten sees til at overgangen mellom vollen og terrenget blir hensiktsmessig utført, særlig i toppen av tiltaket. Det bør også vurderes om vollen utvides noe mot nord slik at skredet fra Storstuen glir ned i tiltaket og ikke på siden.

### 6.4.2. Longeneset



Figur 6-24 Longeneset

#### *a) Bakgrunn og grunnlag for sikring*

Longeneset er spesielt utsatt for våtsnøskred, i tillegg til tørrsnøskred og sørpeskred. Longeneset har mange potensielle utløsningsområder, med løp ned til en naturlig forsenkning. En del mindre bekkeløp går i de mindre skredløpene, og møtes i hovedløpet. Ved kote 40 blir terrenget jevnere, og forsenkningene er mindre markerte. Helningen her er under  $15^\circ$ , slik at skredene blir bremsset opp og brer seg ut. Skredhyppigheten i Longeneset er stor, og mellom 1979 og 1986 ble det registrert 22 vegsperringer på grunn av snøskred. Vanligste registrerte skredbredde var da på 40-100m og største på ca. 150 m. (NGI, 1986)

Longeneset er registrert med 4 vegsperringer etter 1986 før 1995 i rassikringsplanen fra 1996. Longeneset er likevel ikke registrert med prioritering. (Statens vegvesen, 1996)

Informasjon om Longeneset er hentet fra planer laget av NGI, samt rassikringsplan og erfaringer fra befaring i samarbeid med Statens vegvesen.

#### *b) Plan*

Planer for bygging av overbygg ved Longeneset ble lagt i 1986. Det ble først bestemt at en 100 m lang stålørstunnel skulle bygges på vegen, med 1,0 m tykk overdekning. Elveløpet i skredbanen førte til at plasseringen av stålørret og vegen måtte flyttes inn til ett punkt der elven hadde kotehøyde på rundt 12 m. Samtidig skulle to ledevoller bygges fra terrenget og over overbygget. Begge ble dimensjonert med en effektiv høyde på 6 m i terrenget, og med stigende høyde til 10 m i forhold til elveløpet over overbygget. Søndre ledevoll ble dimensjonert med 100 m lengde, og den nordre med 30 m lengde. (NGI, 1986)

Terrenget ved vegen ble klargjort for stålørstunnelen allerede høsten 1986. Midlertidig var det ikke tid til å sette opp selve tunnelen. Over vinteren gikk det skred som førte til flere vegsperringer. Ett sperret vegen over en lengde på 150 m og med tykkelse på opptil 10 m. Denne erfaringen førte til at NGI foreslo å bruke et lenger stålør enn den opprinnelige planen. Planen var da at stålørstunnelen skulle utvides med 30 m mot sør. (NGI, 1987)

Stålørret har forøvrig kun ett felt, og har en diameter på 6 m. (Hustad, 1988)

### **c) Beskrivelse av skredbane og tiltak**

Figur 6-24 viser at ledevollene over stålørstunnelen er forstøttet med naturstein på yttersidene. Dette gjør at vollene kan bygges høyere, men med noe redusert bredde. På grunn av elveløpet som føres over tiltaket har det blitt brukt drenerende materialer i overdekningen. Nærmest stålørret er det blitt lagt en gruspute. Fyllingene på siden består av gamle skred – og morenemasser, som er produsert om til 20 – 120 mm korn. Over første gruslag og sidefyllingene er det lagt en fiberduk, før ett nytt gruslag er påført over stålørret. Overdekningen består så av ett lag med reststoff fra produksjonen av 20 – 120 mm nederst, og ett 1,0 m lag med steinrike masser. Tykkelsen på overdekningen er da 2,5 m over stålørret. Ellers er elveløpet plastret med fiberduk og naturstein. (Hustad, 1988)

### **d) Skredhendelser i ettertid**

Kulda tok seg opp i februar og mars, og det falt mye snø i denne perioden. Det var i tillegg mye nedbør i april. Ved befaring 14. mai 2012 var derfor tiltaket fylt opp av snøskredmasser. Snølaget var tykt, og fylte opp tiltaket i hele bredden. I massene lå det også noe småstein og en del jord som var erodert bort fra skredløpet. Det er ikke kjent at vegen har blitt fysisk stengt på grunn av ras i Longeneset i 2012. Ved tidligere skred er det kjent at raset har gått over ledevollene på tiltaket, og ført til fysisk sperring av vegen.

Longeneset har kapasitet til ett skred, men det er usikkert om det tåler flere.

Stålørstunnelens lengde er kun basert på tidligere målte skredbredder. Tidligere ble det ikke nødvendigvis tatt høyde for at skredmassene avlagres og tar opp plass, og flere skred etter hverandre kan føre til at skredene går over ledevoller og murvoller.

I 1993 og 1994 ble det nødvendig og reparere erosjonsskader som følge av skred på tiltaket. Skredene har da erodert seg ned i overdekningen, og forårsaket ujevn lastfordeling på stålørret. Det ble samtidig også fremsatt forslag om å jevne ut skredmassene i avsetningsområdet for å redusere skredtrykket på vollene. (NGI, 1994)

### **e) Tiltakets tilstand i 2012**

Ved befaring i februar var det lite snø i området etter en relativt mild januarmåned. Ved bygging av tiltaket ble en del av steinmassene fra skredløpet brukt i det øverste laget på overdekningen. Figur 6-25 viser i midlertidig at steinen over tiltaket ser ferske ut, og at skred også har fraktet med seg større steinblokker. Det lå også stein oppover skråningene på ledevollene.



Figur 6-25 Longeneset - steinavsetninger

Overdekningen hadde noen skader. Figur 6-26 viser at skred har gravd fram mindre deler av fiberduken under elveløpet. Ned mot fjorden var det også tydelige spor etter erosjon i terrenget, og også her lå det større steinblokker. På utsiden av ledevollen mot nord var det noen tegn etter små utglidninger i skråningen ned mot vegen. Skråningen er svært bratt, og det så ut til at det var brukt mye finstoff.

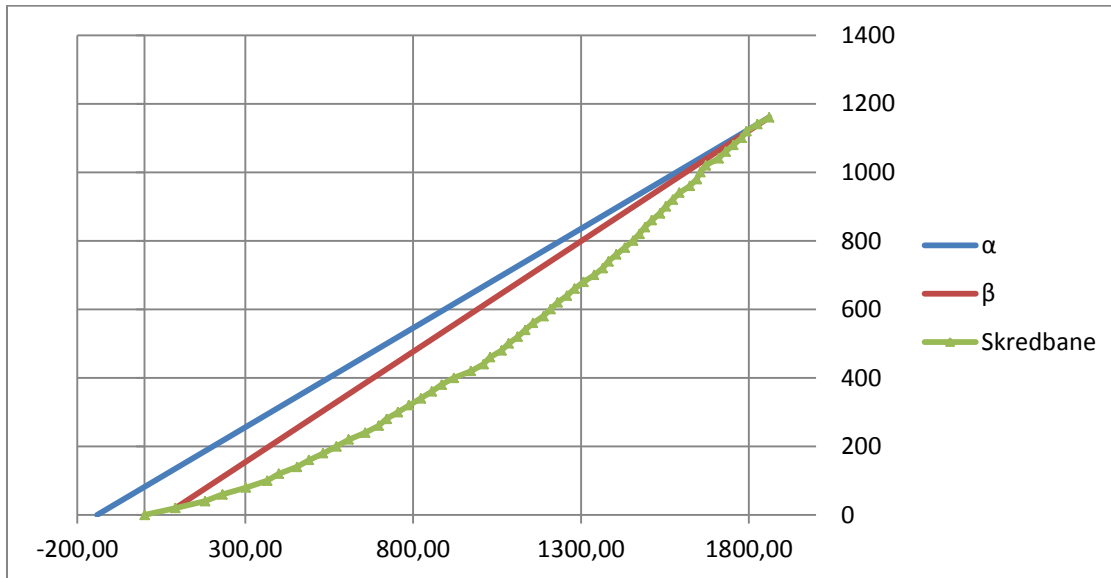


Figur 6-26 Longeneset - erosjon

I forhold til trafiksikkerhet har stålrørstunnelen god sikt til andre biler ut til andre siden, men kan oppleves som mørk innvendig. Det er heller ikke rekkverk ved inngangene, som beskytter trafikantene mot endene av tunnelen.

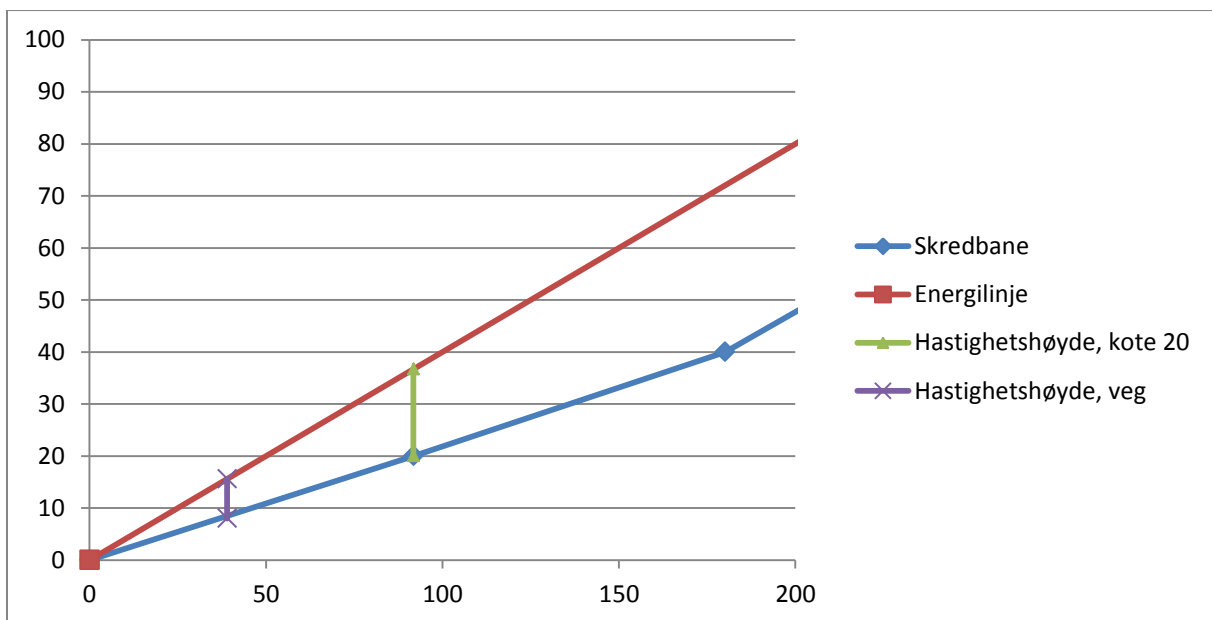
#### *f) Vurdering av sikringseffekt*

Det ble registrert 22 vegstenginger på grunn av snøskred mellom 1979 og 1986. Vinteren mellom 1986 og 1987 ble vegen fysisk sperret 5 ganger. (NGI, 1986; NGI, 1987) Etter at tiltaket stod ferdig i 1987 og fram til 2007 ble vegen fysisk sperret 7 ganger. (Statens vegvesen, 2007) Det er ikke kjent om vegen har blitt sperret av skred i årene etter dette. Med basis i disse tallene er sikringsprosenten beregnet til 74 %, noe som er for lavt i forhold til kravene for rørtunneler. (Hammersland, Evaluering av rassikringstiltak - Intern rapport nr. 2205, 2001)



Figur 6-27 Longeneset - utløpslengde

Teoretisk beregnet utløpslengde er vist i figur 6-27. Helningen i skredbanen går aldri under  $10^\circ$ . Valg av  $10^\circ$ -punktet<sup>er</sup> derfor gjort ved å finne minste helning, som er på ca.  $12^\circ$  ved kote 20. Den beregnede utløpslengden virker realistisk dersom en sammenligner med virkelige hendelser. Det har vist seg at skredene brer seg utover etter kote 40, både fordi terrenget har mindre markerte forsenkninger, og fordi helningen blir slakere. Skredene har likevel hatt fart nok til å gå helt ned til sjøen over tiltaket.



Figur 6-28 Longeneset - energilinje

Figur 6-28 viser at energihøyden ved vegen er lav på grunn av vegens plassering i terrenget. Det er tatt hensyn til at terrenget er løftet over vegen på grunn av overbygget, og hastighetshøyden er regnet til 7,6 m. Dette gir en skredhastighet på 12,2 m/s. Nødvendig vollhøyde er beregnet med likning 3-3 fra kapittel 3, og blir 3,2 m med utgangspunkt i

avbøyningsvinkel på  $15^\circ$ . Vollene er 10 m høye i forhold til terrenget over overbygget, men skred har fortsatt ført til sperringer på veggen. Ved kote 20 får skredet en hastighetshøyde på 16,7 m og en hastighet på 18,4 m/s. Dette gir en nødvendig vollhøyde på 7,1 m. Vollen på 100 m er 6 m høy i terrenget. Det kan derfor være at skred kan gå over vollen før det når overbygget. Overbygget er antagelig også fort kort i forhold til lagringskapasitet for skredmasser.

***g) Forslag til forbedring av tiltaket***

Sikringseffekten viser at det er behov for utbedringer av tiltaket, antallet vegsperringer blir redusert. Det er sannsynlig at ledevollene er høye nok, men at tiltaket ikke har rom for avlagring av snømassene. Ved bygging av nye overbygg er det i dag en gyllen regel at lengden blir dimensjonert etter skredets bredde pluss 30 m ekstra. (Norem: pers. kom)kom) Det bør derfor vurderes om tiltaket bør lengdeutvides.

Ettersom overdekningen har vist seg følsom mot erosjon fra skredene bør det vurderes om overdekning skal erosjonsikres i enda større grad, særlig i fyllingene mot sjøen.

Videre bør det vurderes om skråningen på nordre side skal erosjonsikres. Her kan det brukes stein av større størrelse og nett for å hindre utglidning ned til veggen.

I forhold til trafiksikkerheten bør det settes opp rekkverk ved inngangen til stålrørstunnelen i begge ender. Vegbanen før og etter gir god sikt og plass til å stoppe dersom det kommer møtende bil gjennom tunnelen.



### 6.4.3. Breisvedet



Figur 6-29 Breisvedet

#### *a) Bakgrunn og grunnlag for sikring*

Breisvedet er en svært bratt skredbane, med helling som tilsier at snøskredenes hastighet øker hele vegen ned til fjorden. Fra 1979 til 1986 ble det registrert hele 35 vegsperringer på

grunn av snøskred. Skredet følger stort sett ett elveløp, og som oftest sperres vegen i 40 til 50 m lengde. Ofte kan skredet dele seg i to ved kote 100, og har vegen har blitt sperret opp til 150 m nord for elveløpet. Største registrerte sperrelengde er 160 m. (NGI, 1986)

Hustad anslår at omtrent 70 % av skredene i Breisvedet er våtsnøskred, og at de resterende 30 % er enten tørrsnøskred eller sørpeskred. (Hustad: pers. kom)

I rassikringsplanen fra 1996 er Breisvedet registrert med 6 vegsperringer på grunn av snø – og sørpeskred etter 1986, men er ikke merket med noen prioritet.

Informasjon om Longeneset er hentet fra planer laget av NGI, rassikringsplanen fra 1996, samt fra erfaring ved befarung i samarbeid med Statens vegvesen.

### ***b) Plan***

Det var i utgangspunktet ønskelig å bygge skredoverbygg i Breisvedet fra Statens vegvesens side. Ut ifra tidligere registrerte skredbredder var det ønskelig at dette skulle bli 157 m langt. NGI la fram ett planforslag der vegen i stedet ble flyttet omtrent 20 til 30 m ut på fylling i sjøen. Det var nødvendig med rekkverk for å sikre trafikantene mot utforkjøring. På grunn av trykket fra eventuelle skred eller skredskyer ble det foreslått at rekkverket skulle ha dobbelt så stor styrke som en ordinært vegrekkverk. Særlig rekkverket på skredsiden skulle ha samme styrke i begge retninger normalt på rekkverket. (NGI, 1986)

Det ble anslått i planene at å sikre vegen ved å flytte den ut på fylling ikke vil gi fullstendig sikringseffekt. Det ble regnet med at omlag 50 -70 % av skredene ville bli stoppet, men at de resterende skredene kunne ha store snøskyer eller være så store at vegen ble fysisk sperret av snømasser. (NGI, 1986)

### ***c) Beskrivelse av tiltak***

Tiltaket består av ett sjømagasin, med tre stikkrenner ut til sjøen. Stikkrennene sørger for at vannet i magasinet får naturlige strømminger, og at vannet blir skiftet ut med tidevannet. At vannet skiftes ut gjør også at snømassene blir vasket ut av magasinet.

Våtsnøskredene i Breisvedet er gjerne store, men er til gjengjeld ikke spesielt raske. Stort sett vil det være få problemer med bølgeskulp og trykkbølger over vegfyllingen. (Hustad: pers. kom) Likevel er det fare for at det skal gå sørpe – eller tørrsnøskred. Sørpeskred har gjerne så stor fart at de enkelt kan krysse sjømagasinet og blir kastet over vegen.

Tørrsnøskred generer ofte stort trykk i fronten og i en eventuell snøsky. Selve skredet kan også skape en flodbølge som skyller over vegen. Begge deler kan utgjøre en stor fare for trafikanter og driftspersonell.

Trafikantene er sikret med rekkverk på både sjø – og skredside. Rekkverkene er spesialdimensjonert for anlegget. På skredsiden er rekkverket av typen New Jersey, som består av hele betongklosser. Rekkverket er forsterket med fylling på skredsiden. Mot fjordsiden er det plassert ett spesialbestilt betongrekkverk. Rekkverket har fått navnet

«Dolly Parton», og har en spesiell form som tillater skredmasser å gli forbi uten at rekkverket får for store påkjenninger. (Hustad: pers. kom) Rekkverket består av rundede kjepler plassert på klosser. Klossene festes til ett betongfundament og kobles til hverandre via skjøter.



Figur 6-30 Breisvedet, «Dolly Parton»

#### ***d) Skredhendelser i ettertid***

I perioden mellom 1987 og 1996 anslåes det at tiltaket hindret totalt 36 av 42 vegsperringer på grunn av snøskred. Alle våtsnøskredene ble stoppet. I perioden mellom 1996 og 2007 ble vegen sperret av 3 skred, der det ble antatt at to av skredene var sørpeskred. (Statens vegvesen, 2007)(Hustad:pers.kom)

Det er tydelig at skredbanen er hyppig utsatt for skred. Det ligger mye nedlagte trær nord for elveløpet i skredbanen, og svabergene på sørsiden har nyvasket preg.

#### ***e) Beskrivelse av tilstand i 2012***

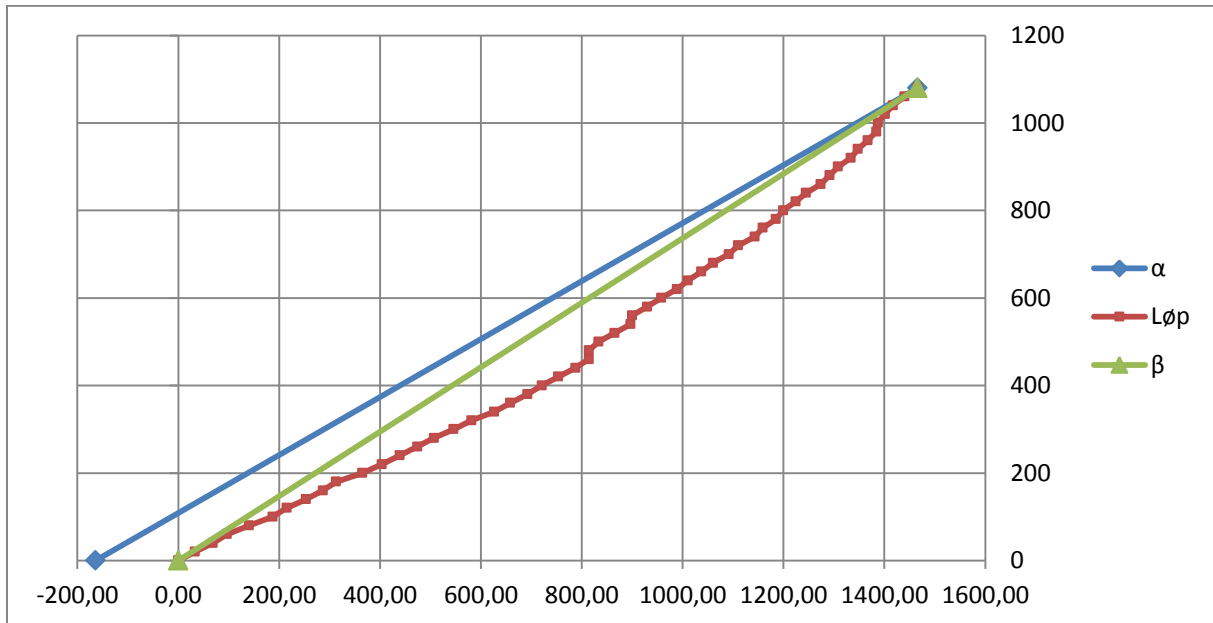
Ved befarings i februar var det foreløpig ikke gått skred i tiltaket. Ved befarings i mai lå det store mengder snømasser i siden. Det lå ikke snørester i sjømagasinet og vannet så rent ut, noe som tyder på at utskyllingen av vannet i magasinet fungerer godt. Det er ikke registrert om snøskred har sperret vegen fysisk i 2012.

«Dolly Parton»-rekkverket er ikke godkjent av Vegdirektoratet. Årsaken er at en bil lett kan flippe på taket dersom den kjører inn i rekkverket. I verste fall kan rekkverket lede bilen ut i sjøen. Rekkverket fungerer i midlertidig godt mot skredene, og har tydelig god funksjon mot skredene. Figur 6-30 viser at en av kjeplene har fått en skade. Sannsynligvis har dette skjedd ved at ett skred med stor hastighet har dratt med seg stein over fyllingen.

Da vegen ble flyttet ut på fylling fikk trafikantene bedre sikt over tiltaket, Longeneset i nord og Seljesvora i sør. Trafikantene får derfor generelt bedre oversikt over tiltakene, og det vil være lettere å oppdage eventuelle skred. Unntaket er dager med dårlig sikt.

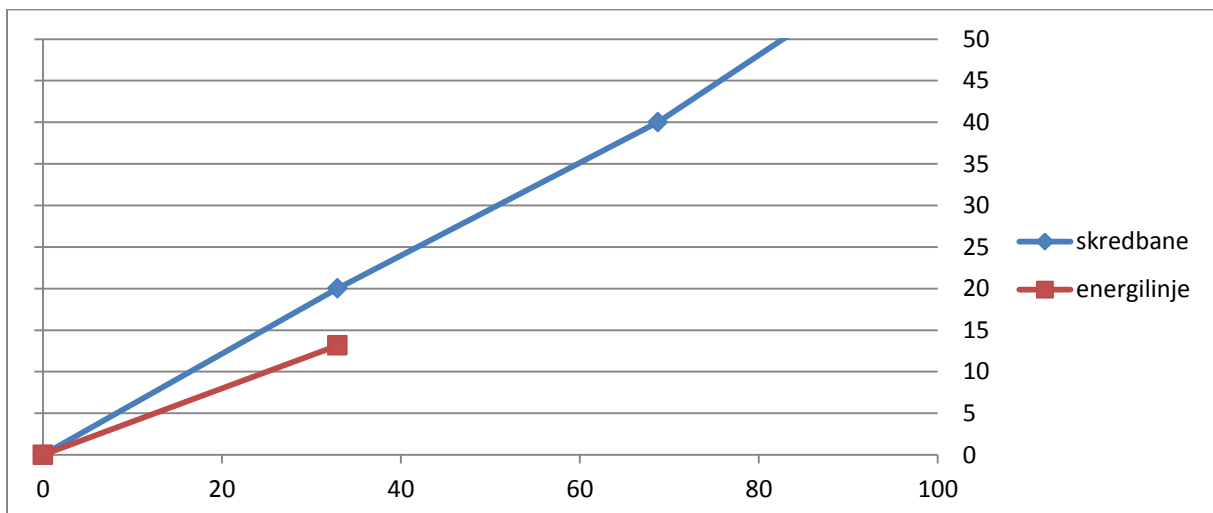
### f) Vurdering av sikringseffekt

Breisvedet hadde 35 registrerte vegsperringer mellom 1979-1986, og 9 eller flere skred etter 1987. (NGI, 1986; Statens vegvesen, 2007)(Hustad:pers.kom) Dette gir en maksimal sikringseffekt på 74 %.



Figur 6-31 Breisvedet, utløpslengde

Figur 6-31 viser at skredbanen er jevnt bratt over hele siden, og ikke har slakere helning enn  $25^\circ$ . Skredene går derfor rett i sjøen nedenfor. Skredbanens helning tilsier også at skred vil treffe magasinet med stor fart, noe som kan genere kraftige trykkbølger og bølger.



Figur 6-32 Breisvedet, energilinje

Figur 6-32 viser at terrengets helling er for bratt til at energilinjemodellen kan brukes. Skredbanen har ikke ett naturlig utløpsområde da skredbanen aldri blir slakere enn 27°.

***g) Forslag til forbedring av tiltaket***

Sikringseffekten på 74 % er antagelig ok for ett slikt sikringstiltak. Sjømagasinet fungerer optimalt mot våtsnøskred, men trafikanten er dårlig beskyttet mot tørr – eller sørpeskred. Forbedring kan gjennomføres ved to alternativer. Den eneste sikringsformen som kan øke sikringseffekten er overbygg. Dette vil i så fall kreve større lengde enn forslaget fra 1980-tallet, ettersom erfaringen med overbygg har blitt større. (Statens vegvesen, 2007)

Tiltaket gir god oversikt til trafikanten, og det skal være mulig å stoppe før fyllingen dersom en ser at ett skred kommer ned siden. Ved dårlige værforhold blir dette derimot vanskeligere. Vegen har i midlertidig en meget lav ÅDT, og trafikantene er stort sett lokale med god kunnskap om vegens farer. Det kan i midlertidig være ett problem dersom trafikanter uten lokalkunnskap ikke vet hva de skal se etter. Det anbefales derfor å sette opp skilt med advarsel spesielt ved Breisvedet.

«Dolly Parton»-rekkverket fører til at behovet for reparasjon eller utskifting på rekkverket er svært lavt. Ett ordinært rekkverk, med ekstra styrke vil stå i risiko for å bli skadet av skredene, men det vil være sikrere for trafikanten. Det bør derfor vurderes om sikkerheten til trafikantene eller rekkverket skal stå høyest.

#### 6.4.4. Seljesvora



Figur 6-33 Seljesvora i februar

##### *a) Bakgrunn og grunnlag for sikring*

Seljesvora er en relativt bratt skredbane, med jevn stigning opp mot fjellet. Snøskredet kan dele seg i to omtrent ved kote 40. Vegen ble ofte stengt omtrent 50 m innenfor hovedløpet. (Norem:pers.kom)

I rassikringsplanen fra 1996 er Seljesvora registrert med 4 vegsperringer på grunn av snø – og sørpeskred. Seljesvora er da merke med høy prioritet og med forslag om utvidelse av magasin med lav kostnad. (Statens vegvesen, 1996)

##### *b) Plan*

Seljesvora var opprinnelig planlagt som en stålrørstunnel med 30 m lengde. Gravearbeidene ble påbegynt, og det ble gravd ut en lang og dyp grop i jordmassene for installering av rørtunnelen. Rørtunnelen ble i midlertidig satt på vent, og over vinteren viste det seg at vollen som stod igjen fungerte godt mot de første skredene som gikk. Planene om overbygg ble da forkastet, og det ble bestemt at det skulle bygges terrengtiltak. (NGI, 1987)

Skredet hadde gjerne to armer ned mot vegen. Den ene hadde retning over rett over en naturlig voll, og den andre hadde retning nedenfor den naturlige vollen. Vollen som ble til på grunn av forberedelse til bygging av rørtunnelen, ble beholdt og forlenget i retning Breisvedet. I tillegg ble det planlagt tre kjebler ved det søndre løpets skredarm, samt en ledevoll langs med hovedløpets søndre begrenning. (NGI, 1987)

**c) Beskrivelse av tiltak**

Tiltaket er tilpasset for å ta i mot to skredarmer. I ettertid har tiltaket også blitt utvidet, ved at en ledevoll har blitt bygd i forlengelse av fangvollen mot Breisvedet i nord. Dette ble gjort i 1995. (Statens vegvesen, 2007) Den største delen av skredet går nå i en naturlig kanalisering ned mot ledevollen. Den andre skredarmen går over forhøyelsen ved søndre begrensning omtrent ved kote 40. I dette skredløpet er det tre bremsekjegler i plogform, og en ledevoll i søndre begrensning. Skredarmen blir så ledet ned i fangvollen.

Vann som havner i magasinet til fangvollen, blir ført ut fjorden via en stikkrenne sør for tiltaket. Vann i magasinet til ledevollen blir ført ned til Breisvedet via en bred grøft.

Figur 6-34 viser at veien går i en horisontalkurve rundt tiltaket. Fangvollen er høy og trafikanter fra sør kan derfor ha vanskelig for å få med seg hendelser ved ledevollen i den nordre delen av tiltaket.

**d) Skredhendelser i ettertid**

Figur 6-33 viser forholdene ved Seljesvora ved befaring i februar, det var da ikke gått noen skred i tiltaket. Det var i midlertidig mange tegn etter eldre skred. Det var blant annet en del nedlagte trær langs kantene på skredbanen. Ellers lå det mye løs stein og steinblokker rundt i terrenget, samt tilfeldig plassert stein kilt fast mellom treklynger eller i trestammer. Det så i midlertidig ut til at bremsekjeglene i det søndre løpet har vært uberørt i mange år, da det var en ung staurskog rundt kjeglene.

Ved befaring i mai var tiltaket fullstendig fylt opp av snømasser. Det lå mye masser over ledevollen, men det meste av skredmassene lå i renna ned mot forlengelsen av vollen. Noe av massene hadde også sklidd videre bortover i grøfta mot Breisvedet.



Figur 6-34 Seljesvora - skredsnø i tiltaket

Ved befaring i februar så man allerede at tiltaket var fylt opp av skredmasser. Dette har antagelig ført til at skredet har rent over vollen og bremsekjeglene. Staurskogen rundt bremsekjeglene var i stor grad lagt ned, og det lå igjen snømasser og store steinblokker på kjeglene. I fangvollen nedenfor bremsekjeglene lå det også igjen skredmasser. Sporene i terrenget etter kjeglene og før fangvollen tyder på at kun en mindre skredarm gikk ned i fangvollen, og at de største delene av massene ble stanset av kjeglene. Kjeglene står på en relativt slak forhøyning i terrenget, og det kan være at skredarmen ble bremsset på grunn av helningen.



Figur 6-35 Seljesvora - skredmasser ligger igjen på kjeglene

#### *e) Tiltakets tilstand i 2012*

Skredene har presset store mengder avsetningsmasser ned i tiltaket. Massene består stort sett av stein i forskjellig størrelse, noe grus og jord, samt torv og trerester. Den store ansamlingen av masser fører til at ledevollens effektive høyde er kraftig redusert. Dessuten står stikkrenna i fare for å bli tettet.

Figur 6-34 viser at vegen ligger svært tett inn på ledevollen. Det er også en risiko for at skredmasser kan løsne og renne ut i vegen. Dette kan skape en farlig situasjon for trafikantene, enten ved at de blir truffet, skremt eller at vegbanen blir glatt.

Figur 6-36 viser at skredet har erodert kraftig i forsenkingens skråninger noe lenger opp i skredløpet. Dette kan være positivt i form av at skredet blir bedre kanalisert. Dessverre er



kantene svært ujevne, noe som kan føre til at skredene enkelt kan skvulpe over. Skredarmen som gikk over til bremsekjeglene har antagelig gått over kanten ett godt stykke opp i løpet.

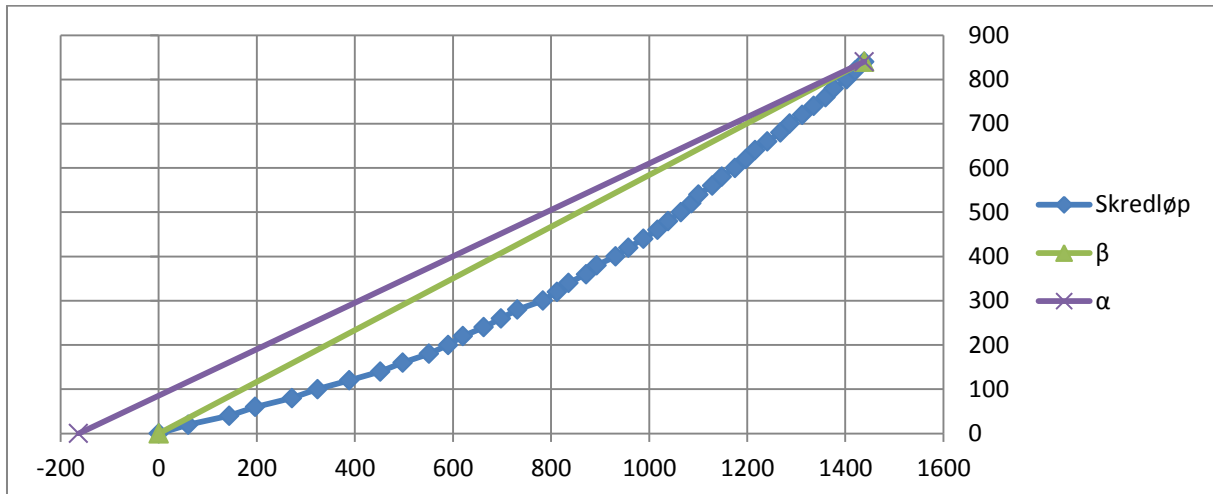


Figur 6-36 Seljesvora - erodert skredløp

#### *f) Vurdering av sikringseffekt*

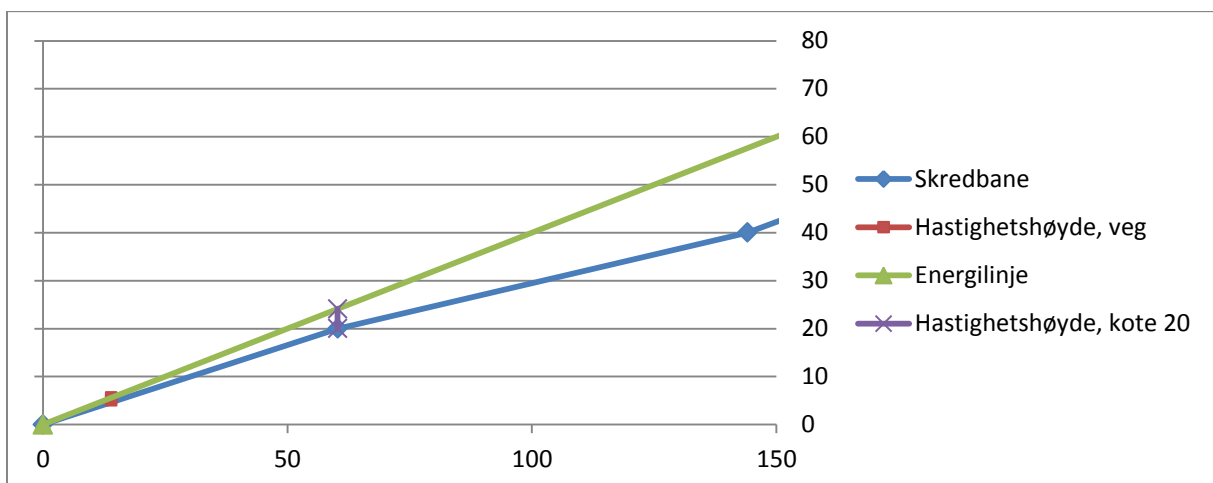
Det er fire kjente registreringer av vegsperringer i perioden mellom 1988 og 1996. Etter at ledevollen ble bygd i sommeren 1995 ble det registrert 4 vegsperringer i perioden mellom 1996 og 2007. (Statens vegvesen, 2007) I tillegg gikk det minst ett skred som sperret vegen i vinter. Sikringseffekten basert på disse tallene blir da negativ. Dette trenger nødvendigvis ikke å stemme. I registreringsrapporten fra 2007 er det skrevet at byggingen av den nye vollen antagelig førte til at 6 av 10 skred ble stanset av tiltaket. Derfor er sikringsprosenten antagelig høyere, men antagelig ikke over kravet på 70 %. (Hammersland, Evaluering av rassikringstiltak - Intern rapport nr. 2205, 2001)

Rassikringsplanen har



Figur 6-37 Seljesvora, utløpslengde

Figur 6-37 den beregnede utløpslengden. Skredbanens helning er så bratt at den aldri blir lavere enn  $15^\circ$ , derfor er  $10^\circ$  valgt ved sjøkanten. Ved sammenligning med virkelige skredhendelser virker dette realistisk. Mindre skred vil få redusert hastighet allerede ved  $25^\circ$ , men de store har enkelt gått helt ned til fjorden.



Figur 6-38 Seljesvora, energilinje

Energilinjemodellen er ikke gunstig til bruk ved Seljesvora. Beregningene gir en hastighetshøyde på 0,6 m over vegen. Nødvendig vollhøyde er beregnet med likning 3-3 fra kapittel 3, og blir 0,25 m med utgangspunkt i avbøyningsvinkel på  $15^\circ$ . Sammenliknet med virkelige skredhendelser stemmer ikke dette resultatet. Energilinjen er i utgangspunktet noe svak i forhold til terrengets helling.

Beregning av hastighetshøyde ved kote 20 gir ett resultat på 4,1 m, og en hastighet på 9,0 m/s. Nødvendig vollhøyde blir da 1,7m. Dette stemmer heller ikke overens med virkelige hendelser, da skredene har gått over den naturlige vollen.

*g) Forslag til forbedring*

Tiltaket har blitt stengt flere ganger i vinter, og har tydelig ikke kapasitet til å kunne takle store skredvintere. En av årsakene til at tiltaket ikke har fungert er at magasinet er overfylt av masser. Dette bør fjernes slik at avlagringsplassen blir bedre ved neste vinter. Det kan i midlertidig ikke forventes at sikringseffekten blir fullgod.

Ved å rette ut svingen mellom Seljesvora og Breisvedet, kan Seljesvora få plass til en større voll langs med vegen mot nord. Dersom vollen blir forlenget kan skredene få bedre plass til å spre massene i magasinet. Det kan i midlertidig heller ikke her forventes fullgod sikring, da skredene i Seljesvora ser ut til å bringe med mye erosjonsmasser. Antagelig vil det også her bli fylt opp etter en viss tid. En ledevoll vil dessuten også kreve stor høyde, og det bør vurderes om det vil være en praktisk løsning.

For å få fullgod sikringseffekt kan det vurderes om det bør bygges en lengre rørtunnel, eller en ordinær tunnel. En rørtunnel kan gi ett naturlig fall i terrenget i stedet for å løfte det opp slik overbygg har en tendens til å gjøre. Rørtunneler er i midlertidig dyrt, og det bør derfor vurderes om en stor økonomisk kostnad er verdt at strekningen får ett par stenginger i året.

### **6.5. RV13 Dragsvik – Vetlefjorden**

Fjellene langs med Rv13 ved Dragsvik - Vetlefjorden er i hovedsak vendt mot øst, og er i likhet med Fv65 i Ørsta svært utsatt for skredhendelser. Også her har mange av skredbanene flere potensielle utløsningsområder, slik at skredene ikke er så avhengig av vind – og nedbørsretningen for å kunne løsne. Strekningen har i alle tider vært sterkt utsatt for skred. Fjellsidene er preget av å være bratte, i tillegg til at området er svært snørikt om vintrene. Innbyggerne langs med vegen, og innerst i Vetlefjorden blir derfor ofte satt i usikre situasjoner. Dersom vegene blir stengt finnes det ingen alternativ veg ut på vinteren. Det vil dessuten være farlig å bevege seg på vegen i dårlig vær. I rassikringsplanene fra 1997 ble derfor skredbanene langs vegen merket med høy prioritet, med ett ønske om snarlig utbedring av sikringstiltak.

Befaring ble utført 21. februar 2012 og 8. mai 2012 sammen med Svein Helge Frækaland fra Statens vegvesen, Sogn og Fjordane.

### 6.5.1. Sandskreda



Figur 6-39 Sandskreda

### **a) Bakgrunn og grunnlag for sikring**

Sandskreda er en skredbane som i en periode var utsatt for snøskred omtrent hvert 3. år. Mellom 1979 og 1994 ble det registrert 5 skred i Sandskreda, men det er noe usikkert om alle disse førte til sperring av veg. I 1993 gikk det i midlertidig to skred som førte til vegsperring begge gangene. (Statens vegvesen, 1994)

Skredbanen følger en naturligforsenkning i terrenget, hvor det også går ett bekkeløp. Stigningen er forholdsvis jevn, og på det bratteste i toppen er hellingen omtrent 30°. Like før skredet når vegen har skredløpet en knekk, slik at skredet endrer retning mot sør. Forhøyningen i knekken har en høyde fra 5 til 9 m. Skredet har stengt vegen over en lengde på 100 til 200 m. (Statens vegvesen, 1994)

I rassikringsplanen fra 1997 er Sandskreda registrert med 20 vegsperringer på grunn av snøskred i perioden mellom 1975 til 1995. Skredbanen er merket med høy prioritet og forlag om omlegging av vegen og bygging av ledevoll. (Statens vegvesen, 1997)

Informasjon om Sandskreda er hentet fra planer laget av Statens vegvesen, samt rassikringsplan og erfaringer fra befaring i samarbeid med Statens vegvesen.

### **b) Plan**

Det ble lagt planer for snøskredsikring av Sandskreda i 1994. I planene var det to alternative forslag, hvorav det ene forslaget gikk ut på å bygge overbygg på 90 m. Overbygget ville krevd omfattende arbeid i terrenget, siden den naturlige knekken måtte fjernes. Massene som ble fjernet fra denne delen av løpet skulle da brukes til ledevollene før overbygget. (Statens vegvesen, 1994)

Tidligere erfaringer hadde vist at knekken ofte klarte å endre retningen på skredet, og på den måten unngå vegen. Det andre forslaget gikk derfor ut på å forlenge og forhøye knekken med en ledevoll og bygge magasin. Med hensyn til lagringsplass i magasinet ble høyden på vollen først dimensjonert til 14 m, men en høyde på 11 m ble også godkjent. Årsaken var at bygging av en 3 m lavere voll utgjorde stor forskjell i kostnadene for masseflytting. (Statens vegvesen, 1994)

Sandskredas natur, skredhyppighet, samt generelle kostnader ved bygging av overbygg kontra ledevoll, førte til at ledevoll ble valgt som sikringsmetode i Sandskreda.

### **c) Beskrivelse av tiltak**

Sandskreda stod ferdig bygd i 1998, og forbedringer ble utført i 1999. (Frækaland: pers. kom) Vollen har en høyde på 8 til 9 m over terrenget, og er 10 m på det høyeste oppe i skråningen. Mot vegen er vollen forstøttet med en lav mur av naturstein, og ankomstvegen er ført inn ved sørenden av vollen.

I planene var det lite informasjon om opplegg for drenering og magasin. Tiltaket har blitt bygd med ett magasin som er omtrent 80 m langt og 10 til 15 m bredt. Hovedstikkrenna, Ø

1500 mm, er plassert ett stykke sør under vollen, og har inntak i magasinet. Ved tetting av hovedstikkrenna blir vannet ledet i en grøft langs med ankomstvegen og ned til en stikkrenne, Ø 500 mm, i veggrøfta.

*d) Skredhendelser i ettertid*

Det er tydelige spor etter skred i tiltaket. Ved befaring i mai lå det skredsnø etter ett eller flere skred, og vegen ble ved ett tilfelle delvis stengt i vinter. Figur 6-40 viser at massene var iblandet mye jord som var erodert fra ovenforliggende svaberg og skredløp. Det lå også større steinblokker på toppen av skredmassene nederst i magasinet.



Figur 6-40 Sanskreda, avsetninger av erosjonsmasser

Mye småstein hadde også blitt ført av skred over vollen. Vinteren 2011 gikk det ett skred i Sandskreda som gikk over vollen og ned til fjorden. Skredet sperret vegen over en lengde på 50 m. (Statens vegvesen, 2012) Hastigheten til skredet var så stor at det antas at skredet startet som tørrsnøskred. (Frækaland: pers. kom) Både over vollen, og på fjordsiden av vegen, var relativt store trær lagt ned. Figur 6-41 og figur 6-42 viser skader fra skredet i 2011 og hvor skredet gikk over vollen og ned til fjorden.



Figur 6-41 Sandskreda – Skader etter skred, vinteren 2012



Figur 6-42 Sanskreda, snøskred sperrer vegen, (Frækaland)

*e) Tiltakets tilstand i 2012*

Sandskreda var fylt med snø ved begge befarengene. Det var derfor vanskelig å se på tilstanden av selve tiltaket. Med tanke på jordmassene som var blitt skjøvet fram i magasinet i figur 6-40, er det rimelig å anta at det også ligger igjen mye jord – og steinmasser under

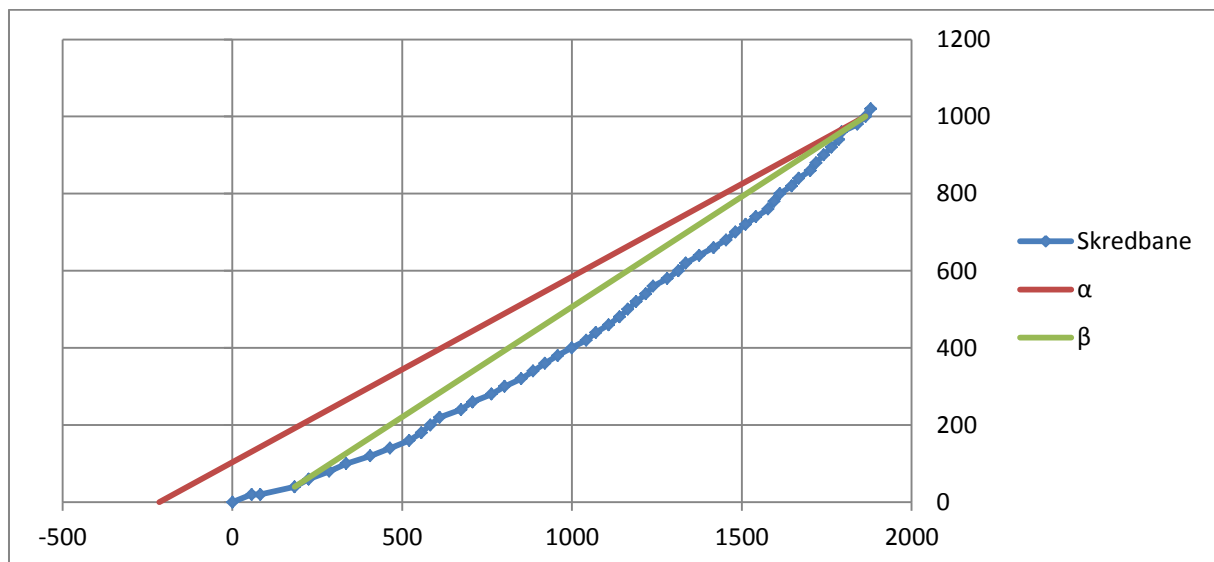


snøen. Årsaken til at skredene har gått over kan derfor være at ledevollene har fått redusert sin effektive høyde. Det kan også virke som om skredet fått en noe stor avbøyningsvinkel på ledevollen, og at massene derfor blir lettere skuvet opp over vollen ved veggen. Det kan også være at vollen er for lav over vegen.

Stikkrenna virket åpen, og vannet rant fritt ved befaring. Plasseringen av stikkrenna i magasinet er i ett område der skredet legger av mye snø – og erosjonsmasser. Inntaket kan derfor stå i fare for å bli tett. Reserverenna var en mindre grøft som eventuelt fører vannet fra nederste del av magasinet, og ned i en mindre kulvert med stikkrenne  $\varnothing$  500 mm. Kulverten så ut til å være på veg til å gro igjen, da det var mye gress og annen vegetasjon både ved inntaket og utløpet.

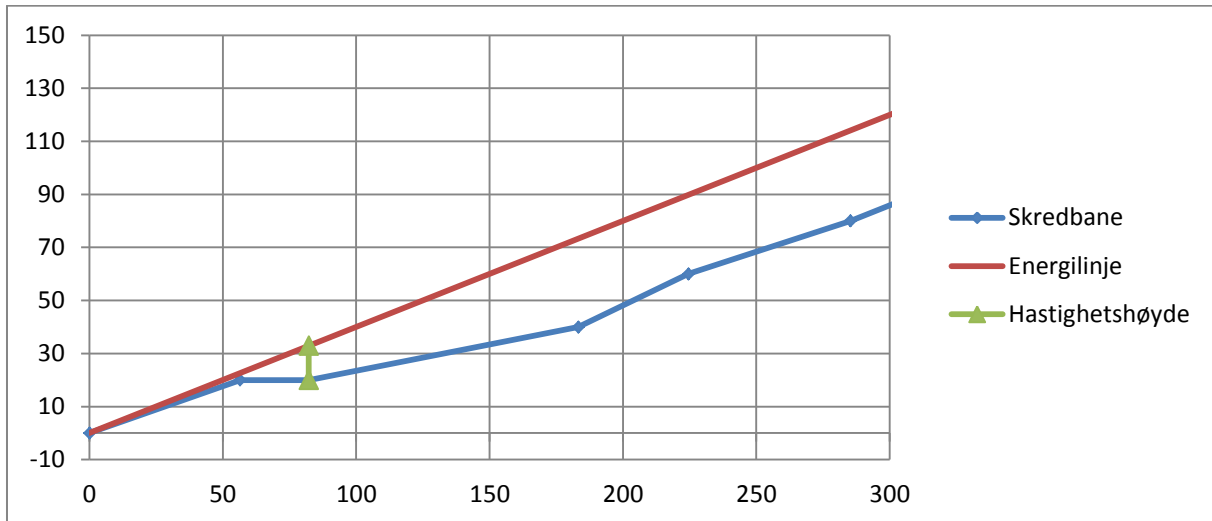
### f) Vurdering av sikringseffekt

I en tidsperiode fra 1975 til 1995 ble vegen ved Sandskreda sperret 20 ganger på grunn av snøskred. (Statens vegvesen, 2003) Mellom 1995 og 1998 ble vegen sperret 2 ganger. Fra 1998 og til i dag har vegen blitt sperret 3 ganger. Dette gir en sikringsprosent på 86 %, som er ett godt over kravet for terrengtiltak. (Hammersland, Evaluering av rassikringstiltak - Intern rapport nr. 2205, 2001) Det må i midlertidig tas med i betraktningene at Sandskreda er ett forholdsvis ungt tiltak, og at det derfor er en ujevn balanse mellom antall år med registreringer før og etter tiltaket. Sikringsprosenten kan derfor synke dersom det blir flere vegsperringer de neste årene.



Figur 6-43 Sandskreda - utløpslengde

Figur 6-43 viser beregnet utløpslengde. Skredbanen har en relativt jevn stigning opp mot utløsningspunktet, men blir ikke særlig slakere enn  $12^\circ$ .  $\beta$ -linjen er derfor trukket fra utløsningspunkt til ett punkt med  $12^\circ$  helling, men kunne like gjerne vært trukket til vegen. Observasjoner fra virkeligheten har uansett vist at skredet er fullt kapabelt til å gå over vegen og helt ned til fjorden.



Figur 6-44 Sandskreda - energilinje

Figur 6-44 viser at hastighetshøyden ved vegen blir 12,9 m høy. Dette gir en hastighet på 15,9 m/s. Nødvendig vollhøyde er beregnet med likning 3-3 fra kapittel 3, og blir 5,5 m med utgangspunkt i avbøyningsvinkel på  $15^\circ$ . Vollen i Sandskreda er i dag omtrent 8 – 9 m høy ved vegen. Likevel har skred gått over vollen ved flere anledninger. Energilinjemodellen gir også en nødvendig vollhøyde for ett enkelt skred. I tilfeller der skredet har gått over vollen kan vollens effektive høyde ha vært redusert på grunn av snømasser fra tidligere skred. Dersom det ligger mye erosjonsmasser igjen i magasinet vil dette også føre til en redusert høyde.

Figuren viser også at energilinjen er relativt svak i forhold til hellingen i terrenget ned til fjorden. Basert på de tidligere beregningene som er utført i oppgaven, kan det derfor antas at resultatene blir noe feilaktige.

### ***g) Forslag til forbedring***

Sandskreda kan potensielt få en økt sikringseffekt ved å utbedre terrenget noe mer. Først og fremst bør eventuelle erosjonsavsetninger fjernes fra magasinet slik at ledevollens effektive høyde øker. Ledevollen bør forhøyes med ett par meter langs med vegen, slik at tiltakets kapasitet mot flere skred økes. Dersom ledevollen forhøyes bør det i midlertidig tas med i beregningene at vollfoten vil bli bredere og ta en større del av plassen i magasinet. Dersom det er praktisk mulig kan dette eventuelt løses ved og forstøtte vollen med naturstein skredsiden.

Hovedstikkrennas inntak i magasinet bør avklares nærmere, i forhold til posisjon og fare for tetting. Foreløpig ser det ut til at reserverenna fungerer, og det har ikke blitt funnet informasjon som forteller noe annet.

Terrengtiltaket er i hovedsak optimalt utformet etter terrenget. Dersom det er ønskelig med en høyere sikringseffekt kan det vurderes å bygge overbygg. Ett betongrør vil være godt

egnet dersom vegen flyttes lenger inn fjellsiden, da terrenget kan legges opp mer naturlig.  
(Frækaland: pers. kom)

### 6.5.2. Nauteskreda



Figur 6-45 Nauteskreda

#### *a) Bakgrunn og grunnlag for sikring*

Nauteskreda er en generelt bratt skredbane, hvor skredløpet følger en forsenkning i terrenget. Her går det også ett bekkeløp. Omtrent ved kote 100 vier skredløpet seg ut, og skredet blir spredt utover en rasvifte og ned over vegen. Før overbygget ble bygd var det normalt at skredet sperret vegen over en bredde på 100 m. (Norem, 2001)

I rassikringsplanen fra 1997 er Nauteskreda registrert med 16 sperringer av veg på grunn av snøskred. Nauteskreda er også registrert med høy prioritet, og ett forslag om bygging av overbygg. (Statens vegvesen, 1997)

Informasjon om Nauteskreda er hentet fra planer lagt av Statens vegvesen, rapporter fra Dr. ing Harald Norem A/S, samt rassikringsplanen og erfaring fra befarings i samarbeid med Statens vegvesen.

**b) Plan**

Overbygget i Nautskreda ble planlagt alt i 1994. Planen gikk ut på å bygge ett 150 m langt overbygg, med tilhørende ledevoller og tilpasning av terreng. Ledevoller ble nevnt som alternativ, men ble vurdert som upraktisk i forhold til skredstørrelse og terrengformasjon. (Statens vegvesen, 1994)

I plantegningene fra 1999 kommer det frem at det er planlagt en rørtunnel. Overbygget er også forlenget med 50 m. Det ble planlagt nytt bekkeløp fra kote 100 og ned til fjorden. I følge plantegningen skulle bekkeløpet ligge i en forsenkning i tiltaket. (Statens vegvesen, 1999)

Den nordre ledevollen har en lengde på 100 m. Søndre ledevoll er planlagt med en lengde på omtrent 130 m. Veggen ble forøvrig lagt på fylling over hele anleggsområdets lengde på 630 m, for forbedring av vegens linjeføring gjennom området. (Statens vegvesen, 1999)

Geotekniske undersøkelser ble utført på området, i hovedsak for å undersøke stabilitet under arbeid med overbygget. Den endelige geotekniske rapporten konkluderte med at det ikke ville bli stabilitetsproblemer i grunnen under jordvollene. Det ble i en tidlig fase antydnet at jordvollene skulle legges ut i sjøen, og det ble derfor anbefalt benyttelse av plastringsstein for å beskytte jordvollen mot erosjon fra sjøbølger. Det ble også konkludert med at fyllmasser i forkant av tunnelen ikke skaper stabilitetsproblemer. (Geovest AS, 1999)

Det ble også undersøkt om gravemassene i området var egnet som fyllmasser ved rørtunnelen. Undersøkelsene viste at fyllmassene var godt egnet, men det ble samtidig påpekt at telefarlige masser ikke skulle legges direkte rundt tunnelen. (Geovest AS, 1999)

**c) Beskrivelse av tiltak**

Rørtunnelen i Nautskreda er utført i betong, og har en overdekning på 2,5 m. Ledevollene oppleves som svært høye og bratte fra veggen, men er sikret med ett ytterlag i større stein for å hindre utglidninger. Bekkeløpet over rørtunnelen er steinplastret og senket ned i terrenget.

En tilskomstveg er bygget fra nordsiden, og det vil være nødvendig å grave hull i den nordre ledevollen for å komme inn i tiltaket. I forhold til planen kommer det ikke tydelig fram hvor denne var planlagt å være.

Nautskreda har rekkverk som beskytter inngangene til rørtunnelen. Innvendig er det lagt opp lys. Rørtunnelen er, som beskrevet i planene, utformet i en svak horisontalkurve. Det er riktignok mulig å se igjennom til andre siden, men det kan være vanskelig å få øye trafikanter i motgående retning.

**d) Skredhendelser i ettertid**

Det er en ung trevekst i tiltaket over overbygget, men en stor del er lagt ned av skredene. Skredene har også bragt med seg en del stein i forskjellig størrelse, som ligger spredt rundt

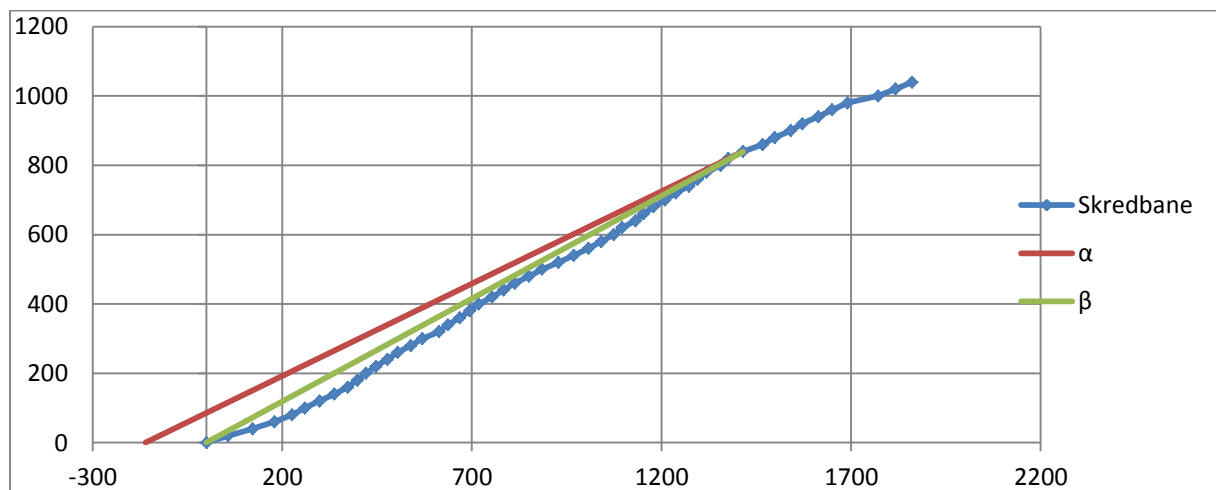
over tiltaket. Ved befaring i mars lå det litt skredsnø før tiltaket, og befaring i mai var det ikke snø igjen. Det er ikke registrert om snøskred har sperret vegen ved Nauteskreda etter at tiltaket ble bygd.

### e) Tiltakets tilstand i 2012

Tiltaket fremstår i god stand, uten tegn til skader av noen sort. Det er ingen tegn til erosjon på overdekningen, og fyllmassene ser ut til å være svært gunstige for formålet. Det eneste som kan utsettes på tiltaket er at de bratte skråningene fra ledevollene og ned til vegen kan potensielt få utrasninger av snø.

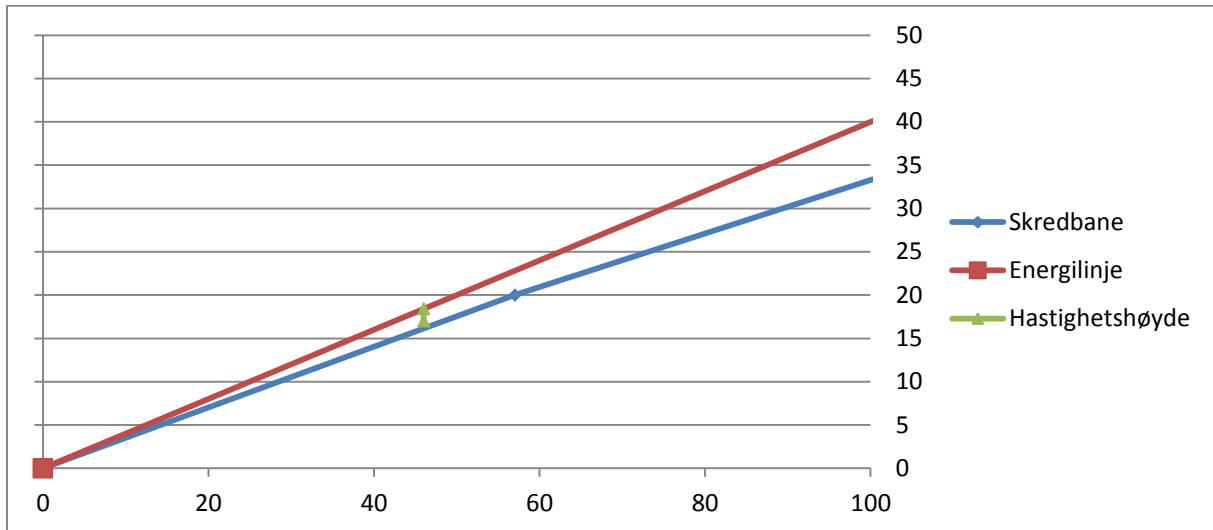
### f) Vurdering av sikringseffekt

Med 0 sperringer av veg etter at tiltaket ble bygd i 1999 har Nauteskreda en sikringseffekt på 100 %.



Figur 6-46 Nauteskreda - utløpslengde

Nauteskredas helling er ikke lavere enn  $18^\circ$ , og det kan derfor ventes at store skred vil gå rett i sjøen. Sammenliknet med de nedlagte trærne på overdekningen over rørtunnelen, virker resultatet sannsynlig. Mindre skred vil antagelig stanse noe før tiltaket, da oppbremsing på slike skred starter ved  $25^\circ$  og hellingen i terrenget den siste biten før tiltaket ligger i snitt på  $19^\circ$ .



Figur 6-47 Nauteskreda - energilinje

Energilinjemodellen gir en hastighetshøyde på 1,4 m i terrenget over overbygget. Dette gir en skredhastighet på 5,2 m/s og en nødvendig vollhøyde på 0,6 m. Resultatet blir feilaktig siden helningen på utløpsområdet er omtrent like bratt som energilinjen.

***g) Forslag til forbedringer***

Nauteskreda er ett tiltak som ser ut til å fungere svært godt i sin nåværende form.

### 6.5.3. Ramsteina



Figur 6-48 Ramsteina

#### *a) Bakgrunn og grunnlag for sikring*

Ramskreda er en svært bratt skredbane, og er hyppig utsatt for snøskred. Utløsningsområdet befinner seg omtrent 1200 moh, og har en utpreget skålform. Skålformen er svært markert

med relativt jevn helning omtrent fram til kote 250 der skålformen slutter og skredbanen går utfor ett svært bratt svaberg. Dette svaberget fører til at Ramsteina er hyppig utsatt for mindre snøskred og isras. Snø kan feste seg i sidene, men glir fort ut fordi friksjonen er lav.

Ramsteina ble sikret med ett 180 m langt overbygg allerede i 1972. Det ble konstruert med støttevegg på terrengsiden, og søyler med store lysåpninger på luftsiden. (NGI, 1986) Ramsteinas utløpsområde består blant annet av en grunn skredvifte nord i fjorden. På denne skredvifta ligger det store blokker som blant annet har blitt fraktet dit med snøskred på 60-tallet. Disse blokkene var en av årsakene til at overbyggets mest hensiktsmessige plassering ble noe feilvurdert. (Frækaland: pers. kom) Omtrent annet hvert år etter at overbygget stod ferdig, ble vegen fortsatt sperret av skredmasser på sørsiden. Det er kun registrert sperringer på den søndre enden av overbygget, og sperringene var som oftest 10 til 20 m lange. (NGI, 1986)

Informasjon og grunnlag for sikringstiltaket i Ramsteina er hentet fra Rassikringsplan for Region Vest fra 1997, planer og rapporter fra NGI, geoteknisk rapport laget av GeoVest-Haugland i 2001 og HMS-plan fra Statens vegvesen i 2005. I tillegg er erfaringer fra befaringsbrukt i vurderingen av tiltaket.

### ***b) Plan***

De hyppige vegsperringene på den sørlige enden førte til at planer for utbedring av overbygget ble lagt i 1986. Planene gikk ut å bygge en 20 m lang ledevoll ytterst på den søndre delen av overbyggets tak. Høyden ble dimensjonert til ett minimum på 3 m, og med en jevnt stigende helling mot terrenget på 1:10. Det ble da anbefalt å føre ledevollen så langt ut på taket som praktisk mulig. (NGI, 1986)

Massene til overbygget ble planlagt tatt fra terrenget ca. 30 m lenger nord for sørenden. Her var det en naturlig rygg som antagelig tok opp viktig plass for oppsamling av snø. Det ble derfor antatt at det ble bedre avlagringsplass til skredsnø dersom denne ble fjernet. (NGI, 1986)

GeoVest-Haugland gjorde grunnundersøkelser ved Ramsteina i 2001. Undersøkelsene ble da gjennomført med hensyn på at overbygget var ønsket forlenget mot sør, i tillegg til at en ledevoll skulle bygges over taket i søndre ende. I forbindelse med utbedringen var det også planlagt en tilkomstveg. (GeoVest - Haugland AS, 2001)

Den geotekniske rapporten anbefalte at ledevollen fikk en maksimal helling på 1:1,5, da løsmassene så ut til å inneholde mye sand. Samtidig ble det åpnet for at hellingen kunne økes dersom massene viste seg å være mer steinrike enn antatt ved de geotekniske undersøkelsene. (GeoVest - Haugland AS, 2001)

I HMS-planen for 2005 kommer det fram at 86 m av overbygget skal rives og bygges opp igjen med samme lengde. I tillegg skal en ledevoll bygges på taket ved sørenden. (Statens vegvesen, 2005)



*c) Beskrivelse av tiltak*

Overbygget ved Ramsteina har i utgangspunktet en noe uvanlig utforming i forhold til det som har vært normen for overbygg i Norge. Overbygget er konstruert med søyler på luftsiden, og en støttemur på terrengsiden. Støttemuren er fundamentert på fjell omtrent 1 til 1,5 m over vegnivå. Taket er derfor støttet opp av søyler som er plassert inntil vegbanen på terrengsiden. Dette er vist i figur 6-48 **Error! Reference source not found.** og figur 6-49

Terrengformasjonen på luftsiden av overbygget er flatt, noe som fører til at store mengder skred masser blir avlagret der. Overbygget store lysåpninger ut mot fjorden skapte tidligere store problemer i form av skredsnøen enkelt falt inn og ned på vegbanen. For å hindre dette ble det satt opp ett tregitter i lysåpningene på den utbedrete delen av tiltaket i 2005.

Ved Ramsteina er det vanskelig å fange opp vannføringen i ett løp. Vannet blir derfor ført under tiltaket og videre under vegen via stikkrenner. Figur 6-49 viser stikkrennenes utløp fra terrenget og inn ved terrengsiden av overbygget. Videre blir vannet drenert i stikkrenner under vegen og ut i sjøen.



Figur 6-49 Ramsteina – Drenering under overbygget

Ramsteinas tilkomstveg er bygd fra den søndre enden, opp på overbygget på undersiden av vollen. Antagelig vil det være nødvendig med noe utgraving av vollen dersom store maskiner skal inn til taket over overbygget.

**d) Skredhendelser i ettertid**

Ved befaring i mai 2012 var det store mengder skredmasser avlagret på taket og på terrenget ved fjordsiden av tiltaket. Over vinteren 2012 har ett skred skvulpet over ledevollen og ført til stenging av veggen.



Figur 6-50 Ramsteina - Avlagrede skredmasser

**e) Tiltakets tilstand i 2012**

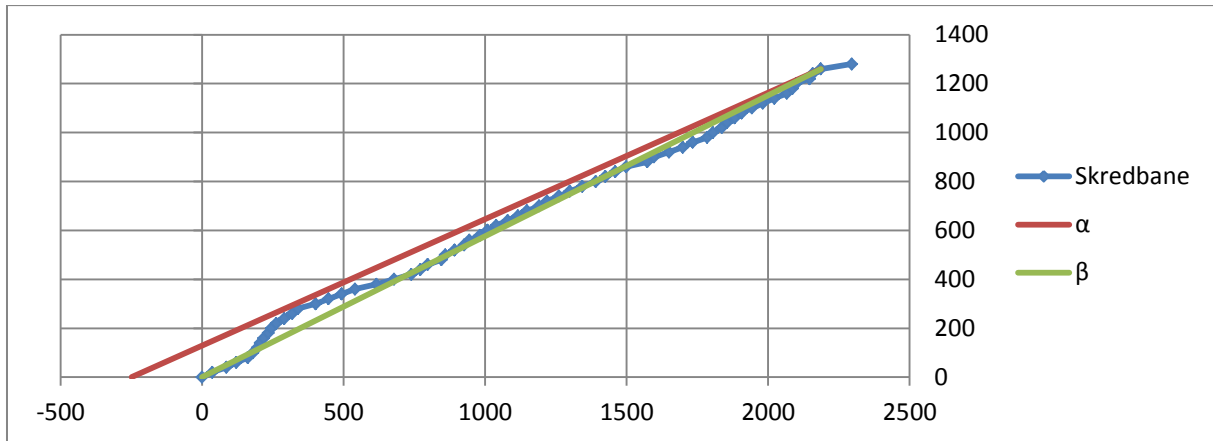
Første del av tilkomstveien er preget av mye småstein som har rast fra skråningen over. Skråningen består av eldre skredmasser, hvor det er vanlig at de groveste materialene legger seg øverst, og de fastere og finere materialene nederst. Dette fører derfor til at skråningen har noen mindre utglidninger, da sammensetningen av grove masser antagelig ikke er godt nok for at stabiliteten blir god.

Inne i tunnelen var det noen mindre lekkasjer i ett par av skjøtene mellom hver søyleseksjon. Dette gjelder der mengden skredmasser er størst. Risikoen er at det dannes islag på vegdekket inne i overbygget når vegene vanligvis er bare.

**f) Vurdering av sikringseffekt**

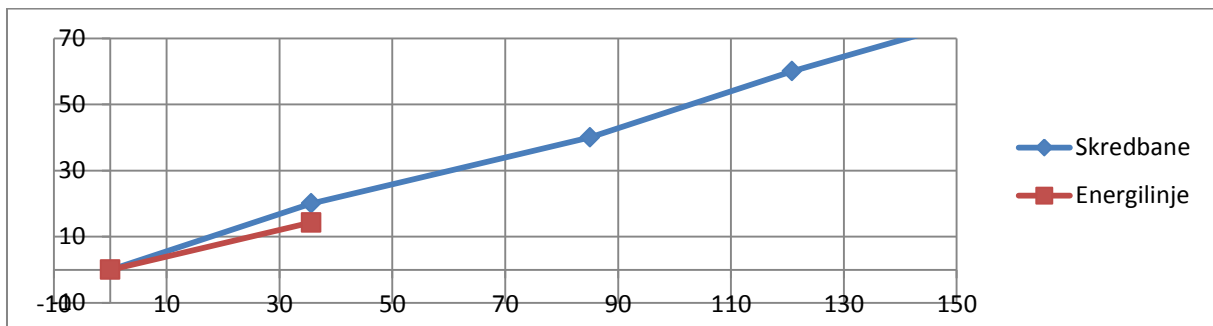
Ramsteina er registrert med 12 vegsperringer mellom 1975 og 1995. (Statens vegvesen, 1997) Det er ikke flere kjente registreringer før tiltaket ble forbedret. I vinter er det kjent at snøskred har skvulpet over og sperret vegen en gang. Dette gir en sikringseffekt på 92 %,

som foreløpig er godkjent etter kravet for overbygg. (Hammersland, Evaluering av rassikringstiltak - Intern rapport nr. 2205, 2001) Det er i midlertidig ikke lenge siden utbedringene av Ramsteina ble gjort, sikringseffekten kan derfor gi ett noe unøyaktig bilde av situasjonen.



Figur 6-51 Ramsteina - utløpslengde

Det er forsøkt å gjøre en beregning av utløpslengden i Ramsteina. Skredbanen er i midlertidig ikke optimal for beregningene, og den gjennomsnittlige hellingen svakere enn store deler av skredbanen. Årsaken er at området rundt kote 400, der skredbanen slaker noe ut, før den igjen blir brattere.



Figur 6-52 Ramsteina - energilinje

Figur 6-52 viser at energilinjen har slakere helling enn skredutløpet. I praksis kan dette bety at bruk av den forenklede energimodellen ikke fungerer for utløpsområdet ved Ramsteina, fordi hellingen er brattere enn optimale skredbaner.

### ***g) Forslag til forbedring***

På tross av plankegitteret i lysåpningene mellom søylene, er det fortsatt en tendens i at skredmasser kan bli presset inn. Særlig når det ligger store mengder snømasser utenfor. Dårlige lysforhold på vinteren gjør i tillegg at sikten blir svært dårlig og at det blir vanskelig å vurdere forholdene i vegen. Det er ikke anlagt lys i overbygget.

Ellers ser overbygget foreløpig ut til å ha god effekt etter at utbedringene ble utført i 2005.

#### 6.5.4. Breiskreda



Figur 6-53 Breiskreda

##### *a) Bakgrunn og grunnlag for sikring*

Skredbanen i Breiskreda er jevnt over bratt, med helning opp til  $42^\circ$  og ikke slakere enn  $23^\circ$ . Utløsningsområdet er preget av mindre forsenkninger som kan lagre mye snø. Skredløpet har derimot mindre markerte forsenkninger i terrenget, før skredløpet blir ledet over ett svært bratt svaberg og ned mot fjorden. I utløpsområdet er det en gammel rasvifte som sørger for å spre skredmassene ytterligere. Skredet kan derfor gå bredt, og som oftest har vegen blitt stengt i en lengde på 100-150m. (Statens vegvesen, 1994)

I rassikringsplanen fra 1997 er Breiskreda registrert med 30 vegsperringer på grunn av snøskred i perioden mellom 1975 og 1995. Breiskreda er merket med høy prioritet, og forslag for omlegging av veg og bygging av overbygg. (Statens vegvesen, 1997)

Informasjon om Breiskreda er hentet fra planer laget av Statens vegvesen, rapporter fra Dr. ing Harald Norem A/S, samt rassikringsplanen fra 1997 og erfaring fra befarung i samarbeid med Statens vegvesen.

##### *b) Plan*

Breiskreda fikk høy prioritering i Rassikringsplanen fra 1997, med ett forslag om å legge om vegen og bygge overbygg som ett tiltak mot snøskred. (Statens vegvesen, 1997)

Det ble også vurdert å legge vegen ut på fylling i sjø, samt bygge ledevoll og utarbeide terrenget i skredvifta i utløpsområdet. Ledevollen skulle da lede skredmassene parallelt med vegen mot sør, samt at nordre del av skredvifta skulle sikres med en bred grøft. Kostnadene for ett slikt tiltak var vesentlig billigere enn for bygging av overbygg. (Norem, S981 Rv 13 Dragsvik - Vetlefjorden. Notat etter befarings 15. november 2001 om skredsikring av Breiskreda, 2001)

Det ble i midlertidig konkludert med at snøskred ville sperre vegen minst en gang i løpet av en vinter dersom det ble bygget ledevoll. Årsaken var at skredaktiviteten i Breiskreda var for stor, og at det derfor kunne ventes at ledevollens magasin ville blitt fylt opp i løpet av vinteren. Det ble også antatt at ett skred av svært stor størrelse ville gå over sikringstiltaket uansett. (Norem, S981 Rv 13 Dragsvik - Vetlefjorden. Notat etter befarings 15. november 2001 om skredsikring av Breiskreda, 2001)

Overbygget ble derfor ytterligere planlagt bygd med en effektiv lengde på 142 m, samt at nordsiden av skredvifta ble sikret med en 10 m bred grøft. Tilpasning av terreng og bygging av ledevoller ble også planlagt for å lede snøskredene mot overbygget. Høyden på ledevollene over overbygget ble dimensjonert med 3 m, og overbyggets lengde måtte tilpasses bredden på vollfoten slik at den effektive lengden på 142 m ble beholdt. (Norem, S981 Rv 13 Dragsvik - Vetlefjorden. Notat etter befarings 15. november 2001 om skredsikring av Breiskreda, 2001)

Breiskreda ble dimensjonert med en rørtunnel på 200 m. Vollene opptar omtrent 30 m av overbygget på hver ende og er omtrent 100 m lange. Dette gir en avlagringskapasitet på 130 m bredde på taket av overbygget.

Grunnundersøkelser ble utført i 1999 i forbindelse med planlegging av sikringstiltaket. Materialene i skredområdet ble da vurdert som telefrie og lite telefarlige masser, og at de derfor ville egne seg god som tilbakefyllmasser. Samtidig fantes det materiale nær fjelloverflaten, som ble antatt at det kunne være finstoffholdig. Det ble også påpekt at massene som skal legges rundt hele røret måtte være telefrie. Til sist ble det konkludert med at det ville være gunstig å legge vegen lavere i terrenget, og røret lenger inn i fjellsiden enn daværende veg. (Statens vegvesen, 1999)

### ***c) Beskrivelse av tiltak***

Breiskreda er en betongrørtunnel, med overdekning på minst 2,5 m. Ledevollene er 3 m høye, og blir ført nesten ned til fjorden. Terrenget over rørtunnelen er utformet med relativt slak helning, men går over i en brattere kant ned mot sjøen. Søndre ledevoll og terrengets form kan sees i figur 6-54. Massene i det øverste laget på overdekningen er steinrike, for bedre bestandighet mot erosjon.



Figur 6-54 Breiskreda – terrenget over overbygget har en knekk ned mot fjorden

Ett bekkeløp blir ført over taket via en steinplastret kanal. Figur 6-55 viser at bekkeløpet er senket noe ned, samtidig som lave voller er bygget langs med kanalen. Kanalen er bygget bred, slik at det skal være nok kapasitet ved perioder der det er mye nedbør, eller det kommer mye smeltevann fra gamle snøskred eller fra fjellet.

Skråningene fra toppen av vollen og ned på veggen er bratte, men sikret mot utglidninger ved å legge ett lag med større stein ytterst. Videre er skråningen bak fjellskjæringen ved nordre del av veggen murt for å hindre mindre utglidninger. Inngangene til overbygget er sikret med rekkverk.

Trafikantene har god sikt fra begge kjøreretningene inn mot rørtunnelen. Det er også lagt opp lys innvendig, slik at overgangen mellom lyst og mørkt ikke blir for stor.

Det er anlagt tilkomstveg inn til taket via fjordsiden av veggen på nordenden av rørtunnelen. Det kan være nødvendig å grave bort deler av enden på ledevollen, slik at større maskiner kan komme inn i tiltaket.



Figur 6-55 Breiskreda - steinplastret bekkeløp

#### *d) Skredhendelser i ettertid*

Ved befaring i februar lå det store mengder skredmasser over tiltaket. Figur 6-56 viser at skredet har stanset på terrenget på overbygget, samt at mindre armer av skredet har gått ned til fjorden. Bekkeløpet er helt tildekket av skredmasser. Det virket likevel å være god plass til skredmasser for nye skred. Det er ikke kjent om Breiskreda har hatt vegsperringer etter at tiltaket ble bygd.



Figur 6-56 Breiskreda - februar

Ved befaring i mai lå det fortsatt en god del skredmasser øverst i terrengtiltaket. I området rett over betongrørtunnelen var det stort sett bart, men det lå det igjen en del spredt stein av forskjellig størrelse. Sammenlignet med andre tiltak var mengden stein relativt lite, noe som kan tyde på at skredene har svak erosjon i skredløpet. Det har begynt å vokse skog i den bratteste delen ytterst mot fjorden. Antagelig fordi skredet stort sett stopper noen meter lenger opp. Det var også vekst av trær på vollene, noe som kan tyde på at skredene sjeldent fyller opp tiltaket helt.

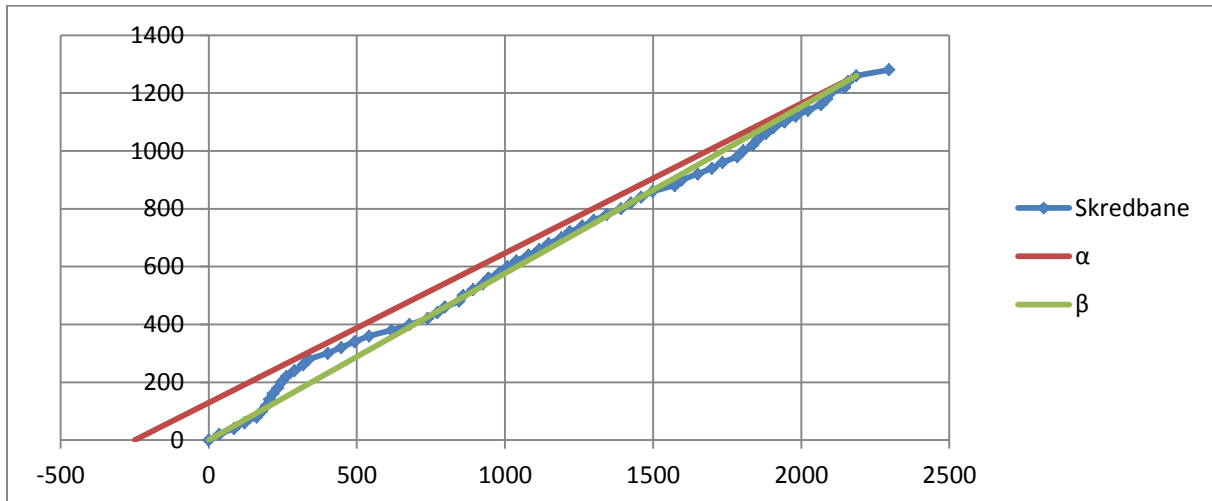
#### *e) Tiltakets tilstand i 2012*

Tiltaket virket å være i god stand ved befaring. Det var ingen tegn til erosjon i overdekningen eller i vollene. Tvert i mot er det tilvekst av vegetasjon i form av mose, gress og trær på de steinrike massene. Skredene kan ha dratt med seg fine materialer fra skredløpet, og avlagret det på taket og på den måten gitt gode vekstvilkår.

#### *f) Vurdering av sikringseffekt*

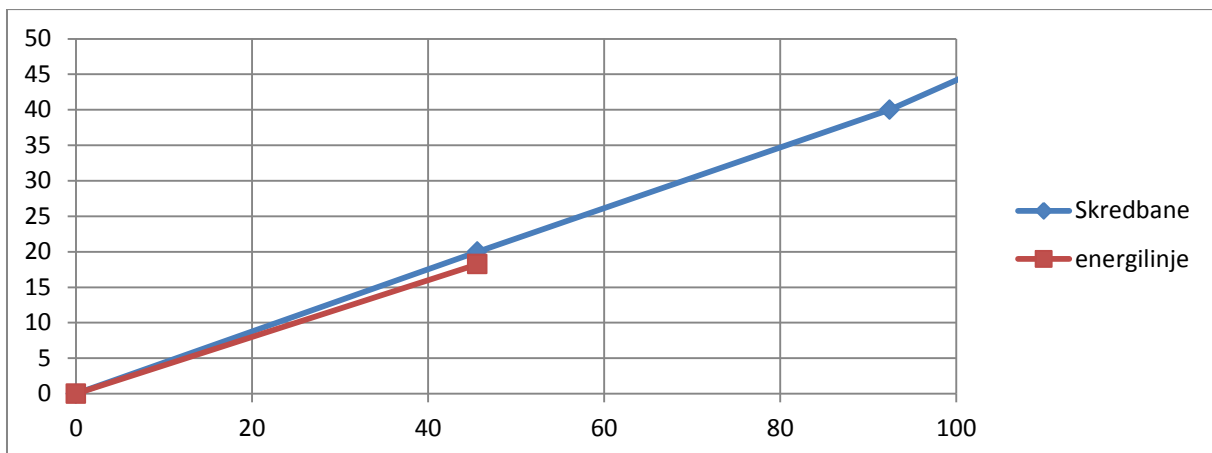
Før tiltaket ble bygd var det registrert 30 stenginger i årene mellom 1977 og 1995. (Statens vegvesen, 1997) Det ble også registrert vegsperring på grunn av snøskred i mars 2002. (Statens vegvesen, 2012) Tiltaket stod ferdig sommeren 2002, og det har ikke blitt registrert vegsperringer etter dette. Tiltaket får derfor en sikringsprosent på 100 %.





Figur 6-57 Breiskreda - utløpslengde

Figur 6-57 viser at skredbanen ikke har ett  $10^0$ -punkt, og  $\beta$  – linjen er ført ned til fjordkanten. Figuren viser i midlertidig at linjen krysser skredbanen. Dette skjer som følger av at  $\beta$ -vinkelen ikke får riktig utløpspunkt, og at den derfor blir svakere enn hellingen ved visse deler av skredbanen. Skredbanens helling tyder på at store skred går rett i sjøen. Dette stemmer overens med erfaring fra virkeligheten.



Figur 6-58 Breiskreda - energilinje

Figur 6-58 viser at energilinjen er svakere enn skredbanens helling. Det vil ikke være mulig å bruke den forenklede energilinjemodellen til å finne skredets hastighet eller energihøyde.

### ***g) Forslag til forbedring***

Breiskreda ser ut til å fungere godt mot sitt formål. Det er ingenting å utsette på tiltaket.

## 6.6. RV615

Forholdene langs Rv615 kan også bli farlige. De fleste utløsningsområdene ligger ikke nødvendigvis i le mot vær og vind, men skredbanene er generelt svært bratte. Det er en tendens at skredene løsner ved mye regn og vind, og vegstrekningen er ofte svært utsatt for sørpeskred.

Alle de fire aktuelle skredbanene ved RV615 ble nevnt i rassikringsplanen for region Vest i både 1997 og 2006.

Befaringer ble utført 22.februar 2012 og 9. mai 2012, sammen med Svein Helge Frækaland.

### 6.6.1. Storesvora



Figur 6-59 Storesvora

#### *a) Bakgrunn og grunnlag for sikring*

Storesvora er en skredbane hvor det kan gå relativt store snøskred. I tillegg hender det også at det går både sørpeskred og flomskred. Utløpsområdet befinner seg omlag 700 til 1100 moh og er ofte mest utsatt ved regnvær og vind fra sørvest, sør eller øst. Utløsningsområdet blir betegnet som generelt ustabil, men kun enkelte skred går helt ned til vegen i løpet av en vinter. Omtrent 300 m sør for Storesvora går det også ett mindre bekkeløp. Her har det til tider hendt at det har gått skred. (NGI, 1992)

Skredløpet følger ett elveløp, som opprinnelig gikk over en skredvifte i utløpsområdet. Elva fortsatte så videre gjennom en kulvert under vegen. Vanligvis har skredene fulgt elveløpet

nedover skredvifta, men kunne også bre seg utover hele vifta dersom skredet var stort nok. I 1979 ble det registrert ett svært stort skred som sperret vegen over en lengde på 420 m, men i de fleste tilfeller har de største skredene hatt en sperrelengde på 100 m nord for elven. Ved ett tilfelle ble vegen sperret i 150 m lengde og med en skredtykkelse på 8 m på det høyeste. Dette skredet gjorde store skader på kulverten. (NGI, 1992)

Storesvora er nevnt både i rassikringsplanen fra 1997 og fra 2006. I 1997 var Storesvora registrert med 40 vegstenginger i perioden mellom 1975 og 1995. Den var da merket med høy prioritet og forslag om bygging av ledevoll og kulvert. (Statens vegvesen, 1997) I rassikringsrapporten fra 2006 er Storesvora merket med en stengingsfrekvens på 10 per år, som vanligvis er forårsaket av tørrsnøskred eller sørpeskred. Det er også notert at sperrelengden kan bli rundt 250 m.

Informasjon om tiltaket er hentet fra planer lagt av NGI, planer og registreringer fra Statens vegvesen, samt erfaring fra befaring i samarbeid med Statens vegvesen.

### ***b) Plan***

Planforslag om å bygge ledevoll i Storesvora ble allerede lagt i 1992. Ønsket var å lede skredene parallelt med vegen mot sør. Lengden på vollen ble dimensjonert til 340 m. Det ble påpekt i forslaget at avbøyningsvinkelen mellom skredet og ledevollen ikke burde være større enn 25°. Det ble bestemt at ledevollen burde starte ved kote 100 og føres ned til kote 20 omtrent 200 m sør for elven. Det var da meningen at elven skulle passere gjennom vollen ved kote 85. Det var antatt at skredene fortsatt kunne ha forholdsvis god hastighet nederst ved vollen. Derfor ble det også planlagt en fangvoll på 20 m i enden. For å øke bredden på magasinet ble det forslått utgravninger langs med kanten til magasinet i lik lengde som ledevollen. (NGI, 1992)

I plantegninger fra 2006 ble vollen planlagt med lengde på 470 m. Nordenden av ledevollen ble flyttet noe mot nord, slik at vollen fikk bedre sammenheng med en naturlig voll i terrenget. Fangvollen som var foreslått i planene fra 1992 ble fjernet. I stedet ble det valgt å krumme sørenden mot øst. Stikkrenner ble planlagt ført gjennom vollen omtrentlig ved kote 55 og 18. Elva ble ført igjennom vollen ved kote 75, via en åpning i vollen. Tilkomstvegen ble planlagt med inngang til magasinet i sør. Planen for skjæringene ble beholdt, med noe større utgravninger i sør i forbindelse med tilkomstvegen. (Statens vegvesen, 2006)

Geotekniske undersøkelser ble utført i Storesvora i 2008. Disse viste at terrengvifta bestod av faste eller svært faste og steinrike masser. Det ble også påvist en del grus. Grunnforholdene ble funnet og konkludert som stabile og med god bæreevne. (Geovest-Haugland, 2008)

Det ble også anbefalt at vollskråningene mot vegen ikke ble bygd brattere enn 1:1,5 uten at de ble forstøttet. Samtidig ble det ansett som greit at skredsiden av vollen hadde helling lik 1:1,25, da små utglidninger på skredsiden ikke ville utgjøre en fare for vegen og trafikanter.

Det ble i midlertidig påpekt at det var viktig å bruke masser som er stabile i skråninger. (Geovest-Haugland, 2008)

*c) Beskrivelse av ferdig tiltak*

Terrengtiltaket i Storesvora stod ferdig i 2008. Ledevollen er omtrent 470 til 500 m lang, og har en høyde over terrenget fra 8 til 10 m. Over elva er høyden på vollen omtrent 15 m over stikkrennene på skredsiden. Massene som har blitt brukt for å bygge opp vollen er tatt fra utgraving av magasinet.

Ledevollen avviker noe fra planen ved at elveløpet er ført igjennom vollen via to stikkrenner med  $\varnothing$  1500 mm. Dette ble funnet mer fornuftig da skred kunne risikere å presse seg igjennom åpningen og komme ned på vegen. Dersom det går sørpeskred vil denne delen av vollen være utsatt fordi sørpeskredene sannsynligvis vil gå rett frem og presse på inn gjennom stikkrennene. Vollveggen rundt stikkrennene er derfor rettet opp for å hindre at sørpeskredene bli kastet eller glir over vollen. Veggen er også plastret og murt med naturstein for å hindre eventuell erosjon og utglidninger. Foran stikkrennene på skredsiden er det gravd ut en synk/dagmagasin som også er steinplastret. På nedsiden av vollen blir elveløpet ført via en steinlagt renne ned under vegen via en kulvert. Figur 6-62 viser elveløpet sett fra vegen, og figur 6-60 viser hvordan leddevollen er bygd opp på skredsiden rundt stikkrennenes inntak.

Elveløpet føres inn i tiltaket og ned til stikkrennene via en forsenkning i terrenget, som også er belagt med stein. Ved dagmagasinet/synken fortsetter dette løpet videre ned mot sørenden av magasinet der reservestikkrennene er lagt. Her kommer det også inn ett mindre bekkeløp, hvor det av og til kan komme skred. Bekkeløpet er derfor plastret med stein, og vannet blir også her ført igjennom vollen via to stikkrenner. Løpet fra vollen og ned til vegen er plastret med stein for å sikre mot erosjon og utglidninger. Figur 6-61 viser hovedvannløp og reserveløp fra det søndre magasinet og ned på veg. Alle stikkrennene er dimensjonert med  $\varnothing$  1500 mm, slik at løpene får bedre kapasitet mot sørpeskred og flomsituasjoner.



Figur 6-60 Storesvora - inntaket til elveløpet i vollen

Figur 6-59 viser at magasinet ligger dypt i sørenden, men en del av enden er tilpasset slik at det er mulig å kjøre ned med anleggsmaskiner.



Figur 6-61 Storesvora – stikkrenner fra sørenden



Figur 6-62 Storesvora - elveløpet sett fra vegen

*d) Skredhendelser i ettertid*

I 2011 gikk det ett stort snøskred ned i Storesvora, som førte til sperring av vegen. Figur 6-63 viser at vegen ble sperret ett godt stykke sør ved vollen. Det er også tegn til mindre skredarmer som har kommet seg over vollen noe lenger opp for elveløpet.



Figur 6-63 Storesvora - snøskred sperrer vegen (foto: Frækaland)

Det er ikke kjent at hendelser lik skredet i 2011 har skjedd i noen av de andre årene etter at tiltaket ble bygd. Mye tyder på at skredene stort sett blir fanget opp av vollen og blir liggende i magasinet.

Ved befaring i februar var det ikke tegn etter snøskred i tiltaket. Ved befaring i starten av mai lå det derimot store mengder snømasser oppe ved elva. Da hadde antagelig en del av snøen også smeltet bort. Mengden masser tydet på at skredet hadde en viss størrelse, og det kan være rimelig å anta at skredet hadde gått i vegen dersom det ikke hadde vært for vollen. (Frækaland: pers. kom)



Figur 6-64 Storesvora - skredmasser har fylt opp tiltaket (foto: Frækaland)

Skredene i Storesvora ser ut til å dra med seg mye jord og stein fra skredløpet, og det er spredt rundt med noen større steinblokker. Det ligger mye nedlagte trær på kantene rundt skredbanen, noe som er naturlig etter store skred. Størrelsen på trærne tyder likevel på at de største skredene ikke går hvert år, slik at skogen får tid til å vokse opp. Ved øvre del av vollen er det også noen nedlagte trær på framsiden av vollen, samt at det ligger noen større steiner på unaturlige plasser. Dette er sannsynligvis spor etter skredet i 2011, og figur 6-64 viser hvor skredet skvulpet over vollen. Vollen har dessuten tegn etter utvasking, antagelig fordi skredet har tatt med seg deler av massene.

**e) Tiltakets tilstand i 2012**

De steinrike massene som er brukt ved bygging av vollen fører til at vollskråningene er motstandsdyktige og holder seg stabile. Ved befaring var det få tegn til utglidninger, på tross av vollens høyde og helling. Det eneste stedet som virket noe ustabil var de siste 50 m av vollen i nordenden. Her var det noen utglidninger av stein, og vollkrona virket ujevn. Sannsynligvis kommer utglidningene fra skredet i 2011. Årsaken til at skredet gikk over vollen ved dette punktet kan være todelt. For det første virket vollskråningen ved dette punktet noe slakere enn andre deler av vollens skredside. Slike ujevnheter kan medføre at skredet lettere glir over. For det andre kan avbøyningsvinkelen og ledevollen være litt for brå, slik at skred med stort volum og fart lettere blir stuvet opp vollveggen og deler av massene skulper over. (Statens vegvesen, 2011)

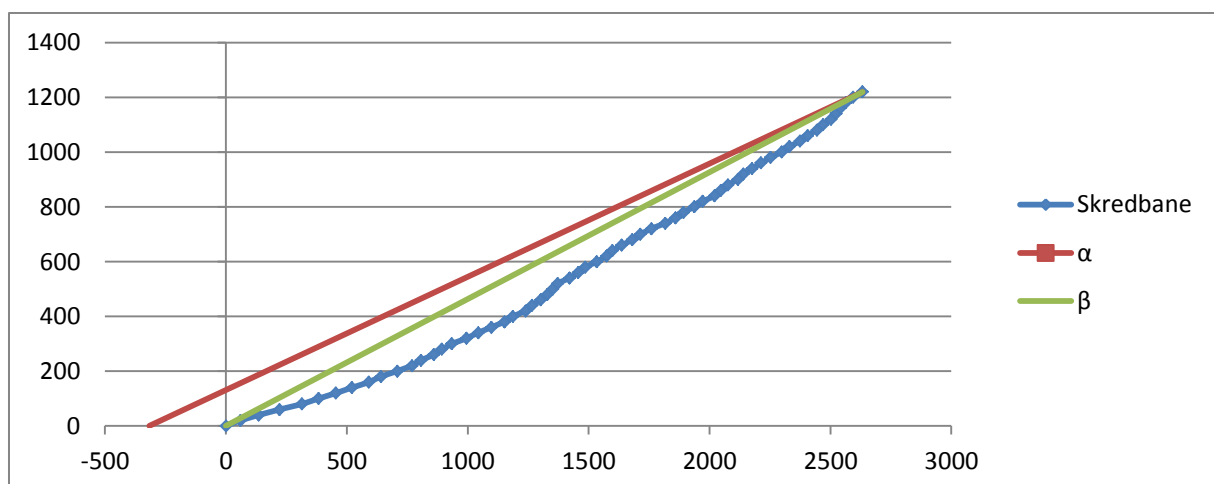
Ettersom skredet også gikk over ledevollen i søndre delen av vollen, kan det være rimelig å anta at vollhøyden langs med vegen er for lav. I tillegg kan det være at vollveggenes helling er for lav, slik at de deler av skredmassene passerer over. (Statens vegvesen, 2011)

Figur 6-64 og figur 6-63 viser at vannet renner fritt gjennom alle stikkrennene på tross av at tiltaket er fylt opp skredmasser. Stikkrennene virker godt gjennomført i forhold til risiko for tetting ved store skred.

**f) Vurdering av sikringseffekt**

Før 2008 ble det registrert hele 40 vegsperringer mellom 1975 og 1995, samt at det var en vegsperring i 1997. (Statens vegvesen, 1997; Statens vegvesen, 2012) Vegsperringene gir da en foreløpig sikringseffekt på 98 %, medberegnet skredet i 2011.

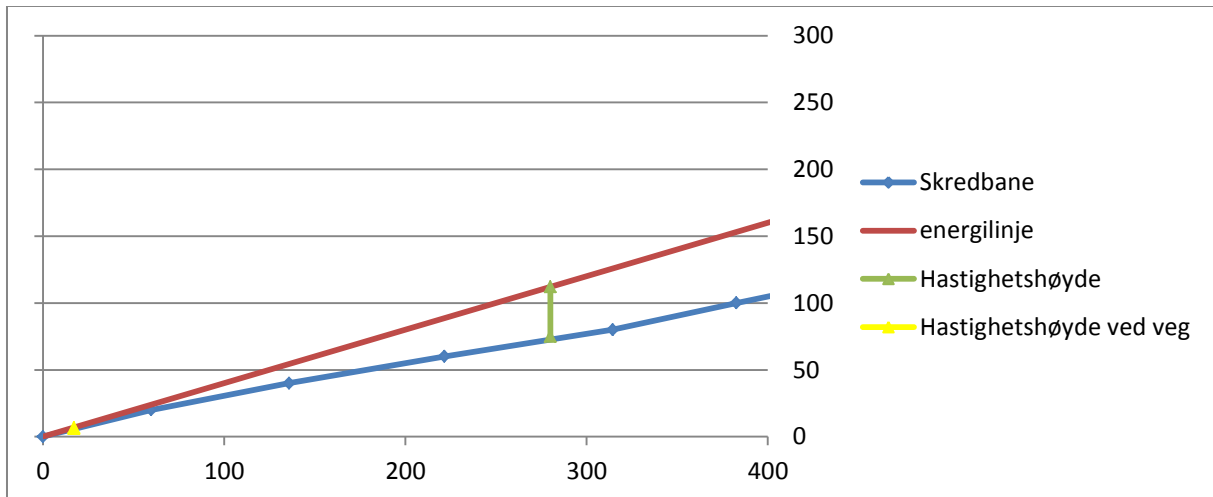
Storesvora er i utgangspunktet for ungt til at en kan si noe om tiltakets sikringseffekt. Sikringstiltaket bør i utgangspunktet observeres i en god del år før en vet noe om effekten av tiltaket. Dette vil skape en bedre balanse mellom forholdene som var før og etter tiltaket, da værforholdene gjerne er varierende over flere vintre.



Figur 6-65 Storesvora -utløpslengde



Koordinatene til skredbanen figur 6-65 er valgt med utgangspunkt i den originale skredbanen. Skredbanen har en helling på omtrent 14 til 15° fra kote 220 og ned til kote 60. Etter kote 60 øker hellingen opp til 18° helt ned til fjorden. B-linjen ble derfor trukket helt ned til fjordkanten. Sammenlignet med virkelige hendelser er dette sannsynlig, da det tidligere er eksempler på at skred har gått ned til fjorden. Sannsynligvis vil vegen ha en viss bremseeffekt på skredet, slik at skredet legger igjen mye masser over vegen.



Figur 6-66 Storesvora - energihøyde

Figur 6-66 viser at energilinjens blir noe svak i forhold til terrengets helling ved vegen. Resultatet blir derfor at punktet ved vegen gir en hastighetshøyde på 0,8 m og en skredhastighet på 4,0 m/s. Nødvendig vollhøyde er beregnet med likning 3-3 fra kapittel 3, og blir 0,34 m med utgangspunkt i avbøyningsvinkel på 15°. Dette er altfor lite hvis en sammenlikner med tidligere registrerte sperredybden på 8,0 m. Fordi vegen ligger generelt lavt i tiltaket, vil samme effekt opptre dersom en bruker energilinjemodellen på den nye skredbanen.

Noe lenger opp i fjellsiden er skråningen litt slakere, som nevnt i avsnittet over. Det ble derfor utført en beregning av nødvendig vollhøyde ved kote 75, som er punktet der elven er ført igjennom ledevollen. Resultatet gav en hastighetshøyde på 37 m over terrenget og en skredhastighet på 26,9 m/s. Dette gav en nødvendig vollhøyde på 15,6 m. Sammenliknet med figur 6-64 kan dette stemme, da bildet viser at skredmasser har skvulpet over like ved stikkrennene.

### g) Forslag til forbedringer

I utgangspunktet ser det ut til at Storesvora fungerer godt. Skredet som gikk vinteren 2011 var uvanlig stort, og det kan være vanskelig å sikre mot slike skred med kun terrengtiltak. Noe kan likevel gjøres for å forhindre at liknende skjer igjen. Eventuelt vil en forbedring i det minste kunne redusere mengden skredmasser som går over tiltaket. Vollens høyde langs med vollen bør økes, slik at vollveggen vil være bedre rustet mot oppstiving av skredmasser.

Det bør også vurderes å jevne ut den ujevne vollkrona på toppen av tiltaket, samt rette opp vollveggen slik at denne får lik helling som resten av vollen.

Det er antagelig ikke nødvendig å forhøye vollen over elveløpet, da massene som gikk over her var små. Det er mest sannsynlig at disse vil stanse lenge før vegen.

### 6.6.2. Seljesvora/Jonsoksvora



Figur 6-67 Seljesvora/Jonsoksvora sett fra sør

#### *a) Bakgrunn og grunnlag for sikring*

Seljesvora går gjerne hvert år, og kommer oftest i form av tørrsnøskred. I likhet med Storesvora blir Seljesvora som oftest utløst ved regn og vind fra sørvest, sør eller vest. Selve skredløpet er svært bratt, med en gjennomsnittlig vinkel på omtrent  $30^\circ$ , og følger ett bekkeløp ned mot fjorden. Det er i midlertidig registrert få vegstenginger ved Seljesvora. (Frækaland: pers. kom)

Omtrent 150 m mot sør ligger Jonsoksvora. Dette er en skredbane som ofte løsner svært sent i sesongen, av og til så sent som ved midtsommer. Skredet i Jonsoksvora kan gjerne gå hvert år, og har tidligere kommet som både som tørrsnøskred, sørpeskred og flomskred.

Jonsoksvoras skredløp er noe brattere enn Seljesvora, med en gjennomsnittlig helning på 33°. (Frækaland: pers. kom)

Både Seljesvora og Jonsoksvora har en tendens til å dele seg i to armer, og skredene kan potensielt stenge vegen ved to områder. På grunn av den korte avstanden mellom de to skredbanene ble det valgt å sikre begge to med samme tiltak.

I rassikringsplanene for region vest fra 1997 er både Seljesvora og Jonsoksvora merket med lav prioritet, og det er foreslått å bygge overbygg som sikringstiltak. På Seljesvora er det registrert 5 vegsperringer på grunn av snøskred mellom 1975 og 1995. Samtidig som det ved Jonsoksvora er registrert 10 sperringer i samme tidsperiode. (Statens vegvesen, 1997) I rassikringsplanene for region vest fra 2006 har Seljesvora blitt merket med middels prioritet. Sperrebredden i utløpet er også registrert med 160 m. Jonsoksvora var fortsatt merket med lav prioritet i rassikringsplanene for 2006. Det var registrert at skredet hadde en sperrebredde på 30 m, og en rasfrekvens på 10 år. For begge skredbanene var anbefalingen om bygging av overbygg endret til bygging av ledevoll og magasin. (Statens vegvesen, 2006)

Informasjon om Seljesvora og Jonsoksvora er hentet fra reguleringsplaner og rassikringsplanen, rapporter om geotekniske undersøkelser fra GeoVest – Haugland, samt erfaring fra befaring i samarbeid med Statens vegvesen.

### ***b) Plan***

Plantegninger fra reguleringsplanen for riksveg 615, viser at vollen ble planlagt som en 320 m lang fangvoll, men med en lengre krumning opp mot nordsiden av Seljesvora. Den nordre enden ble da posisjonert ved kote 75, og 100 m fra Seljesvora. Den søndre enden ble posisjonert ved kote 20, 146 m sør for Seljesvora. Høyden på vollen ble fastsatt minimum 7 m. (Statens vegvesen, 2006)

Det ble prosjektert større utgravninger eller sprengninger for å sikre plass i magasinet. Omtrent 200 m langs med vollen ble det planlagt en større skjæring bak i terrenget. Skjæringer måtte også til for å sikre plass i sørenden til tilkomstveg. (Statens vegvesen, 2006)

Videre ble det planlagt fire punkter for stikkrenner gjennom vollen. Det ble også planlagt å senke bekkeløpene ned i terrenget før de kom til ledevollen, og etter ledevollen. Tilkomstvegen ble plassert ved sørenden, og ble ført rundt opp forbi vollenden og ned i magasinet. (Statens vegvesen, 2006)

Geotekniske undersøkelser ble utført av GeoVest-Haugland i skredområdet i 2008. Den endelige rapporten løsmassenes bæreevne var god, og at grunnbrudd var utelukket. I forhold til fyllingsmassene ble materialene i grunnen funnet for dårlige til at en fylling med helling på 1:1,5 kunne holdes stabil. Det ble derfor foreslått å sortere massene slik at løse masser kunne legges sentralt i bunnen av vollen, med de steinrike massene ytterst. Resultatene fra de grunnundersøkelsene medførte at GeoVest-Haugland anbefalte at noe av

plangrunnlaget måtte endres. Vollens geometri, slik de opprinnelig var planlagt, ville ikke holde ved bruk av fyllmassene fra skredområdet. (Geovest-Haugland, 2008)

I skredløpet er det opprinnelig mye fjell, og det ble derfor nødvendig å sprengne seg noe inn i fjellet for å få plass til ett magasin og en voll. Det ble også anbefalt at det ble sprengt ut fot for de deler av vollen som ble stående på fjell. (GeoVest - Haugland AS, 2001)

*c) Beskrivelse av tiltak*



Figur 6-68 Seljesvora/Jonsoksvora, sett fra nord

Figur 6-68 viser Seljesvora sett fra nordsiden. Tiltaket er generelt utført med noen mangler. Figur 6-67 viser at vollkrona har ujevnheter i høyden. Vollkrona er også utformet forskjellig i den nordre og den søndre delen, da vollkrona er spiss i nord og flat i sør. Vollen er også utført med forskjellig helling i nord og – sørenden. I sørenden er vollen antagelig brattere enn 1:1,25, og i nord ser vollen ut til å være utført etter anbefalingene til GeoVest – Haugland med helling lik 1:1,5. Det kan derfor være at tiltaket viser seg mer effektivt i sør enn i nord.

I sørenden har magasinet blitt sprengt ut i fjellet. Det kan se ut som om sørenden derfor har mer steinrike masser i vollen enn i nordenden. I nordenden er dybden til fjell større, og materialene kan ha blitt sortert. Hele vollen er bygd opp ved at de fineste massene er lagt lavt i vallsenteret og de steinrike massene ytterst.

Bekkeløpene går fritt i magasinet, og renner ut i de fire stikkrennene. Bekkeløpene er i midlertidig belagt med naturstein fra vollen og ned mot fjorden, slik at vannet ikke skal grave seg inn i vollskråningen mot vegen.

Antagelig er mye av steinen som er brukt i tiltaket eldre erodert stein fra skred, som har fått ligge i fred på skredvifta.

#### ***d) Skredhendelser i ettertid***

Ved befaring i mai lå det skredmasser både ved utgangen av løpet til Seljesvora og Jonsoksvora. Begge skredene går ofte relativt bredt, før de deler seg i to. Begge skredløpene ovenfor tiltakene var preget av rene svaberg eller svaberg med erodert overdekning, og i kantene lå det en mengde nedlagte trær. Figur 6-69 viser at snømassene er helt dekt med jord og torv. Figur 6-70 viser hvordan skredet har erodert i fjellets overdekning og lagt ned trær.

Skredene hadde også brakt med seg noe stein ned i tiltaket, men sammenlignet med andre tiltak var dette relativt lite. Det kan virke som om skredene har en tendens til å ta med seg mer av finere materialer enn stein. Figur 6-71 viser hvordan skred og eventuelt vann har erodert i terrenget ovenfor fangvollen.

Det er ikke registrert vegsperringer ved Seljesvora/Jonsoksvora etter at tiltaket ble bygd i 2008.



Figur 6-69 Seljesvora/Jonsoksvora – Snømassene er dekket med jord og torv



Figur 6-70 Seljesvora/Jonsoksvora – Snøskredet har erodert i overdekningen på svabergene

#### e) *Tiltakets tilstand i 2012*

Vollene har noen tegn til erosjon i nordenden av tiltaket. Årsaken trenger ikke nødvendigvis å være på grunn av skredhendelser. Antagelig er inneholder massene i vollen for mye finstoff, slik at vollen blir følsom for vann.

I vannrenna fra vollen og ned mot vegen, plassert nest ytterst mot sør, går vannet under steinen som renna er dekt med. Det vil derfor være en risiko for at vannet kan grave seg inn i skråningen, særlig ved høy vannføring, og skråningens stabilitet vil være svekket. Vannets evne til å grave seg inn avhenger av hvor hardt vannet renner, mengde vann og andel finstoff i fyllmassene. Vollens fyllmasser er mer steinrikt på sørsiden enn nordsiden, det kan derfor vær at skråningen har bedre bestandighet mot erosjon på sørsiden. Dersom dette hadde skjedd på nordsiden er det sannsynlig å anta at risikoen ville vært større, da det allerede er eksempler på at mindre deler har glidd ut.

Omtrent 120 m fra tiltakets sørende ligger det igjen mye løs sprengstein i magasinet. Figur 6-71 viser hvordan skredsiden på vollen ser ut til å være lagt med løs stein, som ofte glir ut. Figuren viser også hvordan skred og vannføring har erodert i terrenget noe lenger mot nord, og fraktet med jord og stein ned i magasinet. I tillegg er det vist hvordan overflate vann graver seg renner i bunnen av magasinet og blir ført bort til stikkrennene.

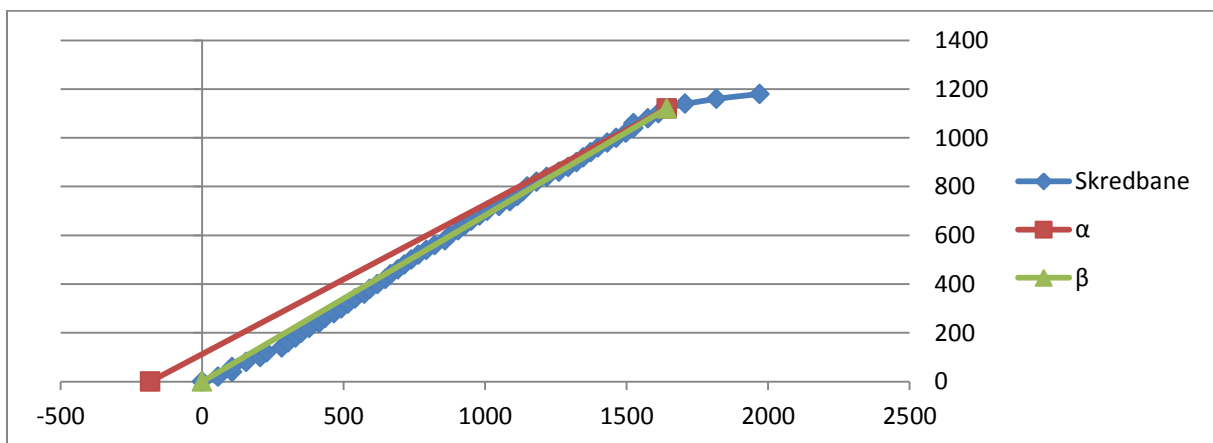
Ved bygging av tiltaket var det store mengder stein som ble sprengt ut. Ikke alt ble brukt til bygging av fangvollen. Denne steinen er samlet opp i store mengder ved både nord – og sørenden, og fører til at tiltaket fortsatt ser ut som en byggeplass fra vegen.



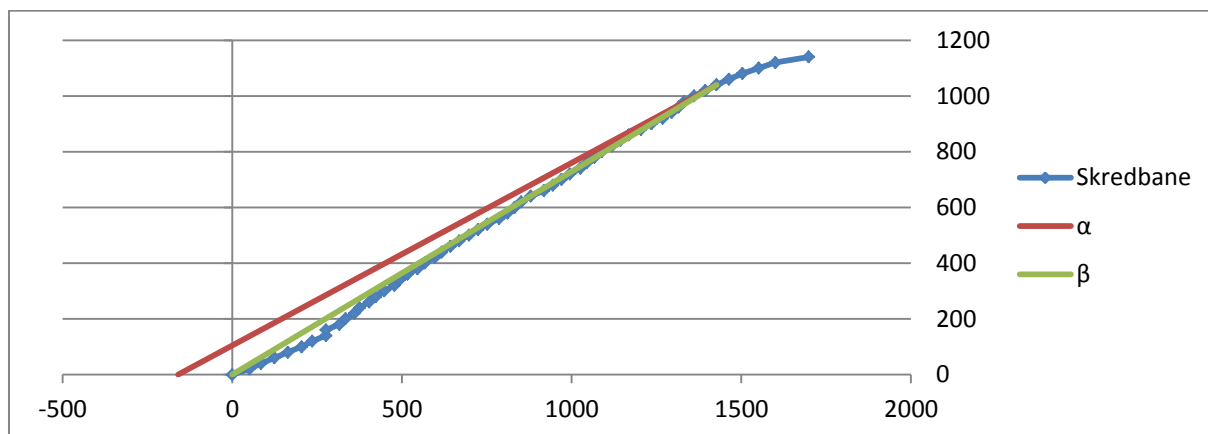
Figur 6-71 Seljesvora/Jonsoksvora – erosjon og vannansamlinger ved midten av tiltaket

### f) Vurdering av sikringseffekt

Det er alt kommentert at tiltaket ble bygd med noen mangler, likevel er det ikke noen skred som har gått over tiltaket. Antagelig ville skredene som lå i tiltaket i mai gått rett i vegen dersom det ikke hadde vært sikret. Samtidig er ledevollen ung, og det har ikke gått nok år til at skredhendelser etter tiltaket kan sammenliknes med skredhendelser før tiltaket. Foreløpig har derfor ledevollen hatt en sikringsprosent på 100 %, med 12 registrerte hendelser fra 1975 til 2005. (Statens vegvesen, 1997; Statens vegvesen, 2012)

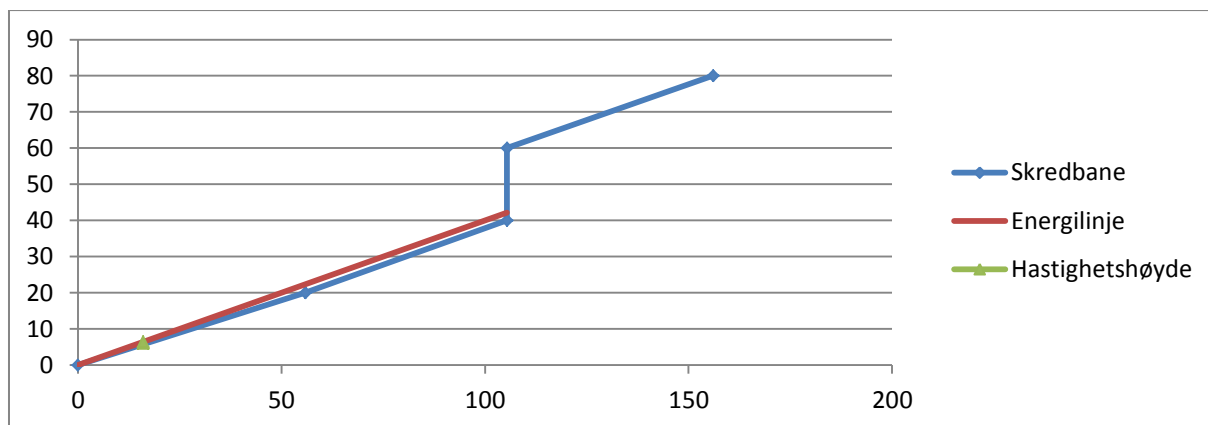


Figur 6-72 Seljesvora, utløpslengde

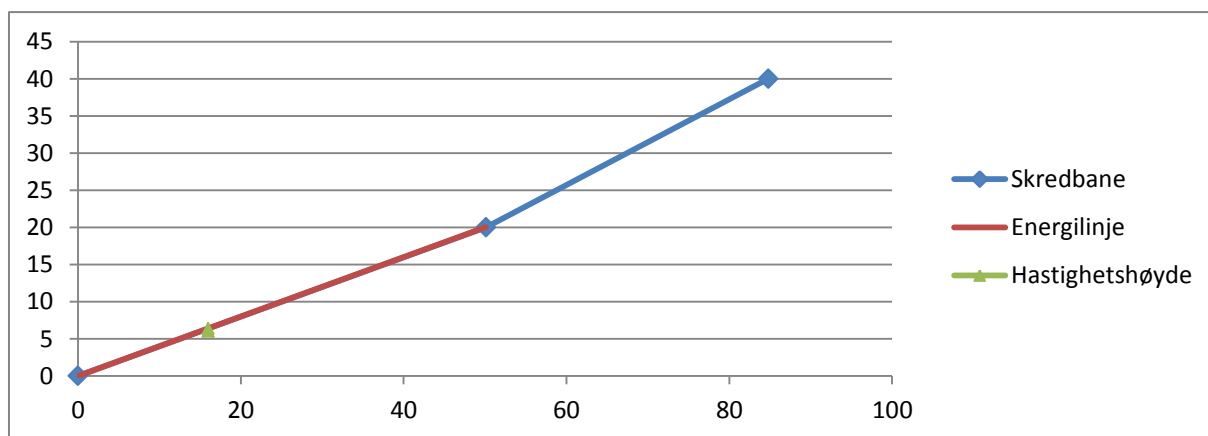


Figur 6-73 Jonsoksvora, utløpslengde

Figur 6-72 og Figur 6-73 viser at det er vanskelig å beregne utløpslengden til både Seljesvora og Jonsoksvora. For begge skredløpene er  $\beta$ -linjen trukket til fjordkanten, da det ikke er ett naturlig  $10^0$ -punkt i løpet. Vegen ligger omtrent 6 moh, og kan bli brukt som  $10^0$ -punkt. Dette ville i midlertidig ikke ha gjort noen forskjell, da utløpslengden like vel ville ha gått ut i fjorden.



Figur 6-74 Seljesvora, energilinje



Figur 6-75 Jonsoksvora, energilinje



Figur 6-74 og figur 6-75 viser forholdet mellom energilinjen og skredløpets helling. Det vil ikke fungere og bruke energilinjemodellen i skredbanene, da hellingen er for bratt. Ingen av skredbanene har ett optimalt utløpspunkt, der store skreds hastighet blir brått redusert. I følge energilinjemodellen vil skredene ha en svært lav hastighetshøyde over veggen. Sammenliknet med virkelige hendelser vet man at dette ikke er tilfellet.

***g) Forslag til forbedringer***

Terrenget ved Seljesvora og Jonsoksvora er så bratt, at det er vanskelig å utvide fangvollen noe mer uten at det går utover plassen i magasinet. Terrenget kan derfor regnes som optimalt utnyttet for terrengtiltak. Tiltaket er dessuten for ungt til at det er mulig å si om tiltaket er effektivt eller ikke. Likevel bør det gjøres en del forbedringer i forhold til hvordan tiltaket ble bygd. For eksempel bør det tas sikte på å utbedre vollen i nord, slik at vollen kan bygges brattere på skredsiden få bedre bestandighet mot erosjon og utglidninger. Det bør kunne være mulig å bruke steinmassene som ligger igjen ved nord – og sørenden. Det kan i midlertidig være at noe arbeid må gjøres for å sortere ut finstoff eller større stein.

### 6.6.3. Blomasvora



Figur 6-76 Blomasvora sett fra nord

#### *a) Bakgrunn og grunnlag for sikring*

Blomasvora er en svært bratt skredbane, der utløsningsområdet er vendt noe mot sør-sørvest. Blomasvora følger vanligvis ett bekkeløp, men kan dele seg i to skredarmer. Terrenget i Blomasvora er forøvrig preget av mye svaberg oppe i fjellsiden, samtidig som utløpsområdet går over en eldre rasvifte.

I grunnlagsmaterialet for rassikringsplanene fra 1997 er det skrevet at skred helst blir utløst ved regnvær og vind fra sørvest, sør eller øst, i en hyppighet på 1 til 2 ganger hvert år. (Statens vegvesen, 1996) I rassikringsplanen er Blomasvora registrert med 25 vegsperringer i perioden mellom 1975 og 1995. Skredbanen er derfor merket med høy sikringsprioritet og en anbefaling om å bygge overbygg. (Statens vegvesen, 1997)

Rassikringsplanen fra 2007 beskriver Blomasvora som en skredbane der det normalt går tørrsnøskred i en hyppighet på 2 ganger per år. Skredene kan potensielt sperre vegen over en lengde på 125 m. Blomasvora er merket med middels prioritet, og med en anbefaling om bygging av ledevoll. (Statens vegvesen, 2006)

Informasjon om Blomasvora er hentet fra reguleringsplaner og rassikringsplaner fra Statens vegvesen, geotekniske rapporter fra GeoVest-Haugland, samt erfaring fra befaring i samarbeid med Statens vegvesen.

### ***b) Plan***

Tilgjengelig plangrunnlag for Blomasvora var plantegninger for vollen fra 2006, samt en geoteknisk rapport utarbeidet av GeoVest – Haugland i 2008.

Plantegningen viser at det planlagte sikringstiltaket er en fangvoll, som ble dimensjonert med en lengde på 220 m parallelt med vegen. Vollen ble posisjonert langs med kote 10, samtidig som endene ble krummet opp til kote 30 i nord og kote 20 i sør. I terrenget opp mot fjellsiden ble det planlagt omfattende utgravinger eller sprenginger, for å bygge plass til magasin og tilkomstveg i sør. Tilkomstvegen ble ført opp bak den søndre enden og ned i magasinet der den ble lagt med en lengde på 140 m langs med vollen.

Omtrent på midten av tiltaket ble det planlagt utgraving bak i en mot den naturlige forsenkingen Blomasvora oftest følger. Bekkeløpet ble planlagt ført inn i tiltaket via en forsenking belagt med naturstein. De to andre bekkeløpene nord og sør for hovedløpet ble planlagt ført inn i tiltaket på samme måte. Bekkeløpene ble så ledet gjennom vollen via stikkrenner, hvor den nordligste ble planlagt med mindre diameter enn de to andre. Det ble også planlagt å legge naturstein i alle de tre vannrennene ned mot vegen.

I følge rapporten fra GeoVest – Haugland var vollen dimensjonert med en maksimal høyde på 8 m foran hovedskredløpet. Her var det også planlagt en fanggrøft med 3 m bredde i bunnen, og laveste punkt ved kote 10. Dybde til fjell varierte mellom 0,6 til 17,1 m over hele området langs vollen, hvorav største dybde var målt i sørenden. Løsmassene ble funnet noe fastere enn massene ved Seljesvora, men fortsatt med noe varierende kvalitet. For det meste bestod massene av steinholdige og grusige masser, med noe innslag av bløtere lag. (GeoVest - Haugland AS, 2001)

Bæreevnen ved Blomasvora ble vurdert som god, og grunnbrudd under vollen ble ansett som utelukket. Rapporten konkluderte også med at vollen burde bygges med helling på 1:1,5, men at massene da måtte sorteres for at minst mulig finstoff ble lagt i de ytterste lagene. Det ble også anbefalt å bygge lav mur ved vollfoten for å hindre mindre utglidninger fra vollen og ned mot vegen. (GeoVest - Haugland AS, 2001)

GeoVest-Haugland anbefalte også å flytte tilkomstveg til nordenden for å sikre stabil, da det var mindre løsmasser i nord enn i sør. Det ble også påpekt at dybde til fjell var større en først

antatt da planene ble lagt. Noen av skjæringene i plantegningen fra 2006 ble derfor noe urealistiske. (GeoVest - Haugland AS, 2001)

*c) Beskrivelse av tiltak*



Figur 6-77 Blomasvora ligger til venstre i bildet (foto: Frækaland)

Terrengtiltaket i Blomasvora ble bygd i 2009, og er forholdsvis godt dimensjonert etter planen. Høyden på vollen varierer mellom 5 til 8 m. Det ble nødvendig å sprengte ut bakover i terrenget for å få plass til magasinet. Sprengsteinen er videre brukt som fyllmasser i vollen, og vollen virker svært stabil. Figur 6-77 viser at det har blitt anlagt tilkomstveg på nordsiden av tiltaket som anbefalt av GeoVest-Haugland. Tilkomstvegen er da lagt i en forlengelse fra tilkomstvegen inn til Seljesvora/Jonsoksvora.

Tiltaket har fire stikkrenner, hvorav alle beskyttet med naturstein både ved innføringen til vollen og fra vollen og ned til sjøen. Inntaket til stikkrennene er lagt i synker midt i magasinet, som vist i figur 6-79. Også i synkene er belagt med naturstein.

De to sydligste rennene er lagt nær hverandre, hvorav den nordligste ligger har inntak noe høyere opp ved vollen og har funksjon som reservestikkrenne. Figur 6-78 viser at vannet fra reserveløpet ledet over til synken ved hovedløpet og ned under vegen.



Figur 6-78 Blomasvora - stikkrenner



Figur 6-79 Blomasvora - inntak til stikkrenne i syd

*d) Skredhendelser i ettertid*

Ved befarung i mai lå skredmasser i tiltaket. Skredmassene var dekket av jord og torv ettersom de tydelig hadde erodert i overdekningen på svabergene ovenfor. Figur 6-79 viser at det også lå en del jordmasser ellers i magasinet, og stikkrenna i syd var blant annet på veg til å fylles opp av jord. Skredmassene hadde også fraktet en god del stein ned til tiltaket.

Skredsporene i terrenget tyder på at skredet deler seg i to armer omtrent 100 m ovenfor tiltaket. Den største armen følger hovedløpet ned mot midten. Svabergene ovenfor så tidvis ut til å være ryddet for jord og torv. I tillegg lå det en god del nedlagte trær langs kantene på skredløpet. Figur 6-80 viser hvordan hovedskredløpet har erodert i den naturlige forsenkningen til bekkeløpet.

Det er forøvrig ikke registrert eller kjent at Blomasvora har sperret vegen etter at fangvollen ble bygd.



Figur 6-80 Blomasvora – Hovedskredløpet har erodert i bekkeløpet

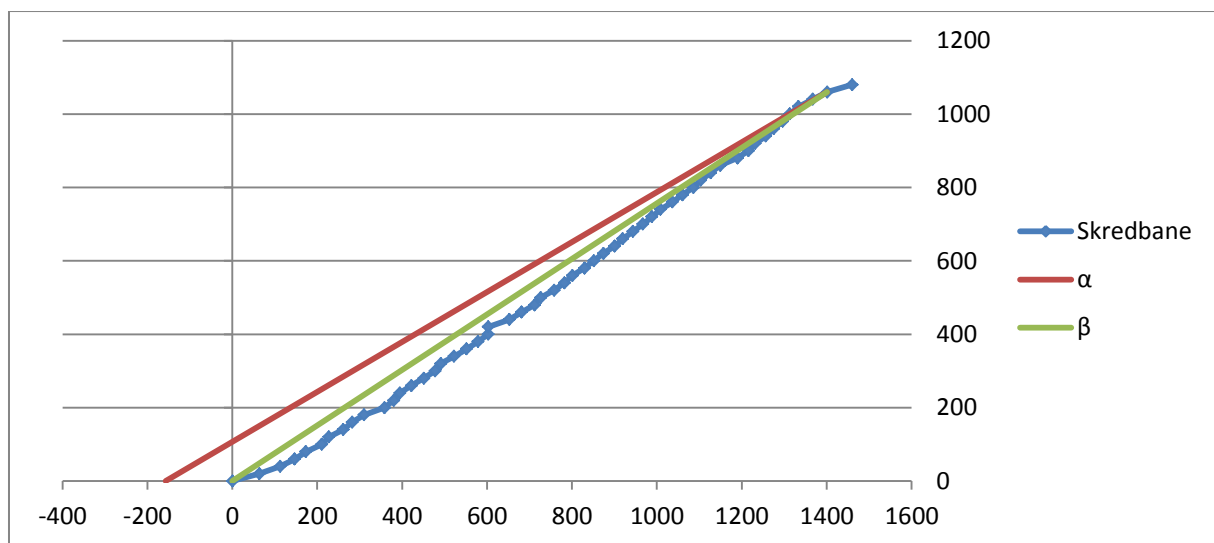
**e) Tiltakets tilstand i 2012**

Bekkeløpet i hovedskredløpet blir ført rett fram og ned i inntaket til stikkrenna via synken, som er plassert midt i magasinet. Det er derfor en risiko at skredet kan tette stikkrenna både med skredsnø og med erosjonsasser. Det er også ett stykke bort til neste stikkrenne, i tillegg til at denne ligger litt høyere i terrenget. Dersom midtre renna går tett, vil det antagelig ta tid før vannet blir drenert bort av andre renner. I vannrenna fra vollen og ned til veggen gikk vannet underlaget med naturstein.

Skredet så ut til å ha fordelt skredmassene relativt godt, med tydelig gradering langs med vollen. Det førte til at den sydligste synken i hovedsak var fylt med jord, og at de andre hadde mer tilkomst av grus og større stein. Skredet som kom ned ved hovedskredløpet så forøvrig ut til å avsette skredmassene mot sør. En del av disse massene hadde blitt fraktet videre med vannet og ned til stikkrennene ved veggen.

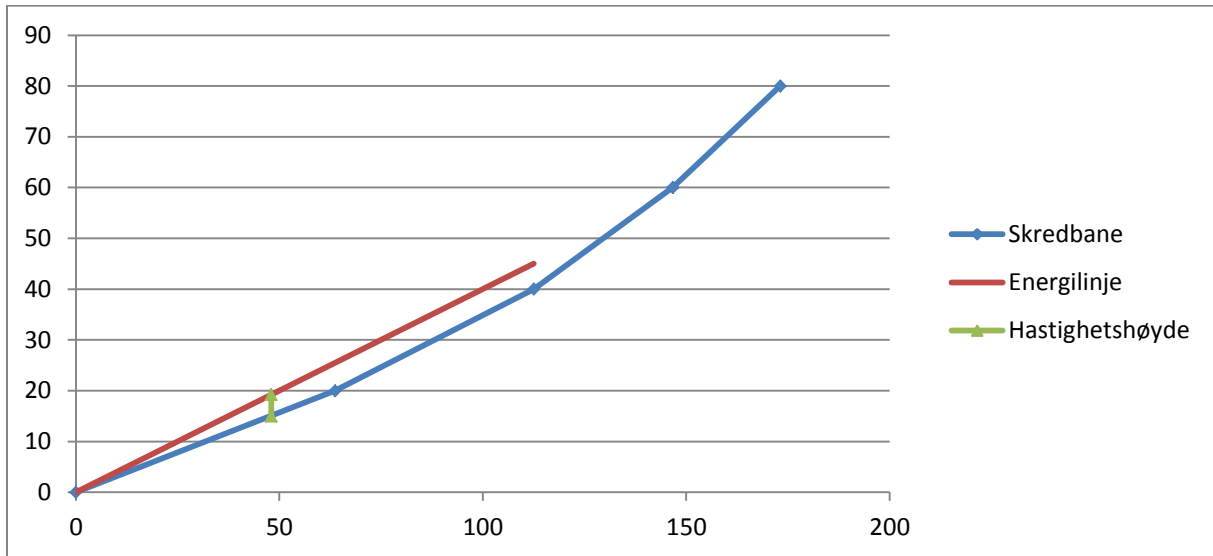
**f) Vurdering av sikringseffekt**

Blomasvora er i likhet med Storesvora og Seljesvora/Jonsoksvora er svært ungt tiltak. Sikringseffekten vil derfor ikke gi ett godt bilde av Blomasvoras funksjon. En foreløpig sikringseffekt er beregnet til 100 %, ut ifra 36 registrerte vegsperringer på grunn av snøskred. Det er sannsynlig at sikringseffekten vil bli redusert etter at det har gått noen år. Årsaken er at vær som er typisk utløsende for store skredvintere kommer i sykler.



Figur 6-81 Blomasvora – utløpsdistanse

Blomasvora er en svært bratt skredbane med en gjennomsnittlig helling på omtrent 32°. Figur 6-81 viser at  $\beta$ -linjen er trukket helt ned til fjordkanten, fordi det ikke finnes ett naturlig 10°-punkt i skredbanen. Den kunne også ha blitt trukket ned til veggen, men siden veggen ligger omtrent 5 moh vil utslaget være svært lite. Dette betyr at skredet vil gå rett ned i fjorden, noe som også er bevist ved eldre tilfeller.



Figur 6-82 Blomasvora – energilinje

Energilinjen er noe svak i forhold til hellingen på skredbanen. Den vil derfor ikke kunne gi riktig bilde av skredets hastighetshøyde ved vegen. Det ble gjort ett forsøk på å beregne hastighetshøyden oppe ved vollen. Omtrent ved kote 15 viste beregningene at skredet ville ha en hastighetshøyde på 4,2 m over terrenget, og en hastighet på 9,1 m/s. Nødvendig høyde på vollen ble derfor 3,4m. Vollhøyde er beregnet utfra likning 3-3 i kapittel 3

### ***g) Forslag til forbedringer***

Det har foreløpig ikke vært noen kritiske skredsituasjoner som kan legges til grunn for å finne svakheter. Likevel kan de hyppige skredene sørge for at mye erosjonsmasser fylles opp i magasinet, og på den måten redusere fangvollens effektive høyde ved punktene med mest masseansamlinger. Dessuten er det en liten risiko ved at ett av inntakene til stikkrennene er plassert rett under hovedløpets inngang til tiltaket. Det kan derfor vurderes å flytte inntaket og stikkrenna noe lenger nord, slik at presset fra skredmassene ikke blir for stort. Årsaken til at det bør flyttes nord, er fordi skredmassene ser ut til å dreie mot sør når skredet treffer vollen. Dersom inntaket flyttes bør det enten anlegges en forsenket vannrenne, eller forme terrenget slik at det får en svak helling mot stikkrenna.

Risikoen for at den midtre stikkrenna går tett kan reduseres ved å flytte renna noe lenger nord fordi skredet ser ut til å legge av mer masser mot sør. Dersom inntaket flyttes bør det også påsees at det anlegges enten en forsenket renne med svak helling, eller at magasinet har en svak helling mot inntaket.



## **7. Kommentarer rundt vurderingen av sikringstiltakene**

### **7.1. Sikringseffekt**

Sikringseffekt for skredsikringstiltak er vanskelig å måle, da det kan ligge mye usikkerhet i informasjon rundt skredhendelser. Flere skred kan for eksempel gå over ett tiltak og sperre vegen, men brøytemannskapene registrerer som regel at vegen har blitt sperret på grunn av ett skred. Årsaken er at det er vanskelig å vurdere ettersom skred oftest blir utløst under dårlig vær. Kvaliteten på registreringene avhenger også av engasjementet til driftspersonell og informanter.

Sikringseffekt kan også være vanskelig å måle fordi vinterklimaet som er utløsende for mange skred, gjerne varierer over flere år. Av den grunn kan det være at det tar lang tid før nyere tiltak blir testet under vanskelige forhold. Behovet for vedlikehold vil også være mindre. For å få ett bedre representativt utvalg bør det stilles bedre krav til antall år med registreringer før og etter tiltaket ble bygd, slik at antallet blir noenlunde jevnt.

Ideelt sett burde sikringseffekt beregnes ut ifra det antallet skred som stoppes av ett aktuelt sikringstiltak mot antallet skred som passerer og sperrer vegen. Dessverre vil en slik beregning være vanskelig å gjennomføre i praksis, fordi det vil kreve en konstant overvåkning av hvert enkelt skred.

### **7.2. Rassikringsplanen**

Det var noe varierende hvor mye informasjon rundt tiltakene som var beskrevet i rassikringsplanene. Sikringsplanen for Sogn og Fjordane fra 2006 var svært utfyllende, og kunne blant annet fortelle om forventet skredfrekvens, sperrebredde, skredtype i tillegg til ordinære registreringer av vegsperringer. For den tidligere rassikringsplanen fra 1997, var grunnlagsmaterialet mindre utfyllende. Skredtyper var for eksempel kun merket med snøskred eller sørpeskred. For noen av tiltakene stod det heller ingenting om sperrebredde eller frekvens.

I forhold til rassikringsplanen for Møre og Romsdal fra 1996, var det ikke tilgang til vedleggene, slik at planen kun ble brukt for å finne skredregistreringer. For rassikringsplanen fra 2007 var det tilgang til grunnmaterialet, og disse gav svært mye informasjon. Blant annet om tidligere forbedringer og kort vurdering av sikringstiltakenes funksjon.

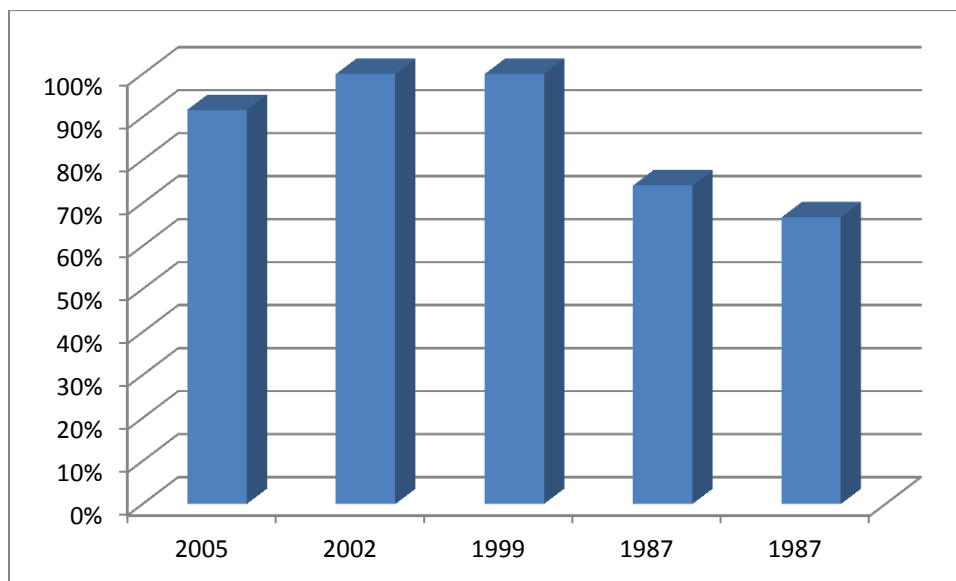
### **7.3. Dokumentasjon av skredbanene**

Dokumentasjonen var som regel svært god, men ved noen tilfeller manglet det informasjon særlig rundt forbedringer og utbedringer av tiltakene. Det ble derfor til tider vanskelig å bedømme effekten av forbedringene på de aktuelle sikringstiltakene.

## 8. Diskusjon rundt målt sikringseffekt

### 8.1. Overbygg

Betongrørtunnelene ved Nautskreda og Breiskreda kommer best ut av vurderingene. Disse ser foreløpig ut til å fungere optimalt. Ramsteina er foreløpig noe vanskeligere å vurdere, men utbedringene av tiltaket i 2005 har helt klart ført til bedre sikringseffekt. De to eldste overbyggene ved henholdsvis Longeneset og Årsnesfonna kom ut med lavest sikringseffekt, dette er også de to korteste overbyggene. Dette samsvarer med Hammerslands undersøkelser fra 2000, som viste at eldre overbygg ofte ble bygget for korte.

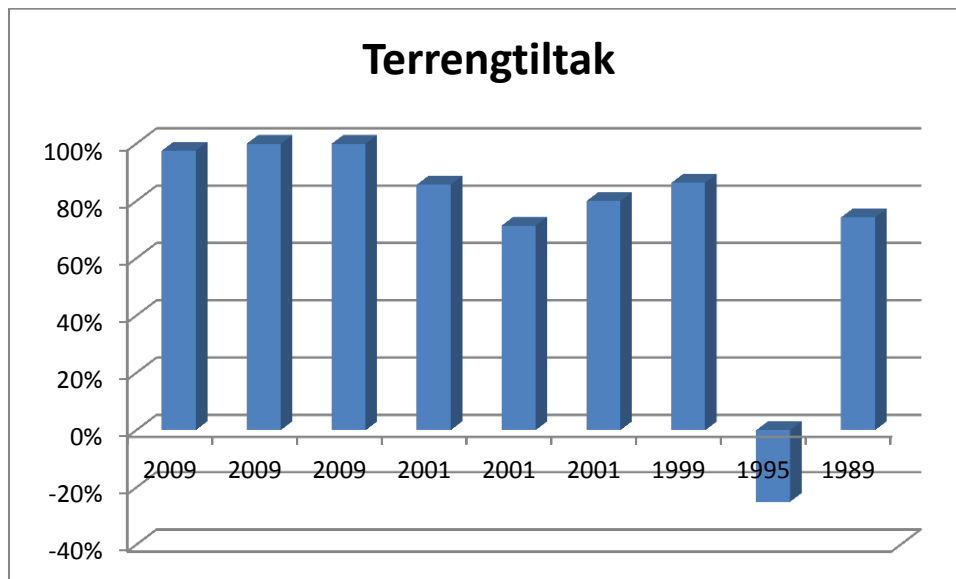


Figur 8-1 Tendens for sikringseffekt ved overbygg

Generelt er det lite behov for oppfølging av overbyggene, særlig når det kommer det avlagring av masser over tiltaket og erosjon. Longeneset krever i midlertidig at overdekningen kontrolleres av og til, da det ligger mye avsatte masser over tiltaket, i tillegg til at det ble gjort funn etter erosjon i overdekningen. De andre rørtunnelene ser ut til å være godt sikret mot erosjon, og skredene har heller ikke vist store tendenser til avlagring av mye masser.

### 8.2. Terrengtiltak og sjømagasin

For terrengtiltakene ser det ut til at sikringseffekten avtar med alderen. Seljesvora/Jonsoksvora, Blomasvora og Storesvora er foreløpig for unge til at en god verdi for sikringseffekten kan måles. Storegjølet Nord og Sør, samt Saltrefonna, har hatt lav skredfrekvens både før og etter at tiltakene ble bygd. Forskjellene blir derfor små og gir utslag på sikringseffekten. Ledevollene kan også være underdimensjonert for skredene i området. Saltrefonnas kjepler har dessuten en ugunstig plassering og oppbygging.



Figur 8-2 Tendens for sikringseffekt ved terrengtiltak

Seljesvora ved Fv65 kommer ut med en negativ sikringseffekt fordi det er flere registrerte hendelser etter at tiltaket ble bygd. Antagelig er dette uriktig, da observasjon av tiltaket har vist at Seljesvora stopper 6 av 10 skred. (Statens vegvesen, 2007) Et annet moment er at magasinet bak ledevollen i Seljesvora er fylt opp med erosjonsmasser fra skredene. Det antas at dette har hatt stor negativ effekt på sikringseffekten. Sett bort i fra hovedløpet i Seljesvora, er det ikke kjent om skredarmen som går over bremsekjeglene har ført til stenging av vegen. Det antas ut ifra observasjoner gjort ved befarings at kjeglene har god funksjon mot skredarmen.

Sikringstiltakene krever noe mer oppfølging enn det som har vært tendensen til nå. Mange av sikringstiltakene hadde mye erosjonsmasser i magasinene eller på skredsiden av vollen. Dette kan redusere tiltakenes effektive høyde. Ved Saltrefonna var det også store skader på en av bremsekjeglene. Disse skadene har sannsynligvis fått stå uberørt fra sørpeskredet i 2004.

### 8.3.Gjennomføring etter rassikringsplan

Generelt er det ikke lett å anslå hvor godt rassikringsplanene har blitt fulgt i planleggingen av sikringstiltakene. Det er likevel noen av sikringstiltakene som gir indikasjoner på kvaliteten på rassikringsplanene.

Overbyggene stemte generelt godt overens med planene som ble laget for tiltakene i rassikringsplanen. Dette kan komme av at overbygg er dyre, slik at det legges mer energi i planlegging av tiltakene. Samtidig kan det også være at oppfølgingen er bedre under byggingen. Longeneset og Årsnesfonna var begge registrert i rassikringsplanene, men ikke merket med noen prioritet. Det er i midlertidig tydelig at det er behov for utbedringer av tiltakene.

Nautskreda og Breiskreda var merket med høy prioritet og forslag om overbygning i 1996. Ramsteina var i midlertidig merket med terrengtiltak, noe som stemmer overens med planene fra den tiden. Det tok likevel lang tid før tiltaket ble forbedret, og det ble ansett som nødvendig å bytte ut deler av overbygget, i tillegg til bygging av ledevollen som foreslått i rassikringsplanen. Situasjonen i Ramsteina tyder på at rassikringsplanen var unøyaktig.

Terrengtiltakene var noe varierende dokumentert i rassikringsplanene. Seljesvora ved Fv65 var merket med høy prioritet og utvidelse av magasin i 1996. Utbedrelsen av tiltaket gav likevel lav eller ingen effekt. Sandskreda ble merket med høy prioritet og forslag om utvidelse av veg og bygging av ledevoll i 1997. Rassikringsplanen ble fulgt, men heller ikke her kan det sies at effekten har vært tilfredsstillende. Det kan derfor antas at rassikringsplanen har gitt unøyaktig informasjon.

Terrengtiltakene ved Fv 615 var merket med høy prioritet og bygging av ledevoll i 1997, og middels prioritet og bygging av terrengtiltak i 2006. Det er ikke kjent hvorfor tiltakene ikke ble bygget som overbygg. Antagelig har rassikringsplanen gitt unøyaktig informasjon, samtidig som terrengtiltak har blitt mer effektive. Gjennomføringen av Storesvora har vært god i forhold til planene som foreligger, likevel gikk det ett stort snøskred som førte til vegsperring etter at tiltaket stod ferdig. Gjennomføringen av Seljesvora/Jonsoksvora er ikke like god, og kvaliteten varierer noe over hele tiltaket. Det har i midlertidig ikke vært skredhendelser som har ført til sperring av vegen ved tiltaket, og det er derfor vanskelig å si om utføringen påvirker sikringseffekten.

## 9. Litteratur

- Brateng, L. E. (2005). *Laboratorieforsøk for utforming av terrengtiltak mot snøskred*. Trondheim: Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU.
- Fitzharris, B., & Bakkehøi, S. (1989). A synoptic Climatology of Major Avalanche Winters in Norway. *Publication nr. 178*, 15.
- Frækaland, S. H. *Snøskred i Sandskreda, 22.03.2011*. Statens vegvesen, Sogn og Fjordane, Leikanger.
- GeoVest - Haugland AS. (2001). *Rapport nr. 2001.088-1: Rv13 - Hp07, Dragsvik X55 - Mel*. Molde: GeoVest - Haugland AS.
- Geovest AS. (1999). *Rapport nr 98.115 - 1: Statens vegvesen, Sogn og Fjordane, Rv13 Hp07 Dragsvik - Mel, Parsell Nautaskreda*. . Molde: Geovest As.
- Geovest-Haugland. (2008). *Storesvora - Grunnundersøkelser, sveis nr. 2005063126-44*. Geovest-Haugland rådgivende ingeniører.
- Hákonardóttir, K. M. (2004). *The interaction between snow avalanches and dams*. Bristol: University of Bristol.
- Hammersland, E. (2001). *Evaluering av rassikringstiltak - Intern rapport nr. 2205*. Oslo: Statens vegvesen.
- Hammersland, E., Norem, H., & Hustad, A. (u.d.). *Evaluation of Measures for snow avalanche protection of roads*. Trondheim: Statens vegvesen.
- Hustad, A. (1988). *Rastrygging av vegnettet*. Molde: Statens vegvesen, Møre og Romsdal.
- K.Lied, & Bakkehøi, S. (1981). Empirical calculations of snow avalanche run-out distance based on topographic parameters. *NGI publication nr. 133*, 1-13.
- Lied, K., & Kristensen, K. (2003). *Snøskred - Håndbok om snøskred*. Oslo: Vett & Viten AS.
- Lied, K., & Kristensen, K. (2003). *Snøskred, Håndbok om snøskred*. Nesbru: Vett & Viten AS.
- NGI. (1986). *86412-1 RV 5 Dragsvik - Vettlefjorden, sikring mot snøskred ved Ramsteina*. Oslo: Norges Geotekniske Undersøkelse.
- NGI. (1986). *86417-1 - FV T-65 Festøy - Standal, Skredsikring av Årsnesfonna og Breisvedet*. Oslo: Norges Geotekniske Institutt.
- NGI. (1986). *86417-2 - FV T-65, Festøy - Standal, Sikring mot snøskred*. Oslo: Norges Geotekniske Undersøkelse.

- NGI. (1987). *86417-4, FV65 Festøy - Standal, rapport etter befaring 12.03.1987*. Oslo: Norges Geotekniske Undersøkelse.
- NGI. (1992). *923013-1 Riksveg 615, Holme - Hestenesøyra, sikring mot snøskred ved Storesvora*. Oslo: Norges Geotekniske undersøkelse.
- NGI. (1994). *864017 - Fylkesveg 65, Festøy - Standal, Referat fra befaring 2. november 1994 om utbedring av flomskredskader*. Molde: Norges Geotekniske Undersøkelse.
- NGI. (u.d.). *Skredkategorier - Tre typer snøskred*. Hentet mai 31, 2012 fra NGI.no: <http://www.ngi.no/no/Utvalgte-tema/Skred-og-skredfare/Skredkategorier/Tre-typer-snoskred/>
- Norem, H. (2001). *S981 Rv 13 Dragsvik - Vetlefjorden. Notat etter befaring 15. november 2001 om skredsikring av Breiskreda*. Oslo: Dr. ing Harald Norem A/S.
- Statens vegvesen. (1994). *Rv. 5 Dragsvik - Vetlefjorden, Utgreiing om rassikring*. Leikanger: Statens vegvesen, Sogn og Fjordane.
- Statens vegvesen. (1996). *Grunnlag for rassikringsplan*. Leikanger: Statens vegvesen, Sogn og Fjordane.
- Statens vegvesen. (1996). *Rassikringsplan for riks - og fylkesvegane i Møre og Romsdal*. Molde: Statens vegvesen Møre og Romsdal.
- Statens vegvesen. (1997). *Rassikringsplan for riks - og fylkesveger i Sogn og Fjordane*. Leikanger: Statens vegvesen, Sogn og Fjordane.
- Statens vegvesen. (1999). *Oppdragsrapport nr. 99006 - Rv 13 Hp 07 Dragsvik - Mel. Parsell ved Breiskreda. Rassikring*. Leikanger: Statens vegvesen, Sogn og Fjordane.
- Statens vegvesen. (1999). *Plantegning, Rv. 13 Dragsvik X55 - Mel, Nautskreda, tegning C1*. Leikanger: Statens vegvesen, Sogn og Fjordane.
- Statens vegvesen. (1999). *Rassikring "Saltrefonna" km 6,220-6,360*. Molde: Statens vegvesen, Møre og Romsdal vegkontor.
- Statens vegvesen. (1999). *Rassikring "Storegylet Nord" km 5,570-5,630*. Molde: Statens vegvesen, Møre og Romsdal vegkontor.
- Statens vegvesen. (1999). *Rassikring "Storegylet Sør" km 4,860-4,890*. Molde: Statens vegvesen, Møre og Romsdal vegkontor.
- Statens vegvesen. (2003). *Evaluering av rassikringsplanen frå 1997 for riks - og fylkesvegar i Sogn og Fjordane*. Leikanger: Statens vegvesen, Sogn og Fjordane.

Statens vegvesen. (2005). *Byggherren sin HMS-plan i gjennomføringsfasen*. Bergen: Statens vegvesen Region vest.

Statens vegvesen. (2006). *Rassikringsplan for riks og fylkesvegar i region vest*. Bergen: Statens vegvesen region vest.

Statens vegvesen. (2006). *Reguleringsplan - Rv 615 Hp.02 - Rassikring av Storesvora, Seljesvora og Blomasvora*. Leikanger: Statens vegvesen .

Statens vegvesen. (2007). *Intern rapport - Oversikt og registreringer av vegstenginger*. Ørsta: Statens vegvesen, Møre og Romsdal.

Statens vegvesen. (2007). *Rassikringsplan for riks- og fylkesveger Region midt*. Region Midt: Statens Vegvesen.

Statens vegvesen. (2008). *Håndbok 274 - Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger*. Oslo: Statens vegvesen.

Statens vegvesen. (2010). *Håndbok 018 - Vegbygging*. Oslo: Statens vegvesen.

Statens vegvesen. (2011). *VD rapport nr. 27 - Veger og Snøskred, Håndbok mot snøskred - Høringsutgave*. Oslo: Statens Vegvesen.

Statens vegvesen. (2012). *Registreringer av skredhendelser ved FV13 hp7 Dragsvik - Vetle fjord og RV615 Hyen - Sandane*. Leikanger: Statens vegvesen.

# Bilag

Bilag A Oppgavetekst

Bilag B **Error! Reference source not found.**

B.1 Ørsta

B.2 Balestrand

B.3 **Hyen**



## **Bilag A    Oppgavetekst**

## TBA4510 Geoteknikk Masteroppgave, våren 2012

Stud. techn.

**Pernille Aas**

### **Vurdering av sikringstiltak mot snøskred**

**Assessment of protection measures against snow avalanches**

#### **Bakgrunn**

Langs norske veger har det opp gjennom årene blitt gjennomført en rekke sikringstiltak mot snøskred for å redusere risiko for skader på mennesker og veger. Tiltakene har forskjellig karakter og omfang, likeledes har samfunnets oppfatning av sikring og krav til nødvendig sikring endret seg. Statens vegvesen (SVV) har et stort vegnett med ansvar for sikker ferdsel og bruker store midler på sikring av vegene mot skred av forskjellig art. I denne sammenheng er det av interesse å studere eksisterende sikringstiltak – typer, gjennomføring av bygging, driftserfaringer og i hvilken grad de fyller sin intensjon. Prosjektet er initiert av Statens vegvesen ved Harald Norem.

#### **Målsetting og hensikt**

Oppgaven vil være ett av flere prosjekt med fokus på sikringseffekt i Norge. Hensikten er å samle informasjon og kunnskap, slik at dette kan brukes ved utvikling av nye rassikringsplaner og sikringstiltak.

#### **Innhold**

Høsten 2012 gjennomførte studenten en prosjektoppgave der det ble tatt for seg snøskred og metoder for sikringstiltak mot snøskred. Oppgaven bygger videre på prosjektoppgaven, og går ut på å undersøke og vurdere sikringstiltak mot snøskred i Møre og Romsdal og Sogn og Fjordane. I samarbeid med Statens Vegvesen skal det velges rundt 15 tiltak i Region Midt og Vest. Følgende punkter ligger til grunn for vurderingene:

- Vurdere total sikringseffekt for hvert av tiltakene, og vurdere hvilke faktorer som ligger til grunn for resultatet.
- Vurdere sikringskonstruksjonens funksjon ut i fra sikringseffekten. Vurdere eventuelle svakheter på konstruksjonen som kan føre til lav effekt.
- Undersøke rassikringsplanene for tiltakene kontra ferdige tiltak.
- Vurdere skader på konstruksjonen som følge av skred eller vær.
- Vurdere oppfølging av tiltaket i forhold til tiltakets funksjon.
- Vurdere hvilke forbedringer som kan gjøres slik at sikringseffekten øker.

Oppgaven forutsetter at sikringstiltakene oppsøkes, og at det er god kommunikasjon mellom partene. Utfyllende litteraturstudier av snødynamikk, skredbanen, de aktuelle sikringstiltakene og tidligere undersøkelser av sikringseffekt skal utføres som basis for videre vurderinger og diskusjoner.

### **Organisering**

Oppgaven støttes av Statens vegvesen og er naturlig knyttet til forskningsprogrammet ”Naturfare – infrastruktur, flom og skred (NIFS)”, et tverretattlig samarbeid mellom Statens vegvesen, Jernbaneverket og Norges vassdrags- og energidirektorat. Ekstern veileder er Harald Norem, Statens vegvesen.

### **Omfang og levering**

Oppgaven har et omfang på 30 studiepoeng – dvs. tilsvarende et semester.

Arbeidet skal leveres i form av en teknisk rapport med innledning og problemformulering, bakgrunnsstudie av relevante mekanismer, og presentasjon av resultater fra studiet. Klare konklusjoner og forslag til videre arbeid vil bli kreditert.

Rapporten skal leveres i form av en uinnbundet original og to innbundne kopier. Digitalt skal det leveres en versjon av oppgaven samt alle laboratoriedata som er fremkommet, både rådatafiler og behandlede data og eventuelle film/videoopptak.

### **Leveringsdato**

11. juni 2012.

**Arnfinn Emdal**

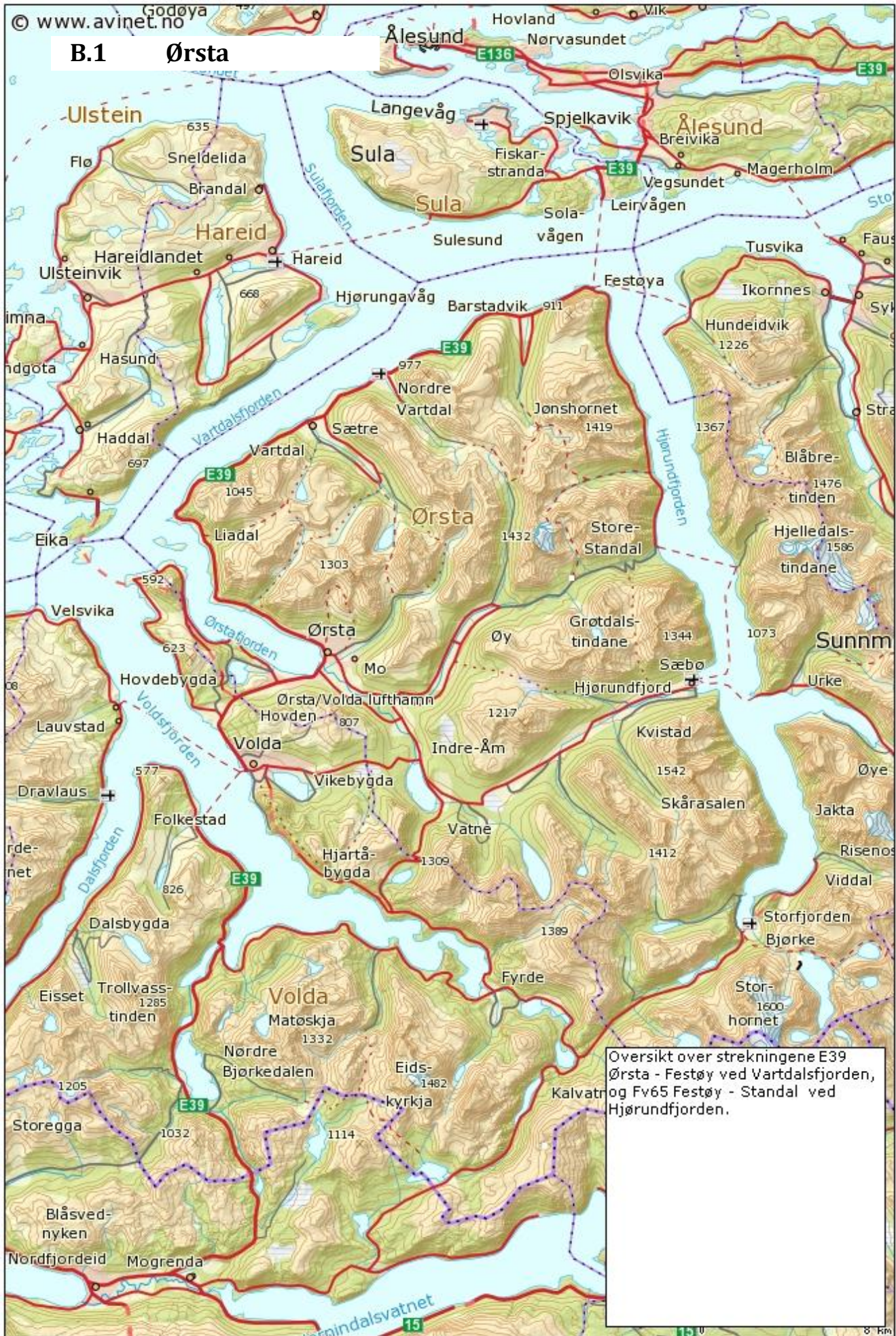
Amanuensis

Institutt for Bygg, Anlegg og Transport

Faggruppe for Geoteknikk

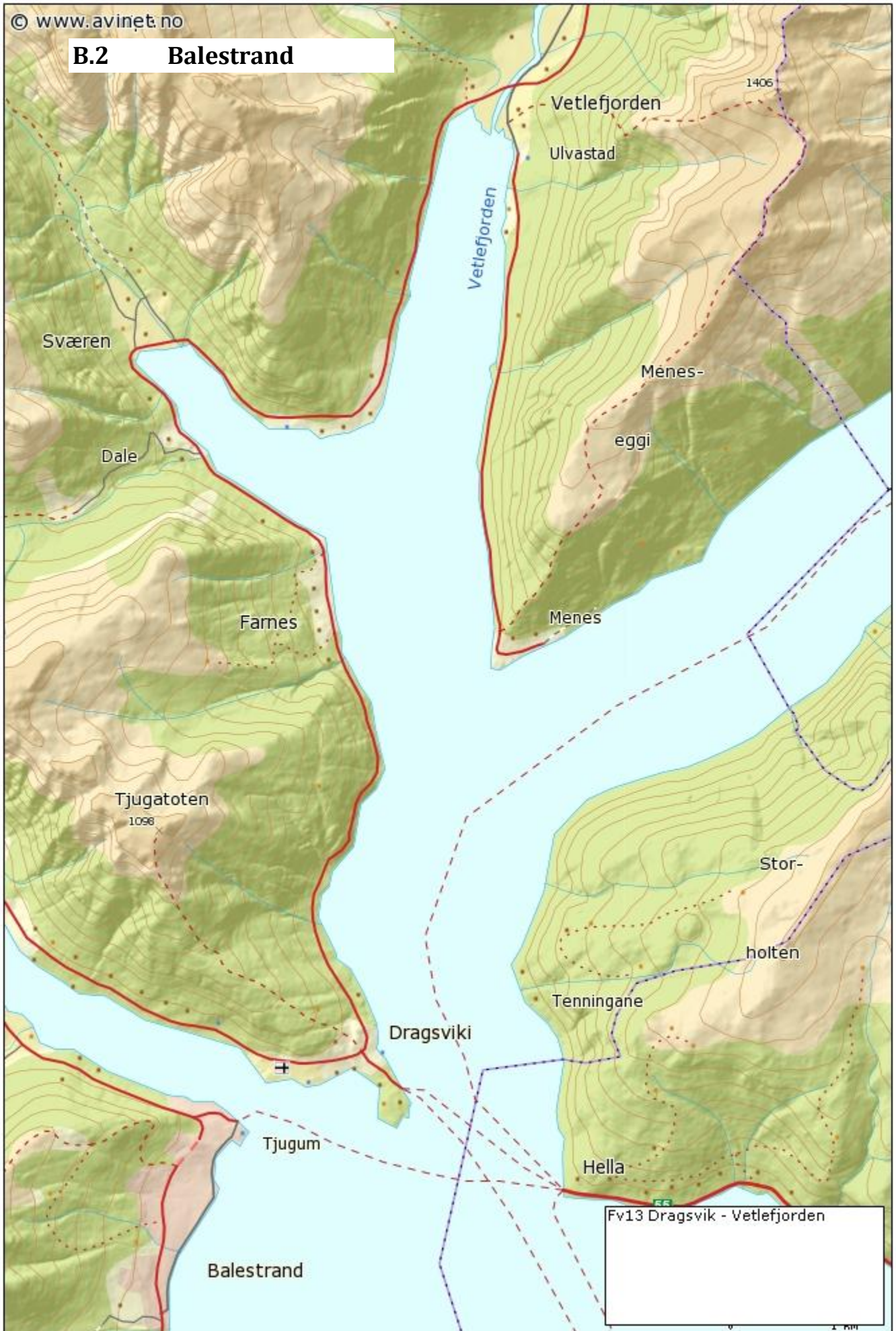
## **Bilag B    Kart over vegstrekningene**

# B.1 Ørsta



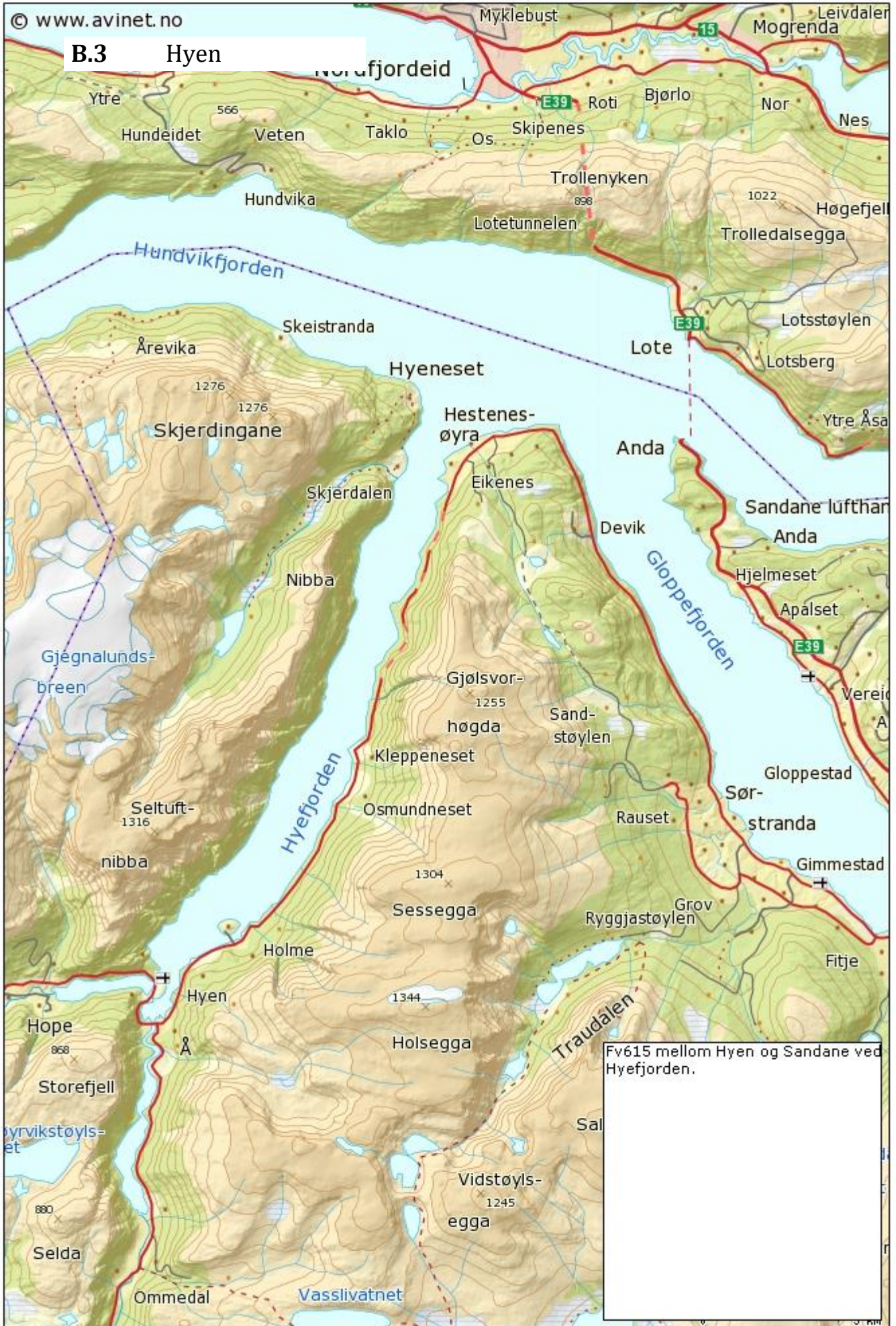
Oversikt over strekningene E39 Ørsta - Festøy ved Vartdalsfjorden, og Fv65 Festøy - Standal ved Hjørundfjorden.

**B.2 Balestrand**



**Målestokk: 1:50 000**

### B.3 Hyen



**Målestokk: 1:100 000**