

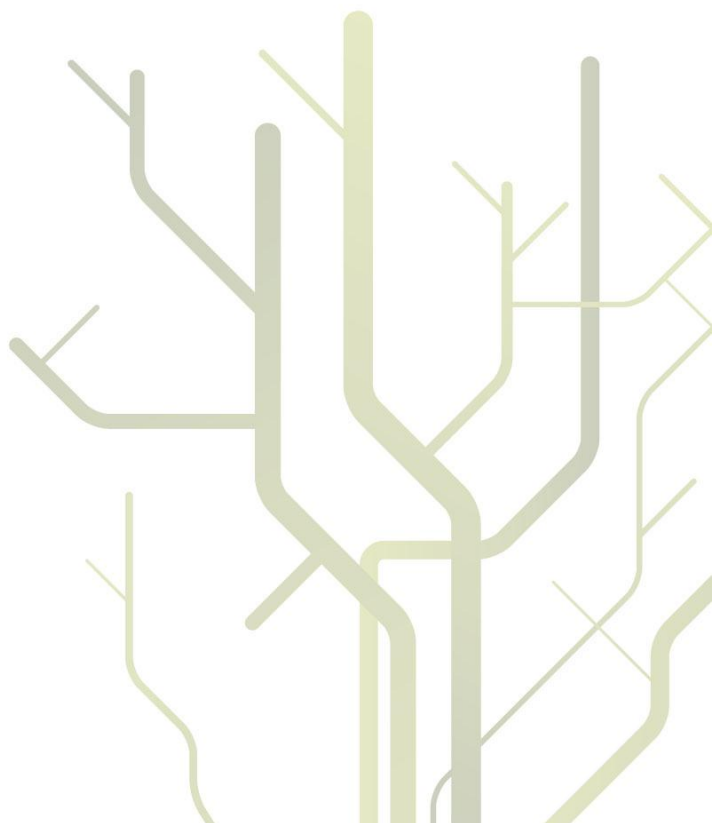
## Vurdering av snøskredfare og sikring for vegene E6 i Langfjorden og FV 882 til Øksfjord i Finnmark fylke



**Forfatter Espen Karlsen**

EOM-3901 Mastergradsoppgave i  
Energi, Klima og Miljø

Mai 2013





## Sammendrag

**Karlsen, E. 2013:** Vurdering av snøskredfare og sikring for vegene E6 i Langfjorden og FV 882 til Øksfjord i Finnmark Fylke. Masteroppgave, UIT, Institutt for geologi.

Skredhendelser har alltid vært en del av trusselbildet langs norske veger. Stengte veger på grunn av snøskred eller fare for snøskred utgjør ca. 55% av all registrert vegstengning langs norske veger. Snøskred er derfor en viktig årsak til dårlig framkommelighet på vegnettet. En økende sammenknytning av landsdelene stiller stadig større krav til framkommelighet og fleksibilitet. Tidligere har det vært opp til hvert enkelt vegprosjekt å bestemme en akseptabel risiko for skredhendelser på veg. De siste årene har det vært ønskelig å utvikle en modell for risikoaksept som gjelder for alle norske veger der Statens Vegvesen er tiltakshaver. Oppgaven analyserer akseptmodellen presentert av Skredforum, og vurderer risikoaksept ut fra generelle risikobetraktninger i samfunnet.

I Langfjorden blir det om noen år tilgang på store mengder tunellstein fra en ny tunnel som bygges fra Storsandnes og rett øst gjennom Isnestofen. Statens Vegvesen ønsker å undersøke om det er mulig å bruke tunnelmassene for sikring av den skredutsatte strekningen E6 Langfjorden.

Fjerning av skredfarlige snømasser, kjent som aktiv skredkontroll er lite brukt som sikringstiltak langs norske riks- og fylkesveger. Statens Vegvesen ønsket derfor å undersøke i hvilken grad dette kan brukes som skredsikring i det aktuelle studieområdet.

Oppgaven viser at det kan ha en gunstig kost/nytte effekt å sikre flere skredpunkt i Langfjorden med bruk av steinmasser fra den planlagte tunellen. En bruk av aktiv skredkontroll kan redusere sannsynligheten for uforutsette skredhendelser for flere skredpunkt i studieområdet. Slike metoder blir ansett som spesielt gunstige for strekninger hvor andre sikringsmetoder er spesielt dyre og gir lav kost/nytte effekt.

## Forord

Denne masteroppgaven er utført ved Institutt for Geologi, ved UIT. Arbeidet med oppgaven er gjennomført våren 2013.

Oppgaven er skrevet som et samarbeid mellom Universitetet i Tromsø(UIT), Universitetet på Svalbard(UNIS) og Statens Vegvesen(SVV). Eksterne veiledere Jan Otto Larsen ved UNIS og Ole-Andre' Helgaas ved Statens Vegvesen har bidratt med faglig veiledning og utarbeidelse av prosjektbeskrivelsen. Hovedveileder Jan Sverre Laberg har bidratt i planlegging av oppgavens framdrift og det praktiske arbeidet fra UIT.

Jeg ønsker å takke mine veiledere for støtten underveis i oppgaven. Takk til Alf Sterner Johansen ved Statens Vegvesen for god informasjon under befaringen i studieområdet. Videre sendes en takk til Øyvind Skeie Hellum fra Statens Vegvesen, Region Nord for gode innspill underveis i oppgaven og svar på geotekniske spørsmål.

Tromsø, 27. mai 2013

---

Espen Karlsen



## Innhold

|  |    |
|--|----|
| Sammendrag .....   | 3  |
| Forord .....   | 4  |
| Innledning.....  | 8  |
| Bakgrunn for oppgaven .....  | 8  |
| Generelt om oppgaven.....  | 8  |
| Oppgavetittel og mål for oppgaven .....  | 9  |
| Bakgrunnsmateriale og utførte undersøkelser .....  | 9  |
| <br>   |    |
| Kapittel 1 - Risikoaksept for skredhendelser på veg. ....  | 13 |
| Innledning.....  | 13 |
| Risikoakseptkriterier.....   | 13 |
| Definisjoner .....   | 14 |
| Diskusjon .....  | 17 |
| Risikoaksept for Studieområdet .....   | 18 |
| <br>   |    |
| Kapittel 2 - Kartlegging av skredfare .....  | 21 |
| Skredfarekartlegging for studieområdet.....  | 28 |
| <br>   |    |
| Kapittel 3 - Sikringsmetoder .....   | 37 |
| Aktiv skredkontroll .....  | 37 |
| Innføring i begreper og ulike systemer .....   | 37 |
| Valget mellom gassblandinger og eksplosiver .....  | 43 |
| Plassering av sprengladning .....  | 45 |
| Nedsprenging av skavler ved bruk av eksplosiver.....   | 46 |
| <br>   |    |
| Kapittel 4 - Analyse av foreslåtte sikringstiltak i «Skredsikringsplanen» og alternative sikringsforslag for stuideområdet ..... | 48 |
| Skredsikringsplan for riks- og fylkesveger i region nord. ....   | 48 |
| E6 Langfjorden.....  | 49 |
| Melkelva og Stålneset .....  | 49 |
| Skredfjellet – Vaddekeip.....  | 54 |
| Njirran-øst .....  | 56 |

|  |    |
|--|----|
| Herranes .....                             | 60 |
| FV 882 til Øksfjord .....                  | 64 |
| Bukta.....                                 | 65 |
| Steinbukta.....                            | 67 |
| Leirvika.....                              | 68 |
| Vassberget.....                            | 69 |
| <br>                                       |    |
| Litteratur.....                            | 71 |
| <br>                                       |    |
| Appendiks 1 Begrepsforklaringer .....      | 72 |
| <br>                                       |    |
| Vedlegg 1 – Forslag til risikoaksept ..... | 73 |

## Innledning

### Bakgrunn for oppgaven

Norge er et langstrakt og fjellrikt land. Topografien gjør at flere av Norges over 92,000km. med veger går igjennom skredfarlig terreng. Hver vinter stenges norske veger som følger av snøskred. Snøskred eller fare for snøskred står for 55% av all registrert stenging av norske veger (Vegvesen 1993). Skredene medfører både fare for driftspersonell og andre trafikanter som ferdes langs vegen. Ofte blir fremkommeligheten langs vegene redusert og omkjøringene kan være lange. I verste fall kan hele samfunn blir isolert. Med samfunnets økende krav til fleksibilitet og fremkommelighet øker også kravene for sikring langs norske veger. Sikringstiltak som ble bygget for 20 år siden tilfredsstillende ikke nødvendigvis dagens krav til sikring av veg. Det er derfor nødvendig å analysere skredfaren langs ulike vegstrekninger og kartlegge behovet for skredsikring.

Statens Vegvesen, Region Nord la i 2011 frem en oppdatert skredsikringsplan for riks- og fylkesveger i regionen. Rapporten har som mandat å identifisere og rangere de ulike skredpunktene. I alt ble det funnet 123 ulike skredpunkt med behov for sikring. Kostnaden for å sikre alle skredpunktene er beregnet til i overkant av 8 milliarder kroner. Skredsikringsplanen er laget på et kommunalt planleggingsnivå og en mer detaljert studie av de enkelte områdene kreves dersom skredpunktene skal sikres.

I løpet av 2014/2015 er det planlagt en innkorting av Isnestofte med tunnel fra Storsandnes og rett øst gjennom fjellet. Dette vil gi store mengder tunellstein tilgjengelig i Langfjorden. Det er ønskelig å undersøke om man kan bruke de aktuelle tunellmassene som skredvoller langs E6 i Langfjorden. En mer detaljert oversikt over skredfaren i området og planlegging av sikringstiltak behøves derfor før byggestart.

### Generelt om oppgaven

Opgaven er skrevet som et samarbeid mellom Universitetet i Tromsø (UIT), Universitetet på Svalbard (UNIS) og Statens Vegvesen (SVV). Hovedveileder for oppgaven har vært Jan Sverre Laberg ved UIT, og faglige medveiledere har vært Jan Otto Larsen ved UNIS og Ole-Andre' Helgaas ved SVV.

Den første delen av oppgaven gir en innledning av oppgavens formål og arbeidsmetoder som er brukt. Her gis det generell informasjon om studieområdet og en presentasjon av bakgrunns materialet som er brukt. Neste del av oppgaven fortar en analyse mulige akseptnivå for sikring av vegstrekningene ut fra generelle risikobetraktninger i samfunnet. Deretter fortsetter oppgaven med en kartlegging av de skredutsatte vegstrekningene innenfor studieområdet. Neste del av oppgaven beskriver ulike sikringsmetoder som er vurdert, og gir en innføring i aktiv skredkontroll og ulike løsninger tilgjengelig på markedet i dag. Siste del av oppgaven omhandler effekten av de allerede utførte sikringstiltakene langs E6 i Langfjorden, og undersøker alternative sikringsmetoder for skredpunktene omtalt i skredsikringsplanen. Vedlagt følger en begrepsliste og foreslått risikoakseptmodell fra skredforum.



## Oppgavetittel og mål for oppgaven

Oppgavetittelen ble utarbeidet av Jan Otto Larsen og lyder; *Vurdering av snøskredfare og sikring for vegene E6 i Langfjorden og FV 882 til Øksfjord i Finnmark fylke.*

Målene for oppgaven, utarbeidet av Jan Otto Larsen, er satt opp punktvis under:

- *Kartlegg skredfare for E6 i Langfjorden, Alta kommune og FV 882 til Øksfjord.*
- *Vurder effekten av allerede utførte sikringstiltak for E6 i Langfjorden*
- *Gjør en analyse av «Rassikringsplanenes» forslag til sikring i de aktuelle skredområdene*
- *Analyser mulig akseptnivå for sikring av vegstrekningene ut fra generelle risikobetraktninger i samfunnet.*
- *Vurder alternative metoder for skredsikring av de aktuelle vegstrekninger.*

## Bakgrunnsmateriale og utførte undersøkelser

Denne delen av oppgaven gir generell innføring til studieområdet og plassering av de ulike skredpunktene som er omtalt i skredsikringsplanen.

Den komplette versjonen av skredsikringsplanen er tilgjengelig på Vegvesenets internettsider og kan lastes ned her: [www.vegvesen.no/Fag/Teknologi/Geofag/Skred/Skredsikring/Region+nord](http://www.vegvesen.no/Fag/Teknologi/Geofag/Skred/Skredsikring/Region+nord)

## Vegene i studieområdet

### E6 Langfjorden

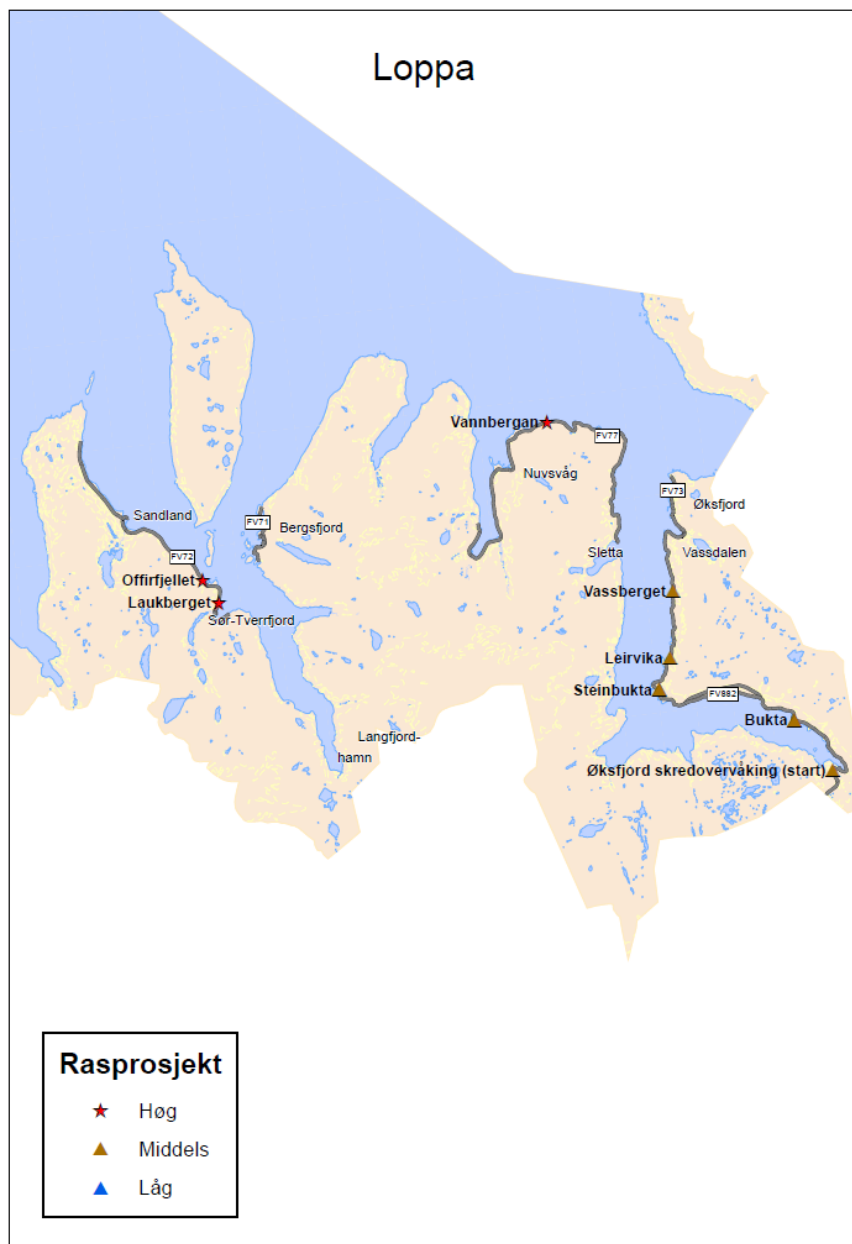
Figur 1 viser et kommunekart over Alta kommune. En oversikt over de ulike skredpunktene fra «Skredsikringsplanen 2011» er markert på kartet. E6 Langfjorden, befinner seg lengst vest i Alta kommune. Studieområdet er avgrenset til strekningen mellom Øksfjordbotn lengst inne i Langfjorden, og skredløpet ved Herranes. Dette er området hvor flest skredhendelsene er registrert og er høyest prioritert i skredsikringsplanen.



Figur 1 Oversikt over de ulike skredpunktene i Alta kommune. Figur fra Skredsikringsplanen 2011

## FV 882 Øksfjord

Figur 2 viser et kommunekart over Loppa kommune i Finnmark med skredpunktene fra «Skredsikringsplanen 2011» inntegnet. FV 882 til Øksfjord befinner seg øst i Loppa kommune. Studieområdet er avgrenset til punktet «Øksfjord Skredovervåking» i sør og strekker seg til tettstedet Øksfjord i nord.



Figur 2 Kommunekart over Loppa kommune med skredpunkt fra Skredsikringsplanen 2011 markert.

## Arbeidsmetode

Generell informasjon om studieområdet ble samlet fra rapporter av Statens Vegvesen og eksterne konsulenter. Veilederne Ole-Andre' Helgaas og Jan Otto Larsen bidro også med informasjon om området. National Vegdatabank(NVDB) ble bruk for å samle tidligere registrerte skredhendelser for området.

Karlegging av skredfare ble gjennomført med bruk av digitale kartmodeller og flybilder. Det ble også gjennomført en befaring med Alf Sterner Johansen som er driftssjef for Statens Vegvesen i området. På grunn av høy skredfare i store deler av mars og april ble befaringen først gjennomført 25.april som var senere enn ønskelig. Ved befaringen ble det kikket etter tegn på tidligere skredhendelser og andre faktorer som kan påvirke skredløpene. Det var ennå mye snø i terrenget slik at erosjonsskader ved sikringstiltak i Langfjorden ikke var synlig. Kjentmann og skredobservatør Bjørn Michaelsen ble kontaktet under arbeidet. Han bidro med informasjon om skredfrekvens, utløpsdistanse og klimatiske forhold i Langfjorden.

For å bestemme effekten av sikringstiltak i Langfjorden ble det undersøkt skredhendelser som var registrert etter byggingen av sikringstiltaket. Skredhendelser der tiltaket fungerer som tilsiktet og avverger skred på veg, blir kun unntaksvis registret. Dette fører til to alternativ for sikringstiltak der ingen skredhendelser er registrert etter bygging.

1 – Det har ikke løsnet skred siden sikringstiltaket er bygget.

2 – Skredtiltaket har fungert som tilsiktet og skredene har blitt forhindret fra å nå vegbanen.

For skredtiltakene hvor det er ikke er dokumentert skred etter bygging, er effekten av tiltaket vurdert ut fra terrenganalyser og skredfarekart.

## Kapittel 1 - Risikoaksept for skredhendelser på veg.

### Innledning

Risiko har omtrent like mange definisjoner som det finnes måter å analysere den på. Det er sagt at å vurdere risiko er ofte en politisk og samfunnsetisk oppgave, da det ikke finnes noen verdinøytral måte å vurdere en risiko. En mye brukt definisjon for risiko innen ingeniørfag er; «risiko er sannsynlighet ganget med konsekvens». Dette gir et godt utgangspunkt for utvikling av modeller, men alvorligheten av en konsekvensen kan variere sterkt ut fra synsvinkel. En konsekvens kan være både positiv og negativ for to ulike grupper. Hvilken risiko som er akseptert er nært knyttet til hva som anses som normalt. En akseptabel risiko bygger på akseptkriterier som representerer et verdigrunnlag for det som skal inkluderes i en risikoanalyse. For skredhendelser på veg kan den årlige nominelle sannsynligheten for skredhendelse på veg brukes som et akseptkriterium. Denne sannsynligheten oppgives også som «vegstrekingen skal sikres mot 10års skred», som betyr at vegen skal ha en årlig nominell sannsynlighet  $<1/10$  for skredhendelser. Dersom alle veger i Norge skulle sikres slik at det aldri inntreffer skredhendelser på veg, ville det kostet enorme summer og være tilnærmet umulig geoteknisk. Derfor aksepteres en risiko for skredhendelser på veg, også etter at et område har blitt sikret. Hvilket sikringsnivå som er passende for en vegstreking er gjenstand for diskusjon. Mange av sikringstiltakene langs norske veger ble bygget for mer enn 20 år siden. På den tiden var det større toleranse for at vegen var stengt av snøskred i perioder. En del av de eldre sikringstiltakene ble derfor dimensjonert for å stanse de mindre og hyppige skredene, mens de større og sjeldnere skredene ikke ble sikret. Dagens samfunn stiller større krav til fleksibilitet og fremkommelighet langs norske veger. For å sikre en best mulig bruk av de økonomiske ressursene er det nødvendig å systematisere sikringsnivået langs norske veger.

### Risikoakseptkriterier

En risikoanalyse av skredfaren langs en vegstreking danner grunnlaget for å bestemme om veien behøver å sikres eller ikke. Dersom vegen er skredutsatt må det bestemmes hvor ofte det aksepteres at vegen blir stengt på grunn av skred. Derfor har en risikoanalyse begrenset verdi i seg selv, men kommer først til nytte når det defineres kriterier for bruk av denne analysen. Vegvesenet hadde tidligere ingen klare retningslinjer for hvilken skredsannsynlighet som kan aksepteres langs en vegstreking, og hvilke kriterier som skal bestemme den aksepterte risikoen. TEK 10 beskriver sikringsnivå mot naturkatastrofer for bebyggelse, men disse kravene gjelder ikke for veger hvor Statens Vegvesen er tiltakshaver (forskrift om byggesak §4-3). Det er utarbeidet et forslag for risikoakseptkriterier av skredforum v. Harald Norem, Heidi Bjordal, Jan Otto Larsen og Halgeir Dahle. Deres forslag til risikoaksept er brukt som et utgangspunkt for arbeidet i oppgaven. Forslaget er ute på høring, og er de gjeldende føringer for risikoaksept i skredområder. Definisjonene brukt i denne oppgaven skiller seg noe fra definisjonene brukt av skredforum, da de forsøker å omfatte et bredere samfunnsperspektiv.

### Definisjoner

Selv om denne oppgaven fokuserer på snø- og sørpeskred er det forsøkt å tenke helhetlig når man vurderer risikoen for skred langs vegen. Enkelte sikringstiltak kan sikre mot flere ulike typer skredhendelser. Dersom det er mulig å bruke samme modell og definisjoner for ulike skredhendelser er dette en klar fordel.

### Skredhendelse

En skredhendelse er et skred med sitt utløp nær/på veg. Ulike skredtyper som inkluderes er

- Snøskred
- Flomskred
- Jordskred
- Isskred
- Steinsprang
- Steinskred
- Fjellskred

De ulike skredtypene skal taes med i vurdering av akseptkriterier dersom de har potensiale til å stenge vegen eller forårsake ulykker. For Snø-, flom- og jordskred betyr dette skred med minst 10 m<sup>3</sup> skredmasser på vegen. Isskred og steinsprang taes med i alle tilfeller der de kan nå vegen. Stein- og fjellskred er per definisjon store nok til å kunne stenge vegen eller forårsake en alvorlig ulykke

### Risiko

Risiko kan defineres som *sannsynlighet ganget med konsekvens*. Fra et samfunnsikkerhetsperspektiv er ikke denne definisjonen tilstrekkelig, da det er mange områder av risiko som ikke dekkes. Definisjonen er brukt for å konstruere en risikomatrix, men konsekvensen er forsøkt sett i et bredere perspektiv. En alternativ og mer omfattende definisjon av risiko er: *Risiko er den fare som uønskede hendelser representerer for menneske, miljø, økonomiske verdier og samfunnsviktige funksjoner*.

### Risikoaksept

*Risikoaksept er den risikoen vi anser som akseptabel langs en vegstrekning.*

### Sannsynlighet

Nominell sannsynlighet brukes ofte ved sannsynlighet for skredhendelser. Denne ordbruken betyr at sannsynligheten ikke kan bestemmes eksakt, men at et faglig skjønn er involvert i tillegg til teoretiske beregninger. Sannsynligheten kan oppgis som frekvens av skredhendelser.

### **Konsekvens**

Konsekvens er alvorligheten av en skredhendelse. Alvorligheten av hendelsen vurderes med de tre faktorene liv og helse, miljø og materiell, og økonomiske verdier.

### **Trafikkmengde, ÅDT**

Årsdøgntrafikk, forkortet ÅDT, er summen av antall kjøretøy som passerer ett punkt på en vegstrekning i året dividert på antall dager i året. Fremskrevet ÅDT, er den trafikkmengden som ventes om n-antall år.

### **Enhetsstrekning**

Enhetsstrekning er en vegstrekning på en kilometer med start fra ene ytterkant av skredfaresone til andre ytterkant. Dersom skredfaresonen er like over en kilometer regnes den fortsatt som en enhetsstrekning. Det kan være flere enhetsstrekninger etter hverandre dersom skredfaresonen strekker seg over flere kilometer. Enhetsstrekninger brukes for å finne en gjennomsnittlig skredfrekvens for et område slik at flere skredfar kan sikres samtidig.

### **Skredpunkt/skredfar**

Skredpunkt eller skredfar er et punkt på strekningen hvor skred kan løsne og glid mot vegbanen.

### **Risikoakseptkriterier**

Et risikoakseptkriterium bestemmer hvilke elementer som skal inkluderes i risikoanalysen og danner grunnlaget sammen med risikoaksepten for å bestemme en akseptabel risiko for vegstrekningen. Slike kriterier kan være både spesifikke elementer som ÅTD og resultater av analyser som for eksempel en konsekvensanalyse av en strengt veg.

De fleste risikoakseptkriterier opererer ikke med et skarpt skille mellom akseptabel og uakseptabel risiko. Denne gråsonen kalles for "ALARP - As low as reasonably practicable" sonen. Her forsøker man å redusere risikoen så langt det er økonomisk forsvarlig. ALARP området omtales ofte som tolererbar sone i norsk litteratur. Et viktig prinsipp i ALARP området er den omvendt bevisbyrde som betyr at et hvert identifisert risikoreduserende tiltak skal implementeres dersom det ikke bevises at tiltaket ikke er økonomisk forsvarlig eller nyttig (Skredforum, 2012)

### Forslag til Risikomatrix fra skredforum

Skredforum har foreslått en risikomatrix hvor risikoaksepten bestemmes av trafikkmengden(ÅDT) og den årlige nominelle sannsynligheten for skred pr. enhetsstrekning. I utgangspunktet skal hver enhetsstrekning oppnå en akseptabel restrisiko(grønn), men det åpnes for å tillate enkelte enhetsstrekninger i tolererbar(gul) sone. Dette forutsetter at det er gjennomført en kost-nytte-analyse, og at vegen er kommunal eller fylkesveg. Riksveger skal sikres til grønt nivå. I kost-nytte analysen gjelder prinsippet for omvendt bevisbyrde. Et tiltak skal beviselig ikke forbedre sikkerheten tilstrekkelig innen kostnadsrammen dersom tiltaket ikke skal implementeres.

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

Figur 3 Risikomatrix for skredhendelser utarbeidet av Skredforum.



### Diskusjon

Det er ønskelig at en hver strekning skal ha så liten sannsynlighet for skredhendelser som mulig. Det er i stor grad økonomiske begrensninger som hindrer en fullstendig sikring av alle veger. Derfor bør skredsikringen vurderes ut fra et kost-nytte prinsipp. Det er naturlig at det investeres mest penger der konsekvensen av skredhendelser er størst. Imidlertid er det vanskelig å vurdere alle konsekvensene opp mot hverandre. Akseptkriteriene for sikringsnivå bør derfor dekke de ulike aspektene av konsekvens; liv og helse, miljø og materiell, og økonomiske verdier.

Forslaget til risikoaksept fra skredforum har ikke begrunnet sitt valg i å prioritere trafikkmengden og skredfrekvens som sine hovedakseptkriterier. Det mangler en konsekvensanalyse hvor konsekvensene av en skredhendelse settes som funksjon av trafikkmengde. Det er åpenbart at det er større sannsynlighet for at en trafikant befinner seg i utløpssonen med en økende trafikkmengde, men hvor stor er denne risikoen veid opp mot de øvrige samfunnskonsekvensene av steng veg? Det kan tenkes at tilgangen til en kort omkjøringsveg har større betydning for konsekvensen av skred enn selve trafikkmengden. Dersom skredhendelser på veg hindrer ambulanser eller andre viktige kjøretøy i sine oppdrag, kan liv og helse påvirkes selv om ingen ble skadet i selve skredhendelsen.

### En alternativ tilnærming til akseptkriterier og akseptnivå

Det foreslåes å bruke en risikomatrix lik den presentert av skredforum. Som hovedakseptkriterier benyttes «Årlig nominell skredsannsynlighet pr. enhetsstrekning» og «Konsekvens». Konsekvenskriteriet deles inn i klasser fra A – F lik skredforums inndeling av ÅDT.

Konsekvenskriteriet foreslåes utarbeidet fra en prioriteringsmodell lik den brukt i «skredsikringsplan for riks og fylkesveger» Her vurderes ulike elementer som påvirker konsekvensen av skredhendelser. Elementene gis verdier og legges sammen for å danne et konsekvensbilde for skredhendelser på veg.

Et eksempel på en slik liste kan være:

- Omkjøringslengde
- + Isolering av personer
- + Naboskred
- + Skredutsatte meter pr. enhetsstrekning
- + Mengde kritisk/sårbar trafikk (skolebuss, ambulanse osv.)
- +Samfunnsøkonomiske kostnader
  
- = Konsekvensklasse

Det settes så en terskelverdi for «akseptabelt nivå», «ALARP området» og «ikke akseptabelt nivå». Denne metoden kan gi et mer detaljert bilde av veiens viktighet og konsekvenser av skredhendelser. Det er en utfordring å bestemme hvilke elementer som skal inkluderes og vektningen av disse for å oppnå en best mulig vurdering. Dersom modellen blir for omfattende vil det kreve store ressurser for å kartlegge de enkelte skredpunktene. En gruppe bestående av både skredsakkyndige,

## 1 RISIKOAKSEPT FOR SKREDHENDELSER PÅ VEG

samfunnsøkonomer og andre relevante fagpersoner bør velge hvilke elementer som skal inkluderes i en slik liste og vektingen av de ulike elementene.

Under arbeidet med «skredsikringsplan for risks- og fylkesveger» er mye data allerede er innsamlet om hvert skredpunkt. Mye av denne informasjonen kan nyttiggjøres i en prioriteringsmodell. Det vil være elementer som er vanskelige å tallfeste. Eksempel på et slikt element kan være synergieffekter i å sikre flere skredpunk samtidig utover enhetsstrekningen, eller skredsikring av omkjøringsalternativ.

Modeller gir et godt grunnlag for en vurdering, men en skjønnsmessig vurdering utover det som omfattes av modellen er nødvendig for å fatte gode vedtak. Dette antydes også i forslaget fra skredforum der det presiseres at vedtak om skredsikrings av veg alltid skal gjøres på regionledernivå.

På «fagdag skred» arrangert av SVV 10.april 2013, ble modellen EFFEKT presentert som et mulig verktøy ved skredsikring. EFFEKT er en standardisert modell utviklet av SINTEF for å gjennomføre en kost-nytte analyse ut fra et samfunnsperspektiv. Dersom denne kan tilpasses bruk til skred kan den være et meget godt verktøy for vurdering av konsekvensklasse i en risikomatrise.

## Risikoaksept for Studieområdet

### E6 i Langfjorden:

E6 langs Langfjorden er et viktig knutepunkt mellom Troms og Finnmark, og er eneste offentlige norske veg som knytter Troms og Finnmark sammen. Omkjøring dersom vegen er stengt må skje via Finland og har en total distanse på 336km fra Skibotn i Troms til Alta i Finnmark. Vegen har en relativt lav trafikkmengde sammenlignet med andre riksveger. Det er registret en ÅDT på 570 kjøretøy i NVDB. Det er en liten og spredt bebyggelse langs vegen, slik at få personer blir isolert dersom skred stenger vegen. Konsekvensene av skred på strekningen er hovedsakelig knyttet til en stans i logistikk når kjøretøy ikke kan passere strekningen og fare for personer når kjøretøy passerer de skredfarlige områdene. Det er omtrentlig en times kjøring til nærmeste stasjonerte ambulanse/legevakt fra begge sider av Langfjord (Storslett og Alta). Langfjorden er trolig geoteknisk mulig å sikre til alle ønskelige akseptnivå for returperioder med bruk av voller, overbygg eller tunell. Tiltakene som kreves for en slik sikringsgrad krever imidlertid store økonomiske bevilgninger. En slik bevilgning er lite sannsynlig i nærmeste fremtid, da det er andre vegstrekninger i fylket som er høyere prioritet i «skredsikringsplanen». Samtidig ønskes det å redusere risikoen for skredhendelser så langt som praktisk mulig ut fra gitte kostnadsrammer.

Ved bruk av akseptmodellen foreslått av skredforum skal E6 sikres til grønt nivå fordi vegen er en riksveg. Det skal brukes en fremskrevet ÅDT på 20 år for bestemmelse av trafikkmengden. Denne fremskrevne ÅDTen ble ikke funnet i SVV sine databaser. Dagens ÅDT på 570 gir trafikkklasse C(ÅDT: 500-1500), og det er lite sannsynlig at trafikkmengden vil tredobles i løpet av de neste 20 årene selv med økt oljevirkosomhet i Nord-Norge. Dette gir en akseptert returperiode på 50 år pr. enhetsstrekning.

## 1 RISIKOAKSEPT FOR SKREDHENDELSER PÅ VEG

Når det blir store mengder tunnelstein tilgjengelig fra tunellen ved Isnestofte er dette i utgangspunktet gratis masser. Det foreslåes derfor at disse massene brukes til å sikre skredpunkt også med en lenger returperiode enn 50 år dersom dette er fordelaktig. Det er en trolig en liten ekstrakostnad å transportere massene til bygging av fangvoller eller skredvoller sammenlignet med transport til egnet deponi.

### **FV 882 til Øksfjord**

Fergeleiet ved tettstedet Øksfjord fungerer som hovedtransport til og fra Sørøya med sin befolkning på 1092 personer (2012). FV 882 knytter også tettstedet Øksfjord med 499 innbyggere (2012) til resten av fastlandet. Dersom vegen er sperret av snøskred er det ingen mulige omkjøringer, men transport via sjøvegen er mulig. Strekingen fra Langfjord til Øksfjord har en trafikkmengde på 275 kjøretøy i døgnet som gjennomsnitt (ÅDT). Fra Øksfjordbotn til fergeleiet som er hoveddelen av den skredutsatte strekingen er det en liten og spredt bebyggelse. Dersom det går skred i flere skredløp kan enkelte husstander bli sperret inne mellom skred og dermed blir isolert fram til vegen åpnes. Nærmeste ambulanseløp er i overkant av en times kjøring (Storslett). Det er en del tungtrafikk langs vegen som frakter frossen fisk fra Sørøya til fastlandet. Det er ikke funnet noen dødsfall eller alvorlige ulykker registrert som resultat av snøskred langs vegen.

FV 882 åpner for et høyere akseptnivå enn E6 Langfjord når det både er lavere trafikkmengde på vegen og et mindre antall personer som blir berørt av skredhendelser. Her kan aktiv skredkontroll som foreslått i oppgaven være med å redusere faren for liv og helse og samtidig korte ned perioden med stengt veg. Dette reduserer samtidig de samfunnsmessige konsekvensene av stengte veger når disse kan åpnes raskere ved aktiv skredkontroll.

Ved bruk av akseptmodellen foreslått av skredforum åpnes det for å akseptere «tolererbart nivå» siden vegen er klassifisert som fylkesveg. Dagens ÅDT på 275 gir en akseptert returperiode på 20 år pr. enhetsstreking, med mulighet til å senkes til 5 år dersom en kost-nytte analyse finner dette nødvendig.

## *1 RISIKOAKSEPT FOR SKREDHENDELSER PÅ VEG.*

## Kapittel 2 - Kartlegging av skredfare

En kartlegging av skredfare ønsker å identifisere faresoner der skred kan forekomme. Det er ønskelig å presentere faresonekart som viser sannsynligheten for at skred av en gitt størrelse skal opptre, samt sannsynlig utstrekning av skred inkludert både løse- og utløpssoner (Fell, et. al 2005).

### Bruk av digitale kart

NVE har det overordnede ansvaret for en kartlegging av skredfarlige områder i Norge. I 2010 lanserte NVE et landsdekkende aktsomhetskart for snøskred. Kartet er utviklet med grunnlag i en datamodell som gjenkjenner fjellsider med helling der snøskred kan utløses. Fra hvert utløsningsområde er utløpsområdet automatisk beregnet ved bruk av  $\alpha$ - $\beta$  modellen. I enkelte tilfeller har det vist seg at de nye kartene er for konservative i forhold til det faktiske farebildet en får fra lokal kjennskap eller detaljvurdering (NVE 2011). NGI har tidligere utarbeidet et skredfarekart som i større grad tar hensyn til lokale variasjoner og erfaringer. Det dette kartet foreligger anbefales det brukt fremfor NGI sine kart.

Aktsomhetskartet for Snøskred utarbeidet av NGI inkluderer ikke faresonene for sørpeskred, da disse kan starte i terreng mye slakere enn snøskred og har en mer kompleks utløsningsmekanisme enn snøskred. *«Det skal derfor mye mer detaljerte terrengmodeller samt forskning på metodeutvikling før en kan vurdere utvikling av kartprodukter for sørpeskred (f.eks aktsomhetskart). Av denne grunnen kan sørpeskred per i dag ikke fanges opp av landsdekkende analyser for identifisering av skredutsatte områder for faresonekartlegging»* (NVE 2011).

### Rapporter

De siste 30-40 årene er det laget mange ulike rapporter som omhandler skredfare i forbindelse med reguleringsplaner, byggesaker og sikringstiltak. Kvaliteten av skredfarevurderingene utført av ulike konsulentfirma har imidlertid vært svært varierende. Dette gjenspeiler den store subjektive delen som inngår i en slik vurdering av skredfare og returperiode. Rapportene vurderte også skredfare med hensyn på datidens krav, og gjenspeiler ikke nødvendigvis dagens strengere lover og krav. Slike rapporter kan imidlertid være nyttige hjelpemidler ved utarbeiding av nye faresonekart, da mye av informasjonen som er innhentet fortsatt er relevant.

### Beregning av returperiode

*Et anslag av sannsynligheten for skred kan ikke i sin helhet baseres på måling eller objektive beregninger. Den er derimot et resultat av en helhetlig og erfaringsbasert vurdering av topografiske og klimatiske forhold, opplysninger om tidligere skredhendelser, dvs. historiske opplysninger eller*

## 2 KARTLEGGING AV SKREDFARE

*geomorfologiske spor i terrenget og regionale oversikter(NVE 2011).* Det finnes ingen utprøvde metoder eller formler for å konvertere den automatisk genererte faresonen fra NVE sine kart til den subjektive bestemte skredfaresonen basert på tidligere nevnte faktorene. Det finnes heller ingen faste metoder for å fastslå rekkevidden av skred med en viss årlig nominell sannsynlighet eller gjentaksintervall. Vurderingene som ligger bak angivelsen faresoner for snø- og sørpeskred er normalt omfattende og svært erfaringsbasert(NVE 2011).

### **Identifisering av skredterreng**

Skred forekommer der både terrenget og klima ligger til rette for å danne skred. En analyse av terreng og klima er derfor et nyttig verktøy for identifikasjon av skredfarlige områder. Ved en terrenganalyse ønsker man å fastslå:

- Hvor skred kan forekomme
- Hvilke skredtyper som kan forekomme
- Skredets størrelse; bredde og utløpsdistanse for normale og maksimale skred.

For en slik terrenganalyse deles skredbanen i 3 ulike soner.

- *Utløsningsområdet*, avgrenset av øvre og nedre kant av flaket som løsner
- *Skredløpet*, hvor skredet øker eller har tilnærmet konstant hastighet
- *Utløpsområdet*, hvor hastigheten avtar og skredet til slutt stopper



Figur 4 Inndeling av ulike soner i en skredbane. Foto fra NGI

### Ulike skredtyper

Med hensikt å identifisere områder som er potensielle faresoner for snøskred, kan snøskred deles i to ulike hovedklasser. Snøskred, og sørpeskred.

Den internasjonale klassifikasjonen av snøskred deler skred inn i tørre og våte snøskred, hvor sørpeskred er en underklasse av våte snøskred. Denne inndelingen baserer seg på skredets bruddform, og er derfor av begrenset verdi ved kartlegging av fareområder. Sørpeskred er prinsipielt forskjellig fra snøskred ved kartlegging faresoner og skiller derfor fra øvrige snøskred i kartleggingen. Dette kapitlet skiller derfor mellom snøskred og sørpeskred, hvor snøskred er karakterisert som skred utløst uten tilstedeværelsen av fritt vann i porene i snødekket.

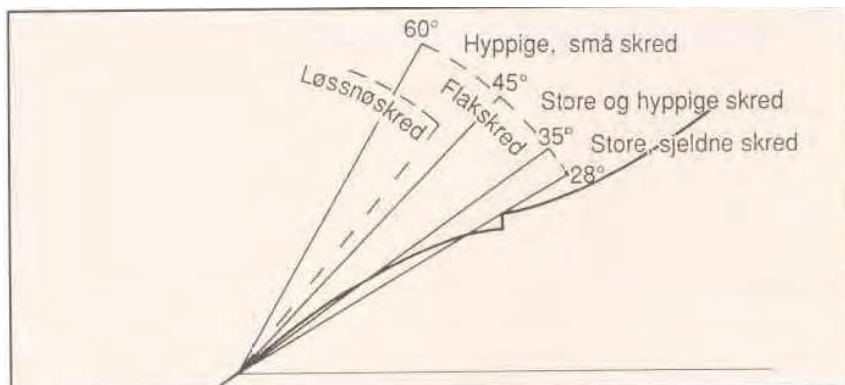
### Snøskred

## 2 KARTLEGGING AV SKREDFARE

Snøskred er karakterisert som snø uten fritt vann i porene. De oppstår når skjærspenningene i snødekket overstiger skjærfastheten ved en kritisk dybde. På grunn av snødekkets egenskaper betyr dette at slike skred har løsneområder i en terrenghelling mellom 28° og 60° (Figur 5) (Vegvesen 2011). Mindre skred kan forekomme i terreng brattere enn 60°, men brattheten tilsier at skjærfastheten rask blir oversteget av skjærspenningen slik at kun mindre snømengder kan avlagres i så bratte sider. Fjellsider med gjennomsnittshelling over 60° kan imidlertid ha mindre hyller hvor terrenghellingen slakere enn gjennomsnittsvinkelen. Disse områdene kan være potensielle løsneområder for større skred. Slike fjellsider kan være lett å overse ved terrenganalyser og er ofte mindre tydelige på kart.

For identifisering av løsneområder for snøskred er terrenganalyser ved bruk av GIS modeller et effektivt hjelpemiddel. Dersom det er tilgang på en DEM modell kan alle områder med terrenghelling mellom 28° og 60° markeres på et kartgrunnlag. Det er derimot ikke slik at det går skred i alle områder mellom 28° og 60° terrenghelling. Dersom det ikke avlagres tilstrekkelig snø i området vil det heller ikke løsne skred.

Vind og nedbør påvirker frekvensen og størrelsen av skredene som dannes. Terreng som ligger i lesiden for drivsnø og nedbørsførende vindretninger har størst sannsynlighet for å danne snøskred. Slike sider samler ofte 3-4 ganger så mye snø som omkringliggende terreng. Terrengformasjoner som samler mest drivsnø er forsenkninger som skålformer, elvegjel og markerte skar. Motsatt er sant fjell terrengformasjoner som står ut fra det omkringliggende terrenget som bergnabber og knauser. Disse kan være uten snø i et terreng med ellers tykt snødekke (McClung and Schaerer 2006) (Vegvesen 2011).



Figur 5 Sammenheng mellom terrenghelling og tørre skredtyper. En profil av Holmenkollbakken er vist som sammenligningsgrunnlag for hellingen. VD rapport 27

### Kartlegging av sørpeskred

Sørpeskred karakteriseres ved at porevolumet mellom snøkornene er fylt med fritt vann. Skredene er en blanding av snø og vann med liten kohesjon, og en strømningsform som likner flomskred (Vegvesen 2011).

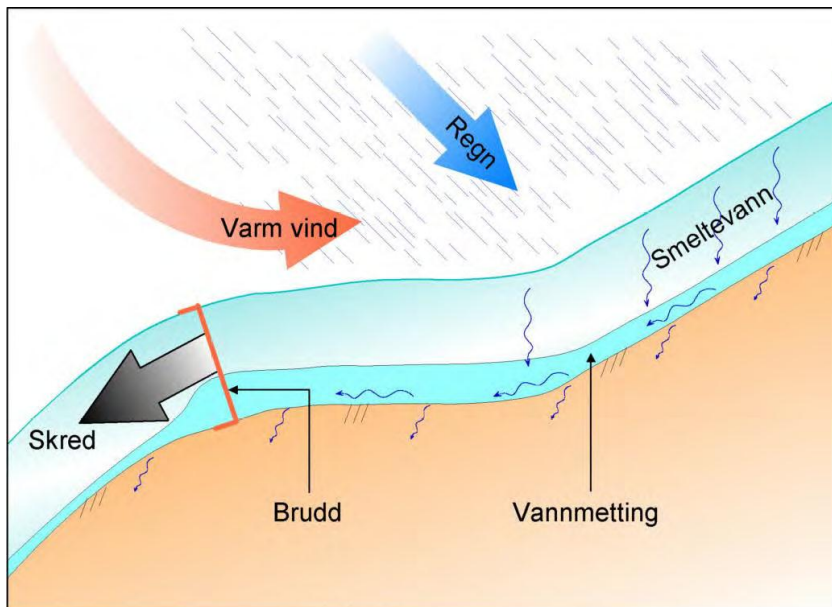
Sørpeskred oppstår der akkumuleringen av vann i snødekket er raskere enn dreneringen (Figur 6). Dette skjer gjerne ved rask snøsmelting, enten ved nedbør eller varme vinder, om våren når strålingsintensiteten fra sola er sterk. Snødekket har som regel tidligere hatt en sterk



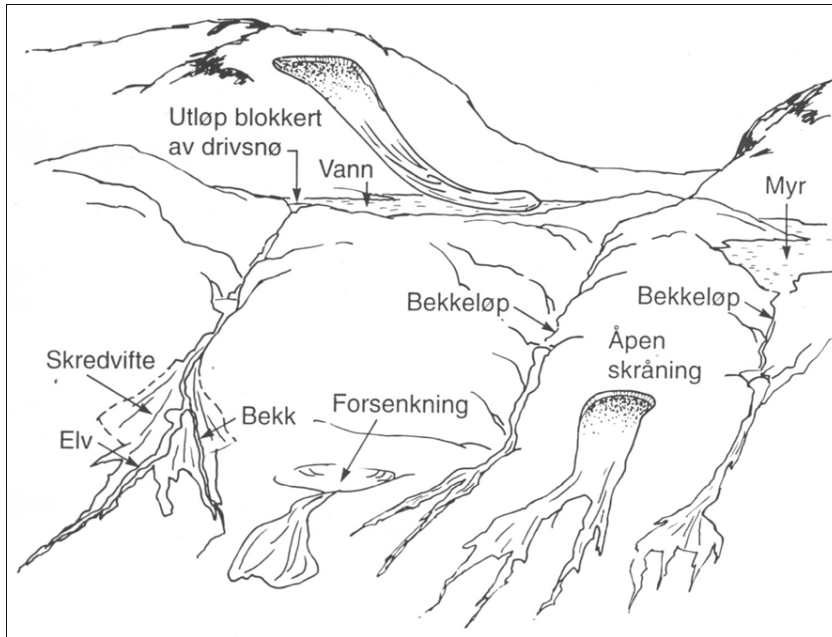
## 2 KARTLEGGING AV SKREDFARE

temperaturgradient og mangel på solinnstråling. Derfor finner vi flest sørpeskred ved høyere breddegrader slik som Norge og Alaska. Utløsningsområdet for sørpeskred er ofte topografiske forsenkninger eller elvegjeld som har en gradient på 5° til 40°, men overstiger sjeldent 25° (McClung and Schaerer 2006) (Vegvesen 2011). Sørpeskred kan løsne i slakere terrengelling enn snøskred på grunn av den reduserte friksjonen som følger av det hydrostatiske trykket fra vannet i snødekket. Snødekket mister sin interne struktur og friksjon i det øyeblikket snøen blir omrørt, og får derfor en strømningsform lik den i et flomskred. Tettheten av sørpeskred har blitt målt til over 1000kg/m<sup>3</sup> på grunn dens eroderende form som frakter med seg jord og stein materiale i skredet. Kraften sørpeskred utøver mot objekter kan derfor sammenlignes med de mest ødeleggende snøskredene (McClung and Schaerer 2006).

Store sørpeskred kan bli utløst fra flate myrområder, forsenkninger eller vann dersom det ligger en propp av for eksempel fokksnø og stenger for utløpet (Figur 7). Sørpeskred kan også dannes der snøskred glir ut i åpent vann og omdannes til sørpeskred. Det vannmettede snødekket for ofte et blågrålig skjær i toppen eller åpent vann over snødekket. Slik tegn kan bety at et sørpeskred er nært forestående.



Figur 6 Utløsningsprosesser for sørpeskred. NGI



Figur 7 Vanlige terrengformasjoner som kan være løsnemråder for sørpeskred (Hestnes, 1999)

For mer inngående informasjon om sørpeskred henvises det til Vegdirektoratets Høringsutgave nr.73 Flom- og sørpeskred.

### Skredløp og utløpsområdet

Skredløp kan deles inn to hovedgrupper, kanaliserte og åpne skredløp. I kanaliserte løp følger den tunge delen av skredet kanaliseringen og det er enkelt å forutsi hvor hovedtyngden av skredet vil treffe vegen. Slike kanaliserte skredløp bør sjekkes ved befaring da mindre terrengformasjoner kan føre til at skredmassen bryter med det kanaliserte løpet og tar nye retninger. Eksempler kan være brå retningsforandringer, innsmalning av skredløpet, steiner som blokkerer skredløpet og steder hvor skredmassen er større enn kanalen.

I åpne skredløp med få terrengformasjoner er det en tommelfingerregel at skredløpet er omtrentlig like bredt som løsnemrådet. Det er imidlertid en tendens at skredet øker i bredde i nederste del av skredbanen der skredene bremses opp. Dette skyldes at noe av de bakre massene i skredet blir presset ut til siden når massene i front bremses opp (Vegvesen 2011). Snøskred som består av snø med mindre fasthet (løs nysnø og løs grovkornet snø) har en tendens til å bre seg utover fjellsiden og kan øke skredvolumet betraktelig (NVE 2011).

Ved en kartlegging av skredløp og utløpsområder kan tegn som skader på vegetasjonen, erosjonsskader og avsetning av skredtransportert materiale gi indikasjoner på utløpsområder. Slike tegn kan finnes ved bruk av bilder eller ved befaring.

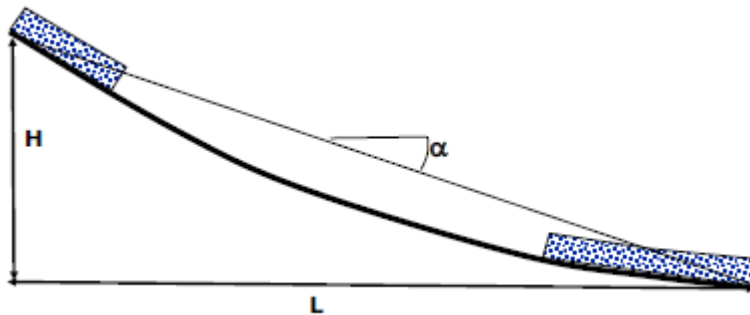
### Utløpsdistanser

## 2 KARTLEGGING AV SKREDFARE

Det er viktig å fastlegge hvor langt skredet kan gå i forbindelse med planlegging av veg og infrastruktur. Skredets utløp er vanligvis definert som den ytterste grensen av de tunge skredmassene. Snøskydelen har vanligvis lengre utløp, men har et betydelig mindre skadepotensial for trafikken. Derfor er utløpsdistansen for de tunge skredmassene lagt til grunn i oppgaven.

Utløpslengden av skred kan beskrives ved hjelp av to forskjellige parametere;

1. Ved Avstanden  $L$ , fra det øvre punktet i utløsningsområdet til skredmassenes ytre begrensning
2. Ved utløpsvinkelen  $\alpha$ , som er vinkelen fra øvre punkt i utløsningsområdet til ytre begrensning for de avsatte skredmassene.



Figur 8 Modell for beregning av utløpsdistanse for skredavsetninger. Figur VD 27

Utløpsdistansen for skred kan relateres til skredets returperiode, hvor skredets utløpsdistanse øker med returperioden. Det finnes imidlertid ingen faste metoder for å fastslå rekkevidden av skred med en viss årlig nominell sannsynlighet eller gjentaksintervall (NVE 2011). En beregning av utløpsdistanse som en funksjon av gjentaksintervall involverer en studie av det enkelte skredløpet og det tilhørende regionale klima (nedbørsmengde, vind, temperatur, mv.). Dersom tidligere skred er registrert i området kan en analyse av disse gi en pekepinn på om skredene har lengre eller kortere utløp en det som kan etterberegnes med modellforsøk.

Det er flere ulike metoder og modeller for beregning av utløpsdistanser av snøskred. Modellene kan deles inn i ulike kategorier:

- Topografiske modeller som kun bruker topografiske parametere som finnes på kart eller ved observasjon av terrenget.
- Dynamiske modeller som kalkulerer hastigheten og utløpsdistansen basert på data om skredbanens profil og snøparametere (snødybde og størrelse på løsningsområdet)
- Nærmeste nabo modeller sammenligner den maksimale utløpsdistansen til den skredbanen som ligner mest på den undersøkte.

For en mer inngående beskrivelse av ulike modeller for beregning av utløpsdistanse vises det til Vegdirektoratets håndbok 27 «Veger og Snøskred»

### Skredfarekartlegging for studieområdet

Kartleggingen av skredfaren langs vegstrekningen i studieområdet ble gjort ved en kombinasjon av statistiske og topografiske metoder. Kartet er laget ut fra gjeldene akseptnivå for skredhendelser på veg foreslått omtalt i kapittel 1. Vegbanen er delt inn i enhetsstrekninger på omtrentlig en kilometer, hvor alle enhetsstrekninger som overskrider den aksepterte årlige nominelle sannsynligheten er tegnet inn på kartet. Den aksepterte skredsannsynligheten for enhetsstrekningene er:

- E6 Langfjorden; 1/50 årlig nominell sannsynlighet pr. enhetsstrekning
- FV 882; 1/20 årlig nominell sannsynlighet pr. enhetsstrekning

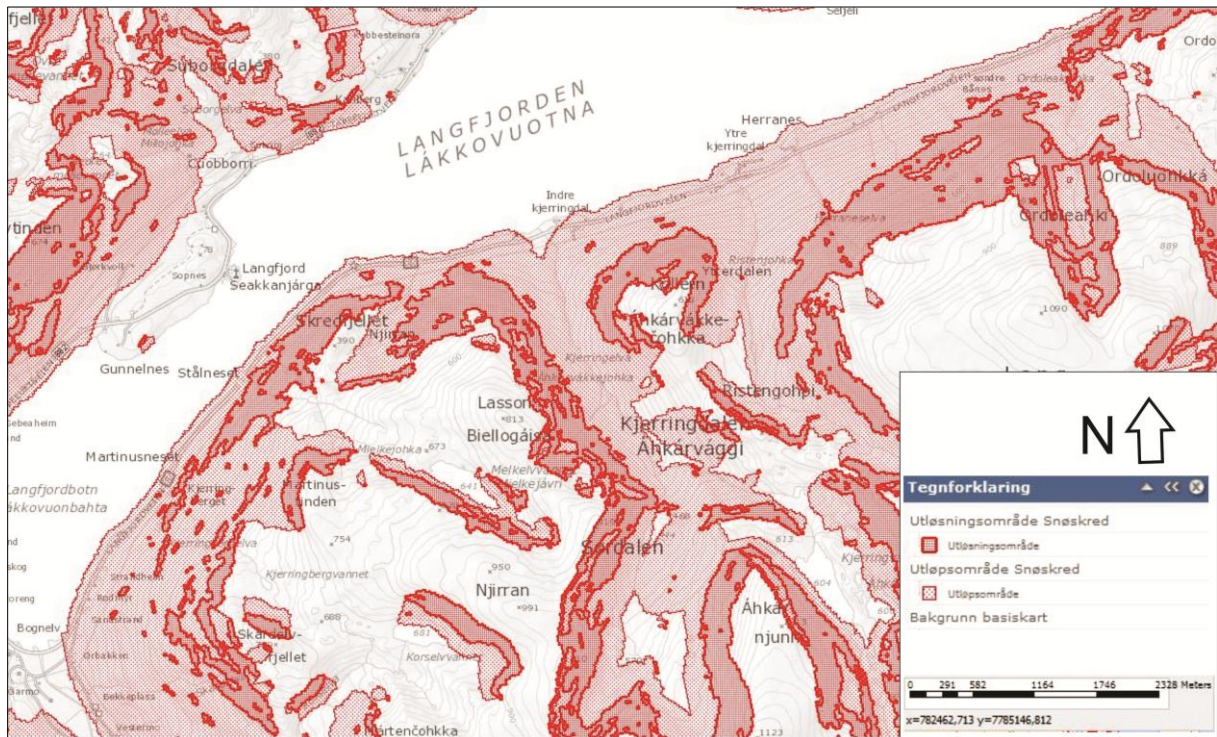
### Bruk av aktsomhetskart fra NVE og registrerte hendelser i NVDB

NVEs aktsomhetskart for snøskred er brukt som et grunnlag for å identifisere områder som er utsatt for snøskred. Utløpsdistansen beregnet på disse kartene er brukt som den maksimale utstrekningen et snøskred kan ha. Som vist i Figur 9 er tilnærmet hele vegstrekningen langs Langfjorden skredutsatt ved bruk av NVEs skredkart. Det samme gjelder også for FV882 til Øksfjord vist i figur 10. Aktsomhetskartet fra NVE ble sammenlignet med posisjonen for skredhendelser registrert i National Vegdatabank. Det er ingen registrerte skredhendelser som er registrert utenfor faresonene til NVEs kart. Dette er også å forvente når faresonen dekker tilnærmet hele vegstrekningene.

Det er først de senere årene hvor skredhendelser har blitt systematisk registrert i National Vegdatabank. Datagrunnlaget blir derfor dårligere når det skal kartlegges skredområder med lengre returperioder. De områdene hvor det er registrert to eller flere skred siden 1993 ble antatt å ha en kortere returperiode enn 20 år, og er derfor tatt med som skredfarlige områder i skredfarekartene for FV 882 Øksfjord og E6 Langfjorden. Områdene med ett eller ingen registrerte skredhendelser i NVDB, men innenfor skredfaresonen på kartet fra NVE ble undersøkt for tegn etter tidligere skred. Dette ble gjort ved feltbefaring og bildemateriell fra Norgebilder.no og Vegvesenet.

I prosessen med utarbeiding av skredfarekartene er det brukt en omvendt sannsynliggjøring. Et område markert som skredfarlig i NVEs aktsomhetskart skal inkluderes i skredfarekartet dersom det ikke kan sannsynliggjøres at returperioden er lengre enn angitt akseptnivå. Den ytre begrensingen for skredfaresonene er gjort ut fra en topografisk vurdering av det enkelte skredpunktet.

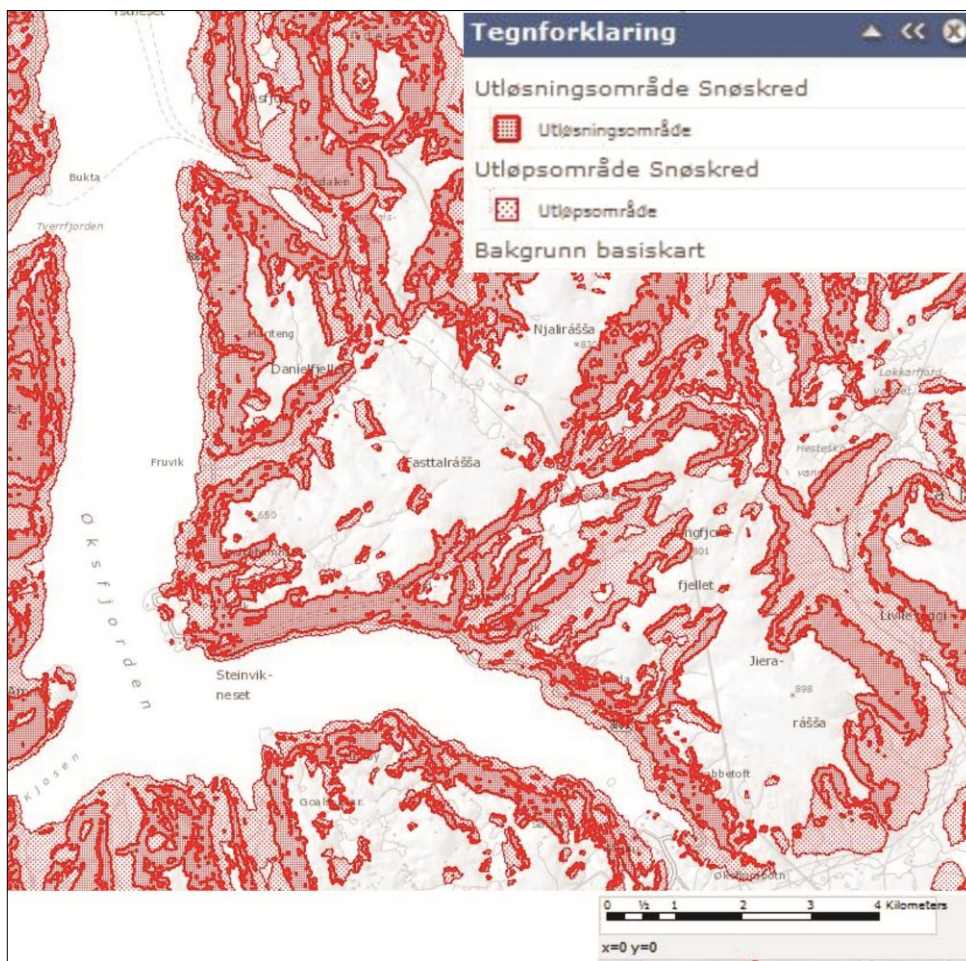
Aktsomhetskart Langfjorden



Figur 9 Kart med fareområder for snøskred ved FV 882 Langfjorden. Kartet er basert på NVEs modell fra skrednett.no

## 2 KARTLEGGING AV SKREDFARE

### Aktsomhetskart Langfjorden



Figur 10 Kart med fareområder for snøskred ved Øksfjord. Kartet er basert på NVEs modell fra skrednett.no

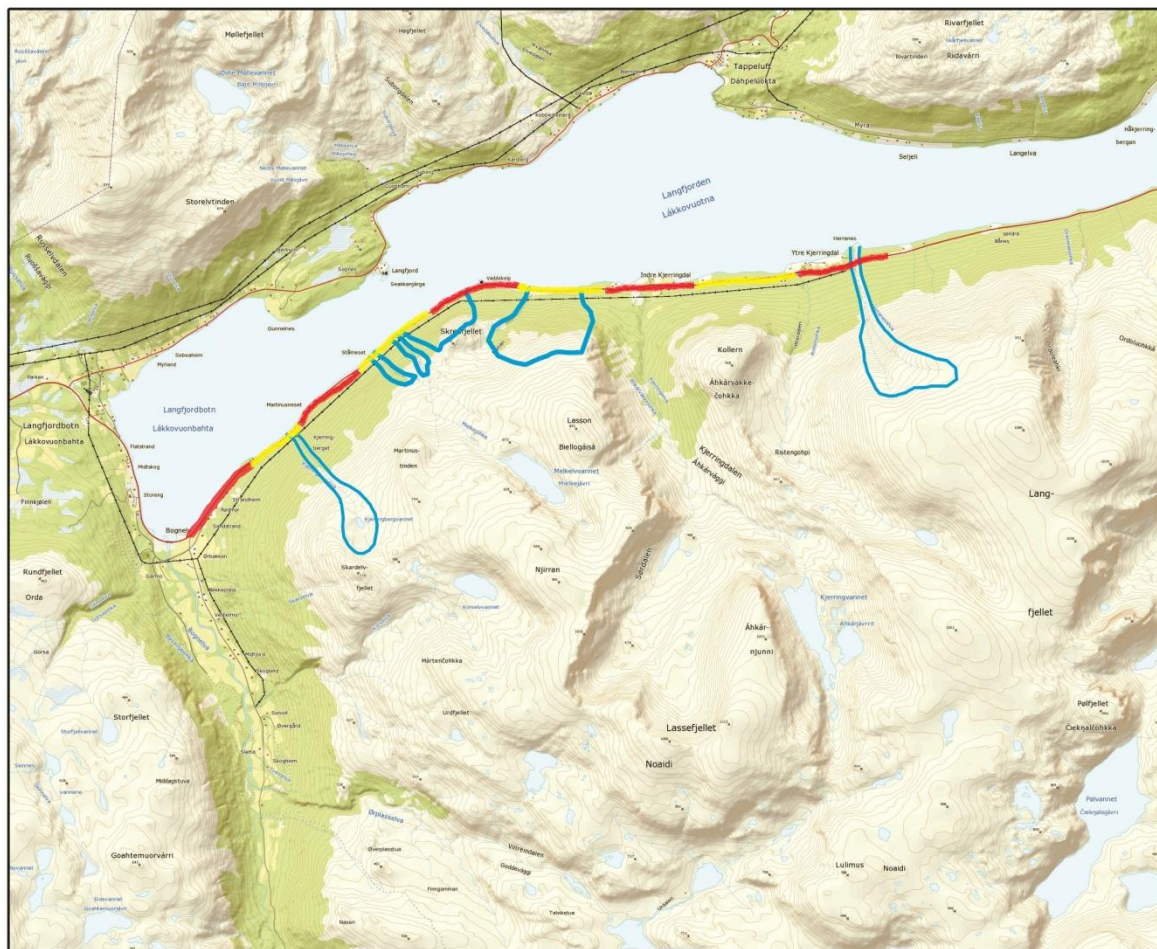
### Kartlegging av potensielle områder for sørpeskred

Fareområdene for sørpeskred er ikke omfattet av NVEs aktsomhetskart og krever derfor en ulik tilnærming. For å kartlegge fareområder for sørpeskred ble det brukt topografiske kart, flybilder og tidligere rapporter fra området. Alle bekkefar ble undersøkt for flatere partier hvor en oppsamling av snø og vann kan inntreffe. Det er registrert enkelte hendelser av sørpeskred i Langfjorden i NVDB. Skredpunktet Herranes virker å være spesielt utsatt for sørpeskred. Fjellene i den nordlige delen av Øksfjorden er bratte og spisse uten flatere områder hvor potensielle sørpeskred kan oppstå.

Det endelige kartet over skredfarlige områder i Langfjorden og Øksfjord har ikke tatt hensyn til effekten av eventuelle sikringstiltak som er bygget langs vegen når disse områdene skal analyseres med større nøyaktighet senere i oppgaven.

## 2 KARTLEGGING AV SKREDFARE

### Skredfarekart for E6 Langfjorden



Enhetsstrekning

Skredløp

0 0,5 1 2 3 Kilometer



Figur 11 Skredfarekart for E6 Langfjorden.

### Beskrivelse av enhetsrekninger

Den første enhetsrekningen strekker seg fra Bognelva langs Kjerringberget. Her er det bebyggelse langs vegen og ingen spor i terrenget fra tidligere skredhendelser. Strekninger er derfor tolket til å ha lengre returperiode enn 50 år.

Enhetsrekning nr.2 Strekker passerer skredpunktet Kjerringbergelva. Her registrert ett sørpeskred langs elveleiet. Det er ingen tegn til andre skredskader i området og det er bebyggelse på skredsiden vegen. Kjerringbergelva er tatt med som skredområde i farekartet på grunn potensielle sørpeskred som er vanskelig å bestemme returperiode for.

Tredje enhetsrekning ved Martinusneset har ingen registeret skred i NVDB. Terrenget har himmelretning og bratthet som enhetsrekning nr.2 og har ingen synlige tegn på hyppige skredhendelser. Området er derfor tolket til å ha en lengre returperiode enn 50 år.

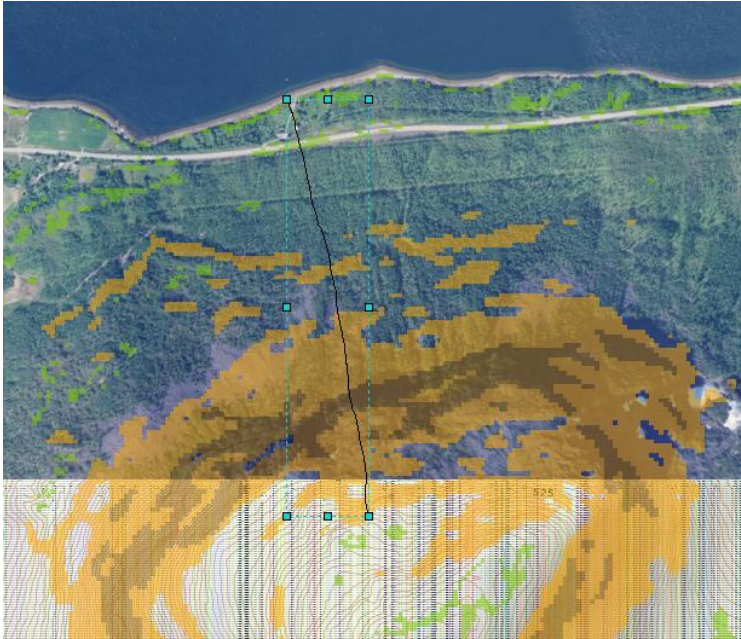
Enhetsrekning nr.4 er trukket fra Stålneset og strekker seg forbi Melkelva. Her er der registrert flere skred de siste årene og det levnes liten tvil om at dette området har en høyere skredfrekvens enn 50år. Det er også flatere parti langs Melkelva hvor det potensielt kan dannes sørpeskred.

Enhetsrekningen nr.5 fra Skredfjellet til Vaddekeip har flere snøskred registret i NVDB og tas med som skredfarlig punkt på vegstrekningen.

Enhetsrekningen nr.6 fra Overbygget ved Njirran-Øst og videre østover til fjellet Lasson har to skredhendelser registrert i NVDB og er derfor tatt med i skredfarekartet.

De to neste enhetsrekningene nr.7 og 8 under fjellet Kollern var et av de vanskelige punktene å bestemme returperiode for skredhendelser. Det er mange faktorer som tilsier at dette området bør inkluderes i skredfarekartet. Fjellet har tilnærmet lik topografi som den Nordlige siden av fjellet Lasson som er inkludert i farekartet. Det er imidlertid en lengre avstand mellom nedre begrensing av løснеområdet og vegen ved Kollern. Det er ingen registrerte skred langs strekningen i NVDB, men åpne glenner i skogen som kan tyde på skredaktivitet. Skredbanen ble sjekket med «Steepest Path» verktøyet i ArcMap. Dette verktøyet beregner den «raskeste» vegen ned fra fjellet om en ball triller uforstyrret(Figur 12). Verktøyet gir en god indikasjon på retningen et skred vil ha fra et løśnieområde. Figur 12 viser at boligen på nedsiden av vegen ligger midt i utløpsområdet for eventuelle skred med tilstrekkelig lange utløp. Det ble ikke funnet noen skader på boligen ved befaring. Slike skader kan være reparert i ettertid men trolig vil boligene vært fraflyttet dersom den hadde fått større skader av et snøskred. Lokal kjentmann og skredobservatør Bjørn Michaelsen ble kontaktet. Han kunne huske å ha observert skred med tilstrekkelig utløpslengde for å nå vegen. Enhetsrekningen er derfor antatt å ha en lavere skredfrekvens enn 50år og er utelatt fra skredfarekartet.





Figur 12 Beregning av bratteste bane ned fra fjellet Kollern. Den sorte linjen i figuren viser den bratteste linjen ned fra fjellet. Data fra [Norgebilder.no](http://Norgebilder.no)

Enhetstrekningen som strekker seg forbi Herraneselva har flere skred registret ved brupunktet langs vegen. Alle registrerte skred er sørpeskred som har fulgt elveleiet. Det er vanskelig å sannsynliggjøre en returperiode for områdene utenfor elveleiet. Det er kun spredt vegetasjon som gir lite spor dersom skred løsner. I samtaler med Bjørn Michaelsen er det observert flere skred i fjellsiden, men ingen med utløp som har nådd vegbanen. Det er laget flere skredrapporter som omtaler Herranes bro i forbindelse med elveleiet. Ingen av disse rapportene nevner snøskred utenfor elveleiet. Det er derfor under tvil kun tatt med elveleiet i skredfarekartet med returperiode på 50 år.

## 2 KARTLEGGING AV SKREDFARE

### Skredfarekart for Fv882 Øksfjorden



Skredløp

0 0,5 1 2 3 Kilometer



Figur 13 Skredfarekart for FV 882 til Øksfjord.

### Beskrivelse av enhetsstrekninger

Skredfaren er kartlagt for vegstrekningen fra Øksfjordbotn til tettstedet Øksfjord. Områdene som er kartlagt er gjennomgått fra sør til nord. Terrenget er sidebratt og preget av mye fjell i dagen. Mange av løснеområdene langs vegstrekningen strekker seg helt ned mot vegbanen. Det er også kun spredt vegetasjon i store deler av strekningen som stedvis gir få spor om tidligere skredaktivitet. Det er vanskelig å få en oversikt over fjellsidene fra befaring langs vegen på grunn av bratte fjellområdet. Derfor baserer mye av arbeidet med identifisering av skredbaner fra flyfoto og registrerte hendelser i NVDB.

De første enhetsstrekningene er lagt fra fjordens innerste punkt og strekker seg til skredpunktet Revnes. Ved revnes er det registrert fem ulike skred i NVDB. Skredpunktet er derfor tatt med i skredfarekartet. Dersom stedsangivelsen i NVDB er nøyaktig har alle skredene utløp fra samme skredløp. Der er derfor kun dette skredløpet som er inntegnet på kartet.

Neste enhetsstrekning som er markert på kartet er Seivikbukta. Her er det tidligere registrert ett skred i NVDB. Det er flere bygninger på nedsiden av vegen som ikke har noen tegn på skredhendelser. Disse ligger imidlertid beskyttet bak en mindre forhøyning i terrenget som styre skredet til sidene for huset. Det er lite vegetasjon i skredbanen sammenlignet med de omkringliggende områdene. Det er valg å inkludere punktet i skredfarekartet selv om skredfrekvensen er usikker.

De to enhetsstrekningene som strekker seg fra Ingaelva til Bukta har henholdsvis fem skredhendelser hver registrert i NVDB. Skredbanene er derfor tatt med i skredfarekartet.

Det er registrert to skred ved vestre påhugg til Øksfjordtunnelen. Dette området har bratt terreng på mellom 30°-35° som strekker seg helt ned til vegbanen. Dette skredpunktet har trolig en skredfrekvens på høyere enn 20 år og er derfor tegnet inn på skredkartet.

Skredpunktet ved Steinbukta har ett skred registrert i NVDB. Etter samtaler med lokalkjent går det årlig flere små skred som kommer i vegbanen. De fleste blir brøytet bort uten å bli rapportert. Skredpunktet er derfor tegnet inn på skredfarekartet.

Ved enhetsstrekningen Leirvika er det flere ulike skredfar som til sammen har fem ulike skred registrert i NVDB. Skredpunktet er derfor tatt med i skredfarekartet.

Strekningen Nord for Leirvika til Vassdalsbotn like før Øksfjord har registrert fire mindre skred med under 15 meter stengt veg. Disse hendelsene er imidlertid med så stor avstand at ingen enhetsstrekninger har flere enn ett registrert skred. Skredpunktene har derfor trolig en returperiode på over 20 år, og er ikke tatt med på skredfarekartet.

Enhetsstrekningen fra Vassdalsbotn til Øksfjord har 5 skred som har løsnet fra ulike steder på fjellet Vassdalsura. Dette skredpunktet har derfor blitt tatt med i skredfarekartet.



## Kapittel 3 - Sikringsmetoder

I arbeidet med å planlegge alternative sikringstiltak for de ulike skredpunktene oppgitt i rassikringsplanen er følgende sikringsmetoder vurdert:

- Overvåkning og stenging av veg
- Aktiv skredkontroll
- Tunell
- Overbygg
- Fangvoll og fangmagasin
- Ledevoll
- Bremseskjeler
- Brede grøfter og flytting av veg
- Støtteforbygninger
- Bro over skredløpet

Ved valg av sikringstiltak er det brukt utforming og dimensjonskriterier som beskrevet i Vegdirektoratets rapport nr.27 «Veger og Snøskred». Rapporten beskriver ikke aktiv skredkontroll som sikringstiltak, og det er derfor gitt en innføring i ulike metoder for aktiv skredkontroll. Det er foreløpig lite litteratur som omhandler de ulike metodene, og det er i hovedsak brukt informasjon fra produsenter i arbeidet.

### Aktiv skredkontroll

Aktiv skredkontroll er lite brukt som sikring for norske veger. Dette kapittelet ønsker å gi en oversikt over ulike former for aktiv skredkontroll, og gjøre en sammenligning av de ulike metodene. Mange av metodene er sprengstoffbaserte som legger en restriksjon på bruk og oppbevaring. Slike bestemmelser er gitt av Direktoratet for Samfunnssikkerhet og Beredskap(DSB). SSV har våren 2013 levert inn en søknad om godkjenning av Wyszen skredtårn til DSB.

### Innføring i begreper og ulike systemer

Aktiv skredkontroll er en fellesbetegnelse for ulike metoder for å fjerne ustabil snø fra et potensielt skredfarlig område, slik at sannsynligheten for en uforutsett skredhendelse reduseres. Det finnes flere ulike metoder for å utløse skred tilgjengelig på markedet i dag. Noen metoder består av mer eller mindre permanente installasjoner i løseområdene, mens andre er mobile systemer som kan flyttes mellom ulike områder etter behov.

Noen av de mest vanlige systemene som blir brukt i dag er, i tilfeldig rekkefølge:

- Sprengstoffladninger kastet for hånd
- Sprengstoffladning sluppet fra helikopter
- Fjernutløste sprengstoffladninger forhåndsplassert under snødekket.

### 3 SIKRINGSMETODER

- Bruk av raketter og prosjektiler. Både militære og sivile systemer blir brukt.
- Wyssen skredtårn.
- Gazex, Daisybell og O'Bellx gassbaserte skredsystem.

#### **Bruk og erfaring i Norge**

Bruk av aktiv skredkontroll er utbredt i andre land som Sveits, Østerrike, Canada, USA og Japan. I Norge har bruken av aktiv skredkontroll vært preget av en mer sporadisk bruk, og er lite brukt av Statens Vegvesen som sikring for norske riks og fylkesveger. Bruken har stort sett begrenset seg til nedsprenning av skavler med sprengstoffladninger og enkelte pilot- og prøveprosjekt. Et forsøksprosjekt der frosne isblokker eller sandsekker skulle slippes fra helikopter har vært utprøvd av SVV uten at det har blitt videreført. De siste årene har Statens Vegvesen i region nord leid inn det mobile gassbaserte systemet Daisybell for å utløse snøskred. Dette systemet ble mye brukt vinteren 2012/2013. Det har også vært et toårig pilotprosjekt med bruk av Wyssen skredtårn på Tyin. Dette prosjektet er nå avsluttet, og arbeidet for å godkjenne Wyssen skredtårn som sikringsmetode for veg er iverksatt. Statens Vegvesen har også planer om utprøving av Gazex systemet de nærmeste årene.

#### **Områder egnet for bruk av aktiv skredkontroll**

Aktiv skredkontroll kommer til sin rett der bruk av mer tradisjonelle sikringsmetoder er for økonomisk kostbare eller geoteknisk vanskelige. I region nord gjelder dette spesielt fylkesveger med lav trafikkmengde. Med dyre tiltak som overbygg og tunneller foreslått i skredsikringsplaner, havner disse fylkesvegene lavt over prioriterte veger på grunn av sine lave trafikkmengde. Aktiv skredkontroll kan da være et godt alternativ. Metoden er lite egnet som beskyttelse for bebyggelse, da størrelsen på skredet som utløses kun kan påvirkes i mindre grad.

#### **Overvåkning og stenging av vegen**

Bruk av aktiv skredkontroll ønsker å minimere perioden der vegen må stenges for trafikk på grunn av skredfare. Ved en utløsning av skred forsvinner mye av skjærkreftene som dannet det opprinnelige skredet, slik at den gjenværende snøen har betydelig høyere stabilitet. Vegen kan i de fleste tilfeller åpnes etter at skredet har blitt utløst og ryddet, og skredfaren forblir lav frem til ny snø har lagt seg i samme skredbane.

Før skredet utløses må vegen stenges for all trafikk og kontrolleres slik at det ikke oppholder seg personer langs veistrekningen under nedsprenning. Det foreslås at vegen blir stengt med bom og signallys, eventuelt med manuell stenging med personell utplassert på begge sider av skredsonen. Vegen bør stenges utenfor skredfarlige områder slik at den ventende trafikken ikke er utsatt for naturlig utløste skred når vegen er stengt.

Det er per i dag umulig å beregne et nøyaktig tidspunkt for når et skred vil løsne. En konsekvens av dette er veger som er stengt i lengre perioder når skredfaren er høy. Spesielt gjelder dette når snødekket har vedvarende svake lag som gradvis belastes av ny snø. I slike situasjoner er det veldig vanskelig å forutsi når en skredhendelse vil inntreffe.

#### **Avkreftelse eller bekreftelse av utløste skred**

Sannsynligheten for å utløse skred er størst under snøvær eller strek vind med drivsnø. Dette er forhold der sikten ofte er dårlig. Ved slikt vær kan det være vanskelig å bekrefte om skredet er utløst eller ikke. Det er ikke ønskelig å bevege seg inn i det skredfarlige området dersom skredet ikke har blitt utløst. For å unngå slike situasjoner kan det med fordel installeres utstyr som detekterer skred dersom det løsner. Slik utstyr kan også oppdage og stenge vegen automatisk dersom skred løsner naturlig. Det er mulig å installere både geofoner, radar og laserportere for å detektere skred. Et system som baserer seg på triangulering ved ultralydsensorer er også under utvikling i Italia. Slike systemer brukes i dag på vulkaner, men er ennå ikke tilstrekkelig utviklet for bruk ved snøskred.

I Norge er det installert flere geofonanlegg for varsling av skred. Disse har så langt fungert meget dårlig. De fleste anlegg er ute av drift og fungerte kun en kort stund etter de ble installert. Det er imidlertid nye geofontyper under utvikling som er basert på batteri med solcelle og GSM teknologi. Dette vil trolig være mer robust enn eldre anlegg som var utsatt for kabelbrudd og lynnedslag.

#### **Vegkonstruksjon**

Dersom vegen stenges tilstrekkelig ofte for nedsprenning av skred kan man forsøke å begrense utløpslengden slik at vegen ikke blir skadet eller må ryddes i etterkant. For at snøskredet skal løsne må det eksistere et svakt sjikt i snødekket. Dette betyr i praksis at det er kun i liten grad man kan kontrollere skredets størrelse og vegen bør derfor være konstruert for å tåle skredlaster uten større skader. Dette gjelder både rekkverk eller andre konstruksjoner langs veien.

#### **Valg av metode for aktiv skredkontroll i studieområdet**

For å finne aktuelle metoder og system som kan egne seg for sikring av de enkelte skredløpene ble områdets klima, skredhyppighet, tilgjengelighet for personell og trafikkmengde undersøkt.

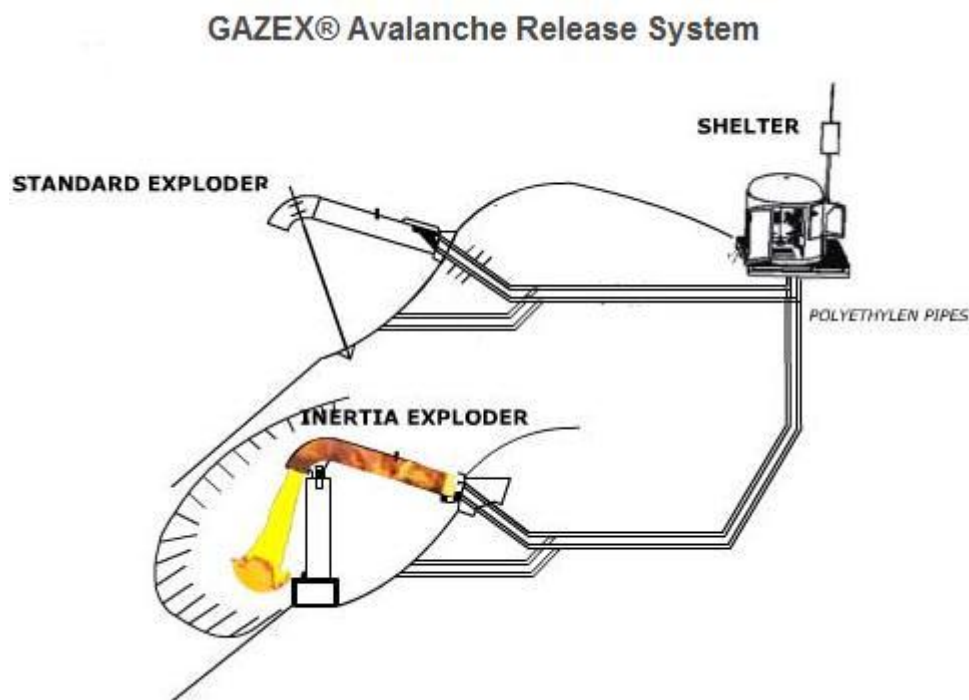
Nord-Norge har en lang mørketid på vinteren med mye vind og snøvær. Derfor er et system som kan fjerne den skredfarlige snøen mest mulig uavhengig av sikt og lys prioritert. Fjellene i studieområdet har ingen enkle ankomstveger som gjør det enkelt å frakte personell til utløpsområdene i dårlig vær. Derfor er en manuell utplassering av sprengstoff eller bruk av helikopter ansett som mindre gunstige metoder. To systemer pekte seg ut som mest aktuelle for bruk i studieområdet; Gazex systemet og

### 3 SIKRINGSMETODER

Wyssen skredtårn. Disse ulike metodene er videre undersøkt for å undersøke om ett av systemene er mer fordelaktig å bruke.

#### Gazex

Gazex er et fransk system utviklet for å kontrollere utløsningen av snøskred i bestemte skredfar. Gazex ble utviklet av Jacob Schippers for T.A.S (Technologie d' Alpine de Securite) og er et system som bruker en gasseksplisjon for å utløse skred. Det første komplette Gazex anlegget sto klar til bruk i 1988. I 2002 var det flere enn 1100 operative utløserenheter installert i ulike land.



Figur 14 – De ulike komponentene i et Gazex system (Gazex®).

Systemet er tredelt og består av en utløserenhet, en lagringsbygning og et radiokontrollsystem. Utløserenheten(exploder) er et rør som forankres mot bakken med armeringsstenger av stål festet i et sementfundament. Selve røret er konstruert av galvanisert stål med en lengde på cirka 4 meter. Den nøyaktige utformingen bestemmes av ønsket gasmengde og effekt. Fire rørstørrelser leveres som standard,  $0.8\text{m}^3$ ,  $1.5\text{m}^3$ ,  $3\text{m}^3$  og  $4.5\text{m}^3$ . Røret fylles med en gassblanding av oksygen og propan som antennes via tennplugger for å skape en trykkbølge rettet mot snøen. Trykkbølgen danner en fraktur i snøen som initierer et snøskred dersom snødekket er tilstrekkelig ustabil. Det skapes også en seismisk bølge i bakken som bidrar til utløsning. Det tilbys to forskjellige modeller i 3 størrelser. «Gazex Inertia» er spesielt konstruert for områder med vanskelige grunnforhold og har en fjærende fundamentering hvor enheten selv tar opp vibrasjonene fra eksplosjonen.

Lagringsbygningen(shelter) plasseres på et sikkert sted bort fra skredsonen. I bygningen lagres oksygen og propan i separerte trykktanker hvor gassen sendes via separate rør opp til 500m fram til utløserenheten. En lagringsenhet kan kontrollere opp til 10 utløserenheter og inneholder nok gass til å vare en hel sesong uten etterfylling. Hver lagringsbygning har en integrert værstasjon og



### 3 SIKRINGSMETODER

kontrollenhet som drives via et 100Ah 12V batteri ladet via solcelle. Ved bruk i Norge bør det installeres en større batterikapasitet enn standard slik at systemet tåler en lang og mørk vinter. Rørene mellom utløserenheten og lagringsbygningen er tvillingrør som frakter oksygen og propan separat. Rørene kan bygges i galvanisert stål lagt over bakken med ankere under hver skjøt og vinkel, eller som polyethylene rør lagt under bakken for å unngå problemer med snøsigekrefter og utglidninger.

Radiokontrollsystemet består av en sender og mottaker. Mottakeren kan plasseres på et fritt valgt sted (eksempel et kontor eller i kjøretøy). Systemet kommuniserer via kortbølge høyfrekvente radiobølger eller GSM. Sikkerhetskoder for aktivering av systemet sendes til kontrollenheten i lagringsbygningen. Mottaker ved lagringsbygningen mottar data for mengde gass og tenningssekvens mens den returnerer data for gjenværende gassmengde, strømnivå, seismisk aktivitet, vindstyrke og retning og temperatur.

#### Effekt

Et prosjekt fra 1987 hadde som mål å studere utløsningen av skred med gasseksploder. Trykkbølgen som blir generert av 1kg gass ( $0.8 \text{ m}^3$ ) har vist seg betydelig mer effektiv enn effekten av 1kg faststoff eksploder slik som TNT. Best effekt er funnet ved å rette trykkbølgen i en  $30^\circ$  vinkel mot snøen. Ulike gassblassblandinger og forhold har vært testet, og en 5:1 blanding av oksygen og propan har gitt størst effekt. Ved utløsning har eksplosjonen en tredelt effekt på snøen. Først kommer den direkte trykkbølgen som følge av overtrykk fra eksplosjonen. Deretter skapes et undertrykk når gassene påvirker den omkringliggende snøen. Dette undertrykket forårsaker et løft av snøen rundt utløserenheten. Den tredje effekten er en seismisk bølge som forplantes til grunnen via armeringen til utløserenheten. Seismikkbølgen bidrar til å bryte snøbindingene rundt potensielle snøankere som steiner og trær. Gazex har ifølge produsentens hjemmeside målt et overtrykk på 25mbar og radius på 60 til 100 meter ved eksplosjon ( $4.5 \text{ m}^3$  gass) (Jacob, S. 2002).

Fordelene med Gazex veid opp mot andre systemer for utløsning som for eksempel Daisybell er at Gazex kan fjernstyres uavhengig av vær. For bekreftelse om skredet ble utløst kreves det tilleggsutstyr.

#### Daisybell og O'Bellx gass systemer.



Daisybell og O'Bellx er utviklet av samme produsent som Gazex. En gassblanding av hydrogen og oksygen blir antent i en bjelleformet beholder. Daisybell henges fra en kabel under et helikopter og blir flydd til det potensielle utløpsområdet hvor flere skudd kan avfyres på kort tid. Systemet har en relativt liten effektiv radius ved sprenging, men en skaper en kraftig trykkbølge direkte under bjella. Det må være klart vær med lite vind for å kunne bruke systemet, og det stille høye krav til pilotens manøvrering

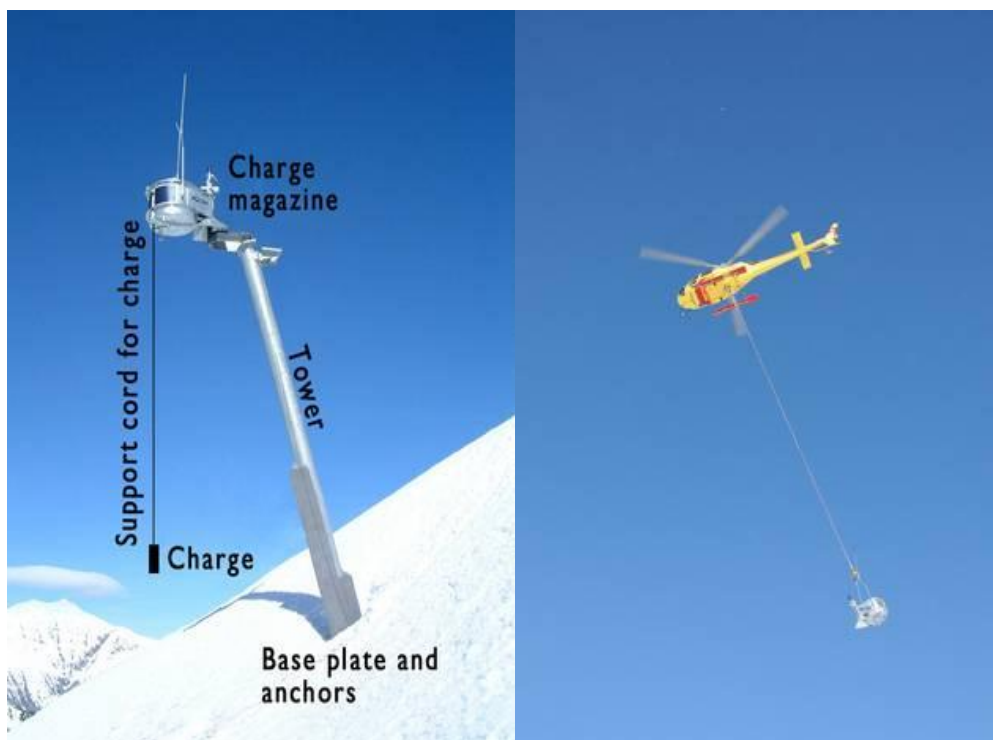
Figur 15: Til venstre: Daisybell, Høyre: O'Bellx system

### 3 SIKRINGSMETODER

for å kunne foreta avfyring fra best egnet sted og høyde over snøen. Fjell med store hvite flater skaper en utfordring ved manglende referansepunkt for helikopterpiloten. Dette gjør at systemet ikke egner seg for alle typer skredområder. Erfaring fra påsken 2013 viser at det kan være spesielt effektivt å bruke Daisybell for å sprengne ned toppskavler på fjell som videre utløser større skred. Er skavlene for tykke er det imidlertid for liten effekt til å sprengne end skavelen. Systemet står som et alternativ til å slippe eksplosiver manuelt fra helikopter.

O'Bellx fungerer etter samme prinsipp, men her er utløserenheten fastmontert i løsneområdet og kontrollert via radio eller GSM. Systemet er anbefalt for typsike små bruddsoner da den effektive radiusen begrenset(ca. 20meter i diameter).

## Wyssen Avalanche Control



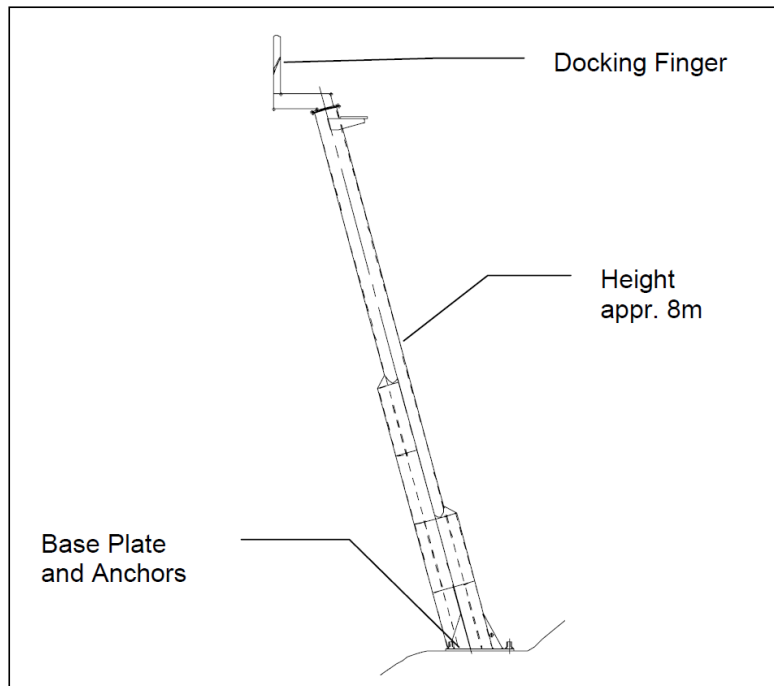
Figur 16 – Beskrivelse av Wyssen skredtårn. Foto: Wyssen

Wyssen er et sveitsisk skredkontrollsystem som baserer seg på faste installerte tårn hvor en eksplosiv ladning henger fra en wire over snøen. Ladningen detoneres og sender en N-formet trykkbølge som utløser snøskredet. Systemet styres i liket med Gazex via et kodet radiosignal og drives av batterisystem med solceller. Det er utviklet tårn av ulike størrelser avhengig av plassering og tilgjengelighet til skredområdet. Hvert tårn inneholder et magasin hvor opp til 12 ladninger a 5kg eksplosiver er lagret. Et system for 24 ladninger er under utvikling i skrivende stund. For å lade

### 3 SIKRINGSMETODER

magasinene fjernes hele magasinet ved hjelp at helikopter og fraktes til et egnet sted. Magasinene kan hentes av en helikopterpilot uten assistent.

Det største tårnet LS12-5(Figur 17) har en høyde på ca. 8 meter og brukes hvor løsneområdene er store, og ankomst er vanskelig. Tårnet har en kapasitet på 12 ladninger a 5kg eksplosiver. Det er oppgitt en sprengradius på opp til 260 meter fra produsenten.



Figur 17 – Wyssen skredtårn LS12-5. Figur: Wyssen

Det er også utviklet et mindre tårn LS4-5 for bruk i områder med lettere ankomst. Til forskjell fra det større tårnet LS12-5 har ikke tårnet et magasin som kan løftes ut med helikopter. Magasinet er mindre, med en kapasitet på 4 ladninger a 5kg eksplosiver, og lades manuelt av kvalifisert personell. Elektrisitet er via kabel i stedet for solcelle. Dette er et enklere og rimeligere alternativ til det største tårnet LS4-5.

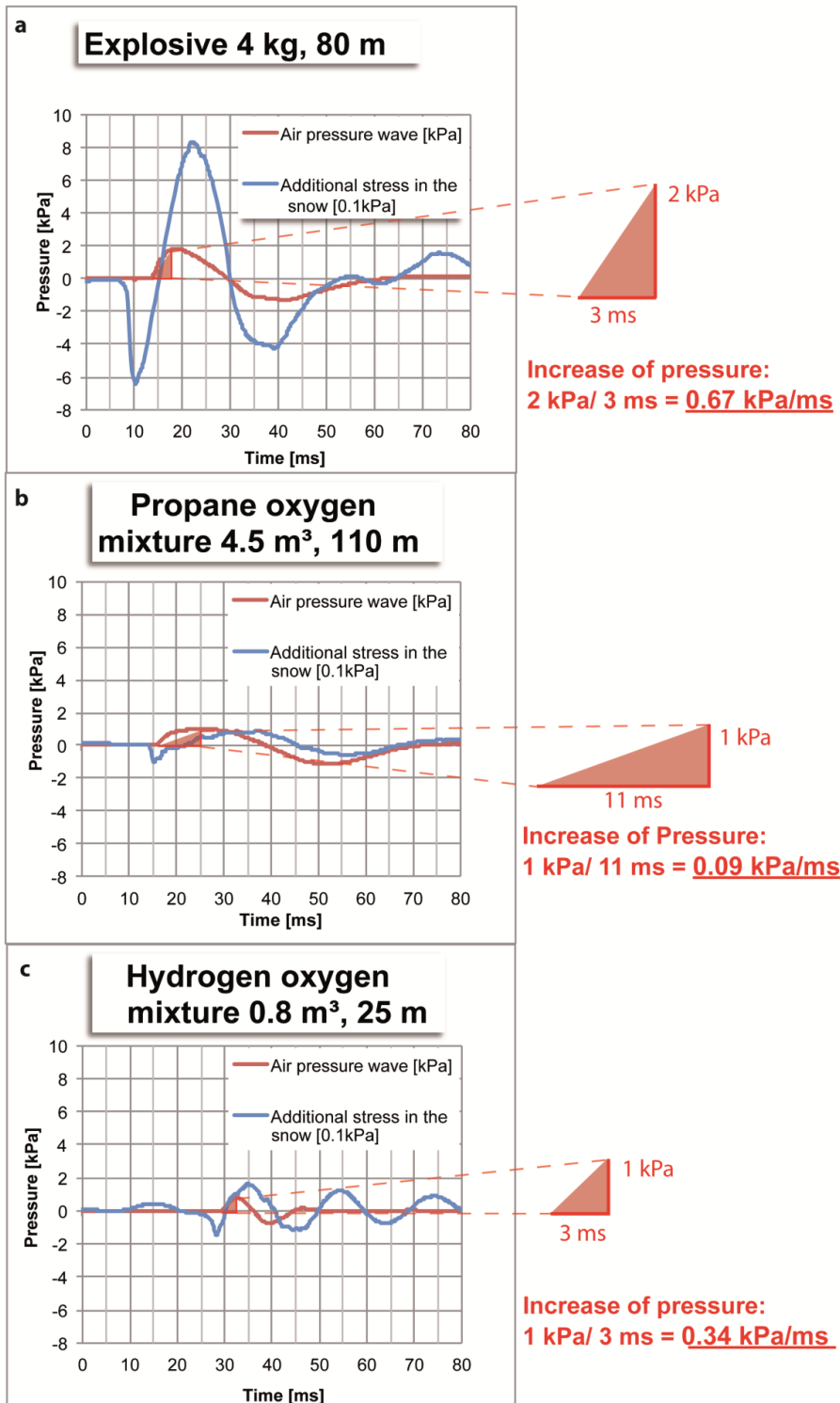
### Valget mellom gassblandinger og eksplosiver

Gassblandinger og eksplosiver av faststoff oppfører seg ulikt ved antenning. Gassblandingen har en lavere antenningshastighet enn eksplosiver med rask detonasjonshastighet. De danner dermed en slakere n-krve for trykkbølgen, som gjør virkningen mindre, spesielt ved større avstander. Eksplosjonen fra Gazex er derimot mer retningsbestemt enn et fritthengende eksplosiv(Wyssen) slik at trykkbølgen er meget kraftig i nærheten av eksplosjonen, men har kortere rekkevidde. Effekten av den seismiske bølgen som oppstår er vanskelig å kvantifisere. For valg av eksplosiver anbefales å ha medium til høy detonasjonshastighet og høy virkningsgrad(Stoffel 1996).

Hotspot teorien for løsneområder sier at enkelte soner har betydelig lavere stabilitet i snødekket enn andre soner. Etter hotspots teorien er det viktig å dekke hele løsneområdet tilstrekkelig kraft. Både skredtårn fra Wyssen og gasstuber fra Gazex er brukt og leverer gode resultater i andre land. Figur 18 viser en måling av trykkbølgen som dannes ved ulike avstander for gass og eksplosiver. Testen er

### 3 SIKRINGSMETODER

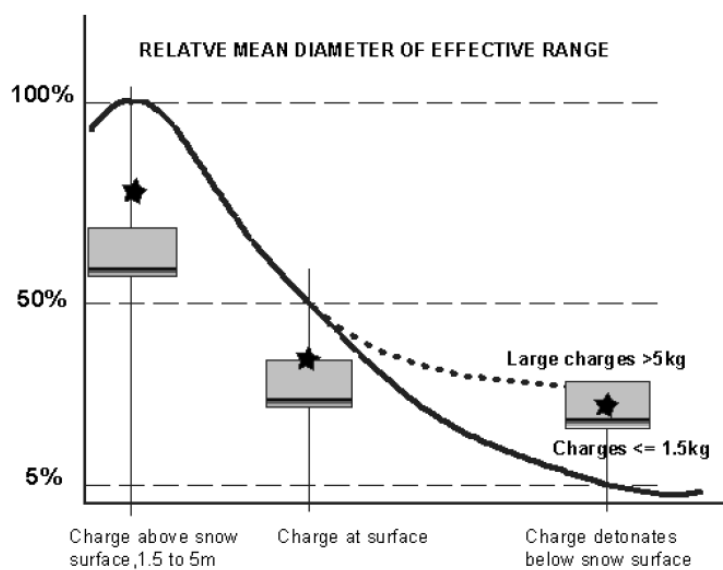
utført av Wyssen, og det kan stilles spørsmål ved nøytraliteten til testen. Den gir likevel et godt inntrykk av effekten ved bruk av ulike sprengstoff. En PHD som omhandler sammenligning av ulike metoder for utløsning av skred skrives for øyeblikket ved SLF i Sveits og vil trolig være meget aktuell når den fullføres.



Figur 18 Effekten av ulike typer sprengninger, målinger utført i 2011, tilleggsbelastningen på snødekket vist i blått er mye høyere for eksplosiver enn gass på grunn av en høyere detonasjonshastighet. Figur: Wyssen

## Plassering av sprengladning

Virkningsgraden og den effektive radiusen avhenger både av høyden over snøen og størrelsen på ladningen. Både simuleringer og praktisk erfaring tilsier at en eksplosiv ladning har størst effekt når den detoneres over snøen. Den beste effekten oppnås ved en høyde på 1.5 til 5 meter over bakken, hvor en større avstand til bakken gir en større radius, men lavere effekt med hensyn på sprengstoffmengden (Stoffel 1996). Den effektive radiusen til eksplosjonen i Figur 20 er beregnet for områder med fri sikt, da objekter og terrengformasjoner kan danne trykkskygger som reduserer den effektive radiusen. Det er også viktig at utstyret plasseres slik i terrenget at det ikke snør ned ved store snøfall. God kartlegging av snøforhold i løsnøområdet er derfor viktig.



Figur 19 Relativ effekt ved varierende avstand mellom bakkenivå og eksplosiv. Figur Wyssen

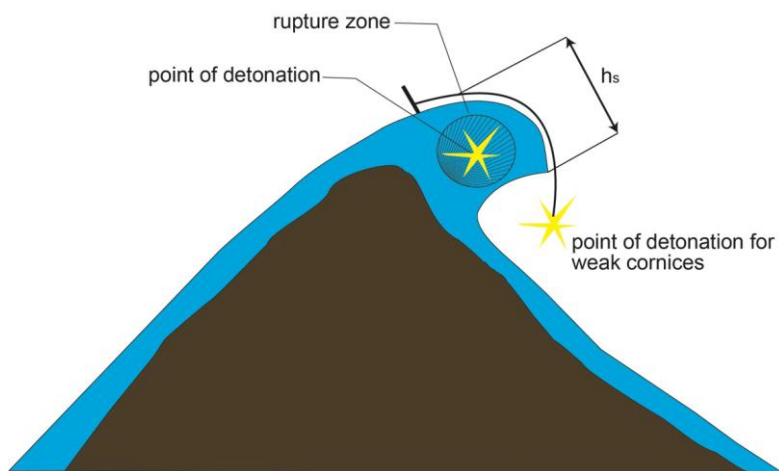
| Height above snow cover              | Size of charge (weight in kg) | Radius of Effective Range |
|--------------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
| Charge above snow cover (+3 to 3.5m) | 4 to 5kg                      | 120 to 130m               |
| Charge above snow cover (+2 to 2.5m) | 1.5 to 2.5kg                  | 80 to 90m                 |
| Charge above snow cover (ca. +1m)    | 4 to 5kg                      | 80 to 90m                 |
| Charge above snow cover (ca. +1m)    | 1.5 to 2.5kg                  | 60 to 70m                 |
| Charge on snow cover                 | 4 to 5kg                      | 50 to 60m                 |
| Charge on snow cover                 | 1.5 to 2.5kg                  | 35 to 40m                 |
| Charge in snow cover (ca. -0.2m)     | 4 to 5kg                      | 40m                       |
| Charge in snow cover (ca. -0.2m)     | 1.5 to 2.5kg                  | 25m                       |
| Charge in snow cover (-0.7m)         | 1.5 to 5kg                    | 10m                       |

Figur 20 Omtrentlig effektiv avstand utløsning av snøskred i tørr snø og uniform helning. Figur: Stoffel 1996

### Nedsprenging av skavler ved bruk av eksplosiver

Skavler som brekker tilfører er stor belastning på snødekket og er en utløsningsfaktor i noen snøskred. Ved å fjerne skavlen før den blir for stor, eller når det underliggende snødekket er stabilt kan sikre både veg og utsatt bebyggelse. Å sprengne en skavel kan også være en effektiv måte å starte et snøskred dersom det er et ønske om å fjerne snø i et skredfar. Oppbygningen av skavler varierer, men midtvinters og vår er de mest naturlige periodene for nedsprengning når skavelen kan utgjøre en trussel. Det brukes to forskjellige metoder for nedsprengning av skavler.

1. Skavelen "kuttet" ved å plassere sprengladninger i en rekke langs kanten av skavelen. Størrelsen for ladningene kan beregnes ved formelen  $W(kg) = (hs/2)^3$  hvor  $hs$  = Tykkelse på skavel hvor eksplosivene plasseres gitt i meter.  $W$  = størrelse på eksplosiv. Dersom  $W$  er over 10kg anbefales metode nr.2
2. Den andre metoden består i å henge større ladninger i en tråd over kanten av skavelen slik at detonasjonen skjer nær foten av skavelen (Figur 21).



Figur 21 Sprenging av skavler. Figur fra Wyssen®

### 3 SIKRINGSMETODER

Erfaringen tilsier at dersom skavelen blir tilstrekkelig stor blir den meget vanskelig å fjerne. Vinteren 2012/2013 ble det forsøkt å utløse skred ved å sprengne ned skavler med bruk av Daisybell. Der skavlene løsnet viste dette seg å være meget effektivt (Pers. kom Ole-Andre' Helgaas).

## Kapittel 4 - Analyse av foreslåtte sikringstiltak i «Skredsikringsplanen» og alternative sikringsforslag for stuideområdet

### Skredsikringsplan for riks- og fylkesveger i region nord.

Skredsikringsplanen er utarbeidet som en del av arbeidet med ny Nasjonal Transportplan for perioden 2014-2023 (Vedlegg 1). Den har som mandat å identifisere og rangere skredpunktene langs de berørte riks- og fylkesvegene for Finnmark, Troms og Nordland. Rangeringen av de ulike skredpunktene blir gjort på grunnlag av prioriteringsmodellen som beskrevet i skredsikringsplanen. Det presiseres at forslagene til sikringstiltak er gjort på et generelt/overordnet nivå og er ikke planlagt i detalj. En detaljert planlegging kan føre til at forslaget blir endret både i type og omfang. Det er ikke utarbeidet reguleringsplan for noen av prosjektene på skrivetidspunktet. Kostnadene er derfor beregnet etter enhetspriser fra kostnadsdatabanken pr. 2011. Det nevnes også i sikringsplanen at flere av fylkesvegen har stor skredfare og et høyt beregnet prioriteringstall i skredsikringsplanene. Disse strekningene krever ofte kostbare tiltak som tunell eller overbygg for å sikre strekingen. Fra forfatterne av sikringsplanen anses de som lite sannsynlig at disse prosjektene blir realisert på grunn av lav trafikkmengde på mange av fylkesvegene. Disse strekningene har fått en alternativ anbefaling om overvåkning og stengning av vegen, med en anslått sikringseffekt på 50%.

### Sikringseffekt

Det ses som uheldig at terminologien sikringsnivå brukes om effekten av sikringstiltakene i skredsikringsplanen. Termen sikringsnivå er ikke definert i dokumentet, og det er uklart hvordan denne knyttes opp mot beregning av returperiode for skredhendelser på veg. En konsekvent bruk av termen «forventet returperiode» er mer ryddig. Denne termen vil klargjøre effekten av tiltak før og etter tiltaket ble utført.

### Registeringer i NVDB

Det er foretatt en analyse av de allerede utførte sikringstiltakene langs E6 i Langfjorden og de foreslåtte tiltakene for de skredpunktene omtalt i skredsikringsplanen. Analysen har forsøkt å vurdere effekten av de utførte sikringstiltakene, og komme med eventuelle forslag for utbedringer der dette er mulig. Under arbeidet har det vist seg vanskelig å tallfeste effekten av de utførte sikringstiltakene, da det ofte kun registreres skredhendelser som stenger eller delvis stenger vegen. De tilfellene hvor et tiltak har fungert som tilsiktet er som regel ikke registrert. Etter samtaler med personell i Statens Vegvesen er det også en manglende innrapportering av skredhendelser på vegen. Dette gjør at det blir større usikkerhet rundt den forventede returperioden. Skredregisteringene i NVDB oppleves også som mangelfull eller upresis i mange tilfeller. En mer nøyaktig og beskrivende rapport av skredhendelsene kan gi et bedre grunnlag for å planlegge nye sikringstiltak og effekten av



#### 4 ANALYSE AV FORESLÅTTE SIKRINGSTILTAK I «SKREDSIKRINGSPLANEN» OG ALTERNATIVE SIKRINGSFORSLAG FOR STUDIEOMRÅDET

disse. Dette gjelder spesielt en nøyaktig stedsangivelse og estimert volum av skredmasser. Estimering av skredvolum kan i enkelte tilfeller være vanskelig dersom skredmassene går på sjøen. Dette bør også kommenteres ved registreringen av skred.

Ved vurdering av alternative metoder for skredsikring på de aktuelle strekningene, er det lagt vekt på å foreslå tiltak som tilfredsstillende den aksepterte returperioden beregnet i kapittel 1. Der det er mulig å sikre skredpunkt med fangvoller og ledevoller av tunellmassene er det foreslått å sikre skredfar med lengre returperiode enn 50 år. For Rv882 til Øksfjord er aktiv skredkontroll tatt med som en alternativ form for skredsikring. Slike metoder var ikke inkludert i arbeidet med skredsikringsplanen. Bruk av aktiv skredkontroll ses som et reelt alternativ selv om dette ikke er utbredt i Norge i skrivende tidspunkt.

### E6 Langfjorden

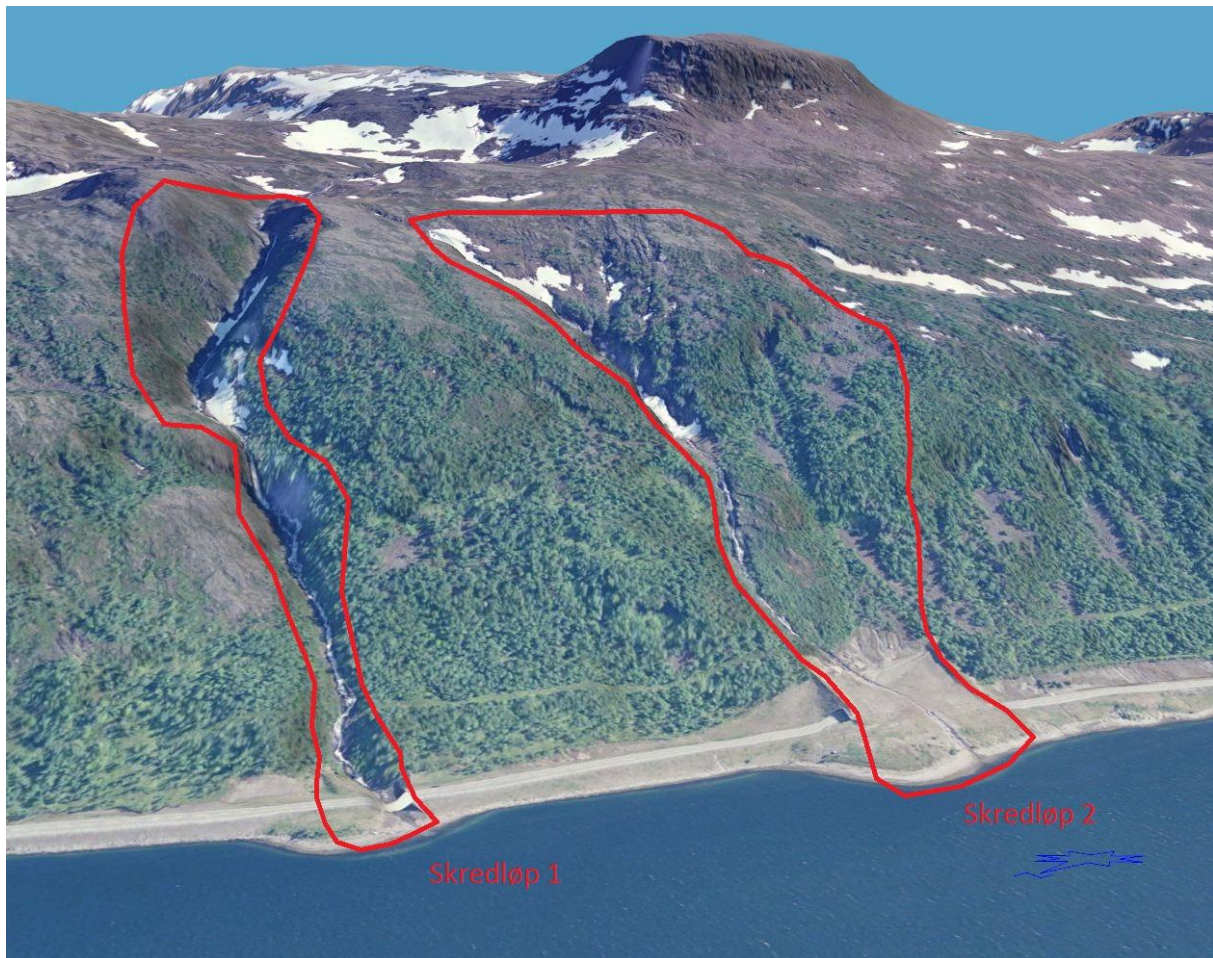


Figur 22 Kommunekart for Alta fra Rasikringsplan

### Melkelva og Stålneset

Skredpunktet Melkelva (Skredløp 1) er sikret med ledevoll og bro over elveleiet. Skredpunktet er dominert av våte skred som følger elveleiet.

Skredpunktet Stålneset (Skredløp 2) er sikret med overbygg og ledevoller.



Figur 23 Skredløp 1(Melkelva) og Skredløp 2(Stålneset) markert i rødt. Norge i 3D

#### Analyse av sikringstiltak:

**Stålneset:** Overbygget ved Stålneset er et ca.110 meter langt betongoverbygg. Overbygget har vertikale støttevegger i betong ved begge portalene som hindrer nedfall på veggen. Det er ikke meldt om skredhendelser ved overbygget siden det ble konstruert. Ved befaring ble det bekreftet at det har løsnet skred i skredbanen etter tiltaket var bygget. Tiltaket anses til å fungere som tilsiktet for skredhendelser.

Ved befaringen ble det meldt om dannelse av snøskavler fra støttemuren på østlig side av overbygget. Skavlene som hang utover veggen måtte fjernes for hånd i løpet av vinteren. En slik dannelse av skavl kan utgjøre en potensiell fare dersom faller ut i vegbanen. Vegdriften i området er klar over problemet og fjerner jevnlig skavlene før de blir for store.

For fremtidige betongoverbygg foreslås det å bygge ledevollen/støttemuren for overbygget minimum 1 meter fra kragen på betongavslutningen. Dette vil hindre nedfall av skavler på veggen, men minske den effektive bredden på overbygget.

#### 4 ANALYSE AV FORESLÅTTE SIKRINGSTILTAK I «SKREDSIKRINGSPLANEN» OG ALTERNATIVE SIKRINGSFORSLAG FOR STUDIEOMRÅDET

Det var ikke mulig å sjekke erosjonsskader på overbygget ved befaring, da det ennå var mye snø i terrenget. Det er bygget ledevoller på begge sider av overbygget som har fungert som tilsiktet. Etter overbygget ble konstruert er det ikke registrert skredhendelser på veggen i det aktuelle området.

**Melkelva:** Skredbroa ved Melkelva er omtrent 20 meter lang med en ledevoll ført opp ved elveleiets østre side. Lysåpningen i høyderetningen er relativt lav med en estimert høyde på 5 meter. Skredsidene av broa har et kileformet stålplatesystem som er ment å kløyve skred slik at deler av skredet går over veggen dersom lysåpningen ikke er tilstrekkelig. Ledevollen på østsiden av broen har styrt de mindre skredene under broa, mens de større skredene går over ledevollen og passerer vegen øst for broa. Skredløpet buer like over skredbroa slik at skredmassene blir presset mot den østre ledevollen før de når veggen. Etter samtaler med Jan Otto Larsen kom det frem at ledevollen ikke var ment å lede alle skredmassene under broen, men kløyve skredene slik at noe av skredmassen gikk under broa mens resten gikk på veg. Bakgrunnen for denne sikringsmetoden ble forklart med at datidens krav til sikring av veger var mindre og enkelte skred på veggen ble sett på som normalt. Slik sett fungerer tiltaket etter sin hensikt. Derimot er skredfrekvensen med 3 stengninger siden 1997 for høy ut fra kravet om en returperiode på 50år.

**Forslag til sikring i rassikringsplanene:** Her er det planlagt en utsprenging av et større fangbasseng, utretting av skredløp og forsterkning av den eksisterende ledevollen. Prosjektet har et kostnadsoverslag på 10millioner kroner med en usikkerhet på 40%.

#### **Tidligere hendelser registrert i NVDB:**

17.12.1980 En person omkom i en skredulykke da bilen passerte Melkelva. Etter dette ble det bygget tunnel i området. (Trolig er det ment overbygget som i dag dekker Stålneset uten at dette er spesifisert)

12.01.1997 Veg stengt pga. snøskred. 5 meters bredde på vei

18.02.2002 Skredhendelse. Skredet stoppet før det nådde veggen. Ingen stengning

22.02.2002 Veg streng pga. snøskred 30meters bredde på vei. Oppgitt ca. 1meter høyde på veg og på siden av vollen i retning Alta.

Mai 2010: Skred stengte vegen ved Melkelva. Skredet gikk over østre ledevoll og ødela rekkverk på broa og like øst for broa(Figur 24) Skredet er ikke registrert i NVDB. Fra figur 24 er det trolig et eroderende sørpeskred som har løst av masser av jord i vegbanen.

#### 4 ANALYSE AV FORESLÅTTE SIKRINGSTILTAK I «SKREDSIKRINGSPLANEN» OG ALTERNATIVE SIKRINGSFORSLAG FOR STUDIEOMRÅDET



Figur 24 Ødeleggelse ved Melkelva. Foto Jens Tveit

**Analyse av foreslått sikringstiltak:** En forsterkning av den eksisterende ledevollen øst for broa vil lede større mengder snø under broa og hindre skredmasser å nå veien øst for broa slik som situasjonen er i dag. Her må det kontrolleres at lysåpningen under broa er stor nok til å ta imot de økte snømengdene som følge av en forstørret ledevoll. Dersom lysåpningen er for liten vil en hendelse lik den på Herranes hvor broen ble ødelagt av sørpeskred kunne oppstå. En utretting av skredløpet kan bidra til å minske snømengdene som presses østover i nedre del av skredløpet (Figur 25). Det er usikkert hva som er den ønskelige effekten med etablering av et større fangbasseng. Dersom man ønsker å hindre skredene fra å nå broa må bassenget være tilstrekkelig stort til å fange opp det totale volumet av skredsnøen. Dersom hensikten med fangbassenget er å minske mengden snø som når frem til broa, bør fangbassenget legges et stykke opp i terrenget, slik at skredsnøen ikke samles like før eller under broa. Dette vil kunne føre til skred på veien, eller ødelagt bro dersom flere skred løsner innen et kort tidsrom.



Figur 25 - Forslag til utretting av skredløp ved Melkelva er markert i rødt. Dagens ledevoll ses like nord-øst for den røde markeringen. Foto: Norge i Bilder

#### *4 ANALYSE AV FORESLÅTTE SIKRINGSTILTAK I «SKREDSIKRINGSPLANEN» OG ALTERNATIVE SIKRINGSFORSLAG FOR STUDIEOMRÅDET*

##### **Alternativt sikringsforslag:**

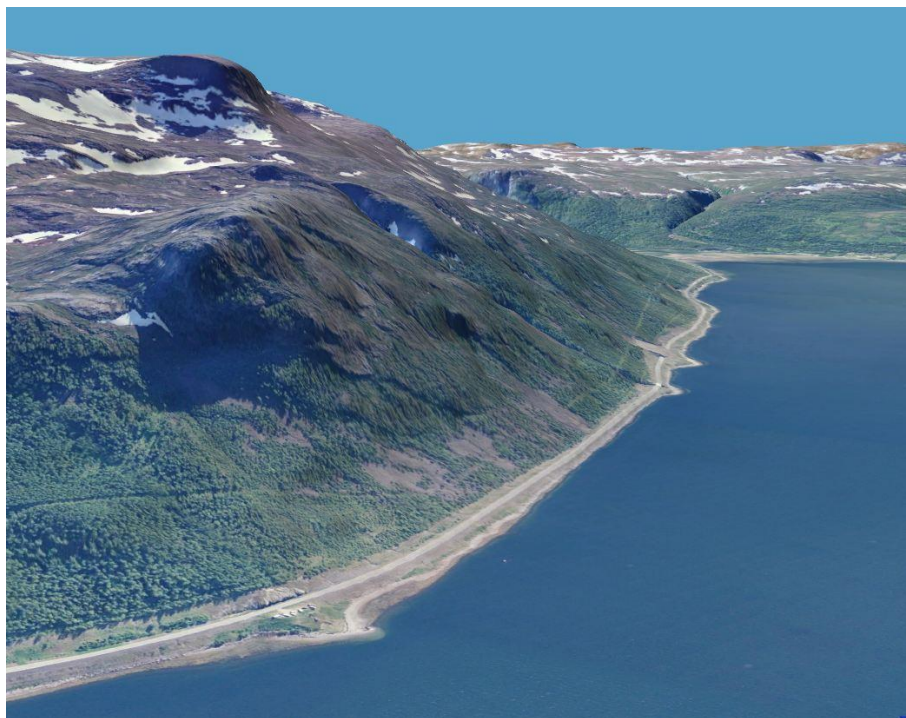
Forslaget om utretting av skredløpet (Figur 25) støttes, og vil trolig minske skredfrekvensen på vegen betraktelig. Det anbefales å undersøke om det er mulig å øke volumet under broa ved å grave bort masser slik at høyden til broa økes. Dette vil også gi en økt gradient under broa som vil være gunstig for å unngå avlagring av skredmasser under broa. Dersom skredløpet blir utrettet er det trolig ikke nødvendig å forsterke den østre ledevollen. Skredmassene vil ikke bli presset nordøst slik som dagens elveløp fører til.

#### 4 ANALYSE AV FORESLÅTTE SIKRINGSTILTAK I «SKREDSIKRINGSPLANEN» OG ALTERNATIVE SIKRINGSFORSLAG FOR STUDIEOMRÅDET

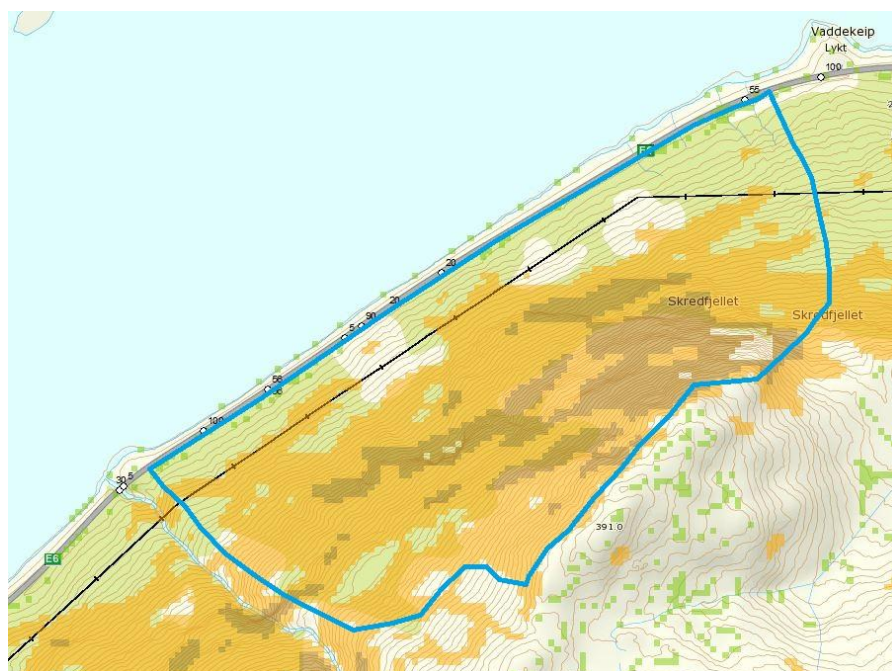
### Skredfjellet – Vaddekeip

Skredfjellet – Vaddekeip(Figur 26) består av en tilnærmet sammenhengende skredsone som strekker seg 1.3 km fra Melkelva til Vaddekeip.

Løsnedområdet for snøskred er omtrent 300 høydemeter og strekker seg langt ned mot vegen(Figur 27).



Figur 26 viser området Skredfjellet-Vaddekeip. Norge i 3D



Figur 27 Skredområdet for Skredfjellet-Vaddekeip er markert i blått. Orange terreng markerer løsnedområder.

**Forslag til sikring i rassikringsplanen:** Her er det planlagt bruk av fangvoll med masser fra parsell 1, Alta vest. Et forslag om utflytting av veg er også kommentert, men ikke lagt inn i kostnadsoverslag. Vollene har et kostnadsoverslag på 10 millioner kroner med usikkerhet på 40%. Det er lagt inn kostnadsfrie masser fra Isnestofte i kostnadsberegningene.

**Tidligere hendelser registret i NVDB:**

12.01.1997 Veg stengt pga. snøskred. 50-100meter blokkert veg. Skredet gikk ved Vaddekeip lykt.

12.01.1997 Veg stengt pga. snøskred. Mindre enn 10 meter veg blokkert av skred.

14.02.1997 Veg stengt pga. snøskred. 10 - 50meter blokkert veg.

14.02.1997 Veg stengt pga. snøskred. 10 – 50 meter blokkert veg. Skredet er registret ved Lyktneset på Vaddekeip, men kan være en dobbeltregistrering av skred samme dag.

11.03.1998 Veg stengt pga. snøskred. 50 - 100meter bredde på veg.

22.02.2002 Veg stengt pga. snøskred. Over 100meter blokkert veg. Skredet hadde et estimert volum < 1000m<sup>3</sup>

22.02.2002 Veg stengt pga. snøskred. Over 100meter blokkert veg. Skredet gikk ved Vaddekeip hvor veien var stengt fra kl.05.15 22/2 til kl.08.00 23/2.

31.01.2007 Snøskred på veg. Vegen ble åpnet like etter skredet var gått. Det er oppgitt et skredvolum < 10m<sup>3</sup>, og 56meters bredde. Enten er skredvolumet eller skredets bredde oppgitt feil i NVDB.

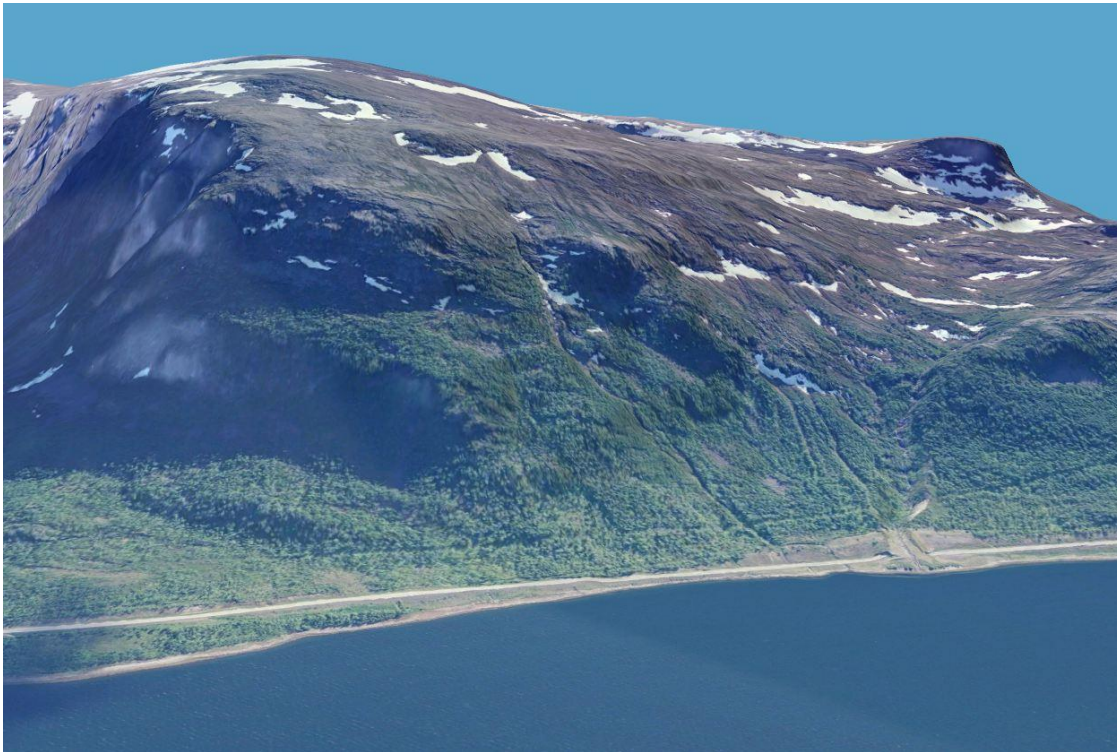
17.03.2013 – Veg stengt pga. snøskred. 70-80 meter bredde på veg. Vegen var stengt fram til neste dag på grunn av frykt for nye skred.

**Analyse av foreslått sikringstiltak:** Dersom terrengets sidehelling tillater å konstruerer fangvoller med høyde slik at skredmassene kan stoppes, anses tiltaket som effektivt og med god kost/nytte verdi. Terrenget like over vegen blir sidebratt lengst øst i nærheten Melkelva. I dette området kan det være vanskelig å oppnå en tilstrekkelig høyde ved konstruksjon av fangvoller, slik at skredene stanses.

**Alternativt sikringsforslag:** I utgangspunktet er bruk av voller en god løsning sett ut fra et kost/nytte perspektiv. Dersom terrenget ikke tillater konstruksjon av tilstrekkelig store voller lengst øst i skredpunktet kan det være et alternativ å kombinere en mindre fangvoll med støtteforbygninger i fjellsiden. Utflytting av veg kan også være aktuelt dersom grunnforholdene vanskeliggjør konstruksjon av støtteforbygninger.

### Njirran-øst

Njirran er det samiske navnet for skredfar. Dette er trolig et skredpunkt som har vært kjent i lengre tid gjennom historien. Skredpunktet omfatter den skredutsatte vegstrekningen langs fjellet Lasson fram til skredpunktet «Skredfjellet-Vaddekeip»(Figur 28). På stedet er det konstruert et skredoverbygg av betong med en lengde på ca. 47meter. Overbygget skal beskytte mot skredene som følger den topografiske forsenkningen som ses i høyre bildekant på Figur 28.



Figur 28 Overbygget ved Njirran øst vises på høyre side av bildet. Fjellet Lasson ses i venstre bildekant.

**Analyse av utført sikringstiltak:** Det er registrert ett skred som gikk over overbyggets ledevoll og blokkert vegen. Det er imidlertid ikke registrert hvilken ledevoll som ikke fungerte tilstrekkelig, eller hvilken side av overbygget skredet gikk på. Fra Figur 29 ser det ut som vollene ved overbygget er bygget med for smal avstand slik at skredmassene presses sammen og lettere klatrer over vollens høyde. En alternativ utforming av vollen er tegnet inn på Figur 29. Dagens sikringstiltak har liten eller ingen effekt mot skredene som løsner lengre øst ved fjellet Lasson. Disse skredbanene er markert i Figur 30.



#### 4 ANALYSE AV FORESLÅTTE SIKRINGSTILTAK I «SKREDSIKRINGSPLANEN» OG ALTERNATIVE SIKRINGSFORSLAG FOR STUDIEOMRÅDET



Figur 29 Flyfoto av overbygg ved Njirran Øst. Alternativ utforming av skredvoll er markert i rødt. Tilpasset foto fra Statens Vegvesen

**Forslag til sikring i rassikringsplanene:** Her er det planlagt en forlengelse av det eksisterende overbygget i østlig retning. Det nye overbygget vil strekke seg fra HP1 m10470 til HP1 m10700. Det eksisterende overbygget er ca.47 meter langt og er foreslått forlenget med 175 meter. Den eksisterende ledevollen på østsiden fjernes og det etableres ny ledevoll på østsiden. Vestre ledevoll skal forsterkes med større høyde og murt bratt helling på skredsiden i nedre del. To bekker må dreneres. Disse er foreslått ledet på oversiden av bygget. En 200meter fangvoll foreslås etablert på vestsiden av overbygget uten videre beskrivelse. Forslaget har et kostnadsoverslag på 55millioner kroner med en usikkerhet på 40% .

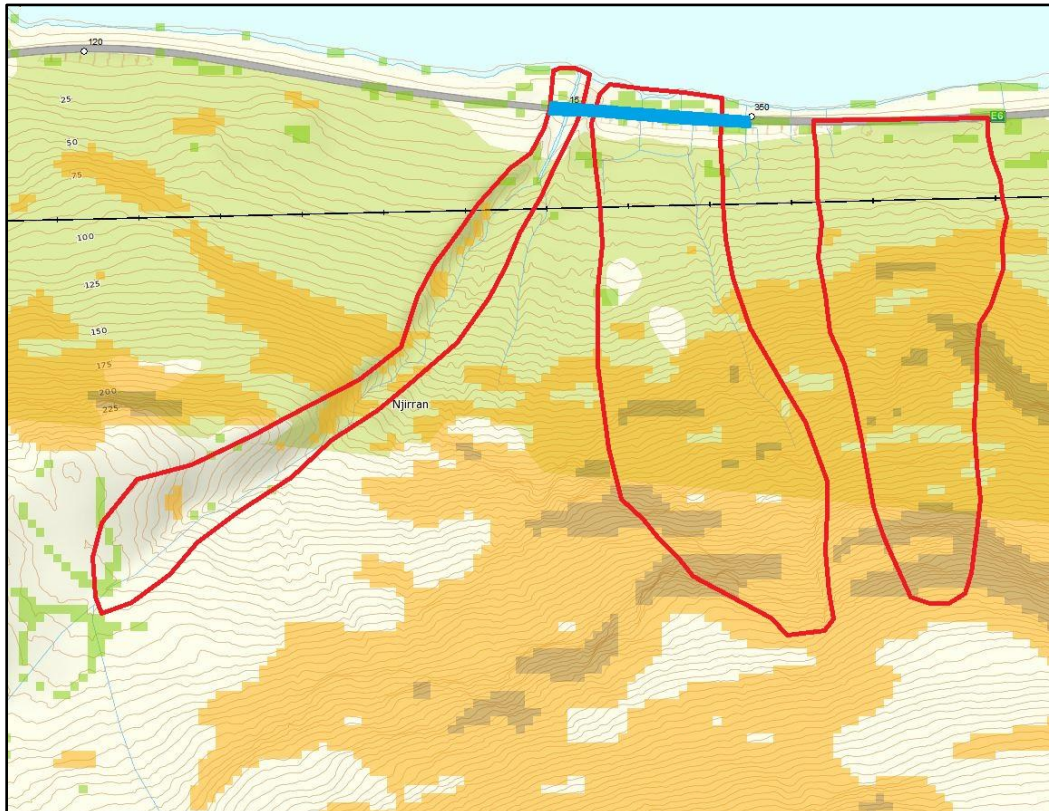
#### **Tidligere hendelser registret i NVDB:**

24.02.2000 Veg stengt pga. snøskred. 10 - 50 meter blokkert veg. Det er ikke kommentert på hvilken side av overbygget skredet har gått. Ut fra en terrengvurdering er skredet trolig kommet vest for overbygget.

22.02.2002 Veg stengt pga. snøskred. Over 100meter blokkert veg. Det er kommentert at skredet har gått over ledevoll ved overbygget. Tre skred er observert på samme strekning.

#### 4 ANALYSE AV FORESLÅTTE SIKRINGSTILTAK I «SKREDSIKRINGSPLANEN» OG ALTERNATIVE SIKRINGSFORSLAG FOR STUDIEOMRÅDET

**Analyse av foreslått sikringstiltak:** En forlengelse av overbygget i østlig retning vil gi tilnærmet 100% sikringsgrad for det området som dekkes. Overbygget dekker de første de to vestre skredfarene. Skredbanen lengst øst, markert på Figur 300 er imidlertid ikke dekket av det planlagte overbygget. Dersom hele strekningen skal sikres krever dette et en forlengelse av overbygget på 490meter fra dagens lengde. Det er vanskelig å vurdere om de foreslåtte tiltakene vil tilfredsstille ry krav om returperiode på 50 år. Skredet fra 2002 ville trolig ha gått på vegen øst for det planlagte overbygget dersom plasseringen for skredet er korrekt angitt i NVDB, men returperioden er vanskelig å vurdere korrekt.



Figur 30 Skredfar ved Njirran øst markert i rødt. Utstrekning av planlagt overbygg er markert i blått.

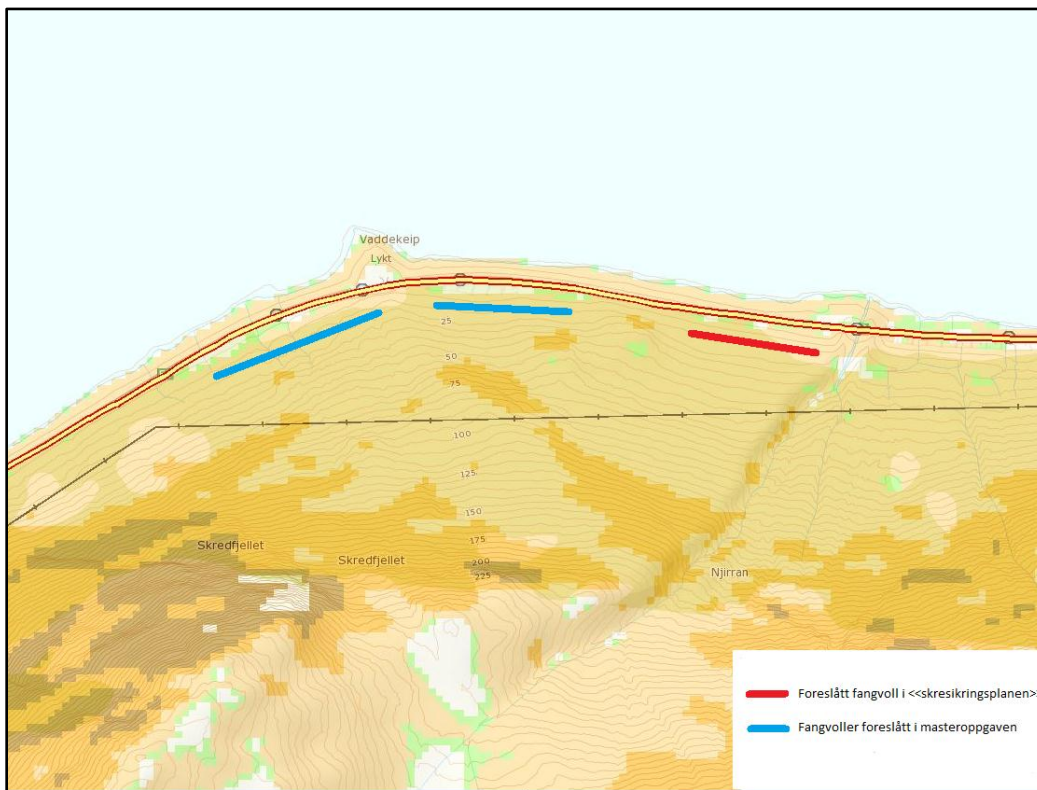
Området vest for overbygget er tolket til å ha en returperiode over 50år. Det er imidlertid fornuftig å sikre dette området når kostnaden av tiltaket trolig er meget liten.

Etableringen av en fangvoll på vestsiden av overbygget vil gi sikring fra skred som har sitt løsnemråde ca. ved kote 175 rett vest for bekkedalen. Området er mindre sidebratt slik det sannsynligvis er mulig å konstruere en fangvoll med tilstrekkelig størrelse for sikring av 50års skredet.

**Alternativt sikringsforslag:** Skredsikringsplanen foreslår å forlenge dagens overbygg i østlig retning. Alternativt foreslås en utflytting av vegen med bred grøft og fangvoll på innsiden av vegen. Dette kan bli et rimeligere alternativ enn overbygg dersom det er tilstrekkelige mengder tunellstein tilgjengelig.

#### 4 ANALYSE AV FORESLÅTTE SIKRINGSTILTAK I «SKREDSIKRINGSPLANEN» OG ALTERNATIVE SIKRINGSFORSLAG FOR STUDIEOMRÅDET

Det foreslås å bygge ytterlige to skredvoller vest for den planlagte vollen i «skredsikringsplanen». Plassering av vollene er vist i Figur 31. Dette begrunnes i en stor kost nytte verdi for etablering av skredvoller.

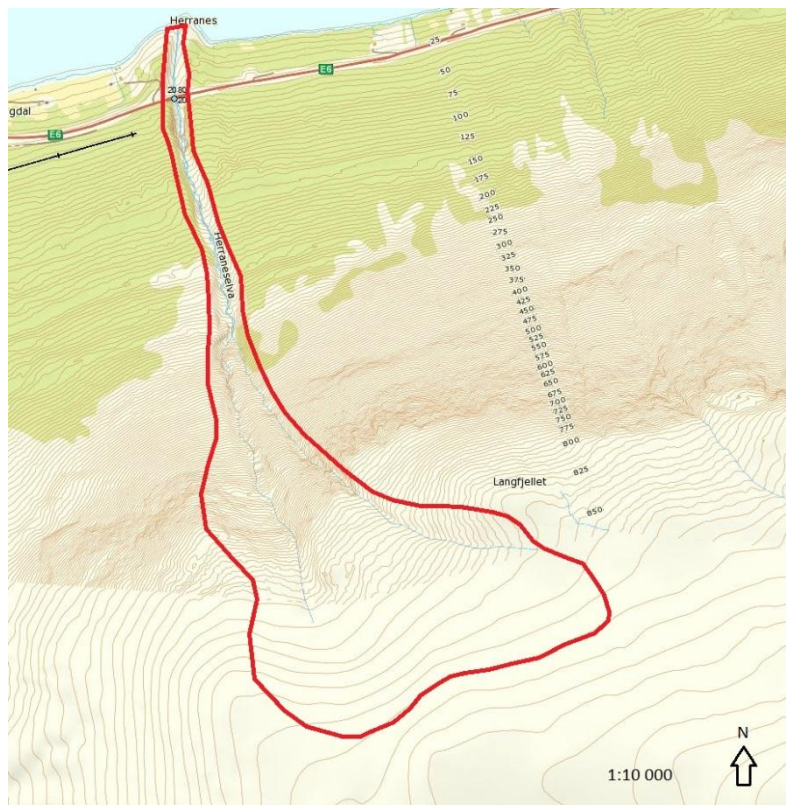


Figur 31 Plassering av fangvoller for området Vaddekeip og Njirran

#### 4 ANALYSE AV FORESLÅTTE SIKRINGSTILTAK I «SKREDSIKRINGSPLANEN» OG ALTERNATIVE SIKRINGSFORSLAG FOR STUDIEOMRÅDET

### Herranes

Skredløpet ved Herranes består av to markerte elveløp som starter ved kote 850, og samles til ett elveløp ved kote 300 (Figur 32). Skredene følger elvedalen fram til veggen som i dag ligger på en fylling med kulverter ved ca. kote 20.



Figur 32 Skredbanen ved Herranes er avmerket i rødt.



Figur 33 Skredløpet ved Herraneselva. Foto SVV

**Forslag til sikring i rassikringsplanene:** Her er det foreslått skredvarslingsanlegg med en oppgradering/istandsetting av det eksisterende anlegget. Tiltaket har et kostnadsoverslag på 5 millioner kroner med en usikkerhet på 40%

**Tidligere registrerte hendelser i NVDB:**

19.05.2000: Stengt veg på grunn av sørpeskred. Tre skred løsnet denne dagen. Ett skred kl.08.00 og de andre kl.1300 og 16.30. Skredet ødela broa og blokkerte 10-50 meter veg. Skredet er beskrevet i NGI rapport 20001273-1

2001: Veg stengt pga snøskred.

19.05.2010: Veg stengt pga sørpeskred. 80meter bredde på veg. 3 skred gikk denne dagen etter en kraftig varmfront med 20 graders temperaturstigning over 24 timer. Første skredet fylte opp skredbassenget og de to neste gikk over veien.

15.05.2011: Vegen stengt pga sørpeskred. Vegen var stengt i begge retninger.

17.03.2013: Veg stengt pga snøskred. Ca.100 meter bredde på veg. En personbil kjørte inn i raset etter at det hadde gått.

#### 4 ANALYSE AV FORESLÅTTE SIKRINGSTILTAK I «SKREDSIKRINGSPLANEN» OG ALTERNATIVE SIKRINGSFORSLAG FOR STUDIEOMRÅDET

**Analyse av sikringstiltak:** Det er hovedsakelig sørpeskred som utgjør faren for trafikanter ved passering av Herraneselva. Skredmekanismen bak de større sørpeskredene antas å være en blokkering av innløpet til elevleiene ved kote 800. Når elveløpet blokkeres av snø med liten porøsitet kan smeltevannsoppsamlingen overstige dreneringsevnen slik at snøen blir opp mot 100% vannmettet. Når blokkaden ved innløpet mister sin styrke blir det en «flash flood» effekt når snøendecket mister sine interne bindinger og renner ned elveløpet. Sist en slik hendelse inntraff var 19. mai 2010 når temperaturen steg med nesten 10 grader fra +4 i løpet av 24 timer. Snøsmeltingen er beregnet til å ha vært 100 millimeter på ett døgn. Dette tilsvarer 200.000 m<sup>3</sup> vann i løsningsområdet. Broen som tidligere passerte Herraneselva ble ødelagt i en tilsvarende hendelse i 2000 (Figur 34).

Siden 1945 har det vært bygget to ulike broer over Herraneselva. Den første broa ble bygget i 1945 og sto urørt fram til ny bro ble bygget i 1990. Den nye broa ble konstruert med 60% større lysåpning for å sikre mot skred med en returperiode på 100 år (NGI 20001273-2). Denne broa ble ødelagt 19. mai 2000 av 3 påfølgende sørpeskred samme dag.



Figur 34 Broen ved Herraneselva er ødelagt av sørpeskred. Foto NGI

Skredpunktet er i dag sikret med et fangbasseng på innsiden av vegen og fylling over elveløpet. Det er også et geofonanlegg på stedet som ikke har vært i drift på flere år på grunn av tekniske problemer. Anlegget fungerte kun i kort tid etter at det ble installert. Det foreligger ingen konkrete planer for istandsetting av dette anlegget (Pers. kom Ole-Andre' Helgaas).

Fangbassenget som er bygget på stedet har ingen dokumentert positiv effekt i form av minsket skredfare for trafikanter etter det ble bygget. Det er sannsynlig at fangbassenget har vært en medvirkende årsak til ødeleggelsen av broen i 2000. Fangbassenget minsker kanaliseringsevnen slikt at første skredmassene stanser like før vegen, og blokkerer skredbanen for neste skred. Når skredmassene fylte deler av lysåpningen under broen ble lysåpningen trolig for liten for skred nr.2 Dette skredet utøvde sannsynligvis løftekrefter på broa som ødela broen og førte den helt ned til sjøen.

#### 4 ANALYSE AV FORESLÅTTE SIKRINGSTILTAK I «SKREDSIKRINGSPLANEN» OG ALTERNATIVE SIKRINGSFORSLAG FOR STUDIEOMRÅDET

Fyllingen som er konstruert på stedet i dag fungerer som en fangvoll, men har ikke tilstrekkelig høyde til å stanse de større sørpeskredene som følger elveleiet. Ved befaringen ble det nevnt erosjonsproblemer rundt en kulvert i fyllingen. Dette var ikke mulig å sjekke da disse var dekket av snø.

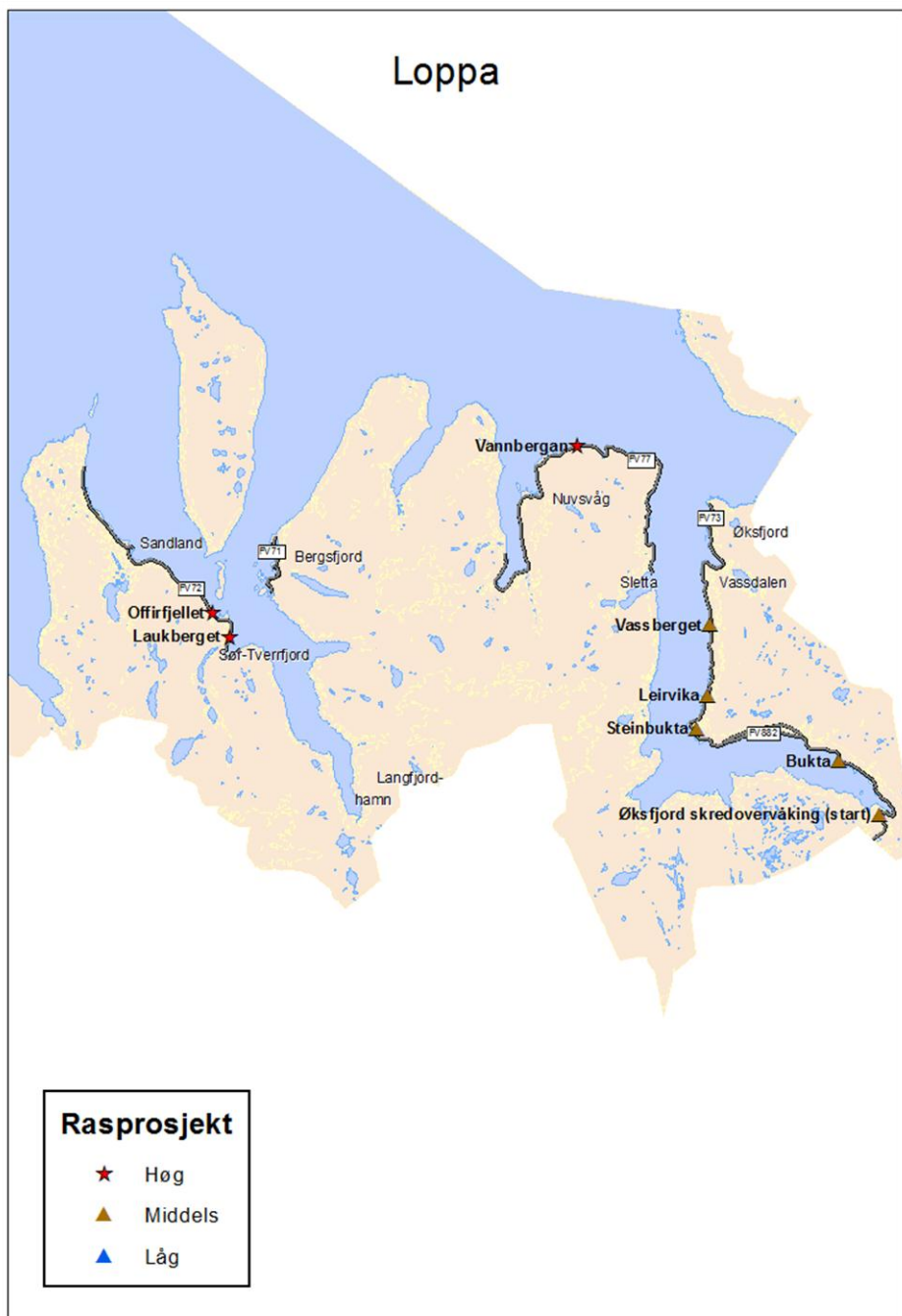
**Analyse av foreslått sikringstiltak:** Skredene starter i terreng nesten 900 moh. og over 2000meter i luftlinje fra vegen. Det lange skredløpet kan gi en tidsmargin mellom deteksjon av skredet og stengning av vegen. Det kan derfor være mulig å stenge vegen før skredet treffer trafikanter som befinner på skredstrekningen. Tiltaket vil imidlertid ikke føre til endret skredfrekvens eller kortere stengningsperioder for vegen. Dersom det aksepteres at vegen stenges ved skred er fyllingen et godt alternativ, når den ikke risikerer å bli ødelagt i samme grad som en bro. Etter skredet i 2011 ble det rapportert at fyllingen på vegen sank med noen centimeter. Dette er ikke nødvendigvis veldig alvorlig, men tilstanden til fyllingen bør sjekkes etter større skredhendelser.

Istandsetting eller oppgradering av varslingsanlegget tilfredsstillende ikke kravet om returperiode på 50 år. Konsekvensaspektet «liv og helse» blir trolig forbedret ved bruk av varslingsanlegg når det er mindre sannsynlig med trafikanter som befinner seg i skredløpet ved skredhendelser.

**Alternativt sikringsforslag:** Fra de registrerte skredene ved Herranes kan det tyde på at flere påløpende skred innen en kort tidsperiode har en større årlig sannsynlighet enn  $10^{-2}$  som tidligere antatt av NGI. For å tilfredsstillende kravet om 50års returperiode foreslås derfor igjen å etablere bro på stedet. Det er tidligere vist at det fungerer å ha bro på stedet når den første broen stod urørt fra 1945-1990. For å unngå en lignende hendelse som ødela den forrige broen bør fangmagasinet tilbakefylles slik at gradienten like før broen økes og kanaliseringsevnen optimaliseres. Det anbefales å tilbakefylle magasinet slik at det får en v- eller svak u-form med lik bredde som landkarene til broa. Denne utformingen vil minske mengden skredmasser som blir avlagret før bropunktet, slik at lysåpningen beholdes i større grad enn tidligere skredhendelser. Den nye broen bør dimensjoneres for å tåle lastene fra skredmasser, og ikke bare trykket fra skredvind som den tidligere broen ble dimensjonert for (NGI 20001273-2).

## FV 882 til Øksfjord

For sikring av FV 882 til Øksfjord anbefales det å etablere et system med aktiv skredkontroll. Dette står som et rimelig alternativ til tunneller og overbygg. Dersom systemet er drevet av kyndig personell er det sannsynligvis mulig å tilfredsstille en returperiode på 20 år for uforutsette skredhendelser. Det er svært mange skredutsatte punkt langs vegen til Øksfjord. For å oppnå en best mulig kost/nytte effekt, anbefales det å sikre skredpunktene foreslått i «skredsikringsplanen» med faste installasjoner som Gazex eller Wyssen. De øvrige skredfarene anbefales å sikres med bruk av Daisybell eller andre mobile systemer i perioder med spesielt høy skredfare.

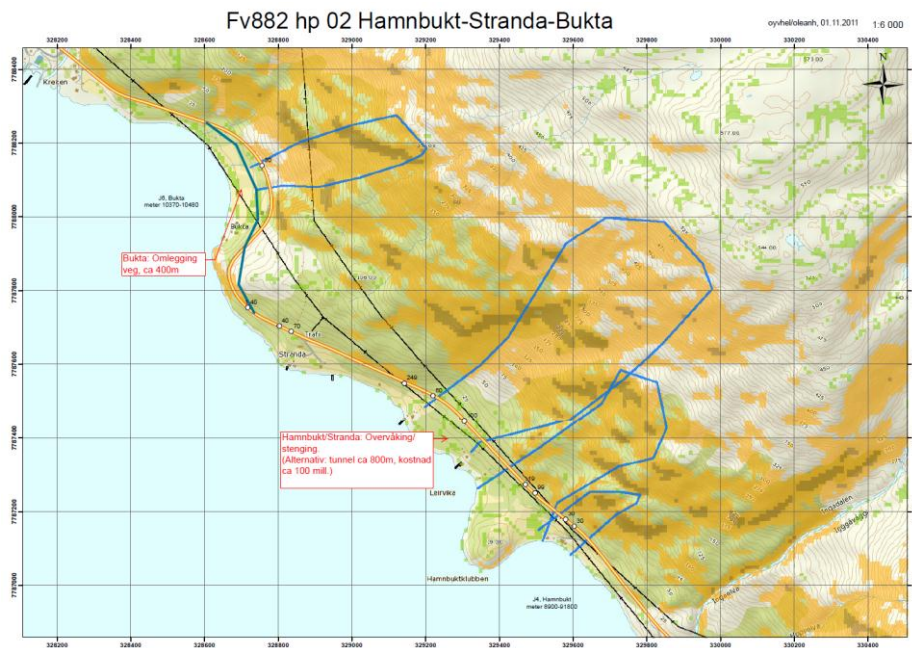




#### 4 ANALYSE AV FORESLÅTTE SIKRINGSTILTAK I «SKREDSIKRINGSPLANEN» OG ALTERNATIVE SIKRINGSFORSLAG FOR STUDIEOMRÅDET

### Bukta

**Forslag til sikring i rassikringsplanene:** Det er foreslått omlegning av vegen og overvåkning med stengning. Tiltaket har et kostnadsoverslag på 15 millioner med et sikringsnivå på 70% etter fullførte tiltak. Alternativt er det satt opp forslag om en 800meter tunnel. Denne har en kostnad på ca.100 millioner



Figur 35 Hamnbukt-Stranda-Bukta med skring som foreslått av skredsikringsplan. Tegningen er utarbeidet av Øyvind Hellum og Ole-Andre' Helgaas

#### Tidligere registrerte hendelser i NVDB:

27.04.2000 – Veg stengt pga snøskred. Mindre enn 10meter veg blokkert.

11.02.2000 – Veg stengt pga snøskred. Ca 70meter blokkert veg.

25.01.2000 – Veg stengt pga snøskred. 10-50 meter blokkert veg.

26.04.2000 – Veg stengt pga snøskred. Mindre enn 10 meter veg blokkert.

12.02.2002 – Veg strengt pga snøskred. 10-50meter blokkert veg.

18.02.2002 – Veg stengt pga snøskred. Over 100 meter blokkert veg.

22.02.2002 – Veg stengt pga snøskred. 10-50meter blokkert veg.

15.03.2002 – Veg stengt pga snøskred. Over 100 meter blokkert veg. Skredmassene hadde et totalt estimert volum på 2800m<sup>3</sup>.

#### 4 ANALYSE AV FORESLÅTTE SIKRINGSTILTAK I «SKREDSIKRINGSPLANEN» OG ALTERNATIVE SIKRINGSFORSLAG FOR STUDIEOMRÅDET

15.03.2002 – Veg stengt pga snøskred. 50-100 meter blokkert veg. Massehøyde på veg: 3,5meter.

28.03.2002 – Veg steng pga snøskred. 60meter blokkert veg. Massehøyde på veg: 2 meter.

**Analyse av foreslått sikringstiltak:** En kurveutretting av vegen ved det nordlige skredløpet i Bukta vil gi en bedre trafiksikkerhet når kurven blir mer oversiktlig. Eventuelle skredmasser som ligger på vegen kan oppdages tidligere, og sannsynligheten for en ulykke antas å bli mindre. En skredovervåkning vil kunne bidra til å øke sikkerheten for trafikantene når vegen stenges under perioder med høy skredfare.

Det er usikkert om vegen får en høyere eller lavere stengingsfrekvens som resultat av som sikringsmetode. Det kan tenkes at vegen i dag er åpen under perioder den ellers ville vært stengt ved en skredovervåkning, men en bedre skredovervåkning kan også åpne vegen raskere når skredfaren avtar enn dagens situasjon. Dersom strekningen sikres med tunnel gir dette trolig en fullstendig beskyttelse for skred i alle størrelser for denne strekningen. Imidlertid er dette et dyrt tiltak, så andre alternativ bør vurderes først.

**Alternativt sikringsforslag:** Som et alternativ sikringstiltak på strekningen er det mulig å bruke aktiv skredkontroll for skredpunktet. Dette vil trolig gi samme stengingsfrekvens som ved overvåkning, men gir betydelig reduserte stengningsperioder når de truende snømassene kan fjernes like etter stenging. For dette punktet er det to hovedutfordringer knyttet til bruk av aktiv skredkontroll. Løsneområdet er relativt bredt slik at det kreves flere utløsningsenheter dersom Gazex eller Wyssen systemene blir valgt. Dersom hver enhet har en effektiv radius på 100 meter trengs det 7 enheter for å dekke løsneområdene. Dette gir en investering på om lag 7 millioner i tillegg til driftskostnader. Den andre utfordringen er bebyggelse i skredområdet. Det er flere bygninger på nedsiden av vegen innenfor skredsonen. Boligene må evakueres ved bruk av aktiv skredkontroll, eller få tilbud permanent flytting til alternativ boplass. Terrengtiltak som valler og grøfter blir ansett som uaktuelle på grunn av sidebratt terreng.

#### 4 ANALYSE AV FORESLÅTTE SIKRINGSTILTAK I «SKREDSIKRINGSPLANEN» OG ALTERNATIVE SIKRINGSFORSLAG FOR STUDIEOMRÅDET

### Steinbukta

Det er ikke foreslått noen sikringstiltak for Steinbukta i rassikringsplanen, men punktet er markert som middels i prioriteringsplanen. Etter samtaler med ansvarlig for vegdriften er det mindre skred som glir ut i vegbanen. Det anbefales derfor etablering av bred grøft langs strekningen. Det stilles tvil til prioriteringen av dette skredpunktet når det kun er registrert en delvis stengning på dette punktet.



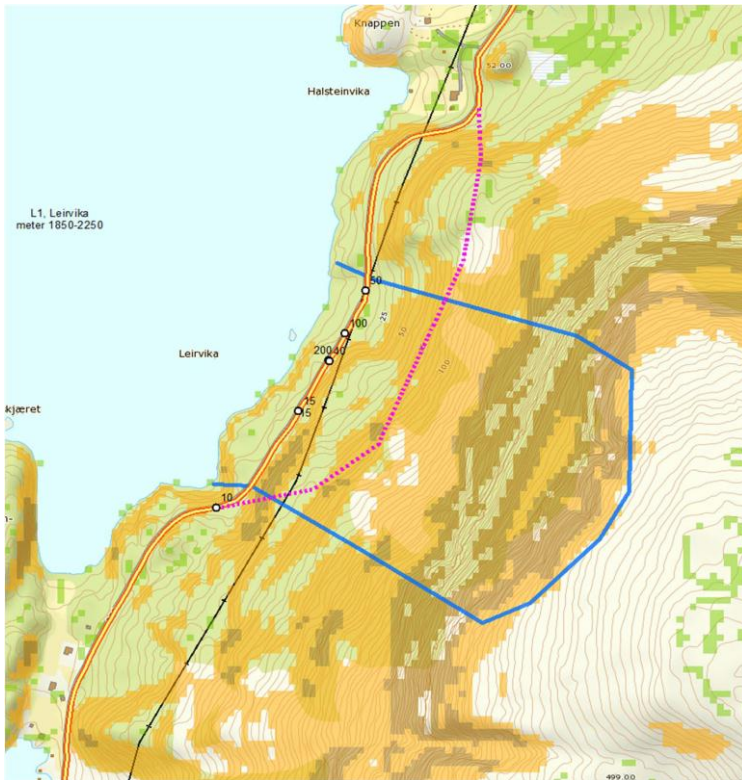
Figur 36 Skredfaresone ved Steinbukta.

#### Tidligere registrerte hendelser i NVDB:

22.04.1997 – Veg delvis stengt pga. snøskred.

## Leirvika

**Forslag til sikring i rassikringsplanene:** Her er det foreslått tunnel på 830m. Terrengeiltak står som uaktuelt i prosjektbeskrivelsen. Tunnelen har et kostnadsestimat på 112 millioner kroner. Tunnelen gir en antatt sikringseffekt på 95 %.



Figur 37 Inntegnet alternativ tunneltrasee og skredbaneavgrensning. Utarbeidet av Øyvind Hellum og Ole-Andre' Helgaas.

**Analyse av foreslått sikringstiltak:** Dersom tunnelen bygges tilfredstilles kravet om sikring til 20 års returperiode. Tiltaket er dyrt sett i forhold til den beskjedne trafikkmengden.

**Alternativt sikringsforslag:** I dette området anbefales det bruk av aktiv skredkontroll. Løsneområdet er ca. 450 meter bred. Det krever 3 - 4 utløserenheter for å dekke hele løsnesonen dersom alternativ fra Wyssen eller Gazex velges. Installasjonskostnaden for et slikt system er ca. 1 million per enhet. Dette blir et rimelig tiltak sett som alternativ til tunnel med en kostnad på 112 millioner. Kravet om sikring til 20 års returperiode kan trolig oppfylles med en slik sikring da andelen uforutsette skredhendelser er lav med korrekt bruk.

### Tidligere registrerte hendelser i NVDB:

11.02.1997 – Veg stengt pga. snøskred. 10-50 meter blokkert veg.

25.03.1997 - Veg stengt pga. snøskred. 10-50 meter blokkert veg.

#### 4 ANALYSE AV FORESLÅTTE SIKRINGSTILTAK I «SKREDSIKRINGSPLANEN» OG ALTERNATIVE SIKRINGSFORSLAG FOR STUDIEOMRÅDET

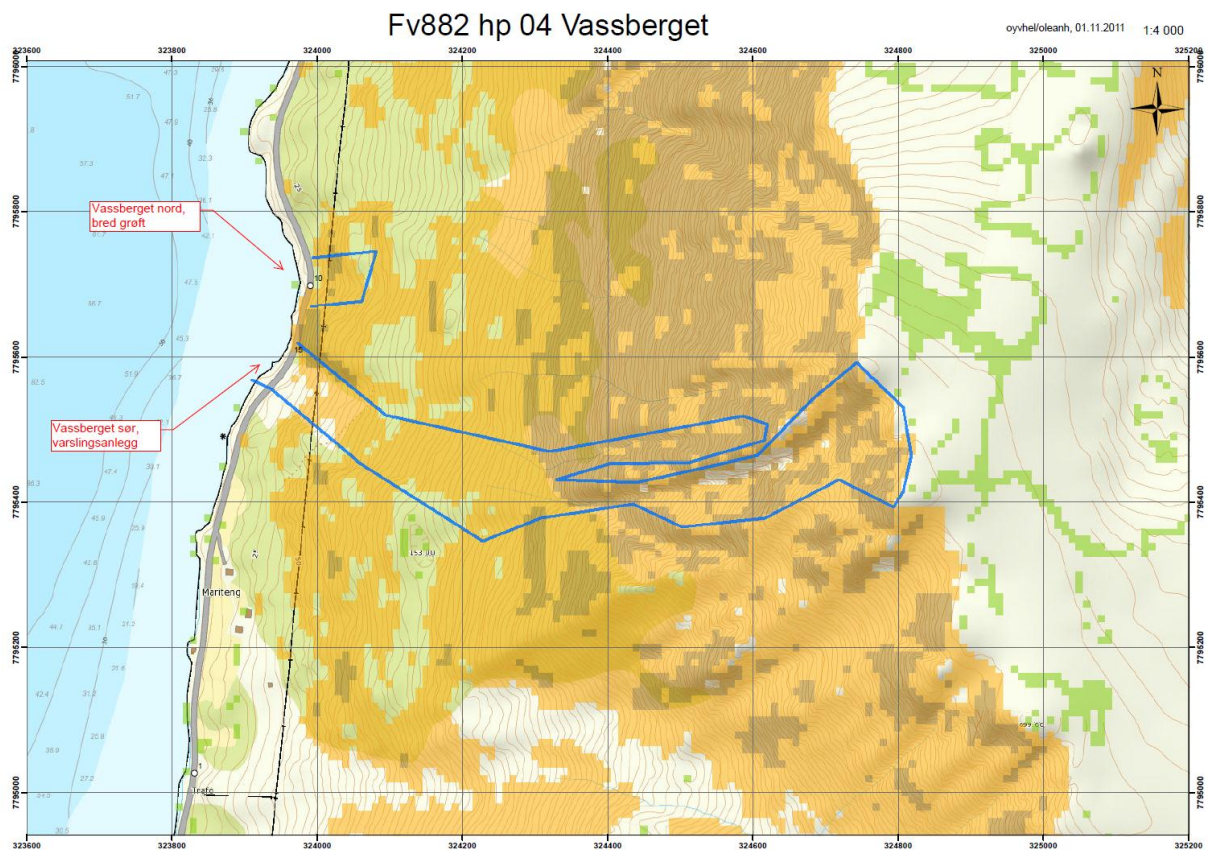
02.02.2002 – Veg stengt pga. snøskred. 200meter blokkert veg. 900m<sup>3</sup> masse på veg. 1 meter massehøyde på veg.

22.02.2002 - Veg strengt pga snøskred. Under 100 meter blokkert veg.

12.03.2002 – Veg stengt pga snøskred. 10-50 meter blokkert veg.

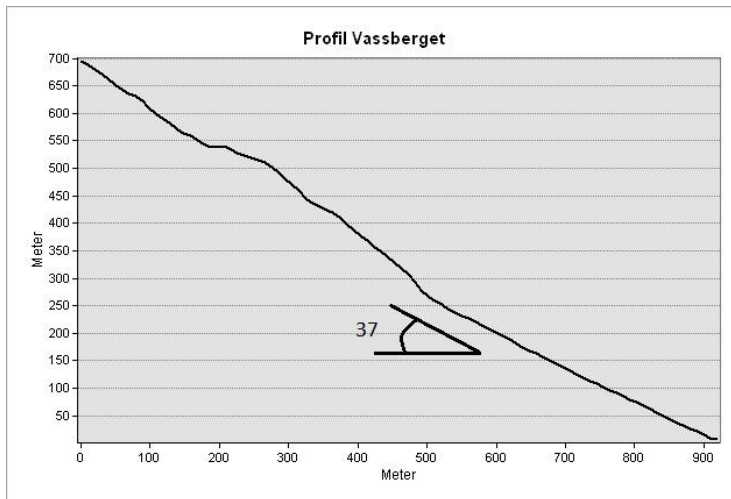
### Vassberget

Skredpunktet Vassberget har kun ett mindre registrert skred i det nordlige skredløpet. Det er ikke gitt noen begrunnelse for hvorfor punktet er tatt med i skredsikringsplanen når det i utgangspunktet ikke tilfredstiller kravet om tre skredhendelser eller stengninger de siste 20 årene. Ut fra en terrengvurdering er imidlertid fjellsiden velegnet for dannelse av skred. Fjellet har en gjennomsnittlig helling i skredbanen på 37°( $\tan^{-1} 700/900$ ) som er nesten optimalt for dannelse av skred(Figur 39). Renninformasjonene samler også mer snø enn gjennomsnittlig terreng når de ligger i leside for flere vindretninger.



Figur 38 Kart over vassberget utarbeidet av Øyvind Hellum under arbeid med Skredsikringsplanen. Skredfar er markert i blått

#### 4 ANALYSE AV FORESLÅTTE SIKRINGSTILTAK I «SKREDSIKRINGSPLANEN» OG ALTERNATIVE SIKRINGSFORSLAG FOR STUDIEOMRÅDET



Figur 39 Hellingsprofil av sørlig skredløp på Vassberget

**Forslag til sikring i rassikringsplanene:** Skredsikringsplanen foreslår installering av varslingsanlegg for snøskred. Det anbefales også å lage bred grøft ved siden av veien for å fange opp de mindre snøskredene.

#### Tidligere registrerte hendelser i NVDB:

25.03.1997 - Veg strengt pga snøskred. Under 10 meter blokkert veg.

**Analyse av foreslått sikringstiltak:** En bred grøft ved Vassberget-Nord gir sikring mot mindre skred som går ned på veien. Dette punktet bør sikres dersom dette er et tilbakevendende problem at mindre mengder snø glir ut på veien ved dette punktet.

Bruk av varslingsanlegg for stenging og overvåkning minsker risikoen for «liv og helse» knyttet til passering av skredpunktet, men øker ikke forventet returperiode av skredhendelser på veg.

**Alternative sikringsforslag:** For Vassberget nord støttes forslaget med etablering av bred grøft. Vassberget sør har to markerte løsneområder som samles til ett skredfar før det når veien. Dette området er velegnet for aktiv skredkontroll når løsneområdene er smale og skredbanen er forutsigbar. Det antas at det er behov for to utløsningsenheter for å dekke begge løsneområdene. En installasjon av et anlegg for å utløse skred samt et varslingsanlegg vil kunne gi en reduksjon i stengingsperiodene som vil være en klar forbedring framfor et varslingsanlegg alene. Tiltaket har en estimert investeringskostnad på totalt 3.5millioner kroner og en årlig driftskostnad på 50,000 kroner.

## Litteratur

Jacob, S. (2002). "The Gazex avalanche release system." from <http://arc.lib.montana.edu/snow-science/objects/issw-2002-046-048.pdf>.

McClung, D. and P. A. Schaerer (2006). The avalanche handbook. Seattle, WA, Mountaineers Books.

NGI (2000). E6 Langfjorden Herraneselva; Skredskade, risiko og sikring.

NVE (2011). Plan for skredfarekartlegging, Delrapport snøskred og sørpeskred. NVE.

Skredforum (2012). Forslag til risikoakseptkriterier for skredhendelser på veg. Statens Vegvesen.

Stoffel, L. (1996). Künstliche Lawinenauslösung: Hinweise für den Praktiker, Eidgenössisches Institut für Schnee- und Lawinenforschung.

Vegvesen (1993). Håndbok 167 Snøvern, Statens Vegvesen, Vegdirektoratet.

Vegvesen (2011). Veger og Snøskred - Håndbok om sikring av snøskred – Høringsutgave, VD rapport Nr. 27, Statens Vegvesen, Vegdirektoratet

Vegvesen (2012). Flom- og sørpeskred Høringsutgave, Statens Vegvesen, Vegdirektoratet.

Vegvesen (2012-2). Håndbok 285 Veger og drivsnø, Statens Vegvesen, Vegdirektoratet.

## Appendiks 1 Begrepsforklaringer

**DEM modell** – Digital Elevation Model, er en rastermodell hvor terrengets høyde er beregnet.

**Flomskred** – Er en blanding av granulære materialer og vann som beveger seg på grunn av gravitasjon, og hvor blandingen opptrer som et kontinuum.

**Lysåpning** – Den høyde og bredde som eksisterer mellom en bro og den underliggende bakken.

**Returperiode** – Den årlige nominelle sannsynligheten for en skredhendelse for et bestemt område.

**Sikringseffekt** – Utrykk brukt om hvor effektivt et sikringstiltak hindrer skred å nå veggen. Oppgives i prosent fra 0 til 100

**Temperaturgradient** - Temperaturforskjellen mellom de ulike nivået i snødekket. Slike temperaturdifferanser er av betydning for snøkrystallenes metamorfose.

**ÅDT** – Års Døgn Trafikk, er den gjennomsnittlige trafikkmengden for en vegstrekning målt som antall kjøretøy som passerer i løpet av ett år.

**Årlig nominell sannsynlighet** – Beskriver den beregnede eller forventede returperioden for et snøskred. Det brukes nominell sannsynlighet fordi det er vanskelig å estimere en nøyaktig sannsynlighet.



## Vedlegg 1 – Forslag til risikoaksept



### Statens vegvesen

#### Notat

Til: Randi Harnes  
Fra: Skredforum (v. Harald Norem, Heidi  
Bjordal, Jan Otto Larsen, Halgeir Dahle)  
Kopi:

Saksbehandler/innvalgsnr:  
Halgeir Dahle +47 71274244  
Vår dato: 27.9.2012  
Vår referanse:

## FORSLAG TIL RISIKOAKSEPTKRITERIER FOR SKREDHENDELSER PÅ VEG

### INNLEDNING

Statens vegvesen har idag ikke tydelige retningslinjer for hvilke risikoakseptkriterier som er gjeldende for skred på veg. Dette fører til at det blir opp til hvert enkelt vegprosjekt å finne et passende sikringsnivå. Risikoakseptkriterier vil være til hjelp ved vurdering av hvilke skredløp som bør sikres og hvilke sikringstiltak som bør benyttes. Skredforum har gitt forfatterne i oppdrag å utarbeide et forslag til slike risikoakseptkriterier.

For bebyggelse er krav til sikkerhet mot naturkatastrofer gitt i teknisk forskrift til plan- og bygningsloven, TEK10. Disse kravene er ikke gjeldende for veger der Statens vegvesen er tiltakshaver (Forskrift om byggesak §4-3). Det finnes derfor ikke tydelige retningslinjer for hvilke risikoakseptkriterier som er gjeldende for skred på veg.

#### Hva omfattes av risikoakseptkriteriene?

Alle tiltak på og langs veg som krever en byggeplan/reguleringsplan omfattes av akseptkriteriene. Dette gjelder bygging av ny veg, ombygging av veg og sikring av eksisterende veg.

Akseptkriteriene må tas hensyn til i alle planfaser (se Håndbok 151, kap 3.1.10).

Postadresse  
Statens vegvesen  
Region midt  
Fylkeshuset  
6404 Molde

Telefon: 815 44 040  
Telefaks: 71 27 41 01  
firmapost-midt@vegvesen.no  
Org.nr: 971032081

Kontoradresse  
Fylkeshuset  
6404 MOLDE

Fakturaadresse  
Statens vegvesen  
Regnskap  
Båtsfjordveien 18  
9815 VADSØ  
Telefon: 78 94 15 50  
Telefaks: 78 95 33 52

Akseptkriteriene kan også være en veileder med hensyn på behov for skredsikringstiltak langs eksisterende veg.

Det forutsettes at trafikken normalt er i flyt gjennom skredområdene, og at det ikke er tilrettelagte plasser for stans i de skredutsatte områdene. For områder som rasteplasser, parkeringsplasser, bussholdeplasser mv kreves et høyere sikkerhetsnivå enn det som er foreslått her.

## DEFINISJONER

### Skredhendelse

I dette dokumentet benyttes begrepet **skredhendelse** om skred(ras) på/nær veg, herunder sekundærvirkninger av skred, med løsnedområde i naturlig terreng og for disse skredtypene:

- Snøskred
- Flomskred
- Jordskred
- Isskred
- Steinsprang
- Steinskred
- Fjellskred

Faren for **steinsprang**, **snø**-, **flom**-, **is**- og **jordskred** skal tas med i vurderingene av skredfrekvens dersom de har potensiale til å stenge hele vegbanen og/eller medføre alvorlige ulykker. For **snø**-, **flom**- og **jordskred**, vil dette tilsvare anslagsvis minst 10 m<sup>3</sup> skredmasser på veg. **Isskred** og **steinsprang** tas med i vurderingene av skredfrekvens selv ved mindre volum. **Stein**- og **fjellskred** har per definisjon store nok volum til å stenge hele vegbanen og/eller medføre alvorlige ulykker.

**Kvikkleireskred** omfattes ikke av akseptkriteriene. Dette håndteres av Håndbok 016.

### Risiko

**Risiko** er en kombinasjon av **sannsynlighet** og **konsekvens** av en hendelse og presenteres ofte i en **risikomatrix**. Begrepet **risiko** brukes mest om negative eller farlige hendelser, slik som ulykker, naturkatastrofer eller epidemier. **Risikomatrixa** danner beslutningsgrunnlaget for **risikoakseptkriteriene**.

### Sannsynlighet

I byggt teknisk forskrift benyttes begrepet «**nominell sannsynlighet**» om hvor ofte skredhendelser kan inntreffe. Denne ordbruken betyr at det ikke settes krav til at **sannsynligheten** for skred skal beregnes eksakt, som i mange tilfeller ikke lar seg gjøre. Begrepet «nominell sannsynlighet» uttrykker at det må brukes et visst faglig skjønn i tillegg til teoretiske beregningsmetoder. Denne definisjonen benyttes også i dette dokumentet.

### Konsekvens

I dette dokumentet er **konsekvens** relatert til trafikkmengde (ÅDT) på en gitt **enhetsstrekning**. Eventuelle personskader som følge av at **skredhendelser** treffer trafikanter er ikke vektet. Sannsynlighet for personskader er nært relatert til skredsannsynlighet og trafikkmengde.

Ulike skredtyper har forskjellig skadepotensiale i tillegg til variasjoner i skredvolum. I **risikoakseptkriteriene** kommer ikke dette frem, men slike vurderinger gjøres i «kost-nytte-analysen» og påvirker valg av **risikoakseptnivå** for **skredhendelser** på strekninga.

### Trafikkmengde, ÅDT

Årsdøgnsstrafikk, forkortet ÅDT, er summen av antall kjøretøy som passerer ett punkt på en vegstrekning i året dividert på årets dager.

Vegstrekningers ÅDT fremskrives 20 år (ÅDT(20)) ved planlegging av skredsikringstiltak (samme fremskrivingsintervall som for tunnelbygging, Håndbok 021). Slike fremskrevne data finnes vanligvis ved nybygging av vegstrekninger.

### Enhetsstrekning

En **enhetsstrekning** er i dette dokumentet definert som en veglengde på **1 km** med start fra ene ytterkant av skredfaresone til andre ytterkant. Dersom lengden er i nærheten av 1 km (f.eks 1,3 km) behandles den som én **enhetsstrekning**. Dette danner lengden som den **samlede sannsynligheten** for **skred** på veg skal beregnes/estimeres for. Det kan være flere enhetsstrekninger etter hverandre (altså flere km skredutsatt veg).

Det er valgt å se på samlet sannsynlighet over en enhetsstrekning for å få en helhetlig vurdering av strekninger, noe som er viktig i områder med flere etterfølgende skredpunkt.

### Skredpunkt/Skredløp

Et **skredpunkt** er ett sted på **enhetsstrekningen** hvor ett tiltak er nødvendig for å gi sikringseffekt. Ett sikringstiltak kan imidlertid sikre flere skredpunkt, for eksempel tunnel.

### Risikoakseptkriterier

Et **risikoestimat** alene har begrenset verdi. For å kunne tjene som et beslutningsverktøy, må den sammenliknes med andre risikoverdier eller med **risikoakseptkriterier** som er definert forut for risikoanalysen. **Risikoakseptkriterium** er definert på følgende måte i NS 5814:

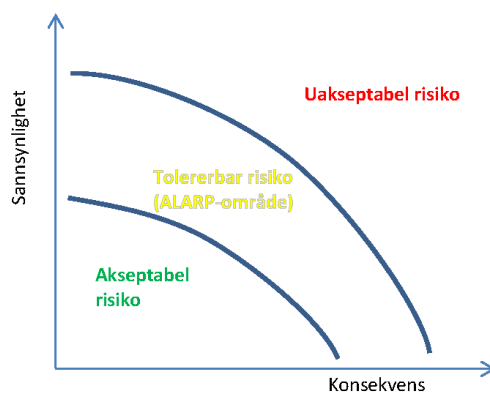
*Kriterium som legges til grunn for beslutning om akseptabel risiko.*

*Risikoakseptkriterier kan uttrykkes med ord eller være tallfestet, eller ved en kombinasjon av disse, for eksempel som ulike soner i en risikomatrise.*

De fleste **risikoakseptkriterier** opererer ikke med et skarpt skille mellom **akseptabel** og **uakseptabel risiko**. Det defineres en øvre grense for risikoen, (grense mot uakseptabel

risiko) og en nedre grense (grense mot akseptabel risiko). I intervallet mellom **akseptabel** og **uakseptabel risiko** bør risikoen reduseres så mye som praktisk rimelig. Dette intervallet/området omtales som ALARP-området (As Low as Reasonably Practicable), se figur 1. Risiko i ALARP-området omtales i litteraturen ofte som **"tolererbar"**. Som regel vil det være en kost-nytte-analyse som avgjør hva som oppfattes som praktisk rimelig, dvs. om risikoreducerende tiltak skal implementeres.




Et viktig prinsipp ved ALARP er den "omvendte bevisbyrden" som innebærer at det skal bevises hvorfor et risikoreducerende tiltak ikke implementeres. Dette betyr at identifiserte risikoreducerende tiltak skal implementeres med mindre det kan dokumenteres at det er et urimelig misforhold mellom kostnader/ulemper og nytte (Vinnem, 2006).



Figur 1. Skjematisk figur som illustrerer intervallet mellom akseptabel og uakseptabel risiko. I ALARP-området skal det begrunnes hvorfor tiltak ikke iverksettes for å oppnå akseptabel risiko, se tekst.

## FORSLAG TIL AKSEPTKRITERIUM FOR SKRED PÅ VEG

Forslaget til risikomatrix og akseptkriterier for skred på veg er vist i figur 2. Nedenfor følger en forklaring til klasseinndelingen til sannsynlighet og konsekvens (ÅDT).

|   |               |   |                  |  |                  |             |  |
|---|---------------|---|------------------|--|------------------|-------------|--|
| Årlig nominell skredsannsynlighet pr. enhetsrekning   | I<br>≤ 1/2    |   |                  |  |                  |             |  |
|   | II<br>≤ 1/5   |   |                  |  |                  |             |  |
|   | III<br>≤ 1/10 |   |                  |  |                  |             |  |
|   | IV<br>≤ 1/20  |   |                  |  |                  |             |  |
|   | V<br>≤ 1/50   |   |                  |  |                  |             |  |
|   | VI<br>≤ 1/100 |   |                  |  |                  |             |  |
| Trafikkmengde (ÅDT)   | A<br>< 200    | B<br>200 - <500   | C<br>500 - <1500 | D<br>1500- <4000   | E<br>4000- <8000 | F<br>≥ 8000 |  |
|  Akseptabel strekningsrisiko |               |  Tolererbar strekningsrisiko. Aksept avhenger av skredintensitet og kost-nytte-analyse. Akseptnivå besluttes på regionledernivå. |                  |  Uakseptabel strekningsrisiko |                  |             |  |

Figur 2. Risikomatrix for skred på en vegstrekning. Grønn, gul og rød angir akseptnivået.

### Konsekvensklasser

Konsekvensklassene A – F er delt inn etter trafikkmengde (ÅDT), der økende ÅDT gir økt konsekvens. Følgende konsekvensklasser er benyttet:

- A. < 200
- B. 200 – <500
- C. 500 – <1500
- D. 1500 – <4000
- E. 4000 – <8000
- F. ≥ 8000

Ferjekaier er utelatt i matrisen. På ferjekaier har man mer langvarig personopphold og ansamling av kjøretøy, og dette krever en høyere grad av sikkerhet. Større og mindre kaianlegg er omfattet av sikkerhetsbestemmelsene i Byggteknisk forskrift, og det anbefales at ferjekaier gis et tilsvarende sikkerhetsnivå.

### Sannsynlighetsklasser

Inndelt etter årlig nominell sannsynlighet for skredstengt enhetsstrekning. Inndelingen gjelder for strekninger slik at sannsynligheten for skred på veg fra enkeltskredløp/skredpunkt må være lavere. Eksempelvis vil et akseptnivå på 1/50 for en enhetsstrekning, ved fire likeverdige skredløp, føre til at største tillatte sannsynligheten for hvert skredløp blir 1/200.

Følgende sannsynlighetsklasser er benyttet:

- I.  $\leq 1/2$
- II.  $\leq 1/5$
- III.  $\leq 1/10$
- IV.  $\leq 1/20$
- V.  $\leq 1/50$
- VI.  $\leq 1/100$

## VEILEDNING I BRUK AV AKSEPTKRITERIENE

Der det kan være tvil om det foreligger fare for skred, skal det gjennomføres skredtekniske analyser og beregninger av person(er) med dokumentert kompetanse innen de aktuelle fagområdene (skredsakkyndig) (KRD, 2010).

Ved mistanke om skredfare definerer skredsakkyndig skredfaren for enkeltskredløp og strekning. Er enhetsstrekningensrisikoen uakseptabel (rød) eller tolererbar (gul) må det foreslås/fastsettes tiltak som fører til at årlig nominell sannsynlighet for skredhendelser på enhetsstrekningen gir akseptabel (grønn) risiko.

I noen tilfeller vil kostnadene og ulempene ved skredsikring til akseptabelt (grønn) risikonivå være uforholdsmessig store og det åpnes for å akseptere tolererbar (gul) risiko på strekningen. Dette forutsetter at det er gjennomført en kost-nytte-analyse<sup>1</sup> hvor resultatet fører til at det er forsvarlig å åpne for mer fleksibilitet, altså å øke akseptnivået til gult. Årsaken til å åpne for økt risikoaksept begrunnes med at konsekvens i risikomatrissa kun er vurdert ut fra ÅDT, noe som ikke absolutt reflekterer viktigheten av vegen.

Vurderinger om økt risikoaksept på en strekning fra akseptabel (grønn) til tolererbar (gul) forutsetter at planprosjektlederen sørger for en kost-nytte-analyse av ulike sikringsalternativer med tilhørende plassering i risikomatrissa. Kost-nytte-analysen danner beslutningsgrunnlag for akseptnivå for strekningen. Valg av akseptnivå for hver enkelt vegstrekning gjøres på regionledernivå.

Faktorer som er aktuelle å belyse i fastsettingen av endelig akseptnivå (kost-nytte-analyse):

- Sikringskostnader
- Skredintensitet (energi)
- Skadepotensial
- Skredfare og ryddetid
- Muligheter for varsling av skredfaren
- Restrisiko
- Drifts- og vedlikeholdskostnader
- Sårbar transport, f.eks. skolebuss
- Omkjøringsmuligheter
- Samfunnsøkonomiske kostnader ved stengt veg
- Vegens viktighet
- ...

Figur 3 illustrerer beslutningsprosessen fra skredfarekartlegging til valg av akseptnivå for skred på en vegstrekning.

<sup>1</sup> Kost-nytte-analyse: En systematisk kartlegging av fordeler og ulemper ved et bestemt tiltak. Nyttevirkninger og kostnader verdsettes i kroner så langt det er faglig forsvarlig. Finansdepartementet (2005).

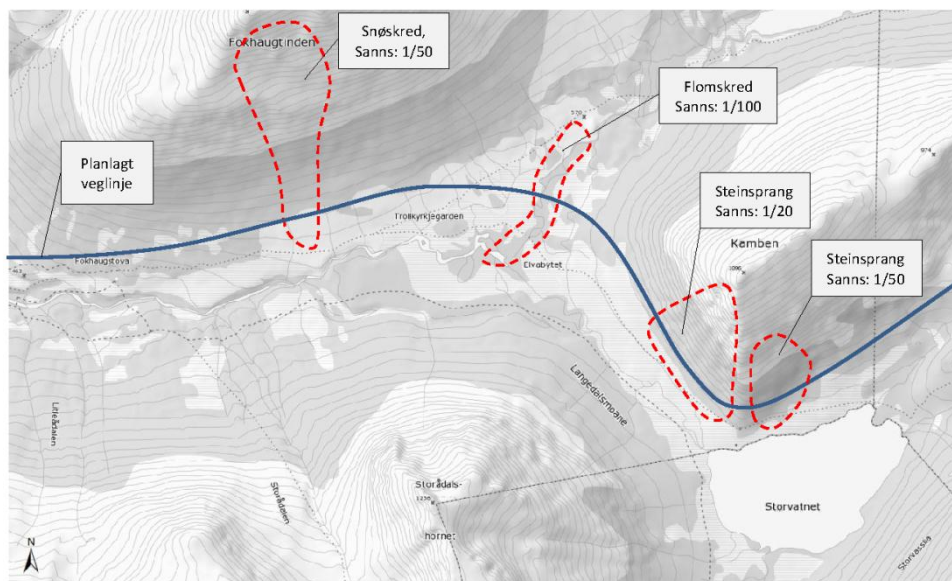
## EKSEMPEL PÅ BRUK AV AKSEPTKRITERIENE

### Teoretisk eksempel på bruk av akseptkriteriene

Fakta om vegstrekningen som skal utbygges:

- Europavegstrekning
- Fremskrevet ÅDT (20) på 2500, som gir et akseptabelt (grønt) sikkerhetsnivå på 1/50 og tolererbart (gult) nivå på 1/20.
- Flere potensielle skredpunkt både sommer og vinter
- Skredfarekartleggingen viser at (se skisse i figur 4):
  - 1 skredløp innenfor enhetsstrekningen har årlig nominell sannsynlighet på 1/20 for skred på veg (steinsprang).
  - 2 skredløp har årlig nominell sannsynlighet på 1/50 (snøskred og steinsprang) for skred på veg.
  - 1 skredløp har årlig nominell sannsynlighet på 1/100 (flomskred) for skred på veg.

Addert blir det en årlig nominell sannsynlighet på 1/10 for skred på enhetsstrekningen. Ut fra risikomatrisen i figur 2 kommer denne strekningen i rødt akseptområde (ÅDT-gruppe D). Dette fører til at det må planlegges skredsikringstiltak. Sikringen må planlegges slik at strekningen kommer inn i grønt område (akseptabel) i risikomatrisa.



Figur 4. Kartskisse over teoretisk eksempel på bruk av akseptkriteriene for skred på veg.

Skredsakkyndig lager en vurdering (rapport/notat/kart) om hvordan skredfaren kan ivaretas for å oppfylle grønn risiko, men lager samtidig et enklere og billigere forslag med lavere sikkerhet mot skred som kan bli aktuell dersom en kost-nytte-analyse anbefaler det.



*Tilleggsbefaringer og skredsimuleringer viser at det kan oppnås en årlig nominell sannsynlighet for skred på enhetsstrekningen på 1/20 ved å bygge lede/fangvoller for snøskredet, bygge bru for flomskredet og montere fanggjerdar mot steinsprang. Veglinja kan i liten grad justeres på grunn av verneinteresser. Eneste alternativ for å oppnå grønn risiko er å legge deler av vegstrekningen i tunnel. Et tunnelalternativ på 1,5 km blir foreslått for å unngå steinsprangfare.*

*Akseptkriteriene tillater ikke at en strekning plasseres i gult akseptområde med mindre en grundig vurdering av fordeler og ulemper ved redusert sikkerhet er analysert og konkludert (kost-nytte-analyse).*

*Momenter som i dette eksempelet er aktuelle i en kost-nytte-analyse:*

1. *Omkjøringsmuligheter*
  - *Det finnes gode omkjøringsmuligheter for personbiler/mindre kjøretøy (30 min ekstra kjøring).*
  - *Tyngre kjøretøy må påregne 3 timer ekstra kjøring inklusiv ferje.*
2. *Sikringskostnader*
  - *Sikringen til grønt nivå er grovt kalkulert til 500 mNOK, tilsvarende 200 mNOK for gult nivå.*
3. *Muligheter til å varsle skredfare*
  - *Steinsprang er vanskelig å varsle, mens snø og jord/flomskred er mulig å varsle.*
4. *Samfunnsøkonomiske kostnader ved skredstengt veg*
  - *Vegen er blitt kalt "Eksport fra nord" og skal føre til økt eksport fra regionen og er dermed ikke ønskelig å holde stengt.*
5. *Sårbar transport*
  - *To skolebusser passerer hver dag.*
6. *Skadepotensial*
  - *Steinsprangene har stort skadepotensial.*
7. *Drifts- og vedlikeholdskostnader*
  - *Drift av tunnel er dyrere enn drift av veg i dagen.*
8. *Evt. flere momenter.*

*Beslutningen om hvilket risikoakseptnivå som benyttes skal gjøres på regionledernivå.*

## REFERANSER

Finansdepartementet, 2005: *Veileder i samfunnsøkonomiske analyser*. Regjeringen.no.

KRD (Kommunal- og regionaldepartementet), 2010: *Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift)*. www.lovdatab.no

Vinnem, J.E., et al., 2006: *ALARP-prosesser: Utredning for Petroleurstilsynet*. Preventor.

NVE, 2011. Retningslinjer 2-2011, Flaum- og skredfare i arealplanar, NVE

