



Statens vegvesen

Utvikling og uttesting av skredrisikomodell for vegnettet i Norge

RAPPORT

Teknologiavdelingen

Nr. 2586



Klima
og
transport



Geoteknikk- og skredseksjonen
Dato: 2010-03-17



Statens vegvesen

TEKNOLOGIRAPPORT nr. 2586

Tittel

Utvikling og uttesting av skredrisikomodell for vegnettet i Norge

Vegdirektoratet
Teknologiavdelingen

Postadr.: Postboks 8142 Dep
0033 Oslo

Telefon: (+47 915) 02030

www.vegvesen.no

Utarbeidet av

Heidi Bjordal og Martin Weme Nilsen

Dato:

2010-03-17

Saksbehandler

Heidi Bjordal

Prosjektnr:

601999

Kontrollert av

Jan Otto Larsen

Antall sider og vedlegg:

209

Sammendrag

Rapporten inngår i en serie rapporter fra FoU-prosjektet "Klima og transport", etatsprosjekt 2007-2010. Hensikten med prosjektet er å forbedre rutiner og regelverk for planlegging, prosjektering, bygging, drift og vedlikehold av vegnettet som svar på endrede klimaforhold. Gjennom samarbeid med Jernbaneverket er banetransport også inkludert.

Delprosjekt 4, som denne rapporten hører til, omfatter snø-, stein-, jord- og flomskred og ser på hvordan utløsning og frekvens av disse kan bli påvirket av endrede klimaforhold.

Denne rapporten beskriver utvikling og første uttesting av en ny skredrisikomodell. Risikomodellen beskriver skredsannsynlighet og -konsekvens ved faktorer som beskriver terreng, geologiske forhold, klimatiske forhold, trafikk-mengde med flere.

Modellen er testet på to vegstrekninger for å avdekke behov for forbedringer og videre utvikling. Skredrisikomodellen er utviklet av DNV Industry, og deres rapport er i sin helhet vedlagt denne rapporten.

Summary

This report belongs to a series of reports from the R&D programme "Climate and Transport", carried out by the Norwegian Public Roads Administration 2007-2010. The main objectives of the programme are to investigate the effect of climate change on the road network and recommend remedial actions concerning planning, design, construction and maintenance.

The work presented in this report is a part of project no. 4 Landslides and avalanches. The project studies how the frequency and triggering factors of landslides and avalanches can be influenced by climate change.

The report describes the development and first verification of a landslide and avalanche risk model. In the risk model, landslides and avalanches are described by factors affecting the probability and consequences. The factors represent exposed terrain, geological conditions, weather conditions, traffic amount and others. The model is tested on two road sections in order to find the need for further development.

The model is developed by DNV Industry, and their report is attached this report.

Emneord:

Klima og transport, skred, risikomodell

Forord

Rapporten inngår i en serie rapporter fra FoU-prosjektet 'Klima og transport', etatsprosjekt 2007 – 2010. Hensikten med prosjektet er å forbedre rutiner og regelverk for planlegging, prosjektering, bygging, drift og vedlikehold av vegnettet som svar på endrede klimaforhold.

Klimaforskningen konkluderer med at vi etter all sannsynlighet vil få endring til et varmere klima, som antas å føre til en økning i nedbørmengde og intensitet, parallelt med økt stormfrekvens og stormstyrke. Effektiviteten og sikkerheten av vegnettet påvirkes av nedbør, vind og temperaturforholdene. Dette er elementer som har innvirkning på steinsprang, fjellskred og snøskred, overflatevann, flom og erosjon, frysing og tining samt snø og is på vegbanen.

'Klima og transport' jobber etter beskrivelser av klimaendringer og deres effekt på transportsektoren slik de er nedfelt i følgende dokumenter:

- NTP-rapport "Virkninger av klimaendringer for transportsektoren", laget av en tverretattlig gruppe i transportsektoren: Jan Otto Larsen (leder) og Pål Rosland (sekretær), Statens vegvesen Vegdirektoratet, Kjell Arne Skoglund, Jernbaneverket, Eivind Johnsen, Kystverket og Olav Mosvold Larsen, Avinor.
- Vedleggsrapport "Regionale klimascenarier for transportsektoren i Norge – en oppdatering", av Jan Erik Haugen og Jens Debernard, Det Norske Meteorologiske institutt, februar 2007. (Rapporten er basert på scenarier fra RegClim prosjektet.)
- "Klima i Norge 2100", utarbeidet for NOU Klimatilpassing av Meteorologisk institutt, Bjerknessenteret, Nansensenteret, Havforskningsinstitutt og NVE, juni 2009.

'Klima og transport' består av følgende delprosjekter:

- Dp 1 Premisser og implementering
- Dp 2 Innsamling, lagring og bruk av data
- Dp 3 Flom- og erosjonssikring
- Dp 4 Snø-, stein-, jord- og flomskred
- Dp 5 Tilstandsutvikling på vegnettet
- Dp 6 Konsekvenser for vinterdrift
- Dp 7 Sårbarhet og beredskap

Prosjektleder for 'Klima og transport' er Gordana Petkovic og prosjektsekretær Reidun Svendsen. Mer informasjon om prosjektet: <http://www.vegvesen.no/klimaogtransport>

Delprosjekt 4, som denne rapporten hører til, omfatter snø-, stein-, jord- og flom- og kvikkleireskred, og hvordan utløsning og frekvens av disse kan bli påvirket av endrede klimaforhold. Ved utgivelsen av denne rapporten er delprosjektleder Jan Otto Larsen, Vegdirektoratet. For mer informasjon om delprosjekt 4, se vedlegg 3.

Denne rapporten er utarbeidet av Heidi Bjordal og Martin Weme Nilsen. Rapporten beskriver første innledende testing av en skredrisikomodel utviklet av Det Norske Veritas. Rapporten fra DNV er skrevet av Espen Funnemark, Magnus Bjelkerud, Charlotte Dahl og Stine U. Musæus, og er vedlegg 1. til denne rapporten.

For oversikt over tidligere andre rapporter fra 'Klima og transport', se vedlegg 4.

FORORD	1
1 INNLEDNING	5
2 BESKRIVELSE AV SKREDRISIKOMODELLEN	6
2.1 KORT OM PRINSIPPENE	6
2.2 SANNSYNLIGHET	7
2.2.1 Topphendelse 1 "Skred går".....	7
2.2.2 Topphendelse 2 "Skred når vegen"	7
2.2.3 Beregne sannsynlighetsscore	7
2.2.4 Statistiske og dynamiske faktorer.....	8
2.3 KONSEKVENSNES	8
3 SKREDRISIKOMODELL I FORHOLD TIL PRIORITERINGSMODELL	9
4 TESTING AV RISIKOMODELL MED ENKELTE SKREDTYPER	10
4.1 Rv. 70 OPPDØLSSTRANDA.....	10
4.1.1 Steinsprang.....	13
4.1.2 Steinskred.....	14
4.1.3 Flomskred.....	15
4.1.4 Snøskred.....	16
4.2 Fv. 655 NORANGSDALEN	17
4.2.1 Sørpeskred, 17. november 2005, ved Lyngstølsvatnet.....	18
4.2.2 Sørpeskred ved Skitnedeplane 24. november 2004	20
4.2.3 Snøskred ved Høyenes 24. februar 2003.....	22
4.2.4 Snøskred ved Solabrauta 28. januar 2002	24
4.3 VURDERING AV SANNSYNLIGHETSBEREGNINGER	26
4.4 KONSEKVENSNESBEREGNINGER.....	27
4.4.1 Rv. 70 Oppdølsstranda.....	27
4.4.2 Fv. 655 Norangsdalen.....	27
4.4.3 E136 Romsdal	27
4.4.4 Sammenligning av konsekvensscore.....	28
5 AVKLARINGER OG PLANER FOR VIDERE ARBEID	29
5.1 BEHOV FOR ENDRINGER AV FAKTORER OG BEREGNING AV RISIKOSCORE	29
5.2 VIDERE ARBEID	29
6 REFERANSER	30

VEDLEGG:

Vedlegg 1	Risikomodel for vegnettet i Norge - Rapport fra DNV
Vedlegg A	Oversikt over faktorer for alle skredtyper
Vedlegg B	Feiltrær for alle skredtyper
Vedlegg C	Samvirke Statens vegvesen og DNV
Vedlegg 2	Regneark for risikoberegning av skredtypene
Vedlegg 3	Informasjon om delprosjekt 4
Vedlegg 4	Oversikt over rapporter fra Klima og transport

1 Innledning

Delprosjekt 4 i Klima og transport har som en av sine hovedoppgaver å se på hvordan skredrisiko skal håndteres. Det er derfor valgt å utvikle en skredrisikomodell som kan brukes til et verktøy for å kartlegge risikonivå på vegstrekninger, og som et grunnlag for et senere arbeid med aksept for skredrisiko på vegnettet. Det Norske Veritas (DNV) ble engasjert til å utvikle en skredrisikomodell i samarbeid med Statens vegvesen.

En første utgave av skredrisikomodellen ble oversendt fra DNV sommeren 2009, og sommer/høst 2009 ble brukt til å gå gjennom og teste den. Denne rapporten beskriver den testingen som ble utført og hvordan Statens vegvesen ser for seg at modellen skal utvikles og testes videre. Rapporten fra DNV er vedlegg 1 til denne rapporten.

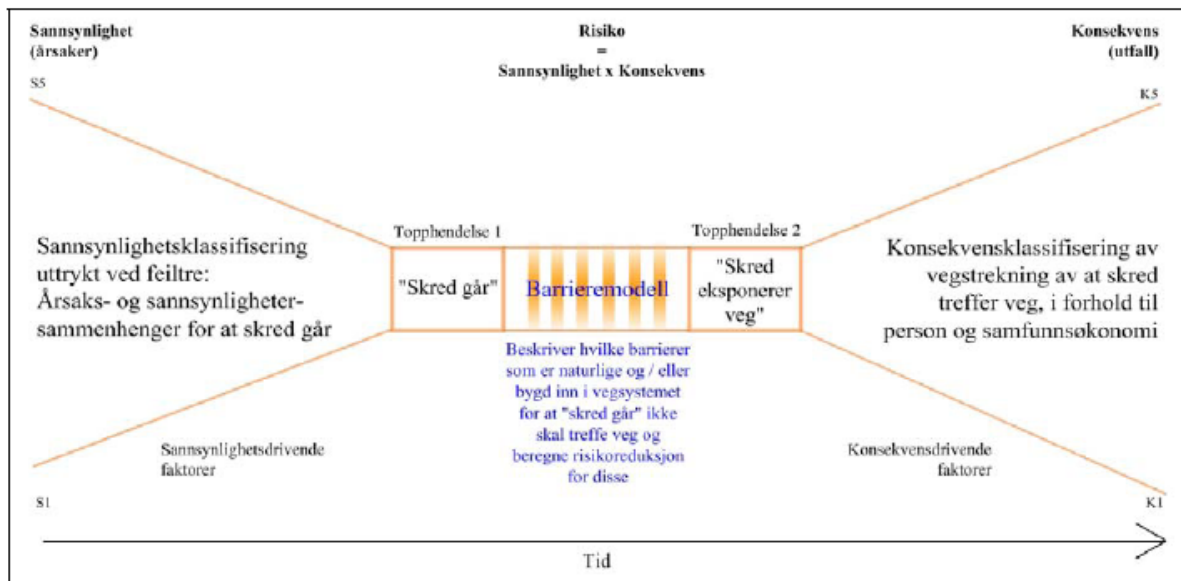
Prosjektet er gjennomført i tett samarbeid mellom DNV og Statens vegvesen. Statens vegvesen har hatt en arbeidsgruppe med deltakere fra blant annet Vegdirektoratet, region nord, region vest og region sør. En oversikt over deltakere og samarbeidet med DNV er gitt i vedlegg C.

2 Beskrivelse av skredrisikomodelen

2.1 Kort om prinsippene

En grundig beskrivelse av skredrisikomodelen og dens oppbygging og utvikling er gitt i rapport fra DNV, se vedlegg 1. I dette kapitlet gjengis noen korte, grunnleggende trekk ved modellen.

I risikomodellering fokuserer man ofte på en topphendelse, og analyserer årsaker til hendelsen (sannsynlighet) og konsekvenser. I denne risikomodelen har vi valgt å bruke to topphendelser. Dette fordi topphendelsen ”skred går” ikke nødvendigvis beskriver et problem på vegnettet. Problemet på vegene oppstår først i det skredet når vegen. De to topphendelsene er kalt topphendelse 1 (TH1) ”skred går” og topphendelse 2 (TH2) ”skred når vegen”. Dette er illustrert i figuren under.



Figur 1 Skjematisk oppbygging av skredrisikomodel med to topphendelser

Figuren kan deles i tre deler, en sannsynlighetsberegning frem mot topphendelse 1 (”skred går”), en barrieremodell som beregner sannsynlighet for om skredet når vegen eller ikke (topphendelse 2), og til slutt en konsekvensvurdering. For de to topphendelsene beregnes en samlet sannsynlighetsscore.

Sannsynlighetsvurderingen for topphendelse 1 ”skred går” er beskrevet i et hendelsestre (feiltre/fault tree). Dette beskriver hvilke ulike faktorer som vil føre frem til utløsningen av et skred. De ulike faktorene som inngår er vektet etter hvor avgjørende de er, og dette danner grunnlaget for beregning av sannsynlighetsscore for topphendelse 1 ”skred går”.

Barrieremodellen består av en samling faktorer som påvirker hvorvidt et skred vil nå vegen eller ikke. Disse faktorene er ikke kun barrierer, men også faktorer som for eksempel volum og egenskaper ved skredbanen.

De to topphendelsene er gitt like mye vekt, slik at endelig beregnet sannsynlighetsscore blir snittet av de to. Denne sannsynlighetsberegningen er laget for ni ulike skredtyper: isskred, steinsprang, steinskred, fjellskred, snøskred, sørpeskred, jordskred, flomskred og kvikkleireskred.

Konsekvensvurderingen er felles for alle skredtyper og består av faktorer som antas å påvirke konsekvensen av skred på veg. Faktorene som er valgt er typiske trafikkfaktorer: ÅDT, andel vare-/tungtrafikk, gang-/sykkelveg på strekningen, stamveg og omkjøringstid.

2.2 Sannsynlighet

2.2.1 Topphendelse 1 ”Skred går”

For alle skredtyper er det utarbeidet feiltrær som beskriver hvilke faktorer som påvirker utløsningen av skredtypen. Feiltrærne er forsøkt bygd på samme lest ved at de består av tre hovedfaktorer. Disse er *utløsende årsak, skredmateriale og egenskaper i løsningsområdet*. Dette beskriver at man alltid må ha et skredmateriale for å få et skred, man må ha terrengegenskaper som fører til at skredmaterialet kan begynne å bevege seg (ofte tilstrekkelig helning) og til slutt en utløsende årsak som fører til at skredmaterialet benytter muligheten til å bevege seg. Feiltrær for alle skredtyper er vist i vedlegg B.

De tre hovedfaktorene er igjen delt i flere underfaktorer for å beskrive forskjellige utløsende årsaker, ulike skredmateriale osv. Faktorene som inngår i beregningen av sannsynlighetsscore ligger på ulike nivå i feiltrærne. Ut fra hvor viktig hver av faktorene er for utløsning av skred er de gitt en vekt. I vedlegg A er alle faktorer som inngår for de enkelte skredtyper presentert med tilhørende vekt, og hvilken score de kan gis.

2.2.2 Topphendelse 2 ”Skred når vegen”

For topphendelsen ”skred når vegen” er de faktorer som antas å påvirke om skredet når vegen eller ikke funnet og tilordnet en vekt ut fra arbeidsgruppens erfaring med skredtypen.

2.2.3 Beregne sannsynlighetsscore

Resultatet av sannsynlighetsberegningen er en *score* for sannsynlighet, ikke et sannsynlighetstall. Scoren som oppnås er avhengig av hvor mange faktorer som inngår i beregningen, og hvor stor vekt de faktorer som inngår er gitt. Dermed har de ni skredtypene ulike maksimalscore, og er ikke direkte sammenlignbare med hverandre.

Tabellen under viser maksimalt mulig score for de ulike skredtypene. Denne fremkommer ved å vekte alle faktorer høyest mulig. Tabellen viser at det varierer mye hvor mange faktorer som inngår i beregningene, og hvor stor total vekt som er gitt i de ulike skredtypene. Det kreves mye testing og bruk av modellen før man får god kjennskap til hva som er høy og hva som er lav score for de ulike skredtyper.

Tabell 1 Oversikt over maksimal sannsynlighetsscore, antall faktorer og sum av vektning av faktorer for de ulike skredtypene. For enkelte skredtyper inngår noen faktorer to ganger, og med motsatt betydning, i så fall er kombinasjonen som gir høyest score valgt.

Skredtype	Maks. score TH1	Maks. score TH2	Totalt antall faktorer	Total vekt faktorer	Maks. score total
Isskred	50,00	62,50	18	100	56,25
Steinsprang	42,50	92,50	12	80	67,50
Steinskred	65,00	65,00	10	70	65,00
Fjellskred	55,71	52,00	12	65	53,86
Snøskred	51,11	70,00	15	88	60,56
Sørpeskred	41,25	62,00	13	70	51,63
Jordskred	60,00	67,50	11	69	63,75
Flomskred	48,75	76,00	15	93	62,38
Kvikkleireskred	63,33	75,00	13	87	69,17

2.2.4 *Statiske og dynamiske faktorer*

For hver topphendelse er faktorene som inngår i beregningene delt inn i statiske eller dynamiske faktorer. Dynamiske faktorer vil endre seg over tid og er typisk klimatiske faktorer, mens statiske faktorer ikke endres, og beskriver terreng, geologi osv.

Denne inndelingen gjør det mulig å få en oversikt over hvilken innvirkning de dynamiske (klimatiske) forhold har på skredrisikoen, og hvilke faktorer som har størst innvirkning på skredfaren i ulike områder. Videre vil man på denne måten kunne bruke modellen til å se hvordan skredfaren kan endres med sesongvariasjoner eller klimaendringer.

2.3 **Konsekvens**

For beregning av konsekvensscore er det brukt fem faktorer. Disse er:

- Trafikkmengde
- Andel varetransport (tungtransport) på strekningen
- Gang- og sykkelveg på strekningen
- Vegtype (stamveg)
- Omkjøringstid

Faktorenes inndeling og vekting er beskrevet i vedlegg A. Konsekvensberegningen er svært enkel, og det bør jobbes med å forbedre denne. Både med hensyn til erfaringer som er gjort med parametre som brukes i prioriteringsmodellen (trafikkmengde og omkjøringstid) og andre konsekvensvurderinger som brukes i Statens vegvesen.

3 Skredrisikomodel i forhold til prioriteringsmodell

For prioritering mellom ulike sikringstiltak har Statens vegvesen i dag en prioriteringsmodell. Denne modellen ble først utviklet for bruk i Hordaland i 2003 og er beskrevet i (Hammersland et al. 2003). Modellen brukes i dag i alle regioner i Statens vegvesen, og en kort omtale av modellen er vedlagt de regionale rassikringsplanene.

Prioriteringsmodellen går spesifikt inn i de enkelte skredpunkt og ser på skredstatistikk og relevante forhold på stedet. Ut fra sju parametre, som er vist i tabellen under, beregnes et prioriteringstall for skredpunktet som brukes som grunnlag for regionenes prioritering av tiltak.

Det pågår et arbeid med å revidere prioriteringsmodellen basert på de erfaringer man har fått i de årene denne har vært brukt, hvor man også forsøker å inkludere klimaendringers betydning.

Tabell 2 Parametre som inngår i prioriteringsmodellen

Parameter	Vekttall
ÅDT	20
Rasfaktor	20
Omkjøring	15
Stengingsfrekvens	15
Spesiell trafikk	10
Naboras	10
Stamveg	10
Sum	100

Skredrisikomodelen vil i første omgang utvikles for å bli brukt til kartlegging av strekninger for å se på risikonivå, ikke prioritere mellom ulike punkt. I denne omgang er det ikke tenkt at skredrisikomodelen skal erstatte prioriteringsmodellen, men det er en mulighet dersom risikomodelen blir godt innarbeidet og tilpasset.

4 Testing av risikomodel med enkelte skredtyper

I utviklingsarbeidet har det vært en forutsetning av det første resultatet ikke vil være en ferdig modell, men et rammeverk hvor tilpasninger og justeringer vil måtte gjøres for å få riktige resultater.

Den første testen som er gjennomført er i stor grad en "tall-lek" for å bli kjent med modellen og se om det kommer rimelige resultater ut, og se om det er umiddelbare behov for justeringer før det foretas en større testing. Denne testingen har ikke inkludert befaringer, men studie av kart, klimadata, bilder, flyfoto osv som er grunnlag for inngangsparametre. Når modellen tas i bruk bør det gjennomføres befaringer når de ulike faktorene skal vurderes.

Aktuelle kilder for å finne relevante data er Statens vegvesen sine egne systemer NVDB og kartgrunnlag i for eksempel Gis/Line. Har man ikke tilgang til disse er det mulig å få en oversikt over historiske skreddata fra Skrednett, og flere ulike karttjenester på internett som tilbyr gode kart og flyfoto. Gjennom "Finn-kart" er det også mulig å finne 3-dimensjonale flyfoto som gir et godt bilde av strekninger.

For tilgang til klimadata er det mulig å bruke meteorologisk institutt sin tjeneste eKlima, eller seNorge-portalen, hvor historiske klimadata og beregnede data fra meteorologisk institutt og NVE er presentert på kart. På testportalen Førevar, som er en videreutvikling av seNorge, ligger kart som viser terskelverdier for utvalgte værforhold som kan føre til skredproblemer.

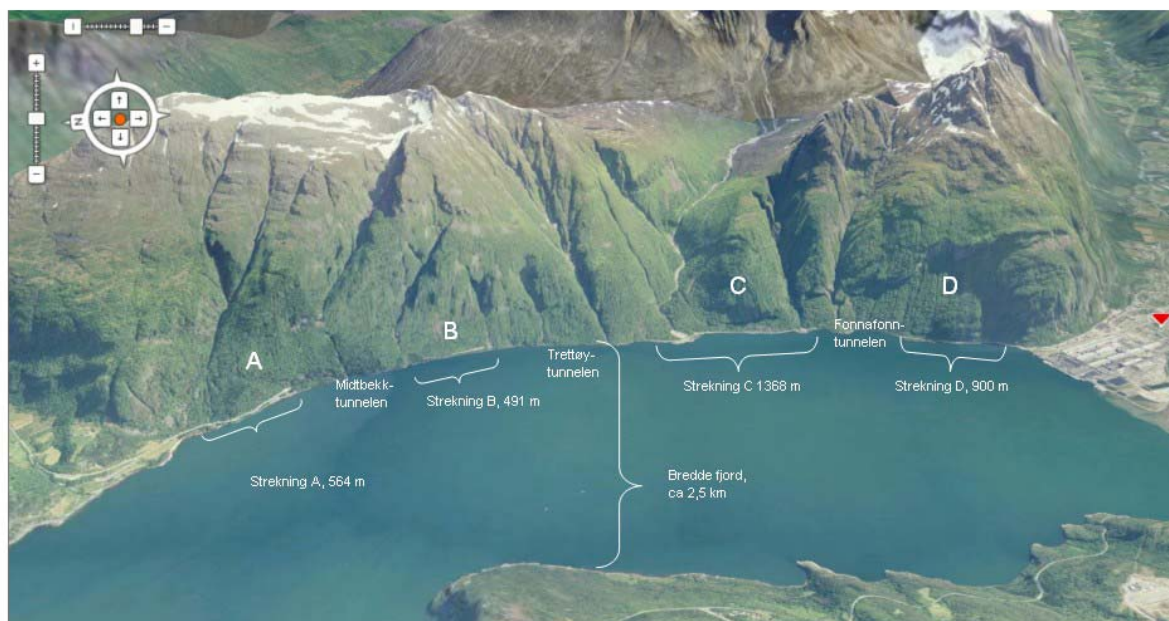
Nettadresser:

eKlima	(eklima.met.no)
seNorge	(www.senorge.no)
Førevar	(forevar.senorge.no)
Finn 3Dkart	(kart.finn.no)
Skrednett	(www.skrednett.no)
Arealis	(www.ngu.no/kart/arealisNGU/)
NGU	(www.ngu.no)

4.1 Rv. 70 Oppdølsstranda

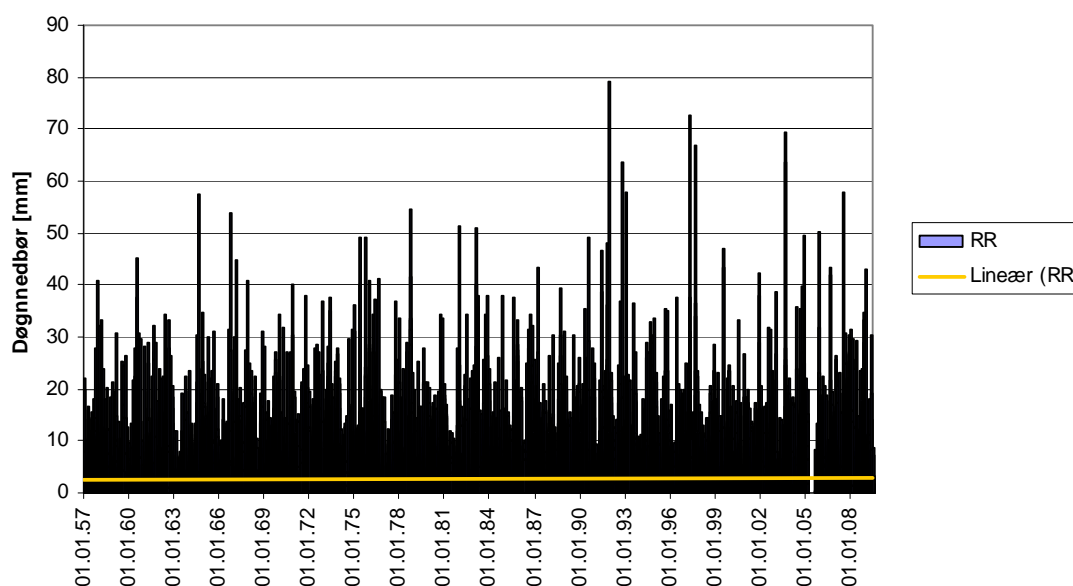
Som følge av to større steinskred på Oppdølsstranda forsommeren 2009 ble det gjennomført grundige studier av klimaforhold og skredstatistikk på strekningen (Humstad 2009). Disse inngikk i en helhetlig risikovurdering av de ingeniørgeologiske forholdene på strekningen (Moen 2009). Dette ga et godt utgangspunkt for testing av skredrisikomodelen på strekningen. Sannsynlighetsscore for fire skredtyper er beregnet på Oppdølsstranda. Disse er steinsprang, steinskred, flomskred og snøskred. Når det gjelder inngangsparametre til risikomodelen er det tatt utgangspunkt i generelle forhold på strekningen, men med tanke på steder hvor det er sannsynlig at den enkelte skredtypen kan opptre.

Oppdølsstranda er preget av bratte fjellsider opp mot 1400-1500 moh. Vegen følger strandkanten og ligger i foten av fjellsiden på 10-20 moh. Helningen i terrenget ligger rundt 40-50°, men lokalt varierer den fra ganske flatt til steilt (Moen 2009). Det finnes en klimastasjon på Sunndalsøra (Sunndalsøra III), og med utgangspunkt i denne er det gjort analyser over nedbørsforhold (døgnedbør) og issprengning (fryse-/tineprosesser) (Humstad 2009). Figur 2 viser et oversiktsbilde over strekningen, og hvor det er tunneler og åpne dagsoner.



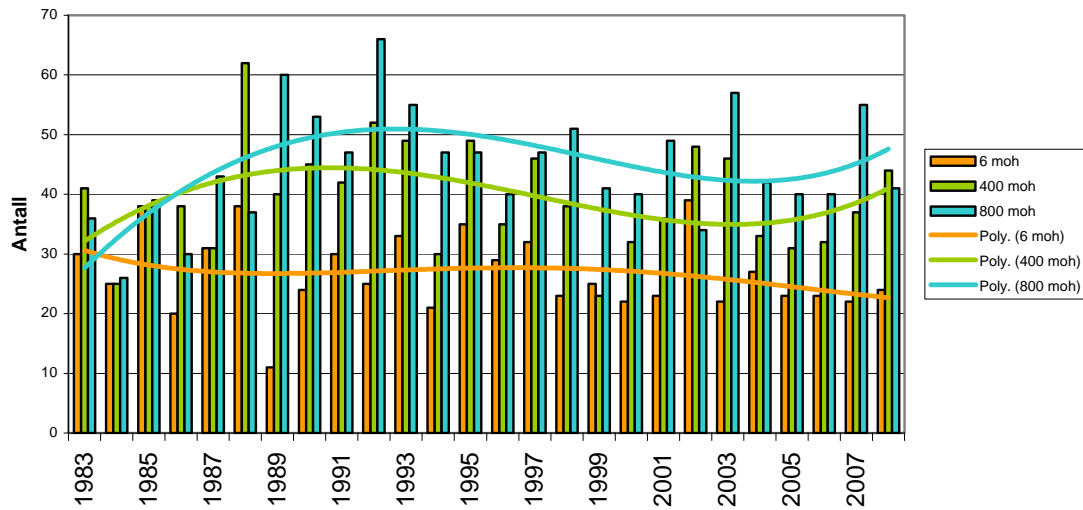
Figur 2 Oversikt over de fire dagstrekningene langs rv. 70 forbi Oppdølsstranda

Høyeste registrerte nedbørsmengde på Sunndalsøra siden målingene startet i 1957 er 79 mm/døgn, fulgt av flere registreringer med over 60 mm/døgn. Det er i beregningene tatt høyde for at store deler av denne nedbøren kan være mer intens over kortere perioder, klassen 10-20 mm/time er derfor valgt.



Figur 3 Nedbørsdata fra Sunndalsøra III med lineær trendlinje.

For issprengning er det beregnet hvor mange ganger i løpet av et år døgnmiddeltemperaturen for "Sunndalsøra III" (6 moh) har passert 0 °C. Det er videre beregnet tilsvarende serier for kote 400 m og kote 800 m hvor det er forutsatt en synkende temperaturgradient på 0,6 °C pr. 100 høydemeter. Ut fra disse verdiene ser vi at det i aktuelle løseområder forekommer mer enn 20 fryseperioder i løpet av et år.



Figur 4: En tilnærming til antall fryse- og tinesykluser for "Sundalsøra III" (6 moh) for perioden 1983-2008 basert på døgnmiddeltemperaturens passering av 0 °C. Tilsvarende er antall sykluser beregnet for kote 400 og 800.

4.1.1 Steinsprang

Vurdering av faktorene er i stor grad basert på risikovurderingen som er gjort på strekningen (Moen 2009). Steinsprangfaren gjelder for store deler av strekningen og det er her ikke skilt mellom ulike områder. Gjennomgående trekk for strekningen er brukt som grunnlag.

Løsneområder for steinsprang er bratte skrenter med helning over 45° hvor det er blottlagt berg og lite vegetasjon. Skredbanene vil ha noe lavere helning, typisk i ur med noe/lite vegetasjon. Typisk for bergarten i området er tre hovedsprekkesett, med sporadiske sprekker i tillegg til en rekke markerte svakhetssoner.

Fjellsiden er vestvendt, og det er registrert store steinsprang/steinskred som sannsynligvis har sin årsak i soloppvarming og termisk utvidelse av bergarten.

Dette gir følgende vurdering av inngangsparametrene:

Tabell 3 Beregning av sannsynlighetsscore for steinsprang på rv. 70 Oppdølsstranda

Topphendelse 1 - skred går	Vurdering	Score	Vekt	Score* vekt	Kommentar
Geologi i løsneområdet - sprekker, bergtrykk og spenninger	Sterkt oppsprukket/ store spenninger	10	10	100	3 sprekkesett pluss tilfeldige sprekker og svakhetssoner
Skråningshelning i løsneområdet	50 - 70 grader	6	7	42	Flere av løsneområdene har 45-60 grader helning.
Sprekker i fjell som følge av menneskelig aktivitet	Ingen negativ påvirkning av skjæring	1	3	3	Kun aktuelt for skjæring, minste verdi er gitt 1 i score, bør endres til 0
Vanntrykk - Nedbørs- og snøsmeltemengde/-intensitet i løsneområdet	10 - 20 mm/ time	8	8	64	se figur over
Issprengning (antall fryse-/tinevekslinger i vintersesongen)	> 20 vekslinger	10	10	100	se figur over
Vibrasjoner i rotsystem (vind og vegetasjon over 5 m høy)	< 5 m/sek eller ingen vegetasjon over 5 m høyde i løsneområdet	1	2	2	Lite vegetasjon i løsneområdene
Ytre rystelser (jordskjelv eller sprengningsarbeid)	Nei	0	1	0	Ikke aktuelt
Temperatur (termisk utvidelseskoefisient)	Fjellside utsatt for soleksponering	5	2	10	Fjellsiden er vestvendt.
Sannsynlighetsscore TH1				40	94 % av maks
Topphendelse 2 - skred treffer veg					
Geologi i løsneområdet - sprekker, bergtrykk og spenninger	Sterkt oppsprukket/ store spenninger	3	10	30	Se over
Skråningshelning i skredbanen	25 - 50 grader	4	9	36	
Topografi/dempingsforhold i skredbanen	Noen grad av demping	5	8	40	Urmasser og noe vegetasjon
Barrierer i skredbanen	Ingen barrierer/sikring	10	10	100	Det er delvis sikret, beregnet her for usikret
Sannsynlighetsscore TH2				51,5	56 % av maks
Sannsynlighetsscore totalt				46	68 % av maks

4.1.2 Steinskred

For steinskred gjelder mange av de samme vurderinger som for steinsprang. Forskjellen mellom steinsprang og steinskred er at utløsningsmekanismene er noe ulike så det ofte dreier seg om større blokkvolumer.

Tabell 4 Beregning av sannsynlighetsscore for steinskred på rv. 70 Oppdølsstranda

Topphendelse 1 - skred går	Vurdering	Score	Vekt	Score* vekt	Kommentar
Geologi i løsneområdet - oppsprekking, spenninger og svakhetssoner	Svært høy sannsynlighet for nedfall	10	10	100	3 sprekkesett pluss tilfeldige sprekker og slepper
Skråningshelning i løsneområdet	60 - 80 grader	10	7	70	Flere av løsneområdene har 45-60 grader helning, brattere i enkelte områder
Vanntrykk - Nedbørs- og snøsmeltmengde/-intensitet i løsneområdet	10 - 20 mm/ time	8	8	64	se steinsprang
Issprengning (antall fryse-/tinevekslinger i vintersesongen)	> 20 vekslinger	10	10	100	se steinsprang
Ytre rystelser (jordskjelv eller sprengningsarbeid)	Nei	0	1	0	Ikke aktuelt.
Erosjon av sprekke materiale og forvitring av bergarten	Middels forvitring, Sannsynlighet for nedfall	5	3	15	Antatt på middels
Sannsynlighetsscore TH1				58	89 % av maks
Topphendelse 2 - skred treffer veg					
Geologi i løsneområdet - oppsprekking, spenninger og svakhetssoner	Svært høy sannsynlighet for nedfall	5	10	50	3 sprekkesett pluss tilfeldige sprekker og slepper
Skråningshelning i skredbanen	40 - 60 grader	8	8	64	Tar utgangspunkt i 40-45°
Topografi/dempingsforhold i skredbanen	Noen grad av demping	5	7	35	Relativt lite demping selv med ur
Barrierer i skredbanen	Ingen barrierer/sikring	10	6	60	
Sannsynlighetsscore TH2				52	80 % av maks
Sannsynlighetsscore totalt				55	85 % av maks

4.1.3 Flomskred

Det gikk et flomskred i Sandvikselva 14. august 2003, i forbindelse med kraftig nedbør. Ved målestasjonen Sunndalsøra III ble det 14. august registrert 69,4 mm og dagen etter 63,5 mm regn (avlesningen gjøres kl 07, og gjelder for foregående 24 t). Månedsnormalen for august på Sunndalsøra er til sammenligning 86 mm. En døgnnedbør på 69,4 mm utgjør 7,2 % av årsnormalen (961 mm).

Det antas at flomskredet startet relativt høyt oppe i fjellsiden. Spor etter flomskredet kan sees i Figur 2 i fjellsiden bak/ovenfor dagsone C. Her er skråningshelningen 25-30°, og det er i følge kvartærgeologiske kart et tykt morenedekke. Lengre nede i fjellsidene er det et tynt humusdekke. Skredet fulgte Sandvikselva nedover og helningen her varierer, men 30-35° er valgt i beregningene.

Tabell 5 Beregning av sannsynlighetsscore for flomskred på rv. 70 Oppdølsstranda

Topphendelse 1 - skred går	Vurdering	Score	Vekt	Score* vekt	Kommentar
Skråningshelning i løснеområdet	25-30 grader	3	7	21	Antatt løснеområde, ca 25-30 grader.
Forvittringsjord	Ingen forvittringsjord tilstede	0	5	0	Vanskelig å si uten befarings, løsmassekartet angir tykt morenedekke i øvre områder, tynnere humusdekke i nedre områder.
Morenejord	1-2 m med morenedekke	6	5	30	se over
Terskelverdi tilført vann i løśnieområdet - andel av årsnormal	7 - 8 %	8	10	80	Kraftig nedbør, omtrent 7 % av årsnormal
Endring i dreneringsveier	Nei	0	5	0	Antatt
Elveerosjon	Stor vannhastighet/gjennomstrømning	10	5	50	Antatt å være høy pga store nedbørsmengder
Jøkulhlaup	Ingen bre tilstede	0	1	0	Ikke aktuelt
Dambrudd	Ingen dam tilstede	0	1	0	Ikke aktuelt
Sannsynlighetsscore TH1				23	46 %
Topphendelse 2 - skred treffer veg					
Forvittringsjord	Ingen forvittringsjord tilstede	0	8	0	se over
Morenejord	1-2 m med morenedekke	5	8	40	se over
Skråningshelning i skredbanen	30 - 35 grader	8	9	72	Variere mye i fjellsiden
Barrierer i skredbanen	Ingen barrierer	10	5	50	
Terskelverdi tilført vann i løøgneområdet - andel av årsnormal	7 - 8 %	8	10	80	se over
Jøkulhlaup	Ingen bre tilstede	0	7	0	Ikke aktuelt
Dambrudd	Ingen dam tilstede	0	7	0	Ikke aktuelt
Sannsynlighetsscore TH2				35	45 %
Sannsynlighetsscore totalt				29	46 %

4.1.4 Snøskred

Strekningen langs Oppdølsstranda er også utsatt for snøskred, og dette er årsaken til flere av tunnelene på strekningen er bygd. For beregning av sannsynlighetsscore er kart/bilder brukt som grunnlag, og ut fra disse er mulige løснеområder og skredløp funnet. Det antas at aktuelle løснеområder kan ha helning på mellom 30 og 40 grader og at det er lite skog i disse områdene. Videre antas det middels store løснеområder, og en skredbane på mellom 40-50° helning.

De klimatiske faktorene er i stor grad laget ut fra vurderinger av "dagens" skredfare. De egner seg ikke for en generell vurdering av snøskredfare på en strekning/et punkt.

Tabell 6 Beregning av sannsynlighetsscore for snøskred på rv. 70 Oppdølsstranda

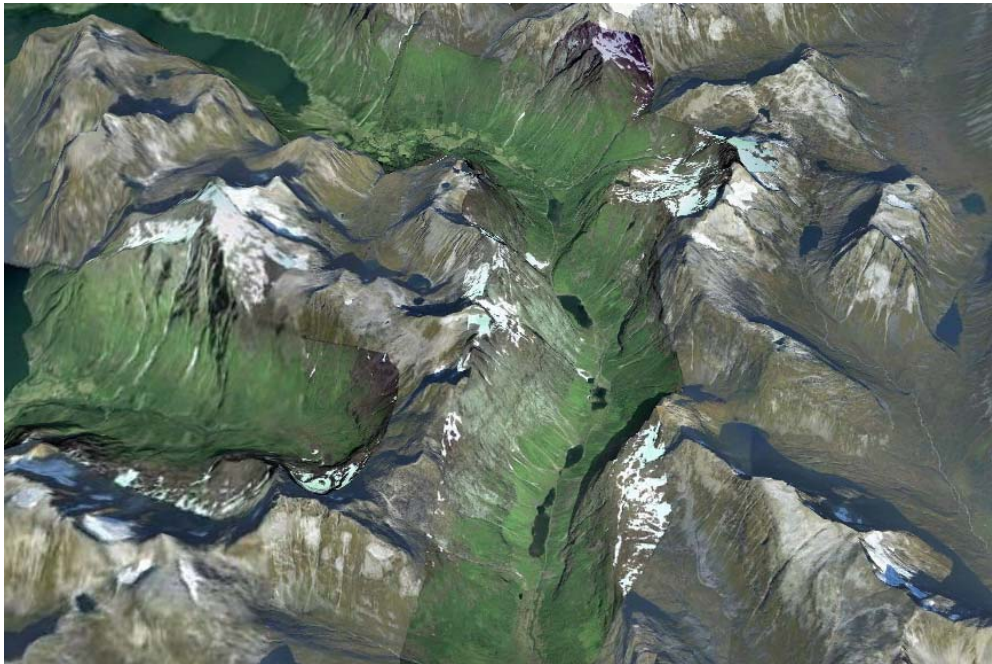
Topphendelse 1 - skred går	Vurdering	Score	Vekt	Score* vekt	Kommentar
Skråningshelning i løснеområdet	30 - 40 grader	8	8	64	Ut fra kart over mulige løснеområder
Vegetasjon i løśnieområdet	Lite eller ingen skog	10	5	50	Ut fra kart
Snø tilstede - mer enn 0,5 m	Ja	10	1	10	
Ustabilt svakt lag	Stor tilleggsbelastning kan føre til skred	5	10	50	*
Snøakkumulasjon - nedbør	50 cm siste døgn / 60 cm siste tre døgn	4	7	28	*
Snøakkumulasjon - vind	8-15 m/sek	6	8	48	*
Skavldannelse	Ingen skavler som kan utløse skred	0	1	0	Trolig ikke aktuelt
Temperatur - brå økning (over få timer)	0 grader	1	4	4	*
Soleksponering	< 24 timegrader	1	2	2	*
Sannsynlighetsscore TH1				28	56 %
Topphendelse 2 - skred treffer veg					
Arealet på løøgneområdet	5.000 - 10.000 m ²	8	10	80	Antatt – bør sjekkes på kart
Høyde på løøgneområde	50 - 100 m	8	7	56	antatt – bør sjekkes på kart
Topografi i skredbanen	Glatt og jevnt terreng	10	6	60	Relativt definert løp
Skråningshelning i skredbanen	40 - 50 grader	10	8	80	Fra kart
Vegetasjon i skredbanen	Noe vegetasjon	7	1	7	Noe vegetasjon, men ikke mye demping
Barrierer i skredbanen	Ingen sikring	10	10	100	
Sannsynlighetsscore TH2				64	91 %
Sannsynlighetsscore totalt				46,14	76 %

* Faktorene krever kjennskap til detaljerte vær- og snøforhold og kan ikke brukes ved generell vurdering av skredfare på strekningen.

4.2 Fv. 655 Norangsdalen

Strekningen er valgt på grunn av andre studier som gjøres gjennom 'Klima og transport' prosjektet. Vegen gjennom Norangsdalen er lite trafikkert og stenges vanligvis hver vinter på grunn av snø- og snøskredforhold.

Testingen har tatt utgangspunkt i snø- og sørpeskred registrert i NVDB. Klimadata fra eKlima, seNorge og Førevar er brukt for å finne tilbake til værforhold ved skredene. Aktuelle målestasjoner i området på strekningen er nedbørsmålinger fra Sæbø og lufttemperaturdata fra Ørsta-Volda lufthavn. Sæbø ligger på andre siden av Hjørundfjorden, ca 10 km fra Øye, nord i Norangsdalen, mens Ørsta-Volda lufthavn ligger ca 30 km fra Øye. Nærmere målestasjoner hadde vært en stor fordel, men det antas at dataene er brukbare om forholdene i Norangsdalen.



Figur 5 Flyfoto/3Dkart over strekningen som viser terrengforholdene i Norangsdalen. Øye og Norangsfjorden øverst i utsnittet.

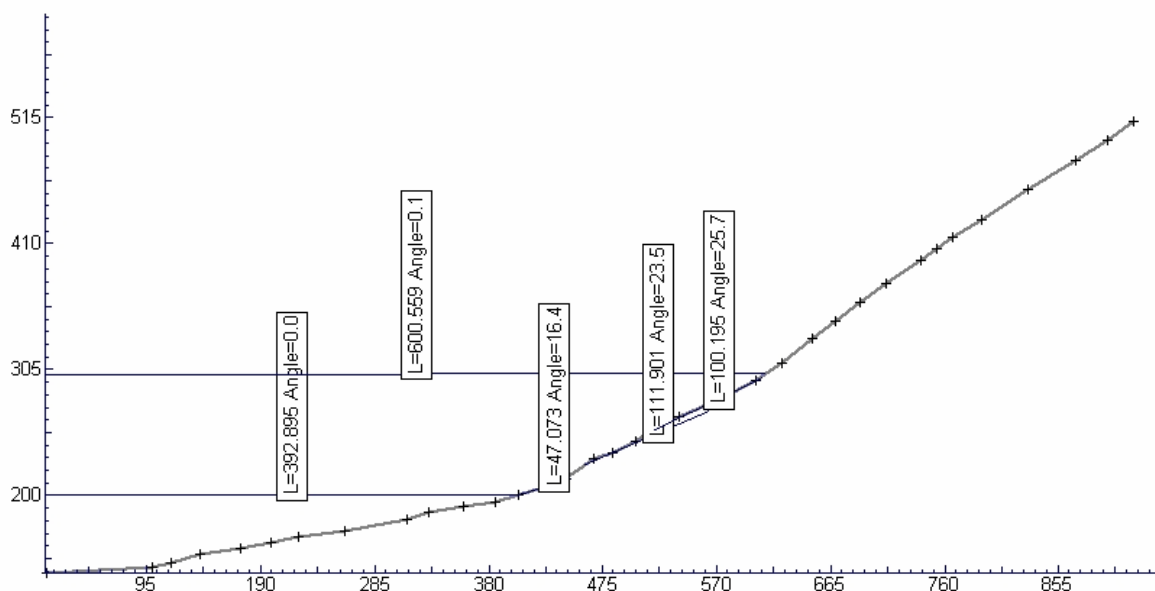
4.2.1 Sørpeskred, 17. november 2005, ved Lyngstølsvatnet

I NVDB er dette registrert som et sørpeskred, med mindre volum enn 10 m³ på veggen, det meste i grøfta. Skredet kom fra over 200 m høyde, og medførte ikke stengning av veggen. Det er kommentert at det var mye regn på skreddagen.

På skreddagen var det registrert 26,5 mm nedbør og 40 mm snødybde ved Sæbø. SeNorge viser en snødybde på 1-1,5 meter snødekke i høyden. Lufttemperaturmålinger fra Ørsta-Volda lufthavn (74 moh.) viser at det var relativt varmt i perioden før skredet gikk.

SeNorge inneholder også data om snøsmelting beregnet for dag og uke. Disse viser 20-60 mm ved det sannsynlige løsneområdet i løpet av en uke, og er her satt til 20-30 mm/døgn.

Det er vanskelig å si noe detaljert om løsneområdet, men siden sørpeskred ofte starter i noe slakere terreng er det antatt 15-25°. Mulig skredbane nedover mot veggen har lavere helning (Figur 6).



Figur 6: Trolig terrengprofil for sørpeskredet ved Lyngstølsvatnet.

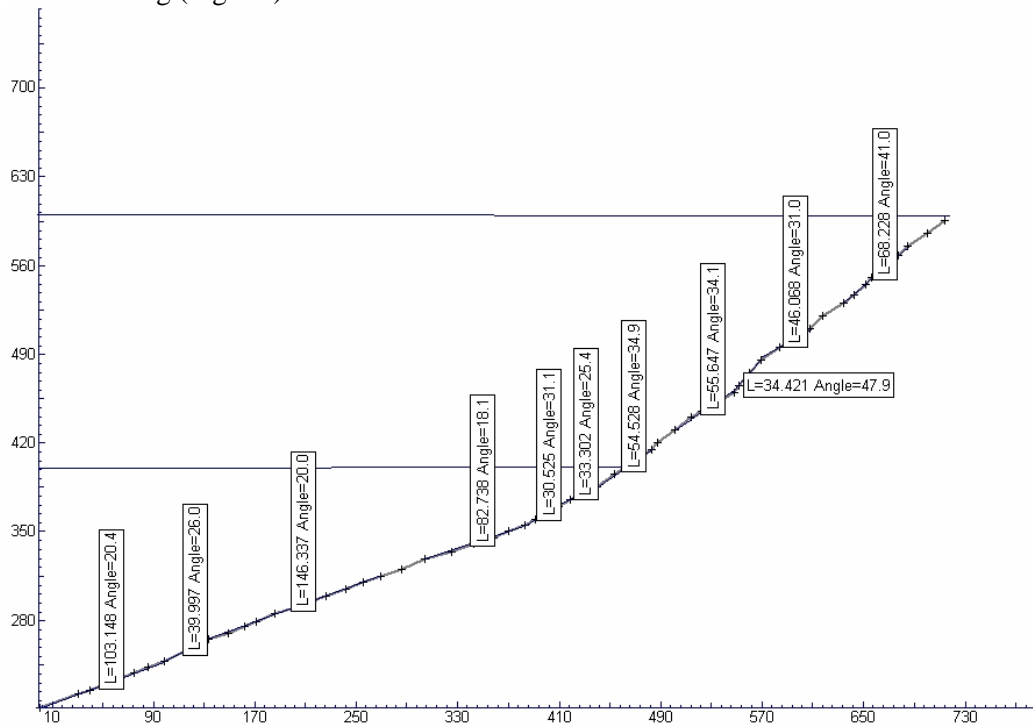
Tabell 7 Beregning av sannsynlighetsscore for sørpeskred 17.11.05 på fv. 655

Topphendelse 1 - skred går	Vurdering	Score	Vekt	Score* vekt	Kommentar
Skråningshelning i løsnømrådet	15 - 25 grader	10	3	30	Det antas at løsnømrådet var relativt slakt.
Terrengformasjon i løsnømrådet	Stort område med mulighet for vannansamling	10	5	50	Dersom skredet gikk i tydelig bekkedar er det stor sannsynlighet for vannansamlinger.
Snømengde på bakken - nysnø	0,8 - 1,2 m	7	2	14	eKlima og seNorge
Snømengde på bakken - grovkornet snø	< 0,5 m	10	10	100	eKlima og seNorge
Bråsmelting - høy smelteint (snitt over fem døgn)	20 - 30 mm/døgn	5	8	40	Varmt i dagene før skredet.
Nedbørsintensitet - døgn	20 - 30 mm/døgn	5	7	35	Kraftig nedbør dagene før skredet
Oppdemming av vann i snødekke pga skavler, skred etc.	Middels sannsynlighet for oppdemming	5	3	15	En mulig årsak til skredet kan være oppdemming i snødekket.
Flodbølge generert av snøskred	Skredområde finnes ikke over vannmagasinet	1	1	1	Ikke relevant problemstilling
Sannsynlighetsscore TH1				36	75 %
Topphendelse 2 - skred treffer veg					
Skråningshelning i skredbanen	10 - 15 grader	8	5	40	Fra kart
Terrengformasjon i skredbanen - skredvifte	Middels flate / vifte under bekkeløp	5	6	30	gode muligheter for utbredelse av skredet
Barrierer i skredbanen	Ingen barrierer som kan stoppe skred.	10	10	100	Kart
Snømengde på bakken - nysnø	0,8 - 1,2 m	7	3	21	eKlima og seNorge
Snømengde på bakken - grovkornet snø	< 0,5 m	5	7	35	eKlima og seNorge
Sannsynlighetsscore TH2				45	82 %
Sannsynlighetsscore totalt				40	79 %

4.2.2 Sørpeskred ved Skitnedeplane 24. november 2004

I NVDB er det registrert et sørpeskred som gikk etter mye regn og fikk en utstrekning på 10-50 m på veien. I SeNorge finner man at det kom store nedbørsmengder denne dagen, og man hadde også en markant stigning i temperatur (fra -4° til 3° , Figur 8).

Det antas videre at skråningshelningen i løснеområdet er i området $15-25^{\circ}$. Sannsynlig skredbane har ca 20° helning (Figur 7).



Figur 7: Trolig terrengprofil for sørpeskredet ved Skitnedeplane.



Figur 8: Værforhold for Sæbø (59900) forut for skredhendelsen 24.11.2004.

Tabell 8 Beregning av sannsynlighetsscore for sørpeskred 24.11.04 på fv. 655

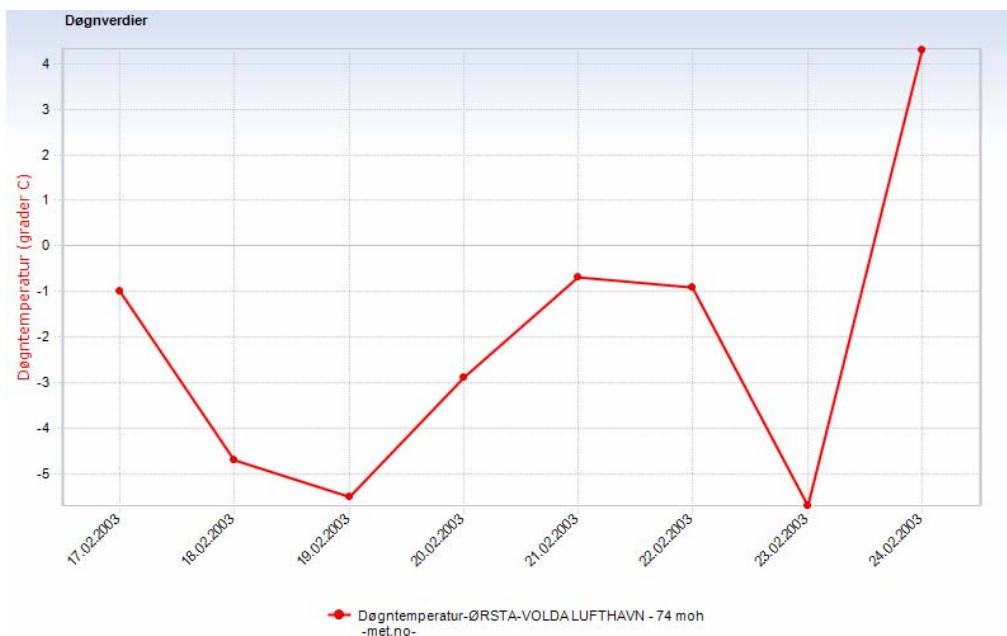
Topphendelse 1 - skred går	Vurdering	Score	Vekt	Score* vekt	Kommentar
Skråningshelning i løснеområdet	15 - 25 grader	10	3	30	Vurdert fra kartmateriale
Terrengformasjon i løснеområdet	Område med mulighet for vannansamling	5	5	25	Ikke bekkeløp, men likevel gode muligheter.
Snømengde på bakken - nysnø	0,8 - 1,2 m	7	2	14	Anslått ca 1 m fra seNorge
Snømengde på bakken - grovkornet snø	< 0,5 m	10	10	100	
Bråsmelting - høy smelteint (snitt over fem døgn)	< 10 mm/døgn	1	8	8	Lite smelting, sannsynligvis ikke i løsneomr.
Nedbørsintensitet - døgn	20 - 30 mm/døgn	5	7	35	Kraftig nedbør skreddagen
Oppdemming av vann i snødekke pga skavler, skred etc.	Middels sannsynlighet for oppdemming	5	3	15	
Flodbølge generert av snøskred	Skredområde finnes ikke over vannmagasin	1	1	1	Ikke aktuelt
Sannsynlighetsscore TH1				29	60 %
Topphendelse 2 - skred treffer veg					
Skråningshelning i skredbanen	15 - 25 grader	10	5	50	
Terrengformasjon i skredbanen - skredvifte	Middels flate / vifte under bekkeløp	5	6	30	
Barrierer i skredbanen	Ingen barrierer som kan stoppe skred.	10	10	100	
Snømengde på bakken - nysnø	0,8 - 1,2 m	7	3	21	
Snømengde på bakken - grovkornet snø	< 0,5 m	5	7	35	
Sannsynlighetsscore TH2				47	86 %
Sannsynlighetsscore totalt				38	74 %

4.2.3 Snøskred ved Høyenes 24. februar 2003

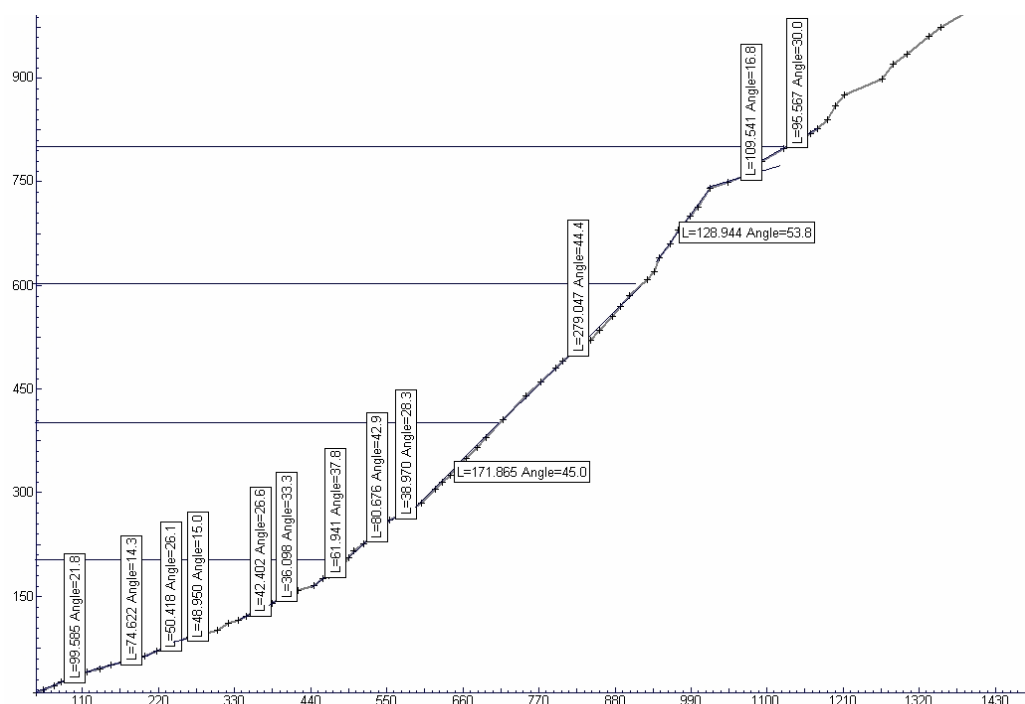
Skredet er registrert i NVDB som et snøskred med volum over 1000 m³ og medførte totalstengning av vegbanen. Uken i forkant kom det lite eller ingen nedbør, men temperaturen var på plussiden (døgntemperatur på 5-10 °C), noe som medførte at snøtilstanden nok var våtere enn normalt.

Data fra nedbørsmålinger viser at skredet sannsynligvis ikke kom som en følge av store snømengder, men heller på grunn av en rask økning i temperatur i dagene før skredet. På Ørsta-Volda lufthavn økte døgnmiddeltemperatur fra -5,5 °C til over 4 °C (Figur 9). Uten timedata på temperatur er det vanskelig å si akkurat hvor raskt denne bråsmeltingen har foregått. Det er imidlertid ikke usannsynlig at man har hatt en økning på 5-8 °C i løpet av 6 -10 timer. Snøskred har også en faktor ”soleksponering”. Denne er vanskelig å fastsette, men det antas her til å være relativt høy.

Ut fra kart finner man at det mest sannsynlige skredløpet har en helning på 45-50° (Figur 10). Skredbanen har også denne helningen. Arealet på løseområdet er vanskelig å fastsette nøyaktig, men settes her til 1000 - 5000 m².



Figur 9: Temperaturvariasjoner i dagene før snøskredet ved Høyenes.



Figur 10: Trolig terrengprofil for snøskredet ved Høyenes.

Tabell 9 Beregning av sannsynlighetsscore for snøskred 24.02.03 på fv. 655

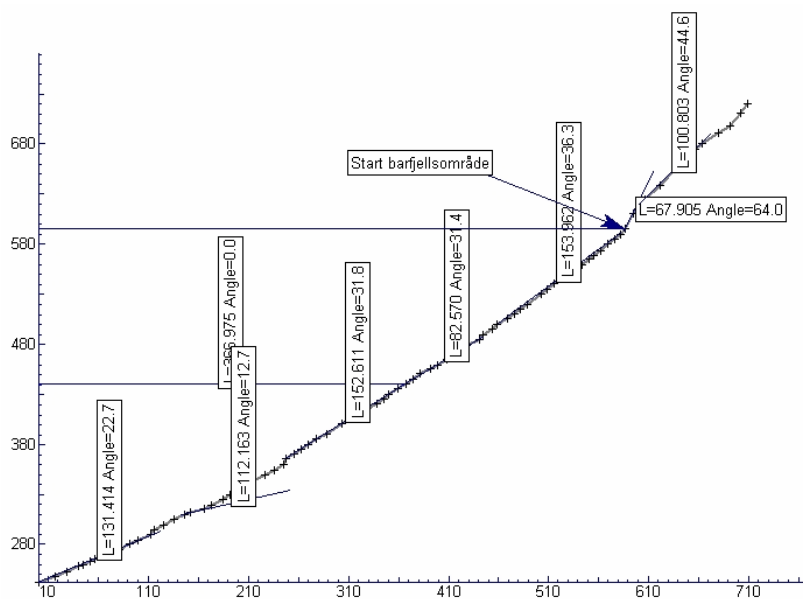
Topphendelse 1 - skred går	Vurdering	Score	Vekt	Score* vekt	Kommentar
Skråningshelning i løseområdet	40 - 50 grader	10	8	80	Fra kart
Vegetasjon i løseområdet	Lite eller ingen skog	10	5	50	Fra kart/flyfoto
Snø tilstede - mer enn 0,5 m	Ja	10	1	10	SeNorge/klimadata
Ustabil svakt lag	Stor tilleggsbelastning kan føre til skred	5	10	50	Antatt
Snøakkumulasjon - nedbør	10 cm siste døgn / 20 cm siste tre døgn	1	7	7	Klimadata viser lite nedbør
Snøakkumulasjon - vind	< 5 m/sek	1	8	8	Klimadata viser lite vind
Skavidannelse	Ingen skavler som kan utløse skred	0	1	0	Antatt å ikke være relevant
Temperatur - brå økning (over få timer)	5- 8 grader	8	4	32	Sannsynlig årsak, fra klimadata
Soleksponering	100 – 200 timegrader	7	2	14	Beregnet/antatt
Sannsynlighetsscore TH1				28	55 %
Topphendelse 2 - skred treffer veg					
Arealet på løseområdet	1.000 - 5.000m2	5	10	50	Antatt
Høyde på løseområde	5 - 10 m	2	7	14	Antatt
Topografi i skredbanen	Mindre formasjoner som kan stoppe/lede mindre skred	5	6	30	Fra kart/bildemateriale
Skråningshelning i skredbanen	40 - 50 grader	10	8	80	Fra kart
Vegetasjon i skredbanen	noe vegetasjon	3	1	3	Fra kart/flyfoto
Barrierer i skredbanen	Ingen sikring	10	10	100	Ikke sikret
Sannsynlighetsscore TH2				46	66 %
Sannsynlighetsscore totalt				37,03	61 %

4.2.4 Snøskred ved Solabrauta 28. januar 2002

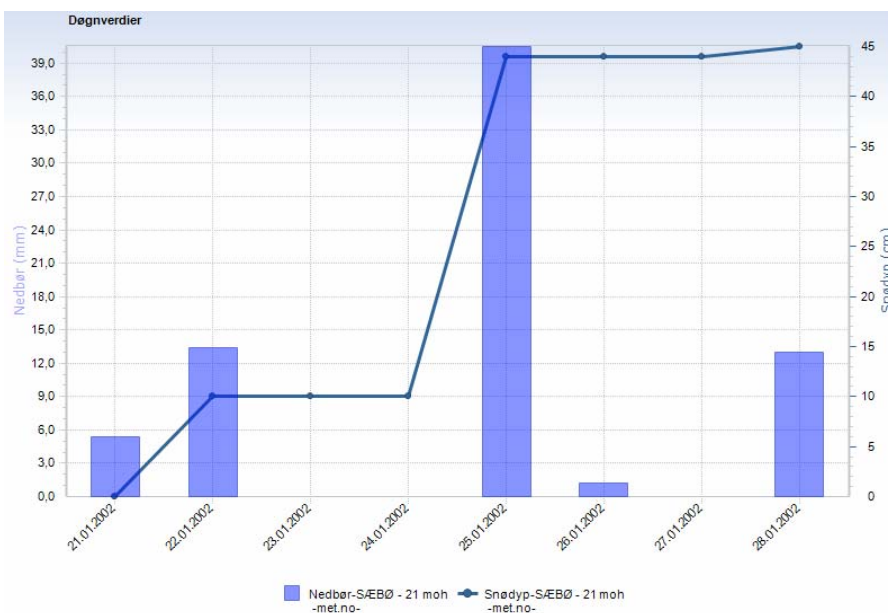
Et snøskred gikk ved Solabrauta 28.1.2002 i et tidsrom da vegen allerede var stengt. Skredet etterlot i 100 m³ med snø på vegen over en bredde på 10-50 m. Skredet er lokalisert på et forholdsvis bratt parti mellom Stavbergvatnet i nord og Uravatnet i sør. Det går et elveløp i området og skredbanen har mest sannsynlig fulgt denne vannveien.

Værdata fra seNorge viser at det kom om lag 13 cm med snø døgnet før skredet gikk (Figur 12), dette er ikke spesielt mye, men det kom imidlertid mer tre dager før. Til sammen kom det 54,7 cm nysnø disse tre dagene. Temperaturdata er dessverre ikke tilgjengelige fra Ørsta-Volda Lufthavn, men data fra Fiskåbygd viser en kraftig økning. Det er imidlertid uvisst hvor representative disse dataene er.

Helningen i området ligger rundt 30-35° i sannsynlig løsnemåte (Figur 11) og det antas at utløst areal og høyde er omtrent som forrige eksempel.



Figur 11: Trolig terrengprofil for skredet ved Solabrauta.



Figur 12: Nedbør og snødybde forut for snøskredet ved Solabrauta.

Tabell 10 Beregning av sannsynlighetsscore for snøskred 28.01.02 på fv. 655

Topphendelse 1 - skred går	Vurdering	Score	Vekt	Score* vekt	Kommentar
Skråningshelning i løseområdet	30 - 40 grader	08	8	64	
Vegetasjon i løseområdet	Lite eller ingen skog	10	5	50	
Snø tilstede - mer enn 0,5 m	Ja	10	1	10	
Ustabilt svakt lag	Middels - liten tilleggsbelastning kan utløse skred	08	10	80	
Snøakkumulasjon - nedbør	50 cm siste døgn / 60 cm siste tre døgn	04	7	28	
Snøakkumulasjon - vind	< 5 m/sek	01	8	8	
Skavldannelse	Ingen skavler som kan utløse skred	00	1	0	
Temperatur - brå økning (over få timer)	5- 8 grader	08	4	32	
Soleksponering	50 – 100 timegrader	04	2	8	
Sannsynlighetsscore TH1				31	61 %
Topphendelse 2 - skred treffer veg					
Arealet på løseområdet	1.000 - 5.000m ²	05	10	50	
Høyde på løseområde	5 - 10 m	02	7	14	
Topografi i skredbanen	Mindre formasjoner som kan stoppe/lede mindre skred	05	6	30	
Skråningshelning i skredbanen	30 - 40 grader	08	8	64	
Vegetasjon i skredbanen	Lite vegetasjon i skredbanen	07	1	7	
Barrierer i skredbanen	Ingen sikring	10	10	100	
Sannsynlighetsscore TH2				44	63 %
Sannsynlighetsscore totalt				37,64	62 %

4.3 Vurdering av sannsynlighetsberegninger

Risikomodelen gir score for sannsynlighet og score for konsekvens som resultat. Beregnet score for ulike skredtyper er ikke direkte sammenlignbar, og er avhengig av hvor mange faktorer som inngår i beregningene og hvilken vekt disse er gitt. Ut fra beregningene er det vanskelig å si om Norangsdalen eller Oppdølsstranda er mest skredeksponert siden det er ulike skredtyper som opptrer. Dette er imidlertid noe man vil få bedre erfaring med etter hvert som modellen brukes mer. For å ha et visst sammenligningsgrunnlag er det også beregnet en prosent av maksimal score.

I utviklingen av skredrisikomodelen har vi hatt tanker om mange mulige bruksområder. Dette har ført til at faktorene ikke er utformet på samme måte og til samme bruk. Dette er spesielt lett å se på snøskred og sørpeskred, hvor flere av faktorene går på varslingsforhold mer enn kartleggingsforhold.

Videre er det laget modeller for ni ulike skredtyper. I denne testingen er modellene for steinsprang og steinskred testet på Oppdølsstranda. Dette er relativt like skredtyper, og mange av de samme faktorene inngår. Men fordi modellene har ulikt antall faktorer og vekting, blir resultatet ganske ulikt. Man ser også at flomskred får en svært lav score, selv om inngangsparametrene er basert på reelle forhold som førte til flomskred. Faktorene for vanntilgang, vannhastighet og grunnforhold er vurdert ugunstig, og er også de vesentligste faktorene for utløsning av et flomskred. Når det likevel ender opp med en lav score er det fordi mange av faktorene som inngår i flomskredvurderingen er svært spesielle, og sjelden vil opptre. Dette vil gi lave score for flomskred i de aller fleste tilfeller.

Faktoren ”barriere” eller ”skredsikring” er med i alle skredtyper. Meningen med denne faktoren er å få frem om skredrisikoen reduseres på grunn av utført sikring. I beregningene som er gjort i denne rapporten er det for denne faktoren alltid satt ”ingen sikring”. I tabellen nedenfor er det vist hvordan sannsynlighetsscore endres dersom faktoren settes til kategori ”godt fungerende sikring”.

Beregningene viser at denne faktoren har svært liten betydning for sannsynlighetsscoren. Beregnet score reduseres med 4-11 poeng (6-18 %). En sikring man karakteriserer som ”Godt fungerende sikring” vil i mange tilfeller eliminere eller kraftig redusere skredproblemet på stedet og dette gjenspeiles ikke godt nok slik modellen fungerer nå.

Tabell 11 Oppsummering av testberegninger, med beregnet score for fullgod skredsikring

	Total score	% av maks	Score med sikring	% med sikring	Reduksjon i score med sikring	Reduksjon i % av maks score
Rv. 70						
Steinsprang	46	68	35	51	11	11/68 = 16 %
Steinskred	55	85	48	75	7	7/65 = 11 %
Flomskred	29	46	25	41	4	4/62 = 6 %
Snøskred	46	76	39	64	7	7/61 = 11 %
Fv. 655						
Sørpeskred 1	40	79	31	61	9	9/51 = 18 %
Sørpeskred 2	38	74	29	56	9	9/51 = 18 %
Snøskred 1	37	61	30	49	7	7/61 = 11 %
Snøskred 2	38	62	30	50	8	8/61 = 13 %

4.4 Konsekvensberegninger

4.4.1 Rv. 70 Oppdølsstranda

Oppdølsstranda har en årsdøgntrafikk på ca 2500 kjøretøy. Det er ingen gang-/sykkelveg, og antatt liten gang/sykkeltrafikk siden det heller ikke er bosetning langs strekningen. Andelen godstrafikk er 14 %. For langdistansetrafikken er det gode omkjøringsmuligheter, men for lokaltrafikken blir det lange omkjøringer.

Konsekvens	Vurdering	Score	Vekt	Score* vekt	Kommentar
ÅDT - i skredsesongen	2000 – 3000	7	3	21	Noe over 2000 i ÅDT
Gang og sykkelvei	Nei	0	1	0	Ingen gang/sykkelveg
Andel tungtrafikk / varetransport	10 - 15 %	3	2	6	
Stamveg	Riksveg	10	2	20	stamveg
Omkjøringstid	1 - 5 t	5	2	10	
Konsekvensscore				11,40	57 %

4.4.2 Fv. 655 Norangsdalen

Norangsdalen er en sekundær riksveg med lav trafikk som stenges om vinteren. Stamvegfactoren er gjort om til riksveg/fylkesveg ut fra omklassifisering som følge av forvaltningsreformen 2010. Det er lav trafikk på strekningen, ingen gang/sykkelveg, og det antas omkjøringsmuligheter på under 5 timer.

Konsekvens	Vurdering	Score	Vekt	Score* vekt	Kommentar
ÅDT - i skredsesongen	< 500	1	3	3	Under 500 i ÅDT
Gang og sykkelvei	Nei	0	1	0	
Andel tungtrafikk / varetransport	10 - 15 %	3	2	6	Usikre data, men antar litt
Stamveg	Fylkesveg	0	2	0	Status fra 2010
Omkjøringstid	1 - 5 t	5	2	10	Ikke sjekket - antar
Konsekvensscore				3,80	19 %

4.4.3 E136 Romsdal

E136 Romsdal er tatt med som eksempel på stamveg med middels stor trafikk og stor andel tungtrafikk. Det er ikke tilrettelagt gang- og sykkelveg på strekningen, og det antas å være begrenset med gang- og sykkeltrafikk.

Konsekvens	Vurdering	Score	Vekt	Score* vekt	Kommentar
ÅDT - i skredsesongen	2000- 3000 ÅDT	7	3	21	
Gang og sykkelvei	Nei	0	1	00	
Andel tungtrafikk / varetransport	> 25 %	10	2	20	Stor grad av godstrafikk
Stamveg	Stamveg	10	2	20	Stamveg
Omkjøringstid	1-5 t	5	2	10	
Konsekvensscore				14,20	71 %

4.4.4 Sammenligning av konsekvensscore

Tabellen under viser at veger med stor trafikk prioriteres, det samme veger med mye tung-/varetrafikk. Konsekvensvurderingen er imidlertid svært enkel, og gjennom videre testing bør det vurderes om konsekvenser er godt nok beskrevet. Videre testing vil vise om det er mulig å skille tilstrekkelig godt mellom ulike strekninger. Oversikt over parametrene som inngår og mulige score er gitt i vedlegg A.

Tabell 12 Oppsummering av beregnede konsekvensscore

	Konsekvensscore	% av maksimal verdi
Rv. 70 Oppdølsstranda	11,40	57 %
Fv. 655 Norangsdalen	3,80	19 %
E 136 Romsdalen	14,20	71 %

5 Avklaringer og planer for videre arbeid

Denne rapporten oppsummerer første versjon av skredrisikomodelen basert på en enkel test på to strekninger. Erfaringene så langt viser at det er behov for å gjøre tilpasninger før modellen brukes videre. Dette er som forventet, da utviklingen av skredrisikomodelen hittil har vært fokusert på å få på plass et rammeverk for en modell. En tilpasning og justering av modellen må gjøres gjennom bruk og testing.

5.1 Behov for endringer av faktorer og beregning av risikoscore

Det er nødvendig å gjøre endringer på de faktorer som beskriver korttids værforhold, som flere av faktorene som inngår i snøskred og sørpeskred. Disse må endres til å beskrive klimatiske forhold på den aktuelle strekningen. De analysene av klimaforhold som ble gjort på Oppdølsstranda viser at det er mulig å få mye informasjon om klimatiske forhold fra værstasjonene.

Det er også nødvendig å sjekke at det er mulig å kartlegge alle faktorene, og at ikke vurderingen er for detaljert i forhold til den informasjon man kan forventes å ha tilgjengelig. Dette kan for eksempel handle om løsmassetykkelse i terrenget, der man ofte kun vil ha en formening om type løsmasse, og om dekket er tynt eller tykt, ikke ned på halvmetertykkelse som i dagens modell.

Når det gjelder faktoren ”barrierer i skredbanen” må denne sees nærmere på. Slik den er vektet og fungerer i dag gir den ikke tilstrekkelig reduksjon av sannsynlighetsscore.

I beregningen av sannsynlighetsscore varierer det for mye hvilken maksimalscore ulike skredtyper får, og man kan ikke sammenligne ulike skredtyper direkte. Det må sees på hvordan dette kan endres så man i større grad kan sammenligne de ulike skredtypene. Det må også vurderes om de to topphendelsene skal vektet likt. Det kan være riktiger å vekte topphendelse 1 ”skred går” høyere enn topphendelse 2 ”skred treffer veg”, da den første er den viktigste (skredet vil ikke treffe vegen hvis ikke det går). En mulig vektning er 2/3 på ”skred går” og 1/3 på ”skred treffer veg”.

Når det gjelder beregningen av konsekvensscore er denne svært enkel. Det må sees på hvordan konsekvens vurderes i andre verktøy for risiko og sårbarhet som finnes i etaten, og forsøke å samordne konsekvensvurderingen med disse.

5.2 Videre arbeid

For å få videreutviklet modellen og sett nærmere på de punktene angitt her er det nødvendig å teste modellen videre. Det viser seg imidlertid at skredrisikomodelen blir for omfattende med ni ulike skredtyper. I det videre arbeidet ønsker vi derfor å prioritere tre skredtyper: steinsprang, snøskred og jord-/flomskred. Nøvendige endringer i faktorer som nevnt over må gjøres før det testes videre.

For å se hvordan modeller skiller mellom ulike strekninger og skredtyper vil det være viktig å få flere resultater. Det er tenkt at de tre valgte skredtypene kan testes på for eksempel fem strekninger i hver region. Resultatene av denne testingen vil danne grunnlag for videre behov for endringer og tilpasninger av modellen.

Samtidig vil det være viktig å se på hvordan modellen skal brukes på strekninger i forhold til bruk på enkeltpunkt. Skredfaren på en strekning vil som regel bestå av flere punkt med varierende skredfare, og faste retningslinjer for hvordan dette skal håndteres må komme på plass. I denne sammenhengen vil også vurderingen av barrierer være viktig, da man kan ha god sikring noen steder, og ingen sikring andre steder på samme strekning.

’Klima og transport’ vil arbeide videre med utvikling og testing av modellen i løpet av gjenværende prosjektperiode.

6 Referanser

- Hammersland, E., et al. (2003). Rassikring av riks- og fylkesvegene i Hordaland, Statens vegvesen.
Humstad, T. (2009). Gjennomgang av klimadata fra Sunndalsøra III.
Moen, K. (2009). Risikovurdering av rv. 70 forbi Oppdølsstranda.

VEDLEGG 1 Risikomodell for vegnettet i Norge
Rapport utarbeidet av DNV, med vedlegg A, B og C

Skredrisikomodel for vegnettet i Norge:

Rapport til Statens vegvesen Vegdirektoratet
Rapport nr.: 2008-1619

Rev. 0

22. desember 2009



Skredrisikomodell for vegnettet i Norge

DET NORSKE VERITAS AS
Veritasveien 1
1322 Høvik
Tel: +47 67 57 99 00
Fax: +47 67 57 99 11
Registrert i Norge
NO 945 748 931 MVA

for

Statens vegvesen Vegdirektoratet
Postboks 8142 Dep
0033 OSLO,
NORWAY

Kontaktperson: Heidi Bjordal

Rapport nr.: 2008-1619 Emnegruppe:

Indekseringstermer: Risikomodell, skred, veg

Utarbeidet av: *Navn og stilling*
Espen Funnemark, Senior Specialist

Magnus Bjelkerud, Senior Consultant

Charlotte Dahl, Consultant

Stine U. Musæus, Principal Consultant

Verifisert av: Terje Andersen, Principal Consultant

Godkjent av: Olai R. Hjetland, Head of Department

Utstedelsesdato: 22. desember 2009

Prosjekt nr: 46326065

Signatur

Espen Funnemark
Magnus Bjelkerud
Charlotte Dahl
Stine U. Musæus
Terje Andersen
Olai R. Hjetland

* Vennligst bruk Prosjekt nr som referanse i all korrespondanse med DNV

- Ingen distribusjon uten tillatelse fra oppdragsgiver eller ansvarlig organisasjonsenhet (forøvrig, fri distribusjon for internt bruk innen DNV etter 3 år)
- Ingen distribusjon uten tillatelse fra oppdragsgiver eller ansvarlig organisasjonsenhet
- Strengt konfidensiell
- Fri distribusjon

Oppdragsgiver har full eiendomsrett til rapporten med unntak av det som DNV har brakt inn av grunnlagsmateriale som skal forbli DNV's eiendom.

Innholdsfortegnelse

1.0	Sammendrag.....	1
2.0	Bakgrunn.....	2
3.0	Formål	2
4.0	Metodikk.....	4
4.1	Oppbygging av skredrisikomodellen.....	4
4.1.1	Innledning.....	4
4.1.2	Utvikling av modell	5
4.1.3	Definisjoner av viktige begreper i modellen.....	8
4.2	Årsaksmodell for "skred går" – Sannsynlighetsscore	11
4.3	Identifisering av statiske og dynamiske faktorer	13
4.4	Klassifisering av faktorer	14
4.5	Faktorvekker - sannsynlighetsfaktorer	14
5.0	Skredrisikomodellen	16
5.1	Praktisk bruk.....	16
5.2	Beregning av sannsynlighetsscores for en vegstrekning.....	16
5.2.1	Sannsynlighetsscores for topphendelse 1.....	16
5.2.2	Sannsynlighetsscore for topphendelse 2	17
5.2.3	Sannsynlighetsscore for topphendelse 2	18
5.3	Beregning av konsekvensscore for en vegstrekning	19
5.4	Risikomatrise.....	20
6.0	Verktøyet og praktisk bruk	21
7.0	Referanser.....	23

VEDLEGG I EGET DOKUMENT (ref. 03):

- A.** Oversikt over faktorer for alle skredtyper
- B.** Feiltrær for alle skredtyper
- C.** Samvirke SVV og DNV

1.0 Sammendrag

Endringer i klima har ført til at det går skred der det tidligere ikke gikk skred, og motsatt, på steder der man tidligere har opplevd hyppige skred, har frekvensen gått ned og eventuelt blitt helt borte. Oppsummert erfares det at kartleggingen av skredfarlige områder, basert på allerede utløste skred, ikke nødvendigvis gir de resultater og grunnlag for beslutninger som ønskes. For å bedre dette er det gjennom etatsprosjektet "Klima og Transport" etablert et eget delprosjekt rettet mot skred. Målet for etatsprosjektet er blant annet å utvikle et verktøy som kan brukes til overordnede vurderinger og prioriteringer av midler til skredrisikoreducerende tiltak på vegnettet. Det Norske Veritas AS (DNV) har i samarbeid med Statens vegvesen Vegdirektoratet (SVV) utviklet en skredrisikomodell (SR-modell) som svarer ut dette behovet. SR-modellen er et resultat av SVVs brede fagkompetanse innen skred, og DNVs kompetanse innen risikostyring og systematisering av data. Risiko defineres her som sannsynligheten for uønskede konsekvenser av skred på veg.

Det eksisterer et bredt spekter av ulike tiltak for å redusere skredrisiko. Tiltakene varierer fra å fjerne rotårsaken til at skred går (eksempelvis fjerne fjellformasjoner eller lede vekk vanntilløp), til å anlegge installasjoner og løsninger for at skred ikke eksponerer vegsystemet (eksempelvis lede skred over vegsystemet, eller bremse skred opp ved bruk av grøfter eller voller). Med dette som bakgrunn tar SR-modellen utgangspunkt i de faktorer som styrer sannsynligheten og konsekvensen for at 1. *Skred går* og 2. *Skred eksponerer veg*. Det er således to såkalte *topphendelser* som styrer skredrisiko, hvor risikoreducerende tiltak kan etableres for begge topphendelsene. Om et skred går, men ikke eksponerer vegsystemet, vil ikke dette ha noen særlig alvorlige konsekvenser. Det er først når et skred eksponerer vegsystemet det vil gi konsekvenser for vegetaten enten for trafikkflyt og/eller personsikkerhet, og derigjennom gi samfunnsøkonomiske konsekvenser.

Gjennom kartlegging av risikostyrende faktorer for skred kan årsakene til og konsekvensene av topphendelsene analyseres, modelleres og klassifiseres. De risikostyrende faktorene er delt inn i *statiske* og *dynamiske* faktorer. *Statiske faktorer* refererer til de naturgitte forhold langs vegsystemet som "alltid" er der. Her inngår eksempelvis helning på fjellsider, formasjoner i skredbane, løsmasser i området, m.m. *Dynamiske faktorer* refererer til de klimatiske forhold som omgir vegsystemet og som varierer over tid. Her inngår eksempelvis nedbør og soleksponering. Feiltrær er benyttet i deler av arbeidet med å konstruere modellen. Hver faktor som bidrar i SR-modellen gis en individuell score som reflekterer de spesifikke forholdene for den delen av vegsystemet som analyseres, for deretter å bli vektet i forhold til de andre faktorene. Ikke alle faktorer er like relevante og avgjørende for skredrisiko. I SR-modellen har den vektete individuelle scoren for de statiske og dynamiske faktorer blitt summert og normert for å gi en et samlet scoretall mellom 1 og 100 for å synliggjøre hvor stor grad av påvirkning faktorene har på henholdsvis sannsynlighet og konsekvens for skred. Risikobildet per vegstrekning (må deles opp hensiktsmessig i SR-modellen) illustreres gjennom bruk av risikomatrix for de ni ulike skredtypene som er vurdert; Isskred (nedfall), snøskred (flakskred og løssnøskred), sørpeskred, steinsprang, steinskred, fjellskred, flomskred, jordskred og kvikkleireskred.

SR-modellen er nå i første omgang utviklet for å benyttes til planlegging for skredtiltak av nye og eksisterende vegstrekninger. Her gjenstår arbeid med å teste og verifisere SR-modellen for å se om den gir hensiktsmessige risikotall. På bakgrunn av tilbakemeldinger i dette arbeidet bør det vurderes behov for at SR-modellen re-klassifiseres og endres. Dette kan eksempelvis gjennomføres ved å benytte en skredtype/sterkning som testcase. Deretter bør vegsystemet i Norge kartlegges, klassifiseres og legges inn i modellen. En iterativ prosess for testing og verifisering anbefales. Videre er det tenkt at SR-modellen videreutvikles slik at den kan

benyttes i oppfølging av operativ drift. Her vil SR-modellen kunne tjene som støtte til bla. kriterier for stenging / åpning av vegstrekninger, fortolkning av innkommende data (f.eks. meteorologiske data), kommunikasjonsrutiner samt iverksettelse av beredskapsplaner.

Skredrisikomodelen bør for dette formålet ha egne støtteverktøy som kan fungere praktisk for operativt personell i hverdagen. Slike verktøy bør være lett håndterbare, raske og bruke, lett forståelige og enkelt kommuniserbare. Dette gjelder spesielt i kommunikasjon mellom SVV og entreprenørene, som via funksjonskontraktene har ansvaret for å iverksette beredskapsplaner.

2.0 Bakgrunn

"Klima og Transport" er et fireårig forsknings- og utviklingsprosjekt i SVV. Det pågår i perioden 2007 - 2010. Hensikten med prosjektet er å forbedre rutiner og regelverk for planlegging, prosjektering, bygging og drifting av veg som svar på endrede klimaforhold. Prosjektet er delt opp i 7 delprosjekter, der delprosjekt nr. 4 omhandler skred. Delprosjektet tar for seg alle typer skred, og hvordan sannsynlighet for og konsekvens av skred – skredrisiko – kan påvirkes av endrede klimaforhold.

Konsekvenser av klimaendringer på vegnettet er bl.a. beskrevet i http://www.ntp.dep.no/2010-2019/pdf/20070627_virkninger_av_klimaendringer.pdf, og en av konklusjonene er at frekvensen av skredhendelser på vegnettet kan endres/øke.

En av hensiktene med delprosjektet er å finne ut om eksisterende skredutsatte strekninger får endrede skredforhold og om nye områder kan bli skredutsatte. For å få til dette må man få en bedre forståelse av sammenhenger mellom vær og ulike skredtyper.

Videre er det viktig å finne frem til mest mulig effektive skredsikringstiltak for å ivareta sikkerheten til trafikanter og opprettholde fremkommeligheten i vegnettet. SVV søker derfor å få utviklet en modell og/eller et verktøy for å gjøre en overordnet vurdering av skredrisiko på vegnettet, for å se hvilket "nivå" det norske vegnettet ligger på, og i neste omgang bruke dette til vurderinger rundt aksept for skredrisiko på vegnettet. I tillegg vil en slik modell kunne benyttes for foreta riktig prioritering av skredsikringstiltak i framtida.

Med bakgrunn i overstående problemstillinger har SVV Vegdirektoratet, Teknologiavdelingen ønsket bistand til å utvikle et beslutningsverktøy, heretter kalt skredrisikomodel. Verktøyet skal være basert på risikoanalytiske metoder.

Det Norske Veritas (DNV) er blitt tildelt oppdraget med å gi bistand til utvikling av en skredrisikomodel basert på risikoanalytisk tilnærming.

Foreliggende rapport oppsummerer underliggende arbeid gjennomført i utvikling av en skredrisikomodel og beskriver rammeverket for modellen, samt behov for videre oppfølging.

3.0 Formål

Formålet med utvikling av en skredrisikomodel er i hovedsak å etablere et beslutningsverktøy til overordnede vurderinger og prioriteringer av midler til skredrisikoreduserende tiltak på vegnettet. I tillegg har det vært et formål å systematisere og nedtegne den kunnskap og kompetanse SVV innehar på fagfeltet.

Innenfor de rammer som er tildelt, skal det utvikles et rammeverk for en slik skredrisikomodel.

Skredrisikomodelen er planlagt anvendt av SVVs personell innen:

- *planleggings- / prosjekteringsfasen* av:
 - nye veistreknings
 - oppgradering av eksisterende veier
- *driftsfasen* av eksisterende vegstreknings

Modellen er tenkt å utgjøre et viktig verktøy i arbeidet med å identifisere tiltak for å redusere skredrisiko. De to fasene som er angitt over vil naturlig nok ha ulike behov og bruksområder som skredrisikomodelen må dekke.

Innen *planleggings- og prosjekteringsfasen* skal skredrisikomodelen være beslutningsstøtte til følgende beslutninger:

- Ved sikring av eksisterende vegnett
 - Valg av sikringstiltak
 - Prioriteringer av vegstreknings for sikringstiltak med basis i risikovurderinger
 - Beredskapskrav
- I tillegg ved planlegging av nye vegstreknings:
 - Trasévalg

Risikomodelen utarbeides som et praktisk verktøy som gir grunnlag for prioriteringer av vegstreknings gjennom å vise et tydelig risikobilde. Dermed kan SVV ved utbygginger, f.eks. ved introduksjon av nye/utbedrede sikringstiltak, endring i ÅDT, etc, beregne kategori "før" og "etter" som vil reflektere en risikoendring

I *driftsfasen* vil skredrisikomodelen være et nyttig verktøy for støtte til å foreta følgende beslutninger:

- Kriterier for stenging / åpning av vegstreknings
- Fortolkning av innkommende data (f.eks. meteorologiske data)
- Kommunikasjonsrutiner
- Iverksettelse av beredskapsplaner

Sett i lys av de gitte rammene for dette prosjektet og det mest akutte behovet som SVV ønsker å få tilfredsstillt, er det i samråd med SVV besluttet at vi skulle fokusere på å utvikle en så fullverdig modell som mulig for bruk i *planleggings- og prosjekteringsfasen*. Prosjektet skal derfor ikke etablere aksept-/beslutningskriterier for skredrisiko på eksisterende veg, ei heller være koblet opp mot arbeid som gjennomføres mot beredskapsutvikling (ref. delprosjekt 7 Sårbarhet og sikkerhet i Klima og Transport). Disse forholdene er imidlertid foreslått å inngå i det videre utviklingsarbeidet i delprosjekt 4.

4.0 Metodikk

I utvikling av en skredrisikomodel har det vært viktig å kombinere den omfattende kunnskapen om skred hos SVV med DNVs kunnskap om risikoanalytiske metoder og utvikling av modellverktøy. Fremgangsmåten har derfor vært en prosess med gjennomføring av en rekke arbeidsmøter med deltagelse fra SVV og DNV. Parallelt med utvikling av modellkonsept er prosjektet blitt delt opp i ulike steg for å få gjennomføringsprosessen tilrettelagt best mulig for de medvirkende parter, samt å få bygget opp en stegvis forståelse for benyttet metodikk. Arbeidsmøter har vært benyttet til å drøfte metodiske problemstillinger som er identifisert i utviklingsarbeidet og i samarbeid komme frem til avklaringer på hva som er praktisk gjennomførbart for skred.

For å etablere den ønskede modellen med tilhørende dokumentasjon, har prosjektet blitt gjennomført via følgende hovedaktiviteter (for definisjoner og begreper, se avsnitt 4.1.3):

1. Identifisering av statiske og dynamiske faktorer
2. Klassifisering av statiske og dynamiske faktorer
3. Vekting av statiske og dynamiske faktorer
4. Utarbeidelse av databasert skredrisikomodel (Excel regneark)
5. Rapportering

For å kartlegge skredrisiko er det valgt å ta utgangspunkt i tradisjonelle risikoanalytiske metoder, og tilpasse disse til de utfordringer som gjelder for skredrisiko og eksponering av veger.

Ved utvikling av modellen har premisser vært:

- 1) Systematisere SVVs fagkunnskap om skred – hvordan omsette dette til et risikomodelverktøy
- 2) Kompleksitet og kvantifisering av risiko – Risikomodelen må se på hva som finnes av erfaringsdata og forenkle disse forholdene og samtidig opprettholde formålet som er prioritering av strekninger

De etterfølgende kapitler beskriver:

- Utfordringer og prinsipielle metoder som er valgt for å svare ut utfordringene
- Metodisk beskrivelse av skredrisikomodelen

4.1 Oppbygging av skredrisikomodelen

4.1.1 Innledning

Å risikomodelle det norske vegnettet i forhold til skred er i utgangspunktet en komplisert oppgave. Det er mange ulike typer skred å forholde seg til, samt at det norske vegnettet har en stor variasjon mht f.eks. utforming, geologi, topografi og klimatiske forhold. Det eksisterer mye kunnskap og data om skred, men denne kunnskapen og tilhørende data har ikke blitt systematisert. I kombinasjon med risikomodelens formål har det i arbeidet blitt lagt vekt på at modellen skulle være enkel å forstå og bruke. Dette ga kjernegruppen følgende utfordringer og mål:

- Systematisere kunnskap – hvordan omsette dette til et modellverktøy
- Modell – en forenkling av virkeligheten; ikke lage den for komplisert
- Kvantifisering av risiko: Modellen må forenkle disse forholdene og samtidig opprettholde formålet som er prioritering av vegstrekninger mhp skredsikring
- Hvordan gjenspeile kompliserte sammenhenger mellom faktorer og forhold uten at det går ut over brukervennlighet
- For å kartlegge skredrisiko er det valgt å ta utgangspunkt i tradisjonelle risikoanalysemetoder, og tilpasse disse til de utfordringer som gjelder for skred
- Hvordan lage en modell som tar inn over seg eventuelle klimaendringer

4.1.2 Utvikling av modell

Skredrisiko defineres som sannsynligheten for uønskede konsekvenser av skred på veg, dvs. er en kombinasjon av sannsynligheten (årsak til) og konsekvensene av et skred. En risikoanalytisk tilnærming består derfor i å kartlegge årsakene til at hendelsen inntreffer og hva mulige utfall (konsekvenser) dersom den inntreffer er.

En uønsket hendelse er en hendelse som kan føre til tap av verdier, ref. 01. For modellering av skredrisiko har SVV angitt at følgende verdier skal inkluderes i modellen:

- Mennesker (dødsfall/skade):
- Miljø
- Materiell (direkte utgifter for SVV for å gjenopprette regularitet):
 - Egne bygg og installasjoner (vegkropp, bruer, tunnel og fergeleie, skredsikrings- "installasjoner")
- Fremkommelighet / regularitet
- Samfunnsøkonomi (utgifter påført samfunnet på grunn av vegstrekningens skredrisiko)

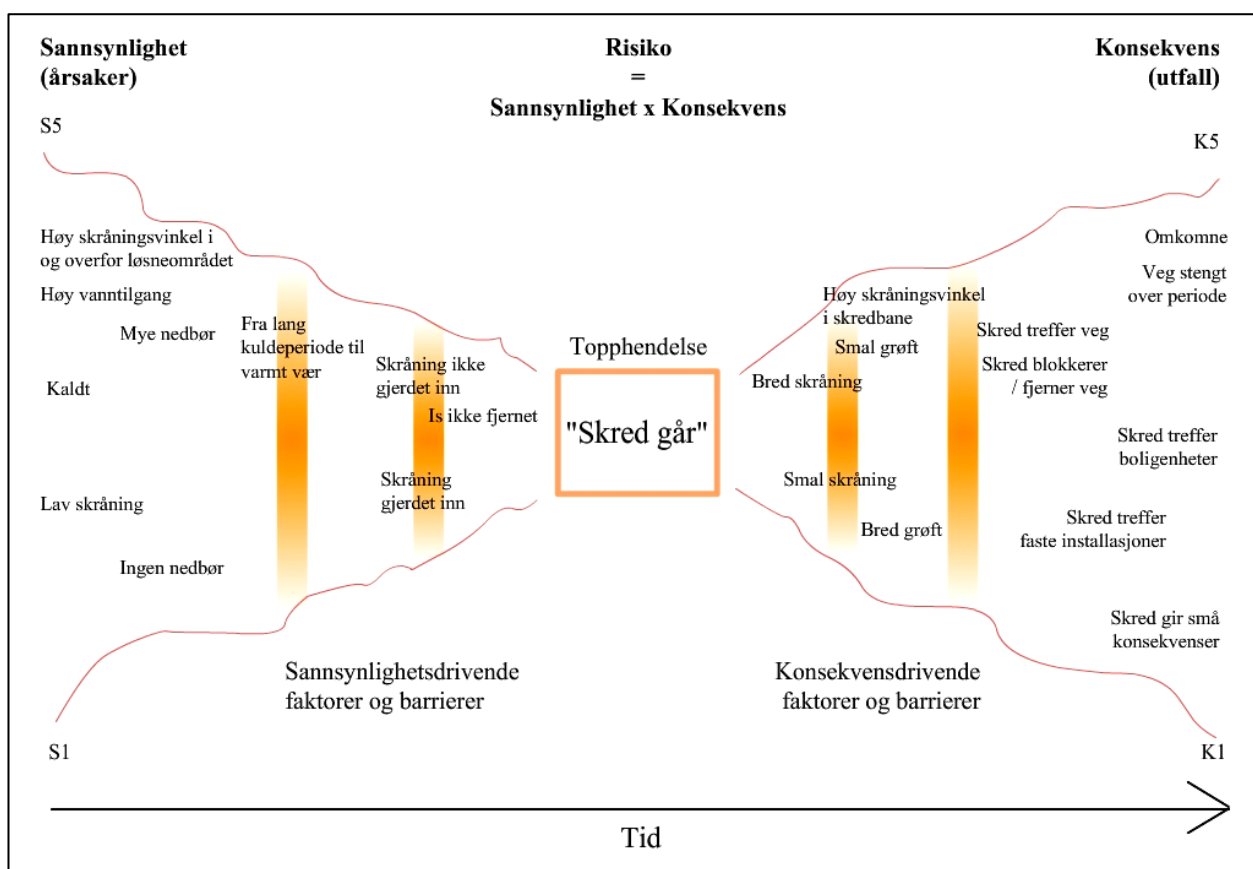
Verdiene listet over blir også ofte assosiert med begrepet konsekvens, dvs. tap av verdi er tap av menneskeliv, redusert fremkommelighet, skade på miljø, osv. Det essensielle er at skredrisiko måles opp mot konsekvenser for nevnte verdier, i kombinasjon med sannsynligheten for at skade skal inntreffe på disse verdiene.

Hovedformålet med skredrisikomodelen er i første omgang å kartlegge skredrisiko, for så i neste henseende å utvikles slik at det kan brukes som et prioriteringsverktøy for skredtiltak, dvs. hvilke vegstrekninger har høyest risiko, og hvor får samfunnet mest igjen for sine investeringer i tiltak for å redusere skredrisiko. Dette kan f.eks. måles i innsparte samfunnskostnader.

For å få en oversikt over hvilke tiltak som er mest effektive, trenger man derfor bl.a. å få en oversikt over hvilke forhold/ faktorer som fører til at skred utløses (årsakene) og hvilke forhold/ faktorer som påvirker konsekvensene av et skred. Gjennom å modellere hvordan disse faktorer/forhold henger sammen, har man mulighet til å se hvordan ulike tiltak (eksisterende/framtidige) påvirker risikoen og vurdere hvilke tiltak som gir mest nytte. Denne kartleggingen tjener altså følgende formål:

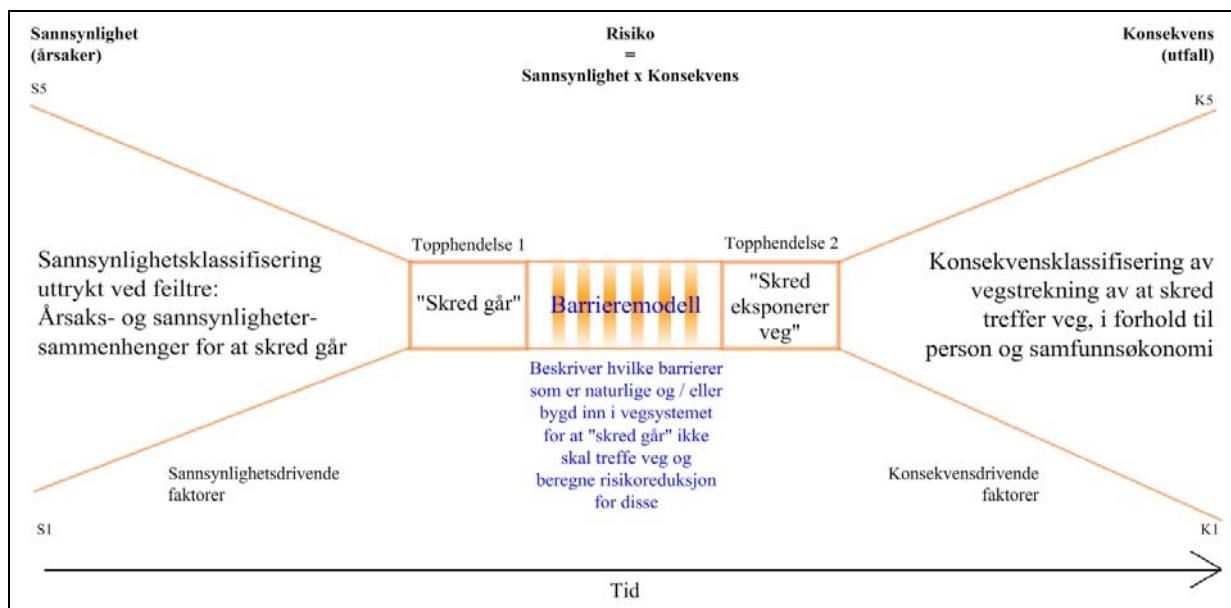
- Kartlegge hvilke faktorer som er knyttet til skredrisiko, det vil si de konkrete tekniske og naturgitte, samt menneskelige og organisatoriske forhold modellen skal ta utgangspunkt i.
- Kartleggingen skal sørge for at prosjektet får en oversikt og forståelse av hva som må, kan eller bør inkluderes i en skredrisikomodel. Aktiviteten kan gjennomføres som et arbeidsmøte der man samler den fagkompetanse partene finner hensiktsmessig.

I foreliggende skredrisikomodel er benyttet tradisjonell risikotenkning (årsakssammenhenger og konsekvenser) for utvikling av modellen. Bl.a. har feiltre-metodikk blitt benyttet i utstrakt grad for å synliggjøre sammenhengene mellom de faktorene som har betydning for sannsynligheten for skred. Bowtie ("sløyfe")-metodikk er en klassisk risikoanalytisk tilnærming for å beskrive/illustrere risiko ved en uønsket hendelse (topphendelse), som kombinerer årsak og konsekvens av topphendelsene. Se de to etterfølgende figurer.



Figur 1 Oppbygging av skredrisikomodel – steg 1

Ved utvikling av den foreliggende skredrisikomodelen startet kjernegruppen med én topphendelse – *skred går* som vist i figuren over. Det er imidlertid når skredet treffer vegen at det er en fare for tap av verdier ift veg-etatene. Det ble derfor identifisert et behov for et mellomledd som modellerer hva skal til for å treffe vegen. På bakgrunn av dette ble det laget en modifisert versjon av bowtie metodikken i Figur 2.



Figur 2 Oppbygging av skredrisikomodell – steg 2

Skredrisikomodellen er bygd opp som følger:

- 1) Årsaksmodell for skred - Hva er årsak til at skred går, dvs., kartlegge sannsynlighet for at et skred går
- 2) Dette resulterer i topphendelsen *skred går* – En "score" for det scenariet etableres
- 3) Barrieremodell for at skred eksponerer veg - Hva skal til for at skred eksponerer vegen, hvilke tiltak kan forhindre dette.
- 4) Dette resulterer i topphendelsen *skred eksponerer veg* – En "score" for det scenariet etableres
- 5) Hva er konsekvensene av at skredet eksponerer vegen – konsekvensmodellering – En "score" for det scenariet etableres

Som nevnt over, må det legges ned et omfattende arbeid i å identifisere de *faktorene* som styrer risiko for skred. Til dette kreves stor og bred kompetanse om alle typer skred som kan ha effekt på vegnettet i Norge.

De faktorene vi har identifisert, er kategorisert som enten å være styrende for sannsynlighet (topphendelse 1 og 2) eller konsekvens (ref. høyre del av figuren).

Ved å kombinere årsaksmodellen, barrieremodellen og konsekvensmodellering får man et rangeringsverktøy som utgjør skredrisikomodellen. De enkelte modellene og kombinasjoner av disse er beskrevet senere i rapporten. Først følger imidlertid definisjoner av viktige begreper som inngår i oppbygging av modellen.

4.1.3 Definisjoner av viktige begreper i modellen

Skred

Et *skred* kan defineres som en naturgitt og utilsiktet massebevegelse/flytting av snø-, jord- eller steinmasser. Ofte blir ras benyttet som en betegnelse for skred, men skred er det faglige korrekte uttrykket.

Skredtyper

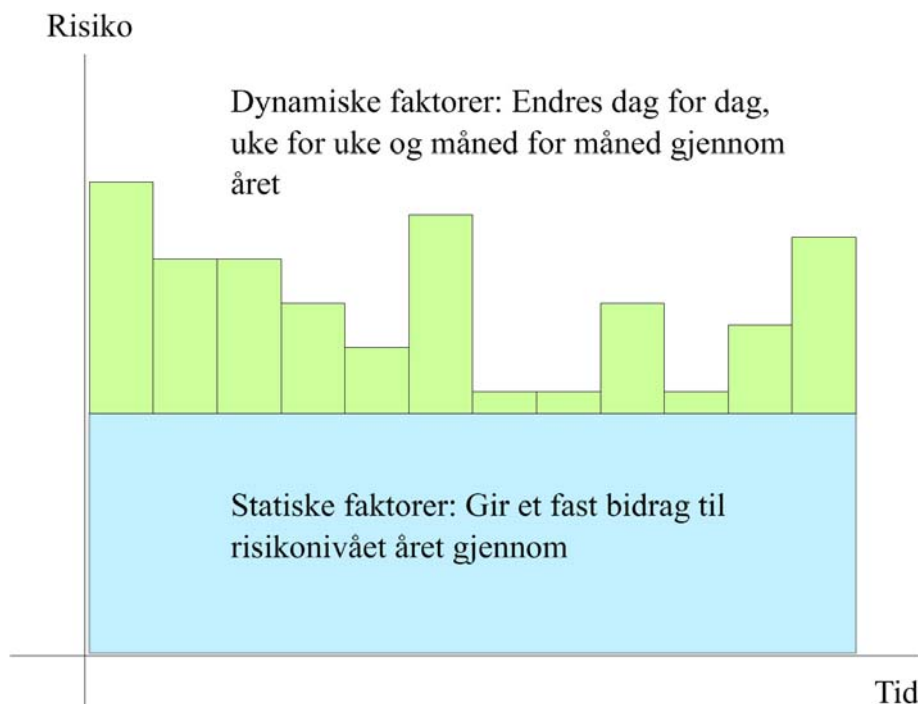
Før man utvikler en skredrisikomodell er det viktig å definere skred og hvilke type skred som inngår i modellen.

Det finnes flere typer skred, avhengig av hvilken masse som er i bevegelse, hvor stor den er, og hvordan den oppfører seg. Basert på generelle definisjoner i fagfeltet har arbeidsgruppen konkludert med at dette prosjektet skal fokusere på følgende skredtyper. Undersjøiske skred /flyteskred er ikke inkludert da dette ble vurdert som irrelevant for eksponering av veg.

- Isskred (nedfall)
- Snøskred (flakskred og løssnøskred)
- Sørpeskred
- Steinsprang (volum < 100 m³)
- Steinskred (volum mellom 100 - 10 000 m³)
- Fjellskred (volum > 10 000 m³)
- Flomskred (jord, stein og vann)
- Jordskred
- Kvikkleireskred

Statiske og dynamiske faktorer

I arbeidet med utvikling av foreliggende skredrisikomodell er det identifisert et karakteristisk trekk ved alle typer skred. Det er at alle de forhold/ faktorer som bidrar til skredrisiko kan deles i to former, statiske og dynamiske faktorer. Figur 3 illustrerer sammenhengen mellom disse:



Figur 3 Risikobidrag fra dynamiske og statiske faktorer

Statiske faktorer er de faktorene mht skredrisiko som alltid er til stede over en aktuell periode og som stort sett er konstante / permanente (over gitte tidsperioder). Eksempler her vil være helning på fjellsider, grunnforhold i og omkring vegnettet, bekkeløp, sikringstiltak, m.m.

Statiske faktorer er alltid til stede, men i varierende grad med tanke på grad av risiko for at skred skal gå. Vegens omgivelser er avgjørende for sannsynligheten til at et skred kan inntreffe og konsekvensen ved at det inntreffer. Statiske faktorer kan også påvirkes ikke minst av menneskelig aktivitet over tid, f.eks. ved skråningsbearbeiding, fjellrensk, endring av bekke- og elveleier, vegomlegging, etc.

Eksempler på statiske faktorer

- Geometri i løснеområdet/ Topografi
 - Bredde på skråning
 - Høyde på skråning
 - Skråningshelning
 - Overflateskråning
- Overflate isen kan bygges opp på (grad av ruhet)
- Terrengformasjon i løснеområdet (bekkeløp, dalsøkk, forsenkninger)
- Geologi:
 - Naturlige sprekker (deriblant forvitring i skråningen)
 - Bergtrykk/ spenninger

- Naturlige sprekker og svakhetssoner
- Bergart
- Bergtrykk/ spenninger
- Sprekkeegenskaper - Tilstrekkelig helning på baksprekker (ugunstig helning er $>40^\circ$) og sprekkefyllinger
- Topografi
 - Skråningshelning fra 30 grader og oppover
- Sprekker i fjell som følge av menneskelig aktivitet
 - Uheldig plassering av tunnelpåhugg
 - Uheldig utforming av skjæring
 - For kraftig sprengning

Gitt tilstedeværelse av statiske faktorer, vil kombinasjonen av disse og de dynamiske faktorer være avgjørende for om "skred går" og tilhørende konsekvens. Det er altså kombinasjonen mellom statiske og dynamiske faktorer som er avgjørende for skredrisiko.

Dynamiske faktorer er faktorene mht skredrisiko som varierer over tid. Dette vil eksempelvis være nedbør, kulde, soleksponering, snøsmelting, vanntilførsel, m.m. (for bl.a. å reflektere klimaendringer).

De dynamiske faktorene er vanskeligere å tolke, måle, overvåke og følge opp enn de statiske faktorene. For å gjennomføre god overvåking er det nødvendig med kjernekompetanse på ulike områder. De dynamiske faktorene som vil kunne påvirkes av endringer i vær og klima vil være de faktorene som er aktuelle og som vil komme til syne i skredrisikomodelen.

De dynamiske faktorene er alle relatert til klimatiske forhold. Det er her i modellen man kan evaluere effekt av mulige fremtidige endringer i klima.

Eksempler på dynamiske faktorer

- Vann i sprekker eksponert for frost (vanntilgang fra grunnen for oppbygging av isblokk)
- Overflatevann (for oppbygging av isblokk)
- Frost
- Temperatursvingning / vårtining (mildværsperiode (1-2 uker) etter kuldeperiode)
- Vanntilgang pga nedbør eller smelting
- Snø tilstede på løснеområdet
- Ustabil/svakt lag i snøen (hvor det kan oppstå brudd)
- Snøakkumulasjon i løснеområdet (nedbør / forflytning pga vind)
- Skavldannelse
- Temperatur (soleksponering)

- Snømengde med høy porøsitet (nysnø / begerkrystaller)
- Bråsmelting (høy smeltingsintensitet)
- Regn med stor nedbørsintensitet
- Oppdemning av vann med demning
- Vibrasjon i rotsystem
 - Kraftig vind
 - Vegetasjon

Barriere

Når man har fått kartlagt hvilke faktorer som påvirker en topphendelse, er det mulig å iverksette tiltak som enten helt eller delvis kan redusere bidraget fra en faktor til det totale risikonivået. Dersom et tiltak er spesielt effektivt er det i risikosammenheng ofte kalt barriere. Vi benytter også begrepet barriere i skredrisikomodellen. Imidlertid er det ikke satt noe krav til effektivitet av tiltak for at det skal være en barriere. Definisjonen på en barriere i skredrisikomodellen er gitt under:

Barrierer er i dette prosjektet definert som tiltak, f.eks. faste fysiske eller organisatoriske tiltak som har blitt etablert for å redusere enten sannsynlighet for topphendelsene (*skred går/ skred eksponerer veg*) eller konsekvens av at en av topphendelsene inntreffer

Barrierer i modellen kan enten være allerede etablerte tiltak eller det kan være nye tiltak som vurderes.

Eksempler på barrierer er for eksempel "etablering av gjerde". For isskred vil et gjerde ha en sannsynlighetsreduserende effekt, da isen blir holdt på plass. Gjerdet bidrar da enten til at skred ikke utløses eller at det må større mengder is til før skredet utløser. I siste tilfelle er sannsynligheten for skred ikke eliminert, men redusert.

Et eksempel på et risikoreduserende tiltak for isskred kan være "etablering av grøft". Imidlertid vil effekten av en slik barriere være avhengig av hvordan grøften (etablert mellom fjellskråning og vegbane) er utformet. Bredden på grøften vil være avgjørende for hvilken konsekvens isskredet vil ha for vegstrekningen. Hvis grøften ikke fungerer som tiltenkt (laget for smal, for grunn, feil plassering, etc) vil den, i verste fall, kunne være risikofremmende istedenfor risikoreduserende.

Eksempelene over illustrerer også kompleksitet ved å modellere et prioriteringsverktøy for skredrisiko, dvs. modellere topphendelser som inkluderer dynamiske faktorer.

4.2 Årsaksmodell for "skred går" – Sannsynlighetsscore

Som nevnt dekker den første delen av skredrisikomodellen en metodikk for å kartlegge hvilke faktorer som fører til at skred utløses. For å få en oversikt over hvilke faktorer som må være tilstede og hvordan disse henger sammen er det valgt å bruke feiltremetodikk. Det er etablert et feiltre for hver av skredtypene. Feiltreet som ble utviklet for isskred er vist som et eksempel i Figur 4.

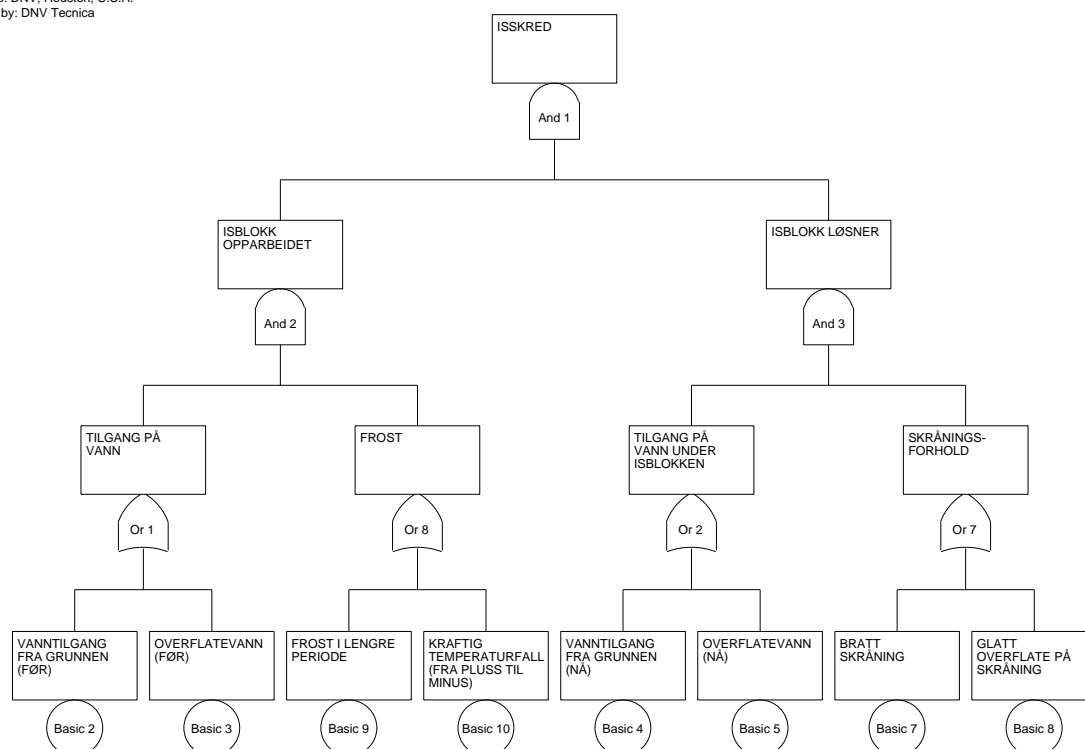
De viktigste elementene som inngår i oppbygging av et feiltre er beskrevet her:

BASIC (no: "Basishendelse") - Hendelse/faktor som ikke krever (evt. ikke ønskelig/relevant) videre dekomponering

AND (no: "OG")- port - innebærer at alle faktorer listet under porten må være tilstede for å få faktor beskrevet over porten.

OR (no: "ELLER")- port - innebærer at det er tilstrekkelig at minst én av faktorene listet under porten er til stede for å få faktor beskrevet over porten.

CARA Fault Tree version 4.1 (c) SINTEF 1997
Licenced to: DNV, Houston, U.S.A.
Supported by: DNV Technica



Figur 4 Årsaksmodell for isskred – utviklet feiltre

Tradisjonelt i kvantitativ risikoanalyse nedtegnes sannsynlighet eller frekvenstall i de definerte basishendelsene (*Basic n*) i feiltreet. En sannsynlighet eller frekvens for topphendelsen i feiltreet, beregnes da ut fra oppbyggingen av "And" og "Or"- porten i treet.

For mange årsaksforhold er det imidlertid vanskelig å kvantifisere alle basisforhold i et feiltre. Årsaker til dette kan være manglende tilgang til data, vanskelig å bearbeide data, vanskelig å kvalitetssikre data, osv. Dette har også vært gjeldende for utvikling av skredrisikomodellen. Prosjektet har derfor ikke funnet det formålstjenlig å etablere tall/verdier i en detaljert beregningsmodell. I stedet for er det valgt å bygge opp en modell som angir en sannsynlighets *score* for en gitt vegstrekning og skredtype (se også avsnittene 4.4 og 5.2).

Feiltrær benyttes derfor i utviklingen av denne modellen til å:

- 1) Liste alle faktorer som kan påvirke sannsynligheten for topphendelse 1 og synliggjøre sammenhengene mellom dem
- 2) Indikere viktighet av faktoren for å gi innspill til vekting av en gitt faktor (se kap. 4.5).

Hvilken verdi denne scoren får vil være avhengig av de sannsynlighetsfaktorene som er tilstede. Dvs. det er nødvendig å definere scores for hver enkelt faktor. Det er derfor definert klasser/grupper for hver enkelt sannsynlighetsfaktor (statisk/dynamisk) og allokeret en score for hver av disse. Et eksempel er gitt nedenfor for *isskred* og statisk faktor *geometri / vinkel på skråning*:

Sannsynlighetsklasse	Svært lav	Lav	Middels	Høy	Svært høy
Tallfestet / Beskrivende	< 25°	25° - 30°	30° - 50°	50° - 70°	> 70°
Sannsynlighetsscore (uvektet)	1	2	3	5	10

Det er tenkt at jo høyere score man setter, jo høyere er sannsynligheten for at skred utløses. Se vedlegg A for sannsynlighetsscores for henholdsvis de statiske og dynamiske faktorene, som ble etablert i egne arbeidsmøter med SVV.

4.3 Identifisering av statiske og dynamiske faktorer

Første steg i arbeidsprosessen for utarbeidelse av en skredrisikomodel var altså å identifisere statiske og dynamiske faktorer mht skredrisiko.

Det er primært de faste, statiske omgivelser i og omkring vegnettet som i første rekke er avgjørende for om et skred kan inntreffe, samt styrende for utfallene av skred. Imidlertid spiller også de dynamiske faktorene inn, gjerne i kombinasjon med de statiske. Kjernegruppen har systematisk gått gjennom skredtype for skredtype mht deres statiske og dynamiske faktorer. De faktorene som av kjernegruppen ble ansett som mest viktige mht skredrisiko ble også identifisert spesielt, men ingen faktorer ble kvantifisert / vektet nærmere i dette møtet.

Gjennom første arbeidsmøte ble en lang rekke faktorer identifisert per skredtype. I Vedlegg A er alle disse faktorene listet opp per skredtype. Etter en beskrivelse av skredtypen, er det for hver faktor angitt følgende:

- Kort beskrivelse
- Om faktoren er statisk (S) eller dynamisk (D)
- Detaljert beskrivelse av faktoren
- Øvrig informasjon

4.4 Klassifisering av faktorer

Det ble gjennomført et eget arbeidsmøte med SVV 19-20.06.2008 med det formål å ta for seg de statiske sannsynlighetsfaktorene som er identifisert, definere klasser/grupper for hver enkelt faktor og allokere en sannsynlighets**score** for hver av disse, avhengig av om faktorene bidrar til topphendelse 1 eller 2 (se også avsnitt 4.2). Det er tenkt at jo høyere score man setter, jo høyere er sannsynligheten for at skred utløses og eksponerer vegen. Sammenhengen mellom score og faktor-"verdi", er vist i Vedlegg A. Som for statiske faktorer ble det i et eget arbeidsmøte 20.08.2008 gjennomført den samme eksersisen, men da rettet mot de identifiserte dynamiske faktorene.

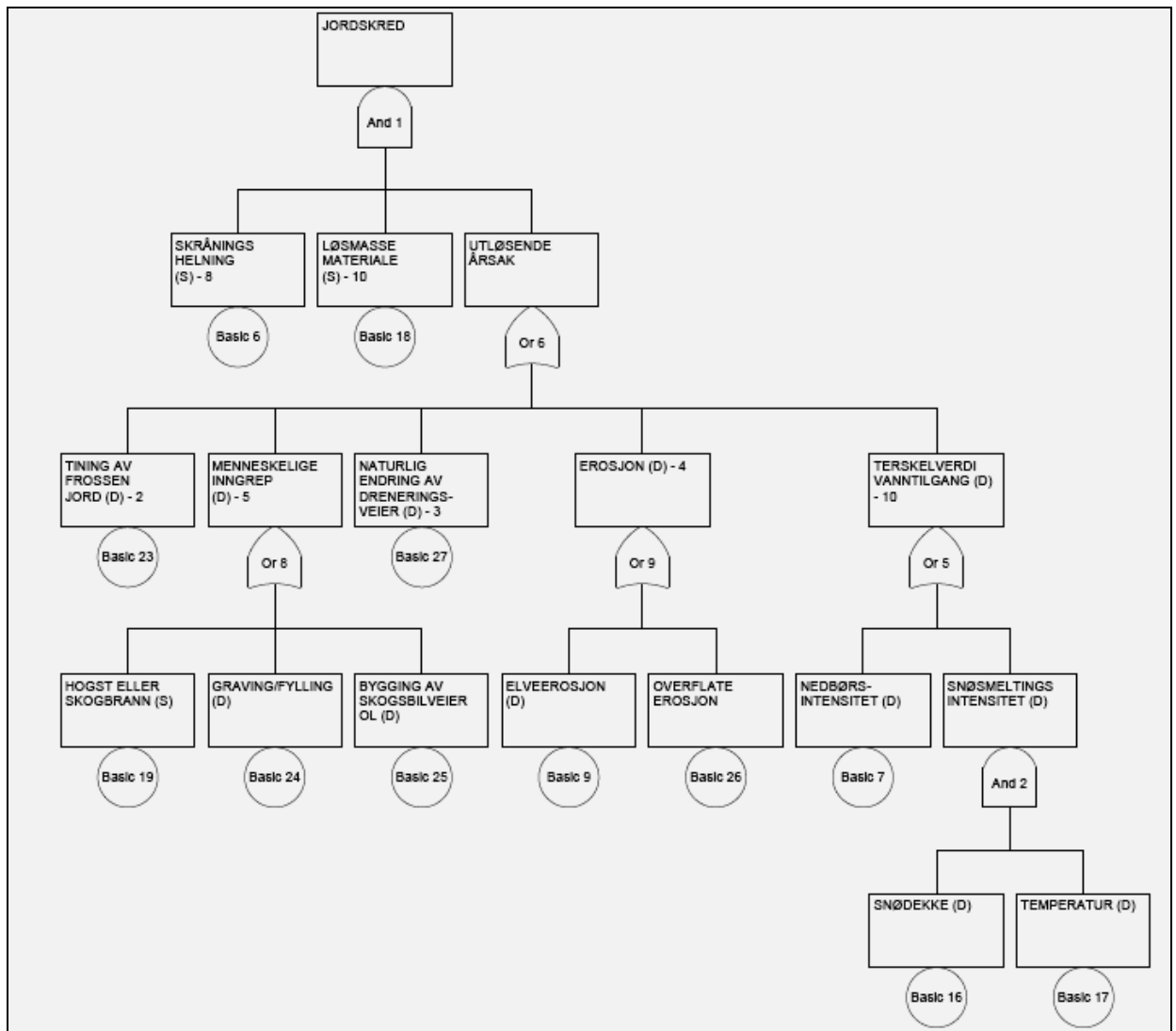
Tilsvarende er det identifisert, klassifisert og vektet faktorer som er med på å påvirke konsekvensene av et skred, og derigjennom allokere konsekvens**score** for hver av disse. Prinsippet er også her at jo høyere score man setter, jo høyere er konsekvensen av skredet (se også avsnitt 5.3).

4.5 Faktorveker - sannsynlighetsfaktorer

Den relative betydningen av hver faktor mhp. totalrisikoen, vil som nevnt over variere fra faktor til faktor, og mellom skredtypene. Til dette arbeidet er det benyttet feiltrær for sannsynlighetsfaktorene (til vekting av konsekvensfaktorene ble dette imidlertid ikke funnet nødvendig å benytte - kun en skjønsmessig vurdering ble gjort). Alle feiltrærne med vektorer (V) er utarbeidet via diverse arbeidsmøter og øvrig korrespondanse mellom kjernegruppene, og er å finne i vedlegg B. Et eksempel på feiltre med tilhørende vektorer for jordskred er vist nedenfor for illustrasjonsformål.

Arbeidet med å finne de enkelte vektene ble gjennomført etter følgende metode:

- Ta utgangspunkt i et feiltre
- Identifisere de faktorene som bidrar mest til skred (uavhengig av "plassering" og "kombinasjon med andre" i feiltreet) -> V=10
- Identifisere faktorer som alene (og ikke i kombinasjon med andre) kan forårsake skred -> V= 7-10
- Identifisere faktorer som går igjen flere steder i feiltreet -> V= 5
- Identifisere faktorer som kun forårsaker skred i kombinasjon med en annen faktor, -> V= 3
- Identifisere faktorer som kun forårsaker skred i kombinasjon med flere andre faktor (>1), -> V= 1



Figur 5 Feiltre for jordskred med tilhørende vektorer

5.0 Skredrisikomodellen

Den metodiske framgangsmåten i prosjektet har vært å dele sannsynlighetsdelen av skredrisikoen opp i to ulike klasser mht faktorer som styrer sannsynligheten for topphendelse 1 ("Skred går") og for topphendelse 2 ("Skred eksponerer veg"). De to klassene er som beskrevet i kapittelet overfor og kalt "statiske faktorer" og "dynamiske faktorer". Merk at tilsvarende klasseinndeling ikke er benyttet for konsekvensfaktorene.

5.1 Praktisk bruk

Gjennomgangen av alle skredtypene og de relaterte faktorene er dokumentert og presentert via en rekke tabeller/skjemaer (se Vedlegg A) på en slik måte at de i så stor grad som mulig skal lette arbeidet med klassifisering av de enkelte strekningene man ønsker å betrakte.

Som nevnt i avsnitt 4.2 forholder klassifiseringen seg til en klassisk fem-delning av faktorene som er identifisert for styrende av sannsynlighet og konsekvens, der man går fra lav grad av sannsynlighet / konsekvens til høy grad av sannsynlighet / konsekvens. Gjennom en slik oppsummering av faktorene kan brukerne av skredrisikomodellen ta med seg faktorlisten og skredrisikomodellen (databasert – Excel regneark) ved befaringer langs det norske vegnettet for å kunne beregne de nødvendige scores for sannsynlighet og konsekvens, som altså i kombinasjon angir skredrisikoen for vegstrekningen og for valgt skredtype.

5.2 Beregning av sannsynlighetsscores for en vegstrekning

Sannsynlighets-"biten" for skredrisiko er som vist i Figur 2 satt sammen av sannsynligheten (score) for at skred utløses, dvs. topphendelse 1, og sannsynligheten for at skred eksponerer vegen, dvs. topphendelse 2, gitt at det er utløst. Disse igjen kan splittes i statiske og dynamiske scores. Nedenfor er det gitt forslag til beregning av scores.

Ved hjelp av modellen skal man for en enkelt vegstrekning (og skredtype) kunne beregne totale sannsynlighetsscores (statisk, dynamisk og samlet)

Alle scoreverdier vil i teorien kunne være tall mellom 0 (minimum) og 100 (maksimum). I praksis vil ikke disse ekstremverdiene oppnås da ikke alle faktorverdier er 0 og heller er ikke alle faktorvekter lik 10.

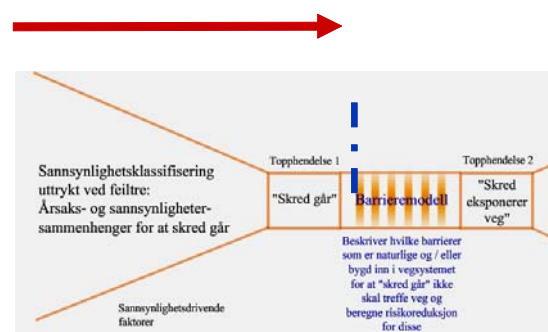
5.2.1 Sannsynlighetsscores for topphendelse 1

I. Score for statiske og dynamiske faktorer samlet

La F_i ($i=1,2,\dots, l$) være alle faktorene som er definert til å kunne ha en effekt på sannsynligheten for en type skred og topphendelse 1 ("skred går").

La videre V_i ($i=1,2,\dots, l$) være de enkelte vektene som er angitt for faktorene F_1, F_2, \dots, F_l . Da vil den totale sannsynlighetsscoren ($Pscore1_total$) for topphendelse 1 kunne beregnes som følger:

$$Pscore1_total = \left(\sum_{i=1}^l V_i \times Pscore(F_i) \right) / l$$



hvor $Pscore(F_i)$ er uvektet sannsynlighetsscore for faktor F_i ($i=1,2,\dots, I$).

II. Score for statiske faktorer

La F_i ($i=1,2,\dots, I_S$) være de **statiske** faktorene som er definert til å kunne ha en effekt på sannsynligheten for en type skred og topphendelse 1 ("skred går").

La videre V_i ($i=1,2,\dots, I_S$) være de enkelte vektene som er angitt for faktorene F_1, F_2, \dots, F_{I_S} . Da vil sannsynlighetsscoren for statiske faktorer ($Pscore1_statisk$) for topphendelse 1 kunne beregnes som følger:

$$Pscore1_statisk = \left(\sum_{i=1}^{I_S} V_i \times Pscore(F_i) \right) / I_S$$

hvor $Pscore(F_i)$ er uvektet sannsynlighetsscore for faktor F_i ($i=1,2,\dots, I_S$).

III. Score for dynamiske faktorer

La F_i ($i=1,2,\dots, I_D$) være de **dynamiske** faktorene som er definert til å kunne ha en effekt på sannsynligheten for en type skred og topphendelse 1 ("skred går").

La videre V_i ($i=1,2,\dots, I_D$) være de enkelte vektene som er angitt for faktorene F_1, F_2, \dots, F_{I_D} . Da vil den totale sannsynlighetsscoren for dynamiske faktorer ($Pscore1_dynamisk$) for topphendelse 1 kunne beregnes som følger:

$$Pscore1_dynamisk = \left(\sum_{i=1}^{I_D} V_i \times Pscore(F_i) \right) / I_D$$

hvor $Pscore(F_i)$ er uvektet sannsynlighetsscore for faktor F_i ($i=1,2,\dots, I_D$).

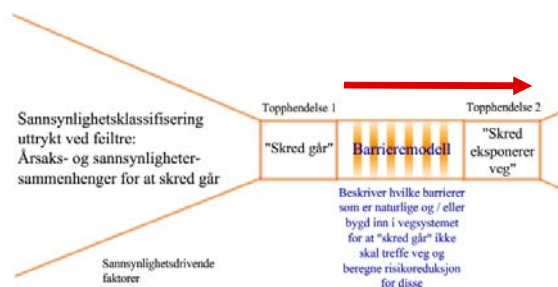
Merk at i det ovenstående så har vi at:

$$I = I_S + I_D$$

5.2.2 Sannsynlighetsscore for topphendelse 2

Faktorer/barrierer for å unngå eksponering av veg er f.eks:

- Veg-/fanggrøft
- Drenering/terrengtiltak
- Overbygg
- Isfjerning
- Skog-"pleie"
- Avledningskanaler
- Oppsamlingsmagasin
- Vegtunnel / bru
- Sprengning



I. Score for statiske og dynamiske faktorer samlet

La G_j ($j=1,2,\dots, m$) være alle faktorene som er definert til å kunne ha en effekt på topphendelse 2 ("skred eksponerer veg") for en type skred, og med tilhørende vektor W_j ($j=1,2,\dots, m$). Da vil den totale sannsynlighetsscoren ($Pscore2_total$) for topphendelse 2 kunne beregnes som følger:

$$Pscore2_total = \left(\sum_{j=1}^m W_j \times Pscore(G_j) \right) / m$$

hvor $Pscore(G_j)$ er sannsynlighetsscoren for faktor G_j ($j=1,2,\dots, m$).

II. Score for statiske faktorer

La G_j ($j=1,2,\dots, m_S$) være de **statiske** faktorene som er definert til å kunne ha en effekt på sannsynligheten for en type skred og topphendelse 2 ("skred eksponerer veg").

La videre W_j ($j=1,2,\dots, m_S$) være de enkelte vektene som er angitt for faktorene G_1, G_2, \dots, G_{m_S} . Da vil sannsynlighetsscoren for statiske faktorer ($Pscore2_statisk$) for topphendelse 2 kunne beregnes som følger:

$$Pscore2_statisk = \left(\sum_{j=1}^{m_S} W_j \times Pscore(G_j) \right) / m_S$$

hvor $Pscore(G_j)$ er uvektet sannsynlighetsscore for faktor G_j ($j=1,2,\dots, m_S$).

III. Score for dynamiske faktorer

La G_j ($j=1,2,\dots, m_D$) være de **dynamiske** faktorene som er definert til å kunne ha en effekt på sannsynligheten for en type skred og topphendelse 2 ("skred eksponerer veg").

La videre W_j ($j=1,2,\dots, m_D$) være de enkelte vektene som er angitt for faktorene G_1, G_2, \dots, G_{m_D} . Da vil sannsynlighetsscoren for dynamiske faktorer ($Pscore2_dynamisk$) for topphendelse 2 kunne beregnes som følger:

$$Pscore2_dynamisk = \left(\sum_{j=1}^{m_D} W_j \times Pscore(G_j) \right) / m_D$$

hvor $Pscore(G_j)$ er uvektet sannsynlighetsscore for faktor G_j ($j=1,2,\dots, m_D$).

Merk at i det ovenstående så har vi at:

$$m = m_S + m_D$$

5.2.3 Sannsynlighetsscore for topphendelse 2

Det er foreslått at man kan beregne den totale sannsynlighetsscoren (samlet, statisk og dynamisk) for at skred eksponerer vegen på følgende måte ved å ta utgangspunkt i de beregningene som er vist i de foregående to avsnittene.

I. Totalscore for statiske og dynamiske faktorer

$$\text{Pscore_total} = (\text{Pscore1_total} + \text{Pscore2_total})/2$$

II. Totalscore for statiske faktorer

$$\text{Pscore_statisk} = (\text{Pscore1_statisk} + \text{Pscore2_statisk})/2$$

III. Totalscore for dynamiske faktorer

$$\text{Pscore_dynamisk} = (\text{Pscore1_dynamisk} + \text{Pscore2_dynamisk})/2$$

5.3 Beregning av konsekvensscore for en vegstrekning

Skredrisiko vil altså i vår modell være sannsynligheten for at skred som eksponerer/treffer veg forårsaker samfunnsøkonomiske tap. I avsnitt 5.2 over har vi vist mulige måter å gjenspeile sannsynlighet via "scores". Prinsippet var at høye scores reflekterer enten at det er stor sannsynlighet for at skred utløses (topphendelse 1) og/eller det er stor sannsynlighet for at skred eksponerer vegen når det først er utløst (topphendelse 2).

For å komplettere modellen må metoden kunne reflektere eventuelle konsekvenser om et skred eksponerer veg. Noen elementer i dette arbeidet er angitt nedenfor.

- Når et skred eksponerer veg kan det ha konsekvens for;
 - Materielle verdier (bygninger, vegkropp, installasjoner, kjøretøy)
 - Person (tap av menneskeliv)
 - Samfunnsøkonomi (stengte veger kan føre til at områder blir avstengt, industri får ikke råstoff, opphoping av lagre)
- Kartlegging av materielle verdier er omfattende, det er stor årlig endring, samt at dette ikke er styrende for SVVs virksomhet. De viktige faktorene for samfunnet og SVV er derfor person og samfunnsøkonomi
- Møreforskning har gjennomført en omfattende samfunnsøkonomisk analyse av skred for det norske vegnettet (ref. 02)
- Med basis i Møreforsknings arbeid har vi valgt ut følgende konsekvensfaktorer mhp samfunnsøkonomiske konsekvenser som aktuelle for å benytte i skredrisikomodellen:
 - ÅDT
 - Gang-/sykkelveg (ja/nei)
 - Stamveg (ja/nei)
 - Andel (%) tung-/varetransport
 - Omkjøringstid (timer)

I vedlegg A er det vist hvilke scores og vektorer som er utledet for de 5 konsekvensfaktorene som er vist over.

Vi har valgt å benytte samme beregningsmåte som i sannsynlighetsdelen av modellen. Derfor har vi følgende:

Som for beregning av sannsynlighetsscores vil det være nødvendig å vekte ovennevnte faktorer også for å komme fram til en konsekvensscore, dvs. vi antar ikke at alle faktorene er like bestemmende for konsekvensen. Dermed vil konsekvensscoren kunne uttrykkes ved:

La H_i ($i=1,2,\dots, n$) være de faktorene som er definert til å kunne ha en effekt på konsekvensen av en type skred. La videre Z_i ($i=1,2,\dots, n$) være de enkelte vektene som er angitt for faktorene H_1, H_2, \dots, H_n . Da vil den totale konsekvensscoren ($Kscore$) kunne beregnes som følger:

$$Kscore = \left(\sum_{i=1}^n Z_i \times Kscore(H_i) \right) / n$$

Som for sannsynlighetsscores, vil i teorien $Kscore$ også kunne være tall mellom 0 (minimum) og 100 (maksimum). I praksis vil imidlertid heller ikke disse ekstremverdiene oppnås da ikke alle faktorverdier er 0 og heller er ikke alle faktorvekter lik 10

5.4 Risikomatrise

Etter å ha beregnet de forskjellige $Pscore$ s og $Kscore$ for en gitt vegstrekning og skredtype, vil man ved å benytte modellen, kunne plote inn sannsynlighet og konsekvens (gjenspeilet f.eks. via henholdsvis $Pscore_total$ og $Kscore$) i en "risikomatrise" som er en vanlig måte å sammenstille risiko på.

Avhengig av hva som er formålet med risikoberegningene, vil man kunne konstruere forskjellige typer matriser for å tegne et risikobilde.

Alt 1: Samme (del)vegstrekning med risiko for forskjellige skredtyper

Alt. 2: For samme skredtype med risiko for forskjellige delstrekninger av en og samme veg (f.eks. E6)

Et eksempel på alt. 2 er vist nedenfor for illustrasjonsformål. Merk at fargene som er benyttet (rød, gul og grønn), er tilfeldig valgt og ikke representerer "risikoaksept"-nivåer for SVV. Alternativt kan man enten benytte en matrise uten disse fargene, men kun betrakte "plassering" i matrisen for å differensiere på risiko, eller å gruppere kombinasjoner av sannsynlighet og konsekvens i "Høy", "Middels" og "Lav" risiko.

Score-intervallene på 20 som vises i figuren nedenfor, er kun brukt som et eksempel. Merk at Y-aksen representerer beregnet verdi for $Pscore_total$, og X-aksen $Kscore$.

Skredrisikomatrise for samfunnsøkonomi, Utvalg: Europaveger. Skredtype: Steinskred						
Sannsynlighet	80-100	E6 ₁				
	60-80					
	40-60	E6 ₂	E39 ₁			
	20-40				E10 ₂	
	1-20					
		1-20	20-40	40-60	60-80	80-100
	Konsekvens					

Figur 6 Eksempel på risikomatrise

6.0 Verktøyet og praktisk bruk

Som besluttet i prosjektet, er modellen utviklet som et verktøy i arbeidet med å (primært) rangere vegstrekninger mhp skredrisiko for derigjennom å identifisere tiltak for risikoreduksjon. I tillegg skal modellen benyttes i planlegging og prosjektering av nye vegstrekninger for å sikre disse så langt det lar seg gjøre, mot skred.

Det er utviklet et beregningsverktøy vha Excel, hvor alle identifiserte faktorer er listet med tilhørende klassifisering og vektorer. Basert på brukerens input, dvs. valg av klasse ut i fra lokale målinger og tilgang på informasjon om den angjeldende vegstrekningen, vil verktøyet beregne sannsynlighetsscore og konsekvensscore. Siden Excelarket dekker alle 9 skredtyper, så kan man ved hjelp av ett ark (les fil) kunne få beregnet scores for alle ønskelige skredtyper for samme vegstrekning. Avhengig av SVVs formål med skredvurderingene, finnes det en rekke måter som verktøyet kan brukes til. Et eksempel er gitt nedenfor.

Hvis man etter en grundig kartlegging, eller basert på historikk, av en vegstrekning fra A til B, finner at forholdene er slik at skredrisiko i utgangspunktet vil være avhengig av hvilket punkt / delstrekning man betrakter, vil det være hensiktsmessig å dele A-B opp i høvelige delstrekninger f.eks. S1, S2, S3, osv, og benytte regneverktøyet til å beregne sannsynlighetsscore og konsekvensscore for alle relevante skredtyper og delstrekninger. Disse delstrekningene vil kunne variere i lengde, alt fra 100 m til flere kilometer. Resultatet av et slikt arbeid vil kunne dokumenteres som følger, og danne grunnlag for eventuelle prioriteringer av risikoreducerende tiltak.

Skredtype:	S1			S2			S3		
	S*	K*	R*	S	K	R	S	K	R
Isskred									
Snøskred									
Sørpeskred									
Steinsprang									
Steinskred									
Fjellskred									
Flomskred									
Jordskred									
Kvikkleireskred									

Tabell 1 Eksempel på risikotabell

*) *S: Sannsynlighetsscore, K: Konsekvensscore, R: "Risiko" (rød, gul, grønn; alt: Høy, Middels, Lav)*

En videre utvidelse av dette arbeidet kan involvere risikovurderinger av hver skredtype og delstrekning på månedlig basis eller årstid. Da vil man kunne se eventuelle variasjoner i risiko over året. Resultatene vil kunne vises via en rekke liknende tabeller som den over.

Regneverktøyet vil også kunne benyttes til å se på effekten av innføring av tiltak, dvs. man gjøre beregninger som vist over, før tiltak (dagens situasjon) og etter at tiltak er utført.

Automatisk sammenstilling av scores for flere (del-/hoved-) vegstrekninger og skredtyper og plassering av disse i en risikomatrix, er ikke del av foreliggende regneverktøy.

7.0 Referanser

01	Norsk standard NS5814:2008 – "Krav til risikovurderinger"
02	Bråthen. S, Husdal. J, Rekdal. J, 2008, Samfunnsøkonomisk verdi av rassikring, Møreforskning Molde AS
03	Skredrisikomodell for vegnettet i Norge. Rapport til Statens vegvesen Vegdirektoratet Vedlegg A-C til Rapport nr.: 2008-1619. DNV 22/12/2009

DNV Business Assurance:

er et annerledes konsulentselskap som tilbyr avansert tverrfaglig kompetanse innen ledelse og teknologi. Vi er solid forankret i Det Norske Veritas og basert på DNVs omfattende teknologikompetanse, internasjonale erfaring og unike uavhengighet som en stiftelse. Våre 400 konsulenter betjener internasjonale kunder fra kontorer i Norge, Storbritannia, Tyskland, Belgia og USA med full tilgang til DNVs verdensomspennende nettverk.

en ny virkelighet, en annen tilnærming:

DNV BUSINESS ASSURANCE

MANAGING RISK



Skredrisikomodel for vegnettet i Norge:

Rapport til Statens vegvesen Vegdirektoratet
Vedlegg A-C til Rapport nr.: 2008-1619

Rev. 0

22. desember 2009

Status: ARBEIDSDOKUMENT



Vedlegg A Oversikt over faktorer for alle skredtyper

A.1 Generelt

I dette vedlegget er det gitt en samlet oversikt over alle statiske og dynamiske faktorer for alle skredtyper som har blitt utarbeidet i løpet av prosjektet. Dette reflekterer oppbyggingen av skredrisikomodellen. Merk at store deler av dette vedlegget kun er tenkt til internt bruk (og leselig) av kjernegruppene i SVV og DNV. Videre er det uthevet (i gult) aksjoner og informasjon som fortsatt mangler. Etter avtale med Heidi Bjordal i desember 2009, lar vi dette dokumentet ha status som Arbeidsdokument inntil annet blir vedtatt.

Under overskrift "Oversikt" er det for hver skredtype og faktor er det gitt en kort beskrivelse, om faktoren er statisk eller dynamisk (angitt som **S** og **D**, henholdsvis) samt om faktoren er: *sannsynlighetsdrivende*, dvs. har effekt på topphendelse 1 "skred utløses" (angitt som **P**) og/eller *konsekvensdrivende*, dvs. har effekt på topphendelse 2 "skred eksponerer veg" (angitt som **K**). Denne informasjonen ble primært etablert via arbeidsmøtet som ble avholdt 19-20. juni 2008.

Videre er det definert klasser/grupper og allokeret en (uvektet) **score** for hver av disse samt en **vekt**. Sistnevnte er framkommet som et resultat av utvikling av feiltrær som er vist i Vedlegg B i dette dokumentet. Disse dataene er resultatet av en rekke møter og dialog mellom SVV og DNV.

For noen dynamiske faktorer er det anvist to forskjellige måter å måle/observere på og disse er angitt som enten *prioriteringsparameter* og *driftsparameter*.

Prioriteringsparameteren anvendes i skredmodellen for å beregne risikoen på en strekning over en lengre tidsperiode - en sesong eller et år. Resultatet av beregninger med prioriteringsparameter er et måltall for skredrisikoen på en gitt vegstrekning over en sesong. Disse beregningene er tenkt anvendt som et beslutningsgrunnlag for å sammenlikne vegstrekninger og for å prioritere hvor en bør innføre tiltak.

Driftsparameteren anvendes inn i skredmodellen for å beregne risikoen på en strekning for en kortere tidsperiode – inneværende døgn. Resultatet av beregninger med driftsparameter er et måltall for skredrisikoen for inneværende døgn på en gitt vegstrekning. Disse beregningene kan tenkes anvendt som et beslutningsgrunnlag for å avgjøre om den gitte vegstrekningen skal holdes åpen eller stenges i tillegg til å kunne benyttes i prioriteringsøyemed.

Et eksempel er gitt nedenfor for *isskred* og statisk faktor *geometri / vinkel på skråning*:

Klasse/gruppe	Svært lav	Lav	Middels	Høy	Svært høy
Tallfestet / Beskrivende	< 25°	25° - 30°	30° - 50°	50° - 70°	> 70°
Uvektet score	1	2	3	5	10
Vekting	2				

Merk at første linje i eksemplet over er utelatt i tilsvarende tabeller i de neste avsnittene da det ikke er funnet formålstjenlig samt at det er plassbesparende.

Det er tenkt at jo høyere score man setter, jo høyere er henholdsvis sannsynligheten for at skred utløses og/eller eksponerer vegen, eller at konsekvensen av skredet er større. Verdi 1 skal indikere lav sannsynlighet/konsekvens, mens motsatt score 10 reflekterer høy sannsynlighet/konsekvens.

Merk at for noen faktorer ble det ikke funnet hensiktsmessig/mulig å beskrive hver klasse for seg. Derfor, for å indikere en glidende skala fra *svært lav* til *svært høy*, er kun ytterpunktene beskrevet. I tillegg er enkelte faktorer av en slik art at enten var den ikke tilstede eller tilstede, dvs, *Nei / Ja*. For disse ble verdien 0 allokert til *Nei*, mens 10 ble gitt i tilfelle *Ja*.

I de 9 underavsnittene som følger er hver skredtype behandlet separat.

- A.2. Isskred
- A.3. Snøskred (flakskred og løssnøskred)
- A.4. Sørpeskred
- A.5. Steinsprang (volum < 100 m³)
- A.6. Steinskred (volum 100 - 10 000 m³)
- A.7. Fjellskred (volum > 10 000 m³)
- A.8. Flomskred (jord, stein og vann)
- A.9. Kvikkleireskred
- A.10. Jordskred - grunne overflateskred

De faktorene som er identifisert til å ha effekt på konsekvensene av skred (dvs. gitt at skredet treffer/eksponerer vegen), er også gitt scores og vekt som for faktorene over. Dette er dokumentert i avsnitt A.11. Merk at disse faktorene er de samme uavhengig av skredtype.

A.2 Isskred

A.2.1 Oversikt

Beskrivelse/forutsetning: En eller flere isblokker som detter ned fra islagt skjæring/sideterreng. Må ha: Sideterreng eller skjæring som er bratt nok til at noe kan løsne og falle ned. Tilgang på vann og kulde (så vannet fryser til is). Varme eller vann som fører til at en isblokk løsner og faller ned. Veggroft, sikringsnett, drenering/terrengtiltak, overbygg, isfjerning vil være ulike typer tiltak for å hindre skredet i å løsne eller hindre at det treffer vegen.

Faktor	Vurdering / Beskrivelse
<p>Statisk / Dynamisk Sanns/konsekvens</p> <p>Vanntilgang fra grunnen og overflatevann</p> <p>D P / K</p>	<p>Oppbygging av is forutsetter at det er både vanntilgang fra grunnen og overflatevann tilgjengelig og at det samtidig er frost. De to faktorene vanntilgang fra grunnen/overflatevann og frost i kombinasjon er derfor en forutsetning for at et isskred skal kunne inntreffe.</p> <p>Dynamisk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vanntilgang fra grunnen påvirkes av nedbør og smeltevann og vil variere over dager/uker. Dynamisk faktor. • Overflatevannet er avhengig av nedbør og tilsig og er derfor en dynamisk faktor. <p>Sannsynlighet/konsekvens:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vanntilgangen under isen påvirker sannsynligheten for at et skred utløses. Vanntilgang kan løse opp heft mot underlaget og redusere friksjonen mellom is og underlag. Økt vanntilgang gir dermed økt sannsynlighet for skred. • Økt vanntilgang kan føre til større isblokk og dermed også økt konsekvens av isskred. <p>En isblokk, som kan løsne, er en forutsetning for at et isskred skal kunne skje. Isskredet ER en blokk som løsner. Faktoren kan gjerne deles i to, men vanntilgang fra grunnen vil også variere med nedbør og smeltevann og være dynamisk.</p>
<p>Frost</p> <p>D P</p>	<p>Oppbygging av isblokker forutsetter at det er både vanntilgang fra grunnen og overflatevann tilgjengelig og at det samtidig er frost. De to faktorene vanntilgang fra grunnen/ overflatevann og frost i kombinasjon er derfor en forutsetning for at et isskred skal kunne inntreffe.</p> <p>Dynamisk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperaturen varierer over tid og dermed også forholdene for frost, det er derfor en dynamisk faktor. <p>Sannsynlighet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Frosten påvirker sannsynligheten for isskred. Det må frost og vanntilgang til for at en isblokk skal bygges opp. Langvarig frost i kombinasjon med vanntilgang gir dermed økt sannsynlighet for isskred.

Faktor	Vurdering / Beskrivelse
<p>Statisk / Dynamisk Sanns/konsekvens</p> <p>Geometri - Høyden på skråningen - Vinkelen på skråningen - Bredden til skråningen - Form på skråningen - Overflate</p> <p>S P / K</p>	<p>Høyden på skråningen: Høyere skråning kan gi nedfall større fart som kan gi større konsekvens. Mer is kan også dannes i høyere skråning.</p> <p>Vinkelen på skråningen: Påvirker sannsynligheten for skred, fordi den påvirker friksjonskreftene mellom underlaget og isen. Isnedfall/isskred opptrer oftere i terreng brattere enn 30 grader.</p> <p>Bredde: Bredden påvirker sannsynlighet og konsekvens for isskred. Se også kommentar til høyre.</p> <p>Overflate: "Ru" overflate med mange "trinn" reduserer mulighet for at blokkene løsner og faller hele ned. Glatte skråninger er "verst".</p> <p>Statisk:</p> <ul style="list-style-type: none"> Geometrien er en statisk faktor (flere år for endring) <p>Sannsynlighet/konsekvens:</p> <ul style="list-style-type: none"> Høyden på fjellsiden Vinkelen på helningen påvirker sannsynligheten for at et isskred utløses. Sannsynligheten for skred øker med størrelsen på vinkelen. Fjellskjæringer er i vinkel 10:1 (nær vertikalt). <p>- større høyde gir mer rom for isdannelse og vil påvirke konsekvensene (mer is eller is i stor fart fra stor høyde har større konsekvenser).</p> <p>- Større bredde gir selvfølgelig også mer areal hvor is kan dannes og løsne, men tenker man "fare for nedfall per meter veg" har ikke bredden så mye å si.</p> <p>- Begreper som konvekse/konkave brukes ikke og har nok ikke mye å si. Vi kan heller prate om overflatens ruhet</p> <p>- Høyde, vinkel og overflate er viktigst.</p>
<p>Snømengde</p> <p>D P</p>	<p>I områder hvor det ligger store snømengder på fjellsiden vil snøen isolere, slik at det ikke bygger seg opp is av overflatevannet under snømassene.</p> <p>Dynamisk:</p> <ul style="list-style-type: none"> Snømengden varierer over tid (igjennom året), i samspill med snøfall, nedbør og temperatur og er derfor dynamisk. <p>Sannsynlighet:</p> <ul style="list-style-type: none"> Det er mindre sannsynlighet for at is bygges opp i områder med store snømengder enn i områder med lite eller ingen snø, pga isolasjonseffekten til snømengden. For at is skal kunne bygges opp er det en forutsetning med vanntilgang og frost. <p>Stor snømengde vil være en sannsynlighetsreducerende faktor.</p>
<p>Geologi</p> <p>- vannførende formasjoner, kanaler, sprekk, bekk</p> <p>S P</p>	<p>De geologiske forholdene i grunnen, vannførende formasjoner, kanaler, sprekker påvirker vanntilførselen til områdene under en eventuell isblokk (flere og større sprekker, gir mer vanntilførsel).</p> <p>Statisk:</p> <ul style="list-style-type: none"> Antall vannførende formasjoner varierer lite over tid (flere år), og er derfor å regne som statiske. <p>Sannsynlighet:</p> <ul style="list-style-type: none"> Vannførende formasjoner påvirker sannsynligheten for at isskred skal utløses. Disse vannførende formasjonene fører til økt vanntilgang under isen. Økt vanntilgang påvirker sannsynligheten for at et skred kan utløses, fordi vanntilførselen kan redusere heften mot underlaget, og dermed øker sannsynligheten for skred.

Faktor	Vurdering / Beskrivelse
<p>Statisk / Dynamisk Sanns/konsekvens</p> <p>Temperatursvingning vårtining (mildværsperiode (1-2 uker) etter kuldeperiode)</p> <p>D P</p>	<p>Temperatur stigning i vårtiningen kan være en utløsende faktor for skredet</p> <p>Dynamisk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperaturen varierer over tid og er derfor en dynamisk faktor. <p>Sannsynlighet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperatursvingningene under vårtining påvirker vanntilgangen under en eventuell isblokk og påvirker derfor sannsynligheten for et isskred.
<p>Temperaturveksling (frysing- tining) vinterstid</p> <p>D P</p>	<p>Temperaturveksling om vinteren kan være en utløsende faktor for skredet.</p> <p>Dynamisk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperaturen varierer over tid og er derfor en dynamisk faktor. <p>Sannsynlighet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperaturvekslingene vinterstid påvirker vanntilgangen under en eventuell isblokk og påvirker derfor sannsynligheten for et isskred. Sannsynligheten for isskred øker med temperaturveksling, tining etter frysing.
<p>Veggrøft (oppsamlingsområdet)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dybde - Bredde <p>S K</p>	<p>Veigrøft (langs vegen) - defineres av dybde og bredde. Den vil kunne fange opp isskredet.</p> <p>Statisk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Veigrøften er statisk, da dens form ikke varierer betydelig over tid, med mindre den bygges om eller skades. <p>Konsekvens:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Veigrøften kan fange opp isskredet, og dermed begrense konsekvensene. Konsekvensene ved et eventuelt skred blir mindre med veggrøft enn uten. <p>Det å bygge en bred grøft kan føre til at isen detter ned i grøften og ikke i vegen. Brukes som et konsekvensreducerende tiltak, ofte sammen med sikringsnett.</p> <p>Vedr sannsynlighet/konsekvens: tenker man sannsynlighet for isskred, eller sannsynlighet for at isskredet lander i vegbanen? Hvis det siste, vil dette også være en "S"</p>
<p>Sikringsnett/fangnett</p> <p>S P / K</p>	<p>Sikringsnett er ett tiltak for å hindre at skredet løsner.</p> <p>Statisk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sikringsnettet er en statisk faktor, og varieres ikke over tid med mindre tas ned, bygges om eller skades. <p>Sannsynlighet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sikringsnettet kan forhindre at skredet løsner. <p>Nettet henges opp og dekker skråningen. Isen vil feste seg i dette også og ikke løsne så lett</p> <p>Konsekvens:</p> <p>Fangnett kan også fange opp deler av skred som løsner, og dermed redusere konsekvensen av skred.</p>
<p>Terrengtiltak/drenering drenere vann, eller styre vann vekk</p> <p>S P</p>	<p>Hindre vann i å renne ned skjøringen ved å lede det vekk, kan være ett risikoreducerende tiltak</p> <p>Statisk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dreneringsforholdene er statiske med mindre de bygges om eller endres av større naturhendelser. <p>Sannsynlighet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dreneringen (avskjæringsgrøft) påvirker vanntilgangen i løseområdet og påvirker derfor sannsynligheten for et isskred.

Faktor	Vurdering / Beskrivelse
Statisk / Dynamisk Sanns/konsekvens	
Overbygg S K	Overbygg kan brukes som et risikoreducerende tiltak. Statisk: <ul style="list-style-type: none">• Et overbygg er en statisk konstruksjon. Konsekvens: Overbygg er et konsekvensreducerende tiltak. Et overbygg fører isskredet utenfor vegen (over overbygget)
Isfjerning (pigging) S P	Isfjerning er et risikoreducerende tiltak. Statisk: <ul style="list-style-type: none">• Tiltakene knyttet til terrenget er statiske, men mindre nye tiltak gjennomføres. Sannsynlighet: <ul style="list-style-type: none">• Ved å fjerne isen fjerner du også forutsetningen for isskred, og sannsynligheten for isskred reduseres.

A.2.2 Statistiske faktorer

- Geometri i/nedenfor løснеområdet (Topografi)
 - Bredder på løснеområdet
 - Høyde på skråning
 - Skråningshelning
 - Overflate skråning
- Overflate isen kan bygges opp på
- Veggrøft
- Sikringsnett

Skredtype: Isskred

Faktor: Geometri i/nedenfor løsneområdet, Bredde på område

Bredden på skråning påvirker sannsynlighet og konsekvens for isskred. Større bredde gir mer areal hvor is kan dannes og deretter løsne-

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	<5m	5-10m	10-50m	50-100m	>100m
Sannsynlighetsscore	1	2	4	6	10
Vekting	2				

Konsekvensdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	<5m	5-10m	10-50m	50-100m	>100m
Konsekvensscore	1	2	4	6	10
Vekting	10				

Skredtype: Isskred

Faktor: Geometri i/nedenfor løsneområdet, Høyde på skråning (fra vei til toppen av isblokk)

Større høyde gir mer rom for isdannelse og vil påvirke konsekvensene, siden dette kan gi nedfallet større fart. Mer is kan også dannes i høyere skråning. Minimumshøyde for isskred av betydning er ca. 3 meter. Alt over minimumshøyde er ansett som fare. Det er spesielt kombinasjon "høyde på skråning" og "Bredde på veggrøft" som kan gi utslag for risiko.

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	< 2m	2-3m	3-5m	5-10m	>10m
Sannsynlighetsscore	1	2	3	7	10
Vekting	2				

Konsekvensdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	< 2m	2-3m	3-5m	5-10m	>10m
Konsekvensscore	1	2	3	7	10
Vekting	8				

Skredtype: Isskred

Faktor: Geometri i/nedenfor løsneområdet, Overflate skråning

Isblokker løsner letter fra glatte skråninger enn fra mindre glatte ruglete skråninger, fordi friksjonskreftene mellom isblokk og underlag er mindre på glattere underlag og dermed skal det mindre ismelting til før blokken løsner.

"Ru" overflate med mange "trinn" reduserer mulighet for at isblokker løsner fra underlaget og faller hele ned.

For sannsynlighet og konsekvens vil det scoremessig være en glidende overgang. Her vil personell måtte gjøre en skjønnsmessig vurdering av de aktuelle områdene.

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	<ul style="list-style-type: none"> • Store terskler i fjellsiden / • Sterkt oppsprukket fjell / kanter • Velfungerende sikringsnett i skjæring/ fjellside 				<ul style="list-style-type: none"> • Glatt / "Svaberg"
Sannsynlighetsscore	1	3	5	7	10
Vekting	6				

Konsekvensdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	<ul style="list-style-type: none"> • Store terskler i fjellsiden / • Sterkt oppsprukket fjell / kantet • Velfungerende sikringsnett i skjæring/ fjellside 				<ul style="list-style-type: none"> • Glatt / "Svaberg"
Konsekvensscore	1	3	5	7	10

Skredtype: Isskred

Faktor: Geometri i/nedenfor løsneområdet, Skråningshelning

Skråningshelning påvirker sannsynligheten for skred, fordi denne påvirker friksjonskreftene mellom underlaget og isen. Isskred opptrer oftere i terreng brattere enn ca.30 grader. Endring i vinkelen på skråningen påvirker således sannsynligheten for at et isskred utløses. Fjellskjæringer er i vinkel 10:1 (nær vertikalt).

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	< 30°	30° - 40°	40°-50°	50°-70°	> 70°
Sannsynlighetsscore	1	2	3	5	10
Vekting	2				

Konsekvensdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	< 30°	30° - 40°	40°-50°	50°-70°	> 70°
Konsekvensscore	1	2	7	10	8
Vekting	5				

Skredtype: Isskred

Faktor: Overflate isen kan bygges opp på

Overflate isen kan bygges opp på er en vurdering av overflaten på skråningen for eksempel hvorvidt vannet er godt kanalisert i grøfter/nedføringsrenner med liten sannsynlighet for å fryse, eller om det er dårlig kanalisert, og for eksempel renner/sildrer over en fjelloverflate med stor sannsynlighet for å fryse.

I områder hvor det vanligvis ligger snø på fjellsiden vil snøen isolere, slik at det ikke bygger seg opp is av overflatevannet under snømassene. Snømengde vil være en sannsynlighetsreduserende faktor. Kun aktuelt for skråningshelninger under 50grader.

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	Skjæring er dekket av snø og det er lite isdannelse.	God kanalisering av vannet, liten sannsynlighet for tilfrysing	Relativt god kanalisering, noe større sannsynlighet for tilfrysing	Mindre god kanalisering	Dårlig kanalisering, vannet renner spredt over fjellflaten.
Sannsynlighetsscore	1	2	5	7	10
Vekting	1				

Skredtype: Isskred

Faktor: Veggrøft

Veggrøft (langs vegen) - defineres av dybde og bredde. Den vil kunne fange opp isskredet. For skredrisikomodellen vil bredde av veggrøft være førende. Det å bygge en bred grøft kan føre til at isen dette ned i grøften og ikke i vegen. Brukes som et konsekvensreduserende tiltak, ofte sammen med fangnett.

Føringskant vil gi større effektiv volum av veggrøft.

Konsekvensdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	>8m	5-8m	3-5m	0-3m	0m
Konsekvensscore	1	2	4	8	10
Vekting	9				

Skredtype: Isskred

Faktor: Fangnett

Fangnett er et konsekvensreduserende tiltak da det kan hindre skredet i å nå veien.

For sannsynlighet og konsekvens vil det scoremessig være en glidende overgang. Her vil personell måtte gjøre en skjønnsmessig vurdering av sikringsnettets utforming, stand og egnethet.

Konsekvensreduserende:

Tallfestet / Beskrivende	godt fungerende fangnett montert				Fangnett ikke montert
Konsekvensscore	1	2	4	8	10
Vekting	3				

A.2.3 Dynamiske faktorer

- Vann i sprekker (Vanntilgang fra grunnen for oppbygging av isblokk)
- Overflatevann (for oppbygging av isblokk)
- Frost
- Temperatursvingning vårtining (mildværsperiode (1-2 uker) etter kuldeperiode)
- Vanntilgang pga nedbør eller smelting

Skredtype: Isskred

Faktor: Vann i sprekker (Vanntilgang fra grunnen for oppbygging av isblokk) – fortid.

Oppbygging av is forutsetter at det er enten vanntilgang fra grunnen eller overflatevann tilgjengelig og at det samtidig er frost. Vanntilgang fra grunnen/overflatevann og frost i kombinasjon er derfor en forutsetning for at et isskred skal kunne inntreffe. Vanntilgang fra grunnen er avhengig av årstid, sprekker og grunnvannsstand. Denne faktoren betyr noe for oppbygging av isblokk.

Kommentar: Trolig vanskelig å kvantifisere vannføringsmengder i forhold til sannsynlighet og konsekvens

Sannsynlighetsdrivende:

Måleverdi / enhet:

Har løsneområdet vanntilgang fra grunnen?

Tallfestet / Beskrivende	Lav vanntilgang		Middels vanntilgang		Høy vanntilgang
Sannsynlighetsscore	1		5		10
Vekting	6				

Konsekvensdrivende:

Økt vanntilgang kan føre til større isblokk og dermed også økt konsekvens av isskred.

Det må være en kombinasjon av vanntilgang og temperatur. Er vannstrømmen stor må det være veldig kaldt, men er det mindre vannstrøm så holder det med temperatur litt under frysepunktet.

Stabilt kaldt vær.

Tallfestet / Beskrivende	Lav vanntilgang		Middels vanntilgang		Høy vanntilgang
Konsekvensscore	1		5		10
Vekting	2				

Skredtype: Isskred

Faktor: Overflatevann (for oppbygging av isblokk) – fortid

Oppbygging av is forutsetter at det er enten vanntilgang fra grunnen eller overflatevann tilgjengelig og at det samtidig er frost. De to faktorene vanntilgang fra grunnen/overflatevann og frost i kombinasjon er derfor en forutsetning for at et isskred skal kunne inntreffe. For oppbyggingen av isblokken er det jevn tilgang av vann som er avgjørende. Overflatevann påvirkes av nedbør og smeltevann og vil variere over dager/uker. Det er derfor en dynamisk faktor.

Sannsynlighetsdrivende:

Måleverdi / enhet:

Har løsneområdet vanntilgang av overflatevann?

Tallfestet / Beskrivende	Lav vanntilgang		Middels vanntilgang		Høy vanntilgang med stort nedslagsfelt
Sannsynlighetsscore	1		5		10
Vekting	8				

Konsekvensdrivende:

Økt vanntilgang kan føre til større isblokk og dermed også økt konsekvens av isskred

Tallfestet / Beskrivende	Lav vanntilgang		Middels vanntilgang		Høy vanntilgang med stort nedslagsfelt
Konsekvensscore	1		5		10
Vekting	7				

Skredtype: Isskred

Faktor: Frostmengde (– fortid)

Oppbygging av isblokker forutsetter at det er både vanntilgang fra grunnen og overflatevann tilgjengelig og at det samtidig er frost. Jevn vanntilgang og frost i kombinasjon er derfor en forutsetning for at et isskred skal kunne inntreffe. Temperaturen varierer over tid og dermed også forholdene for frost, det er derfor en dynamisk faktor.

Sannsynlighetsdrivende:

Frosten påvirker sannsynligheten for isskred. Det må frost og vanntilgang til for at en isblokk skal bygges opp. Stabil og sammenhengende frostperiode i kombinasjon med vanntilgang gir dermed økt sannsynlighet for isblokk dannes og isskred kan skje.

Prioriteringsparameter:

Måleverdi / enhet: Antall frostperioder i sesongen f.eks. oktober- mars/april

<Klasser og vektning ikke utarbeidet>

Driftsparameter:

Måleverdi / enhet:

Timegrader med frost: timer x grader

Frostdøgn: frost x tid

SVV sjekker opp om det skal brukes timegrader eller frostdøgn.

(bruker timegrader inntil videre)

SVVs målestasjoner – måler temperatur en gang hver time.

DNMI måler 2-4 ganger/døgn

Tallfestet / Beskrivende	< 500	500 – 1000	1000 – 1500	1500 – 2000	> 2000
Sannsynlighetsscore	1	2	5	8	10
Vektning	10				

Skredtype: Isskred

Faktor: Temperatur/varmegrader (mildværsperiode)

Temperatur-stigning i vårtiningen kan være en utløsende faktor for skredet. Temperaturen varierer over tid og er derfor en dynamisk faktor.

Sannsynlighetsdrivende:

Temperatursvingningene under vårtining påvirker vanntilgangen under en eventuell isblokk og påvirker derfor sannsynligheten for et isskred.

Prioriteringsparameter:

Måleverdi / enhet: **Antall mildværsperioder over et år?**

<Klasser og vektning ikke utarbeidet>

Driftsparameter:

Måleverdi / enhet: timegrader per døgn

Døgnkontinuerlig varme.

Kvalifisert erfaringsbasert vurdering!

Tallfestet / Beskrivende	< 400	400 – 800	800 – 1250	1250 – 2000 over 5 døgn?	>2000
Sannsynlighetsscore	1	3	5	8	10
Vekting	9				

Skredtype: Isskred

Faktor: Vanntilgang pga nedbør eller smelting J

Sannsynlighetsdrivende:

Økt vanntilgang påvirker sannsynligheten for at et skred kan utløses, fordi vanntilførselen kan redusere heften mot underlaget, og dermed øker sannsynligheten for skred.

Måleverdi / enhet:

Prioriteringsparameter:

Måleverdi / enhet:

For kartleggingsbruk (sammenlikning og prioritering av tiltak) kan det være mer korrekt å bruke antall perioder med mildvær og nedbør gjennom vinteren, som måleparameter.

Setter klasser basert på historiske data.

(Vanskelig gjennomførbart å sette en empirisk verdi for periodisitet av mildvær (for store variasjoner, kan muligens benytte årsnedbør med 50 års returperioder.)

<Klasser og vektning ikke utarbeidet>

Driftsparameter:

Måleverdi / enhet: Summen av nedbør og smelting – i mm/døgn

Sannsynlighetsklasse	Svært lav	Lav	Middels	Høy	Svært høy
Tallfestet / Beskrivende	< 10mm	10 -20 mm	20 – 30	30 - 50	> 50mm
Sannsynlighetsscore	1	3	5	8	10
Vekting	4				

A.3 Snøskred (flaskred og løssnøskred)

A.3.1 Oversikt

Forutsetninger: Tilstrekkelig snø (som kan gli ut) oppå et svakt lag (hvor det oppstår brudd), en viss helning så skredet beveger seg, et tilstrekkelig areal med snø (så det blir et skred med "konsekvenser").

Faktor	Vurdering / Beskrivelse
Statisk / Dynamisk Sanns/konsekvens Snø tilstede på løsneområdet D P	Tilstrekkelig med snø til at ujevnheter dekkes over, ofte 0,5 m, men kan være mindre. De tre viktigste variablene som avgjør hvordan snølagen er: temperatur, nedbør og vind.) Lokale ujevnheter/forsenkninger vil forankre snøen.
Ustabil/svakt lag i snøen (hvor det kan oppstå brudd) D P	Et ustabil snødekke kan være: <ul style="list-style-type: none"> • lag med begerkrystaller Dannes ved lange kuldeperioder med lite snø. Kan utgjøre et svakt lag. • skarelag • hagllag • Kuldeperioder (med fuktig luft) som fører til dannelse av rimlag. • nysnølag med etterfølgende fokksnø Dynamisk: Vil være avhengig av værforhold som danner disse lagene. Sannsynlighet: er avgjørende for utløsning. I tillegg til et ustabil snødekke må det være en viss snøakkumulasjon oppå det svake laget (større belastning enn det svake laget tåler) Snøakkumulasjonen må ha en viss intensitet (det svake laget kan tilpasse seg større belastning over tid)
Snøakkumulasjon i løsneområdet - vindretning og styrke (minst 10m/s (kuling)) og varighet (1 døgn og 3 døgn) - lagdeling - nedbørsintensiteten (siste døgn)/akkumulasjonsintensiteten i løsneområdet D P / K	Snøakkumulasjon i løsneområdet: Intensiteten på snøakkumulasjonen er viktigere enn den totale mengden snø. Hvis det akkumuleres snø raskere enn svakere lag klarer å "tilpasse" seg, kan et snøskred opptre. Dynamisk: <ul style="list-style-type: none"> • Snøakkumulasjon varierer over tid og er avhengig av vindretning og vindstyrke, nedbør og er dynamisk. Sannsynlighet/ konsekvens: <ul style="list-style-type: none"> • Den totale snøakkumulasjonen i løsneområdet påvirker både sannsynligheten for skred, men også konsekvensen av skred. Store mengder snø i løsneområdet gir større skred som kan gi større konsekvenser.

Faktor	Vurdering / Beskrivelse
<p>Statisk / Dynamisk Sanns/konsekvens</p> <p>Geometri i løsneområdet - Høyde på skråningen - Vinkelen på skråningen - Bredden til skråningen</p> <p>S P / K</p>	<p>Høyde på skråning: Vil påvirke størrelsen av skredet, og igjen konsekvensene</p> <p>Vinkelen på skråningen: Flakskred opptrer i skråninger ca 28 – 60 grader Løssnøskred opptrer i skråninger 45-75 grader</p> <p>Bredde: Bredden på løsneområdet begrenser størrelsen på skredet.</p> <p>Overflate: Se vegetasjon</p> <p>Statisk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geometrien er konstant, og er derfor å regne som statisk. <p>Sannsynlighet/konsekvens:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Høyden på skråning • Bredden (eller arealet) på løsneområdet påvirker konsekvensene av skredet, fordi det gir grensene for hvor store snømengder som kan løsne. <p>I våre registreringer er det sjelden skilt mellom ulike skredtyper... Noe usikker på i hvilken grad vi skal skille så mye på de her da??</p> <p>Skråningshøyde – kan gå skred i lave skråninger, men konsekvensene vil naturlig nok bli mindre. Stor bredde vil tilsvarende gi store skred.</p> <p>Konveks/konkav skråning har mindre å si. Gjelder nok mer for skikjøring.</p> <p>Vedr konsekvenser vil volumet som løsner og hvilken hastighet det</p>
<p>Skredbane - forsenkninger</p> <p>- banens form S P / K</p>	<p>Skredbanens form fra løsneområdet og ned til vegen påvirker sannsynligheten for at skredet skal nå vegen og konsekvensene av skredet dersom det når vegen.</p> <p>Statisk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Skredbanen varierer lite over tid og er derfor å regne som statisk. <p>Sannsynlighet/konsekvens:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Forsenkninger bremser opp mindre skred og skred med lav hastighet. • Når det gjelder flakskred påvirkes disse i mindre grad enn løssnøskred fordi dette ofte er store skred (volum) med stor hastighet.

Faktor	Vurdering / Beskrivelse
<p>Statisk / Dynamisk Sanns/konsekvens</p> <p>Vegetasjon i løsneområdet - skogen holder snøen på plass.</p> <p>S P</p>	<p>Vegetasjon i løsneområdet kan skape friksjon mellom underlaget og snøen og holder snøen på "plass". (Endrede klimaforhold kan føre til høyere tregrense, som igjen fører til færre skred. Dette kan flyttes til merknad eller info)</p> <p>Statisk:</p> <ul style="list-style-type: none"> Vegetasjonen og tregrensen varierer lite over tid, og er derfor å regne som statisk. <p>Sannsynlighet:</p> <ul style="list-style-type: none"> Høyere vegetasjon skaper friksjon mellom snøen og underlaget, og reduserer dermed sannsynligheten for at et skred skal løsne. Det er større sannsynlighet for skred i områder uten vegetasjon i løsneområdet, enn i områder med vegetasjon. <p>Terrengformer (ex voller) kan redusere sannsynligheten for at skredet når vegen, og dermed konsekvensene. Vi kan heller skille på små og store skred, enn ulike typer. Vi har lite info om hva slags type skred som går, og det som er omtalt her er mer avhengig av størrelsen (og hastighetene). At våte løssnøskred lar seg lede er ofte fordi disse er små og har liten hastighet. Vi kan kalle det skredbanens ruhet?</p> <p>NB! Vi snakker her om høyere vegetasjon som større trær. Disse vil holde snøen på plass.</p> <p>MEN! Dersom trærne forsvinner på grunn av hogst eller i andre skredhendelser kan skredfaren øke</p>
<p>Vegetasjon under løsneområdet - kan bremse løssnøskred, men ikke flakskred</p> <p>S K</p>	<p>Denne faktoren gjelder kun for små skred med mindre hastigheter.</p> <p>Statisk:</p> <ul style="list-style-type: none"> Vegetasjonen under løsneområdet varierer lite over tid (def: tid), og er derfor å regne som statisk. <p>Konsekvens:</p> <ul style="list-style-type: none"> Trær i området nedenfor løsneområdet kan bremse opp mindre skred og reduserer dermed konsekvensene av skredet.
<p>Skavldannelse - formasjon på toppen av skråningen</p> <p>D P</p>	<p>En skavl som faller ned kan løsne skred (dersom det belaster et utstabilit snødekke mer enn det tåler) / eller være et skred i seg selv</p> <p>Før at en skavl skal utvikle seg til å bli et skred, er det i kombinasjon med vind og snøforhold</p> <p>Dynamisk:</p> <ul style="list-style-type: none"> Skavldannelse er avhengig av vind og tilgjengelig snø å avsette (nedbør eller snø i andre områder) og er dynamisk. <p>Sannsynlighets:</p> <ul style="list-style-type: none"> Skavldannelse påvirker sannsynligheten for skred fordi det belaster et eventuelt ustabilit snødekke ved nedfall.
<p>Temperatur - brå temperaturøkning</p>	<p>Temperatur i snødekket på grunn av temperaturøkning og/eller soleksponering.</p>

Faktor	Vurdering / Beskrivelse
Statisk / Dynamisk Sanns/konsekvens - soleksponering D P	Dynamisk: <ul style="list-style-type: none"> • Temperaturen varierer over tid og er dynamisk. Sannsynlighet: <ul style="list-style-type: none"> • Brå temperaturøkninger og soleksponering kan svekke fastheten (bindeevnen) i snøen og dermed føre til økt sannsynlighet for skred.

A.3.2 Statiske faktorer

- Geometri (Topografi) i/nedenfor løснеområdet
 - Bredde på skråning
 - Høyde på skråning
 - Skråningshelning
- Vegetasjon i løśnieområdet
- Skredbane

Skredtype: Snøskred					
Faktor: Geometri i løśnieområdet, Bredden på løøgneområdet					
Bredden på løøgneområdet begrenser størrelsen på skredet. Bredden (eller arealet) på løøgneområdet påvirker konsekvensene av skredet, fordi det gir grensene for hvor store snømengder som kan løgne. Stor bredde vil tilsvarende gi store skred.					
Konsekvensdrivende:					
Tallfestet / Beskrivende	<100 m ²	100-1000 m ²	1000-5000 m ²	5000 - 10 000 m ²	>10 000 m ²
Konsekvensscore	1	3	5	8	10
Vekting	10				

Skredtype: Snøskred

Faktor: Geometri i løснеområdet, Høyde på løснеområdet

Høyde på løснеområdet: Vil påvirke størrelsen av skredet, og igjen konsekvensene. Det kan gå skred i lave skråninger, men konsekvensene vil naturlig nok bli mindre.

Konsekvensdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	<5m	5-10m	10-50m	50-100m	>100m
Konsekvensscore	1	2	5	8	10
Vekting	7				

Skredtype: Snøskred

Faktor: Geometri i/nedenfor løснеområdet, Skråningshelning

Flaskred opptrer i skråninger ca 28 – 60 grader, mens såkalte løssnøskred opptrer i skråninger 45-75 grader.

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	<25 ⁰	25 - 30 ⁰	30 - 40 ⁰	40 - 50 ⁰	>50 ⁰
Sannsynlighetsscore	1	4	8	10	4
Vekting	8				

Konsekvensdrivende:

Gjelder nedenfor løснеområdet

Tallfestet / Beskrivende	<25 ⁰	25 - 30 ⁰	30 - 40 ⁰	40 - 50 ⁰	>50 ⁰
Konsekvensscore	1	4	8	10	2
Vekting	8				

Skredtype: Snøskred

Faktor: Vegetasjon og/eller forbygning i løsneområdet (under løsneområdet for konsekvensdrivende)

Skog – høyere vegetasjon – er definert til å ha over en meter høyde. Vegetasjon i løsneområdet kan skape friksjon mellom underlaget og snøen og holder snøen på "plass". (Endrede klimaforhold kan føre til høyere tregrense, som igjen fører til færre skred). Dersom trærne forsvinner på grunn av hogst eller i andre skredhendelser kan skredfaren øke! Trær i området nedenfor løsneområdet kan bremse opp mindre skred og reduserer dermed konsekvensene av skredet, men denne faktoren gjelder mest for små skred med mindre hastigheter.

For sannsynlighet og konsekvens vil det scoremessig være en glidende overgang. Her vil personell måtte gjøre en skjønnsmessig vurdering av vegetasjon og forbygningens tilstand og egnethet.

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	Tett skog Forbygning				Lite/ingen skog
Sannsynlighetsscore	1	3	5	7	10
Vekting	5				

Konsekvensdrivende:

Gjelder nedenfor løsneområdet.

Tallfestet / Beskrivende	Tett skog Forbygning				Lite/ingen skog
Konsekvensscore	1				10
Vekting	1				

Skredtype: Snøskred

Faktor: Topografi, skredbane

Skredbanens form fra løsneområdet og ned til vegen påvirker sannsynligheten for at skredet skal nå vegen og konsekvensene av skredet dersom det når vegen. Når det gjelder flakskred påvirkes disse i mindre grad enn løssnøskred fordi dette ofte er store skred (volum) med stor hastighet.

Konsekvensdrivende:

Gjelder for terreng under løsneområdet.

Tallfestet / Beskrivende	Store terrengformasjoner og åser / rygger		Mindre formasjoner som kan stoppe/lede mindre skred		Glatt og jevnt terreng
Konsekvensscore	1		5		10
Vekting	6				

Skredtype: Snøskred

Faktor: Barrierer som kan stoppe snøskred

Voller er vanligst, enten som ledevoller, fangvoller, eller vi kan ha kjegler. Videre kan vi ha forankring i løsneområdet, snøskjermmer på fjelltoppen for å hindre snødrift, geofonanlegg som varsler/stopper trafikken, ... (overbygg og tunneler er også sikring)

Konsekvensdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	Godt fungerende barriere		Mindre barrierer som kan stoppe/lede mindre skred		Ingen barrierer som kan stoppe skred.
Konsekvensscore	1	3	5	7	10
Vekting	10				

A.3.3 Dynamiske faktorer

- Snø tilstede på løснеområdet
- Ustabil/svakt lag i snøen (hvor det kan oppstå brudd)
- Snøakkumulasjon i løснеområdet (nedbør) – to indikatorer
- Snøakkumulasjon i løснеområdet (forflytning pga vind)
- Skavldannelse
- Temperatur (brå temperaturøkning)
- Temperatur (soleksponering)

Merk: Faktor "skiløper i området utløse skred" er utelatt da den ble vurdert til å ikke være vesentlig for veg og jernbane.

Skredtype: Snøskred (flakskred og løssnøskred)

Faktor: Snø tilstede på løснеområdet

Tilstrekkelig med snø til at ujevnheter dekkes over, ofte 0,5 m, men kan være mindre. De tre viktigste variablene som avgjør hvordan snølagene er: temperatur, nedbør og vind.). Lokale ujevnheter/ forsenkninger vil forankre snøen.

Måleverdi / enhet:

Mer enn 0,5 m snø tilstede – ja - nei

Sannsynlighetsdrivende:

Snø tilstede:

Tallfestet / Beskrivende	Nei				Ja
Sannsynlighetsscore	0				10
Vekting	1				

Skredtype: Snøskred (flakskred og løssnøskred)

Faktor: Ustabil/svakt lag i snøen (hvor det kan oppstå brudd)

Lang kuldeperiode med lite snø på bakken kan skape ustabil snølag (begerkrystall-dannelse). Faktoren er dynamisk da den er avhengig av værforhold som danner disse lagene. Dersom det kommer ett snøfall etter en lang kuldeperiode med lite snø på bakken, gir det et ustabil snølag (begerkrystall-dannelse). I tillegg til et ustabil snødekke må det være en viss snøakkumulasjon oppå det svake laget (større belastning enn det svake laget tåler) Snøakkumulasjonen må ha en viss intensitet (det svake laget kan tilpasse seg større belastning over tid).

- Et ustabil snødekke kan være:
- Lag med begerkrystaller Dannes ved lange kuldeperioder med lite snø. Kan utgjøre et svakt lag.
- Skarelag
- Hagllag
- Rimlag (kuldeperioder (med fuktig luft) kan føre til dannelse av rimlag)
- Nysnølag med etterfølgende fokksnø

Sannsynlighetsdrivende:

Dersom et ustabil snølag dannes påvirker det sannsynligheten for skred, som øker.

Prioriteringsparameter:

Måleverdi / enhet: **Må nødvendigvis baseres på tilgjengelige værdata**
<Klasser og vektning ikke utarbeidet>

Driftsparameter:

Skjærfasthet i snøen

Glideblokk-test (Rutschblokk-test): Snøblokk sviker pga sin egen vekt, person står på blokk med ski - svikter, person bøyer knær og den svikter, person hopper og den svikter, person står på

Spadeprøve:

Prøven gjennomføres ved å grave en vertikal brønn i snøen. Metoden egner seg best i hellende terreng (25-30 grader) og gir best resultat i fastere snø et stykke under overflaten.

Måleverdi / enhet: Trykk per kvadratmeter (kPa).

Tallfestet / Beskrivende	Ikke brudd på testflate	Brudd ved stor belastning	Brudd ved middels belastning	Brudd med minimal-belasning	Brudd oppstår ved avløsning av blokk (isetting av spaden).
	> 4	2,5 – 4	1 – 2,5	0,1 – 1	< 0,1
Sannsynlighetsscore	1	2	4	8	10
Vektning	10				

Skredtype: Snøskred (flakskred og løssnøskred) **C**

Faktor: Snøakkumulasjon i/nedenfor løснеområdet (nedbør)

Intensiteten på snøakkumulasjonen er viktigere enn den totale mengden snø. Hvis det akkumuleres snø raskere enn svakere lag klarer å "tilpasse" seg, kan et snøskred opptre. Snøakkumulasjon varierer over tid og er avhengig av vindretning og vindstyrke, nedbør og er derfor dynamisk. Begge måleparametrene under anvendes, fordi de sier noe om den nysnøen som ligger i løснеområdet. Hvis det i løpet av ett døgn kommer svært mye snø vil det kunne være stor skredfare. Hvis det ikke kommer fullt så mye snø, men det kom mye i går og dagen før kan det likevel være stor skredfare fordi det har kommet mye over flere dager.

Prioriteringsparameter: Antall dager med mye nedbør for prioriteringen?

<Klasser og vektning ikke utarbeidet>

Driftsparameter:

Nedbør – viktigste faktor:

Cm snø per døgn / mm nedbør per døgn

Cm snø per 3 døgn / mm nedbør per 3 døgn (nok med 3 døgn)

Begge måleparametrene brukes som input til modellen. Den av parametrene som gir høyest scoreklasse anvendes som beregningsgrunnlag inn i modellen.

Sannsynlighetsdrivende:

Nedbør per døgn målt i cm snø.

Tallfestet / Beskrivende	10 cm	20 cm	50 cm	80cm	100 cm
Sannsynlighetsscore	1	2	4	8	10
Vekting	7				

Sannsynlighetsdrivende:

Nedbør per 3 døgn målt i cm snø.

Tallfestet / Beskrivende	20 cm	30 cm	60 cm	100 cm	120 cm
Sannsynlighetsscore	1	2	4	8	10
Vekting	7				

Skredtype: Snøskred (flakskred og løssnøskred)

Faktor: Snøakkumulasjon i løснеområdet (forflytning pga vind)

Intensiteten på snøakkumulasjonen er viktigere enn den totale mengden snø. Hvis det akkumuleres snø raskere enn svakere lag klarer å "tilpasse" seg, kan et snøskred opptre. Snøakkumulasjon kan også skje som en følge av vind og ikke bare på grunn av nedbør. Den varierer over tid og er avhengig av vindretning og vindstyrke, nedbør og er derfor dynamisk.

Vindretning
Vindstyrke
Leside

Vindfaktoren er avhengig av løs snø, dvs. ikke skarelag på toppen.
Det må være nok løs snø og nok vind.

Sannsynlighetsdrivende:

Den totale snøakkumulasjonen i løснеområdet påvirker sannsynligheten for skred.

Prioriteringsparameter?

<Klasser og vektning ikke utarbeidet>

Driftsparameter:

Måleverdi / enhet: Middelvindstyrke over døgnet målt i m/s

Tallfestet / Beskrivende	< 5 m/s	5-8 m/s	8-15 m/s	15-22 m/s	>22 m/s
Sannsynlighetsscore	1	3	6	8	10
Vekting	8				

Fra svært lav – middels vil tilgang på nysnø ha mer å si enn høy – svært høy.
Vindstyrken og nysnø gir sannsynlighet for skred er høy. Vindretningen og topografi bestemmer hvor skredet går. Ref: NGI har laget en modell om hvilke løснеområder, som er utsatt for ulike vindretninger. (NB: kun Sunnmøre og evt. Romsdal)

Snøen samler seg mest i fordypninger i terrenget.

Skredtype: Snøskred (flakskred og løssnøskred)

Faktor: Skavldannelse – skavl faller ned er med i feiltreet.

Formasjon på toppen av skråning. En skavl som faller ned kan løsne skred (dersom det belaster et utstabil snødekke mer enn det tåler) / eller være et skred i seg selv. For at en skavl skal utvikle seg til å bli et skred, er det i kombinasjon med vind og snøforhold. Skavl-dannelse er avhengig av vind og tilgjengelig snø å avsette (nedbør eller snø i andre områder) og er dynamisk.

Store skavler er et tegn på at det er mye snø i fjellet.

Måleverdi / enhet: Skavl i nærheten av / ovenfor løснеområde: Ja / Nei. Løsner sjelden før på våren – temperatur.

Sannsynlighetsdrivende:

Skavldannelse påvirker sannsynligheten for skred fordi det belaster et eventuelt ustabil snødekke ved nedfall.

Tallfestet / Beskrivende	Ingen markerte skavler ovenfor løsneområdet				Markerte skavler ovenfor løsneområdet.
Sannsynlighetsscore	0				10
Vekting	1				

Skredtype: Snøskred (flakskred og løssnøskred)

Faktor: Temperatur (brå temperaturøkning)

Temperatur i snødekket på grunn av temperaturøkning og/eller soleksponering. Temperatur varierer over tid og er dynamisk. Endring over kort tid betyr noe for sannsynlighet for snøskred. Dersom det er over lengre tid, vil snødekket stabilisere seg.

Vinterskred: endring i temp mellom + og -

Vårskred: temperatur ganger timer – solsmelting.

Sannsynlighetsdrivende:

Brå temperaturøkninger kan svekke fastheten (bindeevnen) i snøen og dermed føre til økt sannsynlighet for skred.

Prioriteringsparameter?

<Klasser og vektning ikke utarbeidet>

Driftsparameter:

Måleverdi / enhet: Temperaturveksling per tidsenhet, må være fra minus til pluss i løsnedområdet.

Temperatur per time

Temperaturveksling per tidsenhet, må være fra minus til pluss i løsnedområdet.

Måling på meteorologisk stasjon i lavlandet (opp mot 1000m høydeforskjell)

Tallfestet / Beskrivende	0	< 2 grader	2-5 grader	5- 8 grader	8-10 grader per varmfront (et par timer)
Sannsynlighetsscore	1	2	4	8	10
Vektning	4				

Skredtype: Snøskred (flakskred og løssnøskred)

Faktor: Temperatur (soleksponering)

Temperatur i snødekket på grunn av temperaturøkning og/eller soleksponering. Soleksponering varierer over tid og er dynamisk (gjelder særlig sør og sørvest helninger).

Vårskred: temperatur x timer – solsmelting.

Sannsynlighetsdrivende:

Soleksponering kan svekke fastheten (bindeevnen) i snøen og dermed føre til økt sannsynlighet for skred.

Prioriteringsparameter?

<Klasser og vektning ikke utarbeidet>

Driftsparameter:

Måleverdi / enhet:

Temperatur ganger timer (timegrader)

Smelting fører til nedsatt fasthet.

1 timegrad = 1 timer x 1 grader

Tallfestet / Beskrivende - kun varme (ikke nattefrost)	< 24	24 – 50	50 – 100	100 – 200	> 200
Sannsynlighetsscore	1	2	4	7	10
Tallfestet / Beskrivende – med soleksponering (maks en 12 timers periode)	< 24	24 - 50	50 - 100	100 – 200	> 200r
Sannsynlighetsscore	1	2	4	7	10
Vekting	2				

Statisk faktor: retning på helningen. Har noe å si for hvor lenge helning eksponeres for sol.

A.4 Sørpeskred

A.4.1 Oversikt

Sørpeskred er blanding av vann og snø, med så mye vann at massene flyter som en elv. Består av vannmettet snø. Må i en viss periode ha større tilsig av vann til snødekket enn avrenning, og tilsiget samles opp i et snødekke med høy porøsitet (ofte med liten fasthet også). (Håndbok 167 s 17-18).

Faktor	Vurdering / Beskrivelse
Statisk / Dynamisk Sanns/konsekvens	
Snø med høy porøsitet - nysnø - mye begerkrystaller D P	De snøtyper som er mest utsatt er snø med høy porøsitet i kombinasjon med vann i form av smeltevann eller nedbør. Dynamisk: <ul style="list-style-type: none"> • Snøforholdene varierer over tid og er dynamiske. Sannsynlighet: <ul style="list-style-type: none"> • Brå temperaturøkninger og soleksponering gir grunnlag for økt snøsig som øker spenningene i snøen. Dermed øker sannsynligheten for utløsning av skred.
Vann - smeltevann og nedbør (regn) D P / K	Det er en forutsetning at snø med høy porøsitet i kombinasjon med vann i form av smeltevann eller nedbør er tilstede for at et sørpeskred skal kunne inntreffe. Dynamisk: <ul style="list-style-type: none"> • Vanntilsiget varierer over tid og er dynamisk. Sannsynlighet/konsekvens: <ul style="list-style-type: none"> • Sannsynligheten for sørpeskred øker med økt mengde smeltevann og nedbør. • Størrelsen på vannmassene påvirker også konsekvensene av skredet. Større vannmasser gir større skred.
Bråsmelting (høy smeltingsintensitet) og regn med stor nedbørsintensitet D P / K	Bråsmelting kombinert med stor nedbørsintensitet gir typiske forhold for utløsning av sørpeskred. Dynamisk: <ul style="list-style-type: none"> • Værforholdene varierer over tid og er dynamiske. Sannsynlighet/konsekvens: <ul style="list-style-type: none"> • Sannsynligheten for sørpeskred øker ved bråsmelting og regn med stor nedbørsintensitet. • Konsekvensene øker med størrelsen på skredet.
Terrengformasjon Bekkeløp Dalsøkk, Forsenkninger S P / K	Sørpeskredene forekommer der vann samles i forsenkninger. Skredene går ofte i vannveier. Statisk: <ul style="list-style-type: none"> • Terrengforholdene forandrer seg lite over tid og er derfor statiske. Sannsynlighet/konsekvens: <ul style="list-style-type: none"> • Sannsynligheten for sørpeskred øker i områder med mange bekkeløp, forsenkninger og vannveier, fordi disse sørger for vanntilførselen. • I tillegg påvirker terrengformasjonen konsekvensene av sørpeskredet, fordi terreng formasjonen påvirker hastigheten. til skredet .
	Øker i områder med mye vann/stort tilsig, ellers gir ikke flere bekkeløp større risiko per bekkeløp

Faktor	Vurdering / Beskrivelse
Statisk / Dynamisk Sanns/konsekvens Helning 5 grader og oppover S P / K	Helning på skråning Statisk: <ul style="list-style-type: none"> • Helningen forandrer seg lite over tid og er derfor statiske. Sannsynlighet/konsekvens: <ul style="list-style-type: none"> • For at et sørpeskred skal kunne utløses er helningen ofte større enn 5 grader.
Oppdemning av vann med demning - går brist i snødemning pga vannmengde (snødemning: fonn-dannelse eller snøskred) D P	Et scenario, som kan utløse sørpeskred er at det blir brudd i en snødemning på grunn av vann. Dynamisk: <ul style="list-style-type: none"> • Dannelse av snødemninger er dynamisk – varierer over tid. Sannsynlighet: <ul style="list-style-type: none"> • Sannsynligheten for sørpeskred øker i områder hvor det er snødemning med vann, som er demmet opp bak snøen.
Snøskred genererer flodbølge, som starter et sørpeskred i utløpet av vannet D P	Spesialtilfelle av oppdemning av vann: Snøskred kan generere flodbølge, som starter et sørpeskred i utløpet av vannet. Dynamisk: <ul style="list-style-type: none"> • Snøskred vil være en plutselig hendelse, dynamisk. Sannsynlighet: <ul style="list-style-type: none"> • Sannsynligheten for sørpeskred øker i områder hvor det er stor sannsynlighet for snøskred ut i et vann/magasin.
Avledningskanaler S K	Avledningskanaler kan brukes som et risikoreducerende tiltak. Statisk: <ul style="list-style-type: none"> • Avledningskanaler er statiske med mindre de bygges om eller endres av større naturhendelser. Konsekvens: <ul style="list-style-type: none"> • Avledningskanaler er konsekvensreducerende tiltak.
Oppsamlingsmagasin S K	Oppsamlingsmagasin kan brukes som et risikoreducerende tiltak. Statisk: <ul style="list-style-type: none"> • Oppsamlingsmagasin er statiske med mindre de bygges om eller endres av større naturhendelser. Konsekvens: <ul style="list-style-type: none"> • Oppsamlingsmagasin er konsekvensreducerende tiltak.
Overbygg S K	Overbygg kan brukes som et risikoreducerende tiltak for utsatte vegstrekninger. Statisk: <ul style="list-style-type: none"> • Overbyggingsforholdene er statiske med mindre de bygges om eller endres av større naturhendelser. Konsekvens: <ul style="list-style-type: none"> • Overbygg er et konsekvensreducerende tiltak.
	Skredet går over overbygget og hindrer at vegen treffes.

Faktor	Vurdering / Beskrivelse
Statisk / Dynamisk Sanns/konsekvens	
Tunneler S K	Tunneler kan brukes som et risikoreduserende tiltak, for utsatte vegstrekninger Statisk: <ul style="list-style-type: none">• Tunneler er statiske Konsekvens: <ul style="list-style-type: none">• Tunnel er et konsekvensreduserende tiltak. Vegen går inne i tunnel og treffes ikke av skredet
Bru S K	Bru kan brukes som risikoreduserende tiltak for utsatte vegstrekninger, slik at skredet går under brua. Statisk: <ul style="list-style-type: none">• Bru er statiske med mindre de bygges om eller endres av større naturhendelser. Konsekvens: <ul style="list-style-type: none">• Bru er et konsekvensreduserende tiltak.

A.4.2 Statiske faktorer

- Topografi, Helning i løснеområdet
- Terrengformasjon

Skredtype: Sørpeskred

Faktor: Geometri, Skråningshelning i/nedenfor løsneområdet

For at et sørpeskred skal kunne utløses er helningen ofte større enn 5 grader.

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	$< 5^{\circ}$	5 - 10°	10 - 15°	15 - 25°	$> 25^{\circ}$
Sannsynlighetsscore	1	7	8	10	3
Vekting	3				

Konsekvensdrivende:

Gjelder for skråningen nedenfor løsneområdet.

Faktoren vektes lavt over 25° fordi sørpeskred som oftest løsner under dette, men rekkevidde og konsekvens vil være stor dersom det skjer

Tallfestet / Beskrivende	$< 5^{\circ}$	5 - 10°	10 - 15°	15 - 25°	$> 25^{\circ}$
Konsekvensscore	1	7	8	10	8
Vekting	5				

Skredtype: Sørpeskred

Faktor: Topografi, Terrengformasjon i/nedenfor løsneområdet (Bekkeløp, dalsøkk, forsenkninger)

Sørpeskredene forekommer der vann samles i forsenkninger. Skredene går ofte i vannveier. Sannsynligheten for sørpeskred øker i områder med mange bekkeløp, forsenkninger og vannveier, fordi disse sørger for vanntilførsel. Risikoen øker i områder med mye vann/stort tilsig, ellers gir ikke flere bekkeløp større risiko per bekkeløp. I tillegg påvirker terrengformasjonen konsekvensene av sørpeskredet, fordi terrengformasjonen påvirker hastigheten til skredet.

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	Lite vann og ikke vannansamling		Område med mulighet for vannansamling		Stort område med mulighet for vannansamling Bekkeløp Forsenkninger
Sannsynlighetsscore	1		5		10
Vekting	5				

Konsekvensdrivende:

Terrengformasjon under løsneområdet, Skredvifte.

Tallfestet / Beskrivende	Liten flate / vifte under bekkeløp				Stor flate / vifte under bekkeløp
Konsekvensscore	1		5		10
Vekting	6				

Skredtype: Sørpeskred

Faktor: Barrierer i skredbanen

Konsekvensdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	Godt fungerende barriere		Mindre barrierer som kan stoppe/lede mindre skred		Ingen barrierer som kan stoppe skred.
Konsekvensscore	1		5		10
Vekting	10				

A.4.3 Dynamiske faktorer

- Snømengde med høy porøsitet (nysnø)
- Snømengde med høy porøsitet (begekrystaller)
- Bråsmelting (høy smeltingsintensitet)
- Regn med stor nedbørsintensitet
- Oppdemning av vann med demning
- Snøskred genererer flodbølge, som starter et sørpeskred i utløpet av vannet

Skredtype: Sørpeskred
Faktor: Snømengde på bakken nysnø

Sannsynlighetsdrivende:

Prioriteringsparameter?

<Klasser og vektning ikke utarbeidet>

Driftsparameter:

0,5 – 1,5 meter med snø er en forutsetning for sørpeskred. – enten er det der eller ikke.

Måleverdi / enhet: Antall m snø

Tallfestet / Beskrivende	< 0,5 m	0,5- 0,8 m	0,8 – 1,2 m	1,2 – 1,5 m	> 1,5 m
Sannsynlighetsscore	10	8	7	6	5
Vekting	2				

Konsekvensdrivende:

Konsekvensen vil øke med snømengden som løsner

Måleverdi / enhet: Antall m snø

Tallfestet / Beskrivende	< 0,5 m	0,5- 0,8 m	0,8 – 1,2 m	1,2 – 1,5 m	> 1,5 m
Konsekvensscore	5	6	7	8	10
Vekting	3				

Skredtype: Sørpeskred

Faktor: Snømengde på bakken grovkornet snø.

Sannsynlighetsdrivende:

Prioriteringsparameter?

<Klasser og vektning ikke utarbeidet>

Driftsparameter:

0,5 – 1,5 meter med snø er en forutsetning for sørpeskred. – enten er det der eller ikke.

Tallfestet / Beskrivende	< 0,5 m	0,5- 0,8 m	0,8 – 1,2 m	1,2 – 1,5 m	> 1,5 m
Sannsynlighetsscore	10	8	7	6	5
Vekting	10				

Konsekvensdrivende:

Konsekvensen vil øke med snømengden som løsner (som for nysnø)

Måleverdi / enhet: Antall meter snø

Tallfestet / Beskrivende	< 0,5 m	0,5- 0,8 m	0,8 – 1,2 m	1,2 – 1,5 m	> 1,5 m
Konsekvensscore	5	6	7	8	10
Vekting	7				

Skredtype: Sørpeskred

Faktor: Bråsmelting (høy smeltingsintensitet)

Bråsmelting kombinert med stor nedbørsintensitet gir typiske forhold for utløsning av for sørpeskred. Værforholdene varierer over tid og er dynamisk. Tynt snødekke gir lite skred, tykt snødekke gir stort skred. Konsekvenser øker med størrelsen av skredet.

Sannsynlighetsdrivende:

Sannsynligheten for sørpeskred øker ved bråsmelting.

Måleverdi / enhet:

Ferdig med nattefrost

Smeltekapasitet på 30 – 40 millimeter per døgn.

Beregning av gjennomsnittet over 5 døgn.

Sannsynlighetsklasse	Svært lav	Lav	Middels	Høy	Svært høy
Tallfestet / Beskrivende	< 10 mm i snitt per døgn	10 – 20 mm i snitt per døgn	20 – 30 mm i snitt per døgn	30 – 40 mm i snitt per døgn	> 40 mm i snitt per døgn
Sannsynlighetsscore	1	2	5	8	10
Vekting	8				

Konsekvensdrivende:

Konsekvensene ved skred øker, som følge av at det blir mer vann i snøen. Den tar derfor med seg større areal når skredet går.

Konsekvensklasse	Svært lav	Lav	Middels	Høy	Svært høy
Tallfestet / Beskrivende	< 10 mm i snitt per døgn	10 – 20 mm i snitt per døgn	20 – 30 mm i snitt per døgn	30 – 40 mm i snitt per døgn	> 40 mm i snitt per døgn
Konsekvensscore	1	2	5	8	10
Vekting	??				

Skredtype: Sørpekred

Faktor: Nedbørsintensitet - Regn

Bråsmelting kombinert med stor nedbørsintensitet gir typiske forhold for utløsning av for sørpekred. Værforholdene varierer over tid og er dynamisk. Tynt snødekke gir lite skred, tykt snødekke gir stort skred. Konsekvenser øker med størrelsen av skredet.

Måleverdi / enhet:

mm nedbør per døgn

Sannsynlighetsdrivende:

Sannsynligheten for sørpekred øker ved regn med høy nedbørsintensitet.

Sannsynlighetsklasse	Svært lav	Lav	Middels	Høy	Svært høy
Tallfestet / Beskrivende	< 30 mm per døgn	30 - 40 mm per døgn	40 – 50 mm per døgn	50 - 60 mm per døgn	> 60 mm per døgn
Sannsynlighetsscore	1	3	5	8	10
Vekting	7				

Konsekvensdrivende:

Konsekvensene ved skred øker, som følge av at det blir mer vann i snøen. Den tar derfor med seg større areal når skredet går.

Konsekvensklasse	Svært lav	Lav	Middels	Høy	Svært høy
Tallfestet / Beskrivende	< 30 mm per døgn	30 - 40 mm per døgn	40 – 50 mm per døgn	50 - 60 mm per døgn	> 60 mm per døgn
Konsekvensscore	1	3	5	8	10
Vekting	??				

Skredtype: Sørpekred

Faktor: Oppdemning av vann

Et scenario, som kan utløse sørpekred er at det blir brudd/brist i en snødemning pga oppdemning av vann eller vannveier (snødemning: snøfonn eller snøskred). Dannelse av snødemninger er dynamisk fordi de varierer over tid.

Måleverdi / enhet: Sannsynlighet for oppdemming ("kvalitativt")

Sannsynlighetsdrivende:

Sannsynligheten for sørpekred øker i områder hvor det er snødemning med vann, som er demmet opp bak snøen.

Tallfestet / Beskrivende	svært lav sannsynlighet for oppdemming		middels sannsynlighet for oppdemming		Svært høy sannsynlighet for oppdemming
Sannsynlighetsscore	1		5		10
Vekting	3				

Skredtype: Sørpekred

Faktor: Snøskred genererer flodbølge, som starter et sørpekred i utløpet av vannet **H**

Spesialtilfelle av oppdemning av vann. Snøskred kan generere flodbølge, som starter et sørpekred i utløpet av vannet. Snøskred vil være en plutselig hendelse, og er derfor dynamisk.

Sannsynlighetsdrivende:

Sannsynligheten for sørpekred øker i områder hvor det er stor sannsynlighet for snøskred ut i et vann/magasin. En vurdering av sannsynligheten for at dette kan forekomme må ligge til grunn for valg av sannsynlighetsklasse.

Måleverdi / enhet: Skredområde finnes over vannmagasinet Ja / Nei.

Tallfestet / Beskrivende	Skredområde finnes ikke over vannmagasinet				Skredområde finnes over vannmagasinet
Sannsynlighetsscore	0				10
Vekting	1				

A.5 Steinsprang (volum < 100 m³)

A.5.1 Oversikt

Steinsprang skjer i hovedsak fra skjæringer som er menneskeskapt (i Region sør og øst)
 Et steinsprang er nedfall av steinblokker, inntil 100 m³. Forutsetningene er bratt nok terreng til at en blokk kan falle ned.

Faktor	Vurdering / Beskrivelse
Statisk / Dynamisk Sanns/konsekvens	
<p>Geologien</p> <ul style="list-style-type: none"> - bergart - bergoppsprekking og svakhetssoner - forvitring i skråningen - baksprekkes helning - store bergtrykk <p>S P / K</p>	<p>Et steinsprang er nedfall av steinblokker. Et steinsprang forutsetter at det finnes sprekker/svakhetssoner i fjellet og/eller spenninger i fjellet.</p> <p>Steinsprang kommer ofte fra høyereliggende naturlige skråninger eller kunstige skjæringer. Forhold som er viktig å vurdere i forbindelse med kunstige/menneskeskapt skjæringer er:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Uheldig utforming av skjæring - For hard sprengning - Uheldig plassering av tunnel påhugg <p>Statisk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geologiforholdene forandrer seg lite er derfor statiske. <p>Sannsynlighet/konsekvens:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sannsynligheten for steinsprang øker der hvor det er tegn på store bergtrykk i fjellsiden, oppsprekking og svakhetssoner, forvitring i skråning, tilstrekkelig helning på baksprekker • Geologiske forhold vil påvirke størrelse og form på nedfall – vil innvirke på konsekvenser. <p>Store spenninger alene kan utløse nedfall (bergslag)</p> <p>(fjellskred brukes om det som er større enn 10 000 m³, og det blir galt å si at steinsprang eller steinskred er ”mindre” fjellskred)</p>
<p>Geometri</p> <p>-skråningshelning fra 30 grader og oppover</p> <p>S P / K</p>	<p>Fjellets geometri: Steinsprang skjer i hovedsak i helninger fra 30 grader og oppover.</p> <p>Statisk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fjellets geometri endrer seg ikke over tid og er derfor statisk. <p>Sannsynlighet/konsekvens:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sannsynlighet øker med økende helningsvinkel. • Konsekvensen av et steinsprang kan være større ved brattere vinkel fordi sannsynligheten for at steinspranget treffer vegen er større.
<p>Vann og eller is i sprekk²</p> <p>D P</p>	<p>Vann og/eller is i sprekk kan føre til økte spenninger på sprekken</p> <p>Dynamisk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vann og is i sprekken er avhengig av værforholdene og er derfor dynamiske. <p>Sannsynlighet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sannsynligheten for steinsprang øker der hvor det er vann eller is i sprekk.
<p>Vegetasjon - rotsprengning</p>	<p>Gir issprengning eller økt vanntrykk/poretrykk på sprekken</p> <p>Vegetasjonen i løseområdet kan gi økte spenninger på sprekken som en følge av rotsprengning.</p>

Faktor	Vurdering / Beskrivelse
Statisk / Dynamisk Sanns/konsekvens	
S P Kraftig vind - vind i kombinasjon med vegetasjon (vibrasjon i røtter) D P	Statisk: <ul style="list-style-type: none"> Vegetasjonen i fjellet endrer seg lite over tid, og er derfor statisk Sannsynlighet: <ul style="list-style-type: none"> Rotsprengningen påvirker sannsynligheten for skred, fordi den skaper spenninger i sprekkene. Kraftig vind, påvirker kun steinsprang, dersom det er i kombinasjon med vegetasjon og gir vibrasjoner i røtter som kan føre til steinsprang. Dynamisk: <ul style="list-style-type: none"> Vind varierer over tid og er dynamisk. Sannsynlighet: <ul style="list-style-type: none"> Vind i kombinasjon med vegetasjon skaper vibrasjoner i røtter, som kan gi deformasjoner på sprekkene. Kan øke sannsynligheten for steinsprang. Røttene kan ”dytte ut” enkeltblokker.
Skredbane - fangrøft - dempeeffekten av grunnforhold i skredbane (ur, vegetasjon, fjell) - dempeeffekten av formen til banen og ruheten S P / K	Skredbanen påvirker både sannsynligheten og konsekvensen av et eventuelt steinsprang. Kommentar fra møtet: Kan ha isskred og steinsprang på samme sted. Statisk: <ul style="list-style-type: none"> Skredbanens utforming endrer seg lite over tid (def: tid) og er derfor statisk. Sannsynlighet/konsekvens: <ul style="list-style-type: none"> Skredbanen påvirker sannsynligheten for at steinspranget når veien, dvs. dempeeffekten av skredbanen og formen på skredbanen. Skredbanen påvirker også konsekvensene av steinspranget, fordi den påvirker hvor store steinmengder som når vegen. (Helt ok!)
Rystelser fra sprengningsarbeid i området D P	Rystelser fra sprengningsarbeid kan skape spenninger i fjellet og være den utløsende faktoren for et steinsprang. Dynamisk: <ul style="list-style-type: none"> Sprengningsarbeid er menneskeskapt og dynamisk. Sannsynlighet: <ul style="list-style-type: none"> Rystelser fra sprengning påvirker sannsynligheten for skred, fordi den skaper større spenninger i fjellet.
Nedbørsintensitet i forhold til gjennomsnittsintensiteten på stedet. D P	Nedbør fører til nedsatt friksjon, vanntrykk og utvasking av sprekkmaterialet. Dynamisk: <ul style="list-style-type: none"> Nedbør varierer over tid og er dynamisk. Sannsynlighet: <ul style="list-style-type: none"> Høyere nedbørsintensiteten i forhold til gjennomsnittet fører til nedsatt friksjon, vanntrykk og utvasking av sprekkmaterialet og dermed også høyere sannsynlighet for steinsprang. Historisk sett lite nedbør tilsier at det skal mindre lavere nedbørsintensitet til for å utløse steinsprang enn i områder med historisk sett høy nedbørsintensitet. Det skal med andre ord lavere nedbørsintensitet for å utløse steinsprang på østlandet enn på vestlandet.

Faktor	Vurdering / Beskrivelse
Statisk / Dynamisk Sanns/konsekvens Temperatur - frysing / tining av vann/is i sprekker - termiske effekter på bergarten (termisk utvidelse/soleksponering) D P	Dynamisk: <ul style="list-style-type: none">• Temperatur varierer over tid og er dynamisk. Sannsynlighet: <ul style="list-style-type: none">• Temperaturvekslinger rundt null (gjentatt frysing/tining) eller stor grad av oppvarming øker sannsynligheten for steinsprang.

A.5.2 Statistiske faktorer

- Geologi:
 - Naturlige sprekker (deriblant forvitring i skråningen)
 - Bergtrykk/ spenninger
- Topografi
 - Skråningshelning fra 30 grader og oppover
- Sprekker i fjell som følge av menneskelig aktivitet
 - Uheldig plassering av tunnelpåhugg
 - Uheldig utforming av skjæring
 - For kraftig sprengning
- Grunnforhold, dempeeffekt
- Sikringsnett

Statistiske faktorer som var vurdert, men deretter utelatt: Baksprekkes helning (utgår da faktoren ikke har vesentlig betydning på denne skredtypen).

Skredtype: Steinsprang

Faktor: Geologi oppsprekking:

- Naturlige sprekker (deriblant forvitring i skråningen)
- Bergtrykk/ spenninger

Sannsynligheten for steinsprang øker der det er tegn på store bergtrykk i fjellsiden, oppsprekking og svakhetssoner, samt forvitring i skråning. Geologiske forhold vil påvirke størrelse og form på nedfall – vil innvirke på konsekvenser.

Faktorer å vurdere ved sannsynlighet:

- Naturlige sprekker / svakhetssoner
- Bergtrykk/ spenninger i fjellsiden
- Forvitring i skråning
- Mengde løse blokker / steiner

Faktorer å vurdere ved konsekvens:

- Bergtrykk i fjellsiden
- Oppsprekking
- Svakhetssoner
- Forvitring i skråning
- Mengde løse blokker / steiner

Måleverdi:

Sprekker: RQD-indeks – SVV beskriver denne måleparameteren. Dele på spenninger og RQD eller ha en felles vurderingsfaktor? Det samme gjelder for steinskred.

For sannsynlighet og konsekvens vil det scoremessig være en glidende overgang. Her vil personell måtte gjøre en skjønnsmessig vurdering.

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	Lite oppsprukket				Sterkt oppsprukket
Naturlige sprekker					
Bergtrykk/spenninger	Spenningsfritt				Store bergtrykk
Sannsynlighetsscore	1	3	5	7	10
Vekting	10				

Konsekvensdrivende:

Størrelse på utfall

Tallfestet / Beskrivende	Lite oppsprukket				Sterkt oppsprukket
Naturlige sprekker					
Konsekvensscore	10	7	5	4	3
Vekting	10				

Skredtype: Steinsprang

Faktor: Helning på skråning i/nedenfor løsneområde

Steinsprang skjer i hovedsak i helninger >30 grader.

Sannsynlighet øker med økende helningsvinkel. Konsekvensen av et steinsprang kan være større ved brattere vinkel fordi steinspranget får større hastighet og utberedelse.

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	<25 ⁰	25 - 50 ⁰	50 - 70 ⁰	70 - 80 ⁰	>80 ⁰
Sannsynlighetsscore	1	4	6	8	10
Vekting	7				

Konsekvensdrivende (Grunnet hastigheten som steinspranget får):

Gjelder nedenfor løsneområdet.

Tallfestet / Beskrivende	<25 ⁰	25 - 50 ⁰	50 - 70 ⁰	70 - 80 ⁰	>80 ⁰
Konsekvensscore	1	4	6	8	10
Vekting	9				

Skredtype: Steinsprang

Faktor: Sprekker i fjell som følge av menneskelig aktivitet

Sannsynligheten for steinsprang øker med omfanget av menneskeskapte sprekker som er i skjæringen.

Type menneskeskapte sprekker er:

- Uheldig plassering av tunnelpåhugg.
- Uheldig utforming av skjæring
- For kraftig sprengning

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	Ingen negativ påvirkning av skjæring		Delvis uheldig påvirkning/oppsprekking i skjæring		Sterk/uheldig oppsprekking
Sannsynlighetsscore	1		5		10
Vekting	3				

Skredtype: Steinsprang

Faktor: Topografi – skredbane:

Grunnforhold, Dempeeffekt fra ur, vegetasjon, fjell i skredbanen

Grunnforholdene i skredbanen påvirker konsekvensen for at steinspranget når veien, dvs. dempeeffekten av skredbanen og formen på skredbanen. Dette påvirker også hvor store steinmengder som når vegen.

Konsekvensdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	Høy grad av demping: - vegetasjon - ur - løsmasse		Noen grad av demping		Lite grad av demping: - lite vegetasjon - fjell - lite løsmasse
Konsekvensscore	1		5		10
Vekting	8				

Skredtype: Steinsprang

Faktor: Sikringsnett - barriere

For konsekvens vil det scoremessig være en glidende overgang. Her vil personell måtte gjøre en skjønnsmessig vurdering av sikringsnettets utforming, tilstand og egnethet.

Konsekvensdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	godt fungerende sikringsnett montert				Sikringsnett ikke montert
Konsekvensscore	1	2	4	8	10
Vekting	10				

A.5.3 Dynamiske faktorer

- Vann og/eller is i sprekk
 - Vanntrykk på grunn av vanntilførsel
 - Snøsmeltingsintensitet
 - Nedbørsintensitet
 - Is-sprengning
 - Nedbørsmengde
 - Snøsmeltingsmengde
 - Frost
- Vibrasjon i rotsystem
 - Kraftig vind og
 - Vegetasjon
- Ytre rystelser
 - Sprengningsarbeid
 - Jordskjelv
- Temperatur (termiske effekter på bergarten (termisk utvidelse/ soleksponering))

Vanntrykk og eller is-sprengning

Vann og/eller is i sprekk kan føre til økte spenninger på sprekkene. Vann og is i sprekkene er avhengig av værforholdene og er derfor dynamiske. Gir issprengning eller økt vanntrykk/poretrykk på sprekkene.

Mye frysing og tining fører til økt sannsynlighet for steinsprang.
Om våren er det smelting og om høsten fryser vannet.

Skredtype: Steinsprang ($V < 100 \text{ m}^3$)

Faktor: Vanntrykk – Nedbørs- og snøsmeltemengde / Nedbørs- og snøsmelteintensitet
Nedbør og smeltevann fører til nedsatt friksjon, vanntrykk og utvasking av sprekkmaterialet.
Langvarig, kraftig nedbør og mye vann i grunnen vil gi større risiko for steinsprang. Nedbørsintensiteten er viktigst.

Prioriteringsparameter?

<Klasser og vektning ikke utarbeidet>

Driftsparameter:

Sannsynlighetsdrivende:

Måle verdi / enhet:

Akkumulert tilgang på vann fra nedbør eller snøsmelting, målt i mm/døgn. Dersom data på 12, 6, 3, 1 timer er tilgjengelig brukes dette. Snøsmelting måles i vannekvivalenter. mm/t eller mm/døgn.

Nedbørsintensitet: mm/per time

Snøsmeltingsintensitet: mm/per time i vannekvivalenter

Nedbørsmengde: Akkumulert nedbør over døgnet

Snøsmeltingsmengde: Akkumulert snøsmelting i vannekvivalenter over døgnet

NB: I mange tilfeller kjenner vi kun døgnverdi, ikke timesverdi

Nedbørs- / snøsmelteintensitet: mm / time

Tallfestet / Beskrivende	< 1 mm/t	1 – 5 mm/t	5 – 10 mm/t	10 – 20 mm/t	> 20 mm/t
Sannsynlighetsscore	1	2	4	8	10
Vekting	8				

Nedbørs- / snøsmeltemengde: mm per døgn

Tallfestet / Beskrivende	< 10 mm/døgn	10 – 50 mm/døgn	50 – 100 mm/døgn	100 – 200 mm/døgn	> 200 mm/døgn
Sannsynlighetsscore	1	3	5	8	10
Vekting	8				

Skredtype: Steinsprang ($V < 100 \text{ m}^3$)

Faktor: Issprengning

Temperaturvekslinger rundt null (gjentatt frysing/tining) eller stor grad av oppvarming (marginalt bidrag) øker sannsynligheten for steinsprang. Forutsetter at vann er tilstede.

Sannsynlighetsdrivende:

Måleverdi / enhet:

Temperaturrendring: Antall vekslinger rundt null (fryse/tineperioder) i vintersesongen

Dette er en prioriteringsparameter, men er felles for prioritering og drift, da prioriteringen bør komme på grunnlag av risikonivået av driftsparametere

Tore: gradetimer (timer x grader under en tineperiode)

Temperaturvekslingene betyr noe for oppsprekningen.

Nok kulde (frostmengde), slik at det fryser rundt steinen. Deretter en viss varmemengde.

I et varmere klima vil ikke frosten gå så dypt. Derfor vil en oppleve flere grunnere utløsninger. I lofoten og i ytre sogn er det mye steinsprang.

Måleverdi / enhet: Antall fryseperioder

Tallfestet / Beskrivende	< 1	1 – 5	5 – 10	10 – 20	> 20
Sannsynlighetsscore	1	5	7	8	10
Vekting	10				

Skredtype: Steinsprang ($V < 100 \text{ m}^3$)

Faktor: Vibrasjoner i rotsystem (Kraftig vind kombinert med vegetasjon.)

Kraftig vind, påvirker kun steinsprang, dersom det er i kombinasjon med vegetasjon og gir vibrasjoner i røtter som kan føre til steinsprang. Det er en forutsetning at det er høy vegetasjon i løsnemrådet, 5m og oppover. Røtter kan "dytte ut" enkeltblokker

Vind varierer over tid og er dynamisk.

Prioriteringsparameter?

<Klasser og vektning ikke utarbeidet>

Driftsparameter:

Sannsynlighetsdrivende:

Vind i kombinasjon med vegetasjon skaper vibrasjoner i røtter, som kan gi deformasjoner på sprekkene. Kan øke sannsynligheten for steinsprang.

Måleverdi / enhet: Vind i m/s

Tallfestet / Beskrivende	< 5 m/s - eller ingen vegetasjon	5-10 m/s	10-15 m/s	15 – 22 m/s	> 22 m/s
Sannsynlighetsscore	1	2	3	7	10
Vekting	2				

Skredtype: Steinsprang ($V < 100 \text{ m}^3$)

Faktor: Ytre rystelser (Jordskjelv i området eller sprengningsarbeid)

Rystelser fra jordskjelv kan skape spenninger i fjellet og være den utløsende faktoren for et steinsprang. Jordskjelv er naturskapt og dynamisk.

Rystelser fra sprengninger kan skape spenninger i fjellet og være den utløsende faktoren for et steinsprang. Sprengningene er menneskeskapt og dynamisk.

Etter et jordskjelv eller sprengning settes denne faktoren til "Ja", i en forhåndsdefinert periode. Hvor lenge denne perioden skal vare bestemmer SVV.

- Jordskjelv: Vanskelig å si noe om hvor lenge en slik periode skal vare. 12-24 timer?
- Sprengning: Hele sprengningsperioden

Sannsynlighetsdrivende:

Rystelser fra jordskjelv og sprengninger påvirker sannsynligheten for skred, fordi den skaper større spenninger i fjellet.

Måleverdi / enhet: Har det skjedd ett jordskjelv eller vært gjennomført sprengning i det siste, Ja / Nei

Tallfestet / Beskrivende	Nei				Ja
Sannsynlighetsscore	0				10
Vekting	1				

Skredtype: Steinsprang ($V < 100 \text{ m}^3$)

Faktor: Temperatur (termiske effekter på bergarten (termisk utvidelse/ soleksponering)) **G**

Temperatur varierer over tid og er dynamisk. Dette kan være en utløsende årsak til steinsprang. Det kan være større sannsynlighet for steinsprang i soloppvarmede skråninger enn i skyggepartier.

Sannsynlighetsdrivende:

Måleverdi / enhet:

Termisk utvidelses koeffisient:

Kan i visse tilfeller være en faktor for utløsning, men mer eller mindre umulig å klassifisere. Må i så fall vurderes i forhold til graden av soleksponering.

Tallfestet / Beskrivende	Nordvendt fjellside, liten grad av soleksponering		Fjellside utsatt for soleksponering.		sydvendt fjellside. Kraftig soleksponering vanlig.
Sannsynlighetsscore	1		5		10
Vekting	2				

A.6 Steinskred (volum 100 – 10000 m³)

A.6.1 Oversikt

Steinskred mer ofte mest avhengige av svakhetssoner og påvirkning av is og vann på sprekke. Mindre avhengig av spenninger. Merk at steinsprang kan være indikasjon på at steinskred og fjellskred er i anmarsj.

Faktor	Vurdering / Beskrivelse
Statisk / Dynamisk Sanns/konsekvens	
Geologien - bergart - bergoppsprekking og svakhetssoner - bergtrykk - baksprekkes helning - sprekke materiale S P / K	Et steinskred forutsetter at det finnes svakhetssoner i fjellet. Statisk: <ul style="list-style-type: none"> • Geologiforholdene forandrer seg ikke og er statiske Sannsynlighet/konsekvens: <ul style="list-style-type: none"> • Sannsynligheten for steinskred øker der hvor det er oppsprekking og svakhetssoner, stort vanntrykk og på sprekker, forvitring i skrånning, baksprekker med ugunstig helning • Baksprekkes helning påvirker sannsynligheten for steinskred. Ugunstig helning vil gjøre det mulig for skredet/volumet å gli ut. • Sprekke materialet påvirker sannsynligheten for skred. • geologiforholdene påvirker størrelsen av skredet, som påvirker konsekvensene.
Geometri - skråningshelning fra 40 grader og oppover i løseområdene S P / K	Fjellets geometri: Steinskred skjer i hovedsak i helninger fra 40 grader og oppover. Statisk: <ul style="list-style-type: none"> • Fjellets geometri endrer seg ikke vesentlig over tid og er derfor statisk. Sannsynlighet/konsekvens: <ul style="list-style-type: none"> • Skråningshelningen påvirker sannsynligheten for steinskred. I slakk helning (vinkel mindre enn 40 grader) er sannsynligheten relativt mindre og den øker i helninger som er brattere enn 40 grader. •
Vann og/eller is i sprekk D P	Vann og/eller is i sprekk kan føre til økte trykk på sprekker. Dynamisk: <ul style="list-style-type: none"> • Vann og is i sprekke er avhengig av værforholdene og er derfor dynamiske. Sannsynlighet: Sannsynligheten for steinskred øker der hvor det er tegn på vann eller is i sprekk. Vann i sprekke kan komme fra nedbørsforhold siste dager/uker. Trenger ikke faktoren under
Nedbørsforhold over dager og uker i forhold til lokale forhold, som har betydning for vanntrykk på sprekker D P	Nedbør fører til nedsatt friksjon (mindre effekt) og høyere vanntrykk i sprekker. Dynamisk: <ul style="list-style-type: none"> • Nedbør varierer over tid og er dynamisk. Sannsynlighet <ul style="list-style-type: none"> • Relativt sett mye nedbør i forhold til gjennomsnittet kan føre til høyere vanntrykk og dermed også høyere sannsynlighet for steinskred Slå denne sammen med den over. Det er det samme det er snakk om
Skredbane - dempeeffekten av	Skredbanen påvirker både sannsynligheten og konsekvensen av et eventuelt steinskred.

Faktor	Vurdering / Beskrivelse
Statisk / Dynamisk Sanns/konsekvens grunnforhold i skredbane (ur, vegetasjon, fjell) - dempeeffekten av formen til banen og ruheten - interferens mellom blokker S P / K	Interferens mellom blokkene i et eventuelt skred påvirker skredets bane og hastighet. Statisk: <ul style="list-style-type: none">• Skredbanens geometri er statisk. Sannsynlighet/konsekvens: <ul style="list-style-type: none">• Skredbanen påvirker sannsynligheten for at steinskredet når veien, dvs. dempeeffekten av skredbanen og formen på skredbanen.• Skredbanen påvirker også konsekvensene av steinskredet, fordi den påvirker hvor store steinmengder som når vegen. OK!• Interferens mellom blokkene påvirker hvor langt skredet går. Interferensen kan øke rekkevidden av skredet og spre det ut over et større område.

A.6.2 Statistiske faktorer

- Geologi – oppsprekking i fjell
 - Naturlige sprekker (deriblant forvitring i skråningen)
 - Svakhetssoner
 - Bergtrykk/ spenninger
- Topografi
 - Skråningshelning fra 30 grader og oppover
- Grunnforhold, dempeeffekt
- Sikringsnett

Skredtype: Steinskred

Faktor: Geologi – oppsprekking i fjell:

- Naturlige sprekker (deriblant forvitring i skråningen)
- Svakhetssoner
- Bergtrykk/ spenninger

Et steinskred forutsetter at det finnes svakhetssoner i fjellet. Sannsynligheten for steinskred øker der hvor det er oppsprekking og svakhetssoner, stort vanntrykk på sprekker og forvitring i skråning. Ugunstig helning vil gjøre det mulig for skredet/volumet å gli ut. Sprekkematerialet påvirker sannsynligheten for skred. Geologiforholdene påvirker også størrelsen av skredet.

Faktorer å vurdere ved sannsynlighet:

- Spenningsforhold i fjellsiden
- Naturlige sprekker i fjell
- Sprekkemateriale
- Vanntrykk i sprekker
- Svakhetssoner
- Tilstrekkelig helning på baksprekker (ugunstig helning er $>40^{\circ}$)

Svakhetssoner er viktigere i steinskred enn i steinsprang.

Faktorer å vurdere ved konsekvens:

- Bergtrykk i fjellsiden
- Oppsprekking
- Sprekkemateriale
- Vanntrykk i sprekker
- Svakhetssoner
- Tilstrekkelig helning på baksprekker (ugunstig helning er $>40^{\circ}$)

Sprekker: RQD-indeks – SVV beskriver denne måleparameteren.

Dele på spenninger og RQD eller ha en felles vurderingsfaktor? Det samme gjelder for steinsprang.

Sannsynlighetsdrivende:

Vurderingen under må gjøres som en helhetsvurdering av alle faktorene som er nevnt i oppstillingen over.

Sannsynlighetsdrivende:

Naturlig oppsprekking (vurdere antallet sprekker, utholdenhet av disse, orientering på sprekkeplan)	Lite oppsprekking, gunstig sprekkeorientering		mindre gunstig orientering, eller flere sprekkesett		Sterkt oppsprukket, eller flere sprekkesett med ugunstig orientering
Spenninger	Mindre bergspenninger				Store bergtrykk som alene kan føre til steinskred
Svakhetszone	Ingen svakhetszone		Mindre svakhetszone		Kraftig svakhetszone med ugunstig orientering
Kriterium for vurdering av sannsynlighetsscore	alle faktorer i denne klassen	En av faktorene i "lav", resten i "svært lav"	En av faktorene i "middels" eller to i "lav"	En av faktorene i "høy", eller to i "middels"	En av faktorene i "svært høy", eller to faktorer i

Sannsynlighetsscore	1	3	5	8	10
Vekting	10				

Konsekvensdrivende:

Det vesentlige i forbindelse med konsekvensen er volumet av skredet.

	Svært høy	høy	middels	Lav	Svært lav
Tallfestet / Beskrivende Naturlig oppsprekking (vurdere antallet sprekker, utholdenhet av disse, orientering på sprekkeplan)	Lite oppsprekking, ugunstig sprekkeorientering		mindre gunstig orientering, eller flere sprekkesett		Sterkt oppsprukket, eller flere sprekkesett med gunstig orientering
Spenninger	Store bergtrykk som alene kan føre til steinskred				Mindre bergspenninger
Svakhetssone	Kraftig svakhetssone med ugunstig orientering		Mindre svakhetssone		Ingen svakhetssone
Kriterium for vurdering av konsekvensscore	En av faktorene i "svært høy", eller to faktorer i klasse "høy"	En av faktorene i "høy", eller to i "middels"	En av faktorene i "middels" eller to i "lav"	En av faktorene i "lav", resten i "svært lav"	alle faktorer i denne klassen
Konsekvensscore	10	9	7	6	5
Vekting	10				

Skredtype: Steinskred

Faktor: Topografi, Skråningshelning i/nedenfor løснеområdet

Steinskred skjer i hovedsak i helninger fra 40 grader og oppover. Skråningshelningen påvirker sannsynligheten for steinskred. I slakk helning (vinkel mindre enn 40 grader) er sannsynligheten relativt mindre og den øker i helninger som er brattere enn 40 grader.

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	<30 ^o	30-40 ^o	40-60 ^o	60-80 ^o	>80 ^o
Sannsynlighetsscore	1	2	8	10	8
Vekting	7				

Konsekvensdrivende (Grunnet hastighet steinskredet får):
Gjelder for under løснеområdet.

Tallfestet / Beskrivende	<30 ^o	30-40 ^o	40-60 ^o	60-80 ^o	>80 ^o
Konsekvensscore	1	2	8	10	8
Vekting	8				

Skredtype: Steinskred

Faktor: Topografi - skredbanen:

Dempeeffekt fra ur, vegetasjon, fjell i skredbanen

Grunnforholdene i skredbanen påvirker konsekvensen for at steinspranget når veien, dvs. dempeeffekten av skredbanen og formen på skredbanen. Dette påvirker også hvor store steinmengder som når vegen.

Konsekvensdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	Høy grad av demping: - vegetasjon - ur - løsmasse		Noe grad av demping		Lite grad av demping: - lite vegetasjon - fjell - lite løsmasse
Konsekvensscore	1		5		10
Vekting	7				

Skredtype: Steinskred

Faktor: Sikringsnett - barriere

For sannsynlighet og konsekvens vil det scoremessig være en glidende overgang. Her vil personell måtte gjøre en skjønnsmessig vurdering av sikringsnettets utforming, stand og egnethet.

Konsekvensdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	godt fungerende sikringsnett montert				Sikringsnett ikke montert
Konsekvensscore	1	2	4	8	10
Vekting	6				

A.6.3 Dynamiske faktorer

- Vann og/eller is i sprekk
 - Vanntrykk på grunn av vanntilførsel
 - Snøsmeltingsintensitet
 - Nedbørsintensitet
 - Is-sprengning
 - Nedbørsmengde
 - Snøsmeltingsmengde
 - Frost
- Ytre rystelser
 - Jordskjelv
 - Sprengning av skjæringer
- Erosjon og forvitring

Vann og/eller is i sprekk kan føre til økte trykk på sprekker. Vann og is i sprekkene er avhengig av værforholdene og er derfor dynamiske. Vann i sprekkene kan komme fra nedbørsforhold siste dager/uker. Nedbørsforhold over dager og uker i forhold til lokale forhold har betydning for vanntrykk på sprekker. Nedbør fører til nedsatt friksjon (mindre effekt) og høyere vanntrykk i sprekker.

Skredtype: Steinskred ($100 \text{ m}^3 < V < 10000 \text{ m}^3$)

Faktor: Vanntrykk – Nedbørs- og snøsmeltemengde / Nedbørs- og snøsmelteintensitet
Nedbør og smeltevann fører til nedsatt friksjon, vanntrykk og utvasking av sprekkmaterialet.
Langvarig, kraftig nedbør og mye vann i grunnen vil gi større risiko for steinsprang. Nedbørsintensiteten er viktigst.

Prioriteringsparameter?

<Klasser og vektning ikke utarbeidet>

Driftsparameter:

Sannsynlighetsdrivende:

Måle Verdi / enhet:

Akkumulert tilgang på vann fra nedbør eller snøsmelting, målt i mm/døgn. Dersom data på 12, 6, 3, 1 timer er tilgjengelig brukes dette. Snøsmelting måles i vannekvivalenter. mm/t eller mm/døgn.

Nedbørsintensitet: mm/per time

Snøsmeltingsintensitet: mm/per time i vannekvivalenter

Nedbørsmengde: Akkumulert nedbør over døgnet

Snøsmeltingsmengde: Akkumulert snøsmelting i vannekvivalenter over døgnet

NB: I mange tilfeller kjenner vi kun døgnverdi, ikke timesverdi

Nedbørs- / snøsmelteintensitet: mm / time

Tallfestet / Beskrivende	< 1 mm/t	1 – 5 mm/t	5 – 10 mm/t	10 – 20 mm/t	> 20 mm/t
Sannsynlighetsscore	1	2	4	8	10
Vekting	8				

Nedbørs- / snøsmeltemengde: mm per døgn

Tallfestet / Beskrivende	< 10 mm/døgn	10 – 50 mm/døgn	50 – 100 mm/døgn	100 – 200 mm/døgn	> 200 mm/døgn
Sannsynlighetsscore	1	3	5	8	10
Vekting	8				

Skredtype: Steinskred ($100 \text{ m}^3 < V < 10000 \text{ m}^3$)

Faktor: Issprengning

Temperaturvekslinger rundt null (gjentatt frysing/tining) eller stor grad av oppvarming (marginalt bidrag) øker sannsynligheten for steinsprang. Forutsetter at vann er tilstede.

Sannsynlighetsdrivende:

Måleverdi / enhet:

Temperaturrendring: Antall vekslinger rundt null (fryse/tineperioder) i vintersesongen

Dette er en prioriteringsparameter, men er felles for prioritering og drift, da prioriteringen bør komme på grunnlag av risikonivået av driftsparametere

Tore: gradetimer (timer x grader under en tineperiode)

Temperaturvekslingene betyr noe for oppsprekningen.

Nok kulde (frostmengde), slik at det fryser rundt steinen. Deretter en viss varmemengde.

I et varmere klima vil ikke frosten gå så dypt. Derfor vil en oppleve flere grunnere utløsninger. I lofoten og i ytre sogn er det mye steinsprang.

Måleverdi / enhet: Antall fryseperioder

Tallfestet / Beskrivende	< 1	1 – 5	5 – 10	10 – 20	> 20
Sannsynlighetsscore	1	5	7	8	10
Vekting	10				

Skredtype: Steinskred ($100 \text{ m}^3 < V < 10000 \text{ m}^3$)

Faktor: Ytre rystelser (Jordskjelv i området eller sprengningsarbeid)

Rystelser fra jordskjelv kan skape spenninger i fjellet og være den utløsende faktoren for et steinsprang. Jordskjelv er naturskapt og dynamisk.

Rystelser fra sprengninger kan skape spenninger i fjellet og være den utløsende faktoren for et steinsprang. Sprengningene er menneskeskapt og dynamisk.

Etter et jordskjelv eller sprengning settes denne faktoren til "Ja", i en forhåndsdefinert periode. Hvor lenge denne perioden skal vare bestemmer SVV.

- Jordskjelv: Vanskelig å si noe om hvor lenge en slik periode skal vare. 12-24 timer?
- Sprengning: Hele sprengningsperioden

Sannsynlighetsdrivende:

Rystelser fra jordskjelv og sprengninger påvirker sannsynligheten for skred, fordi den skaper større spenninger i fjellet.

Måleverdi / enhet: Har det skjedd ett jordskjelv eller vært gjennomført sprengning i det siste, Ja / Nei

Tallfestet / Beskrivende	Nei				Ja
Sannsynlighetsscore	0				10
Vekting	1				

Skredtype: Steinskred ($100 \text{ m}^3 < V < 10000 \text{ m}^3$)

Faktor: Erosjon og forvitring

Erosjonsprosesser av sprekkemateriale, og forvitring av bergarten mm

Måleverdi / enhet:

Sterk forvitring på svakere bergarter under sterkere bergarter, vil kunne føre til at blokker faller ut.

For sannsynlighet vil det scoremessig være en glidende overgang. Her vil personell måtte gjøre en skjønnsmessig vurdering.

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	Liten grad av erosjon/ forvitring. Ikke sannsynlig at dette fører til nedfall	3	Middels forvitring, Sannsynlighet for nedfall	5	8	Sterk forvitring av underliggende lag. Stor fare for nedfall.	10
Sannsynlighetsscore	1	3	5	8	10		
Vekting	3						

A.7 Fjellskred (volum > 10000 m³)

A.7.1 Oversikt

Forutsetning: Bratte fjellsider, svakhetssoner.

Merk at steinsprang kan være indikasjon på at steinskred og fjellskred er i anmarsj.

Faktor	Vurdering / Beskrivelse
Statisk / Dynamisk Sanns/konsekvens	
Geologien - bergart - bergoppsprekking og svakhetssoner - baksprekkes helning - store bergtrykk - sprekkematerialet - skjærfasthet, friksjon - brudd i skjærdeformasjon S P / K	Bratte fjellsider og svakhetssoner i bergartene er hovedfaktorene bak utløsning av fjellskred. Statisk: <ul style="list-style-type: none"> • Geologiforholdene forandrer seg ikke og er statiske Sannsynlighet/konsekvens: <ul style="list-style-type: none"> • Sannsynligheten for fjellskred øker der hvor det er svakhetssoner, oppsprekking, stort vanntrykk på sprekker. • Baksprekkes helning påvirker sannsynligheten for fjellskred. Ugunstig helning vil gjøre det mulig for skredet/volumet å gli ut. • Sprekkematerialet påvirker sannsynligheten for skred. • Geologiske forhold avgjør størrelsen som vil påvirke konsekvensene.
Geometri - skråningshelning fra 40 grader og oppover i løseområdet S P	Fjellets geometri: Fjellskred skjer i hovedsak i helninger fra 40 grader og oppover. Statisk: <ul style="list-style-type: none"> • Fjellets geometri er statisk. Sannsynlighet: <ul style="list-style-type: none"> • Vinkelen til helningen påvirker sannsynligheten for fjellskred. I slakk helning (vinkel mindre enn 40 grader) er sannsynligheten relativt mindre og den øker i helninger som er brattere enn 40 grader. .
Vann i sprekk (sprekkevanns trykk) D P	Vann i sprekkene kan føre til økt sprekkvannstrykk og dermed økte spenninger i fjellet. Dynamisk: <ul style="list-style-type: none"> • Vann i sprekkene er avhengig av værforholdene og er derfor dynamiske. Sannsynlighet: <ul style="list-style-type: none"> • Mengden vann i fjellsprekkene påvirker sannsynligheten for fjellskred. I områder der det er mye vann i fjellsprekkene kan dette føre til økt sprekkvannstrykk, som igjen fører til økt sannsynlighet for fjellskred.
Skredbane - Utløpsarealet S P / K	Skredbanen påvirker både sannsynligheten og konsekvensen av et eventuelt fjellskred. Statisk: <ul style="list-style-type: none"> • Skredbanens geometri er statisk. Sannsynlighet/konsekvens: <ul style="list-style-type: none"> • Skredbanen påvirker sannsynligheten for at fjellskredet når veien, dvs. dempeeffekten av skredbanen og formen på skredbanen.
	Konsekvenser vil i hovedsak avhenge av volumet, og selvf. vegens beliggenhet ift skredet.
Vanntilgang over dager	Nedbør fører til nedsatt friksjon, høyere vanntrykk og utvasking av sprekkemateriale

Faktor	Vurdering / Beskrivelse
Statisk / Dynamisk Sanns/konsekvens og uker i forhold til lokale forhold, som har betydning for vanntrykk på sprekker D P	Dynamisk: <ul style="list-style-type: none">Nedbør varierer over tid og er dynamisk. Sannsynlighet <ul style="list-style-type: none">Mye nedbør kan føre til høyere vanntrykk i fjellsprekke og dermed også høyere sannsynlighet for fjellskred.
Varsel om større hendelse: -Steinsprang og steinskred -Deformasjon i glideflaten D P	Mindre nedfall kan være et tegn på at noe større er i anmarsj. Tilsvarende vil bevegelser i berget, sprekker, osv være. Deformasjon i glideflaten er en indikasjon på at det er forskyvninger i bergmassen (inkl her)

A.7.2 Statistiske faktorer

- Naturlige sprekker og svakhetssoner
- Bergtrykk/ spenninger
- Sprekkeegenskaper - Tilstrekkelig helning på baksprekker (ugunstig helning er $>40^{\circ}$) og sprekefyllinger
- Topografi
 - Skråningshelning fra 30 grader og oppover
- Utløpsarealet (volumet og høyden på skredet)

Faktorer å vurdere ved sannsynlighet:

- Bergtrykk i fjellsiden
- Svakhetssoner
- Tilstrekkelig helning på baksprekker (ugunstig helning er $>40^{\circ}$)
- Brudd ved skjærdeformasjon
- Skjærfasthet, friksjon

Faktorer å vurdere ved konsekvens:

- Bergtrykk i fjellsiden
- Oppsprekking**
- Sprekkemateriale
- Svakhetssoner
- Tilstrekkelig helning på baksprekker (ugunstig helning er $>40^{\circ}$)
- Brudd ved skjærdeformasjon
- Skjærfasthet, friksjon

Skredtype: Fjellskred

Faktor: Naturlige sprekker og svakhetssoner

Sannsynligheten for fjellskred øker der hvor det bl.a. er svakhetssoner og oppsprekking.

Enkeltsprekkes orientering og gjennomsettende sprekker.

For Fjellskred er det den grove oppsprekkingen som er vesentlig. Det er de grove strukturene i bergmassen som er avgjørende.

Tilstrekkelig helning på baksprekker (ugunstig helning er $>40^{\circ}$)

For sannsynlighet og konsekvens vil det scoremessig være en glidende overgang. Her vil personell måtte gjøre en skjønnsmessig vurdering.

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	Lite oppsprekking,		Mindre gjennomsettende sprekker		Store gjennomsettende sprekker eller svakhetssoner
Sannsynlighetsscore	1	3	5	8	10
Vekting	10				

Konsekvensdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	Lite oppsprekking,		Mindre gjennomsettende sprekker		Store gjennomsettende sprekker eller svakhetssoner
Konsekvensscore	1	3	5	8	10
Vekting	8				

Skredtype: Fjellskred
Faktor: Bergtrykk/ spenninger

Sannsynligheten for skred øker der det er store bergtrykk i fjellet.

For sannsynlighet og konsekvens vil det scoremessig være en glidende overgang. Her vil personell måtte gjøre en skjønnsmessig vurdering.

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	Spenningsfritt		middels store spenninger		store bergspenninger
Sannsynlighetsscore	1	3	5	8	10
Vekting	5				

Konsekvensdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	Spenningsfritt		middels store spenninger		store bergspenninger
Konsekvensscore	1	3	5	8	10
Vekting	2				

Skredtype: Fjellskred
Faktor: Sprekkeegenskaper

Fyllmaterialet påvirker sannsynligheten for fjellskred.

Baksprekkenes helning påvirker sannsynligheten for fjellskred. Ugunstig helning vil gjøre det mulig for skredet/volumet å gli ut. Sprekkematerialet påvirker sannsynligheten for skred.

Sprekkeegenskaper:

- Fyllmaterialet, åpen lukket, permeabilitet
- Baksprekkenes helning (**NB: Denne er ikke med i klassifiseringen**). Tar denne med i vurderingen som gjøres i faktoren "sprekker".

For sannsynlighet og konsekvens vil det scoremessig være en glidende overgang. Her vil personell måtte gjøre en skjønnsmessig vurdering.

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	Stabil – ikke leirfylt åpen sprekk		Sprekk som er tett, men med en viss gjennomstrømning (sand/grus/ stein)		Ustabil – Tett leirfylt sprekk med svelleleire
Sannsynlighetsscore	1	3	5	8	10
Vekting	3				

Konsekvensdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	Stabil – ikke leirfylt åpen sprekk		Sprekk som er tett, men med en viss gjennomstrømning (sand/grus/ stein)		Ustabil – Tett leirfylt sprekk med svelleleire
Konsekvensscore	1		5		10
Vekting	1				

Skredtype: Fjellskred

Faktor: Topografi, skråningshelning i/nedenfor løснеområdet

Fjellskred skjer i hovedsak i helninger fra 40 grader og oppover. Vinkelen til helningen påvirker sannsynligheten for fjellskred. I slakk helning (vinkel mindre enn 40 grader) er sannsynligheten relativt mindre og

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	<40 ^o	40 - 50 ^o	50 - 60 ^o	60 - 80 ^o	>80 ^o
Sannsynlighetsscore	1	4	7	8	10
Vekting	7				

Konsekvensdrivende (Grunnet hastigheten som fjellskredet får):
Gjelder for skråningen nedenfor løснеområdet.

Tallfestet / Beskrivende	<40 ^o	40 - 50 ^o	50 - 60 ^o	60 - 80 ^o	>80 ^o
Konsekvensscore	1	4	7	8	10
Vekting	10				

Skredtype: Fjellskred

Faktor: Topografi - skredbane

Utløpsarealet (Volumet og høyden på skredet)

Skredbanen påvirker konsekvensen av et eventuelt fjellskred. Konsekvenser av et fjellskred vil i hovedsak avhenge av volumet, og selvfølgelig vegens beliggenhet i forhold til skredet. Skredbanen påvirker konsekvensen for hvilket volum av fjellskredet som når veien, dvs. dempeeffekten av skredbanen og formen på skredbanen.

Konsekvensdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	<50000 m ³	50000 - 100000 m ³	100000 - 500000 m ³	500000 - 1000000 m ³	>1000000 m ³
Konsekvensscore	1	2	6	8	10
Vekting	5				

A.7.3 Dynamiske faktorer

- Vann i sprekk (sprekkevanns trykk)
- Jordskjelv
- Erosjon og forvitring

Dynamiske faktorer som var vurdert, men deretter er utelatt: Vanntilgang over dager og uker i forhold til lokale forhold

Skredtype: Fjellskred ($V > 10000 \text{ m}^3$)

Faktor: Vanstrykk – Nedbørs- og snøsmeltemengde **F**

Mengden vann i fjellsprekkene påvirker sannsynligheten for fjellskred. I områder der det er mye vann i fjellsprekkene kan dette føre til økt sprekevanstrykk, som igjen fører til økt sannsynlighet for fjellskred.

Prioriteringsparameter?

<Klasser og vektning ikke utarbeidet>

Driftsparameter:

Kommentar: Her burde vi vel strengt tatt ha andre sannsynlighetsklasser for eksempel måle nedbør over en lengre periode enn et døgn i og med at det skal mye vann til over lengre tid for å øke sprekevanstrykket.

Måleverdi / enhet:

Total tilgang på vann fra nedbør og snøsmelting: mm per døgn

Nedbørsmengde: Akkumulert nedbør over døgnet

Snøsmeltingsmengde: Akkumulert snøsmelting i vann ekvivalenter over døgnet

Sannsynlighetsdrivende:

Nedbørs- / snøsmeltemengde: mm per døgn

Tallfestet / Beskrivende	< 10 mm/ døgn	10 – 50 mm/ døgn	50 – 100 mm/ døgn	100 – 200 mm/ døgn	> 200 mm/ døgn
Sannsynlighetsscore	1	3	5	8	10
Vekting	10				

Skredtype: Fjellskred ($V > 10000 \text{ m}^3$)

Faktor: Jordskjelv

Sannsynlighetsdrivende:

Jordskred over 6 på Richtersskala fører til økt ustabilitet i skråning. Over 8 på richters skala – stor sannsynlighet for skred i etterkant. Har tall på jordskjelv – norsar – har jordskjelv forskning. – kan kanskje styre etter denne.

Sannsynlighetsklasse	Svært lav	Lav	Middels	Høy	Svært høy
Tallfestet / Beskrivende	< 5 Richters skala	5-6 Richters skala	6 – 7 Richters skala	7 – 8 Richters skala	>8 Richters skala
Sannsynlighetsscore	1	3	7	9	10
Vekting	3				

Skredtype: Fjellskred ($V > 10000 \text{ m}^3$)

Faktor: Erosjon og forvitring

Erosjonsprosesser av sprekke materiale, og forvitring av bergarten mm

Måle verdi / enhet:

Sterk forvitring på svakere bergarter under sterkere bergarter, vil kunne føre til at blokker faller ut.

For sannsynlighet vil det scoremessig være en glidende overgang. Her vil personell måtte gjøre en skjønnsmessig vurdering.

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	Liten grad av erosjon/ forvitring. Ikke sannsynlig at dette fører til nedfall		Middels forvitring, Sannsynlighet for nedfall		Sterk forvitring av underliggende lag. Stor fare for nedfall.
Sannsynlighetsscore	1	3	5	8	10
Vekting	1				

A.8 Flomskred (jord, stein og vann)

A.8.1 Oversikt

Et materiale som kan skli ut, og stor tilgang på vann som den utløsende faktor. Må også ha en bratthet som fører til at løsmassene beveger seg. Vann vil som regel komme fra nedbør, snøsmelting, vannmettet jord med stort poretrykk, en bekk på "ville vegger", , eller fra litt mer spesielle forhold som dambrudd (naturlig eller kunstig, herunder jøkullhlaup). Vanntilgangen vil påvirke sannsynligheten for at noe skjer.

Faktor	Vurdering / Beskrivelse
Statisk / Dynamisk Sanns/konsekvens Forvittringsjord, morenedekke S P / K	Forvittringsjord eller morenedekke i kombinasjon med stor vanntilførsel er en forutsetning for å utløse et flomskred. Statisk: <ul style="list-style-type: none"> Forvittringsjord og morenedekke endrer seg lite over tid er derfor statisk. Sannsynlighet/konsekvens: <ul style="list-style-type: none"> Forvittringsjorden og morenedekket påvirker sannsynligheten og konsekvensen for et skred.
Elveleie eller bekk med løsmasser S P	Forvittringsjord eller morenedekke i kombinasjon med stor vanntilførsel er en forutsetning for å utløse et flomskred. Statisk: <ul style="list-style-type: none"> Elveleie eller bekkeløp endrer seg lite over tid (def: tid=år) og er derfor statisk. Sannsynlighet/konsekvens: <ul style="list-style-type: none"> Elveleiet eller bekk tilfører vann til forvittringsjorden og morenedekket og påvirker derfor sannsynligheten for et skred. Vi kan ha det tilfelle at en bekk tar ny veg under kraftig nedbørssituasjon og fører til et flomskred. Se under
Endring i dreneringsveger D P	Ved kraftige nedbørssituasjoner kan bekker/elver ta nye vegger. Dette fører til erosjon/mulig utgraving av nye elveløp med stor fare for flomskred.
Topografien: - Skråning inn mot elveleie - Skråning i elveleie - Skredvifte S P / K	Terrenget må være bratt nok til å få bevegelse i løsmassene

Faktor	Vurdering / Beskrivelse
Statisk / Dynamisk Sanns/konsekvens Nedbørsintensitet - intenst regn D P	Nedbørsintensitet eller intenst regn kan gi stor vanntilførsel. Dynamisk: <ul style="list-style-type: none"> Nedbørsintensiteten varierer over tid og er dynamisk. Sannsynlighet: <ul style="list-style-type: none"> Nedbørsintensitet tilfører vann til løsmassene. Vannmettede løsmasser har dårligere stabilitet og det blir større sannsynlighet for skred. Regelen som gjelder for jordskred kan også brukes her (mer nedbør ila 24 t enn 1/12 av årsnormal eller 1/20 av årsnormal ila 12 t)
Temperaturøkning: Brå snøsmelting D P	Temperaturøkning kombinert med snøsmelting kan gi stor vanntilførsel. Dynamisk: <ul style="list-style-type: none"> Temperaturen varierer over tid og er således dynamisk. Sannsynlighet: <ul style="list-style-type: none"> Temperaturøkning kombinert med snøsmelting kan føre til vanntilførsel til forvittringsjorden og morenedekket og påvirker derfor sannsynligheten for skred. Kombinasjonen av nedbør og snøsmelting kan gi høyt poretrykk som kan føre til skred.
Brudd i naturlig eller kunstig dam - morenedam - kunstig dam - jøkulhlaup (bredam) S P	Ulike damkonstruksjoner som demmer opp et vannmagasin i bakkant. Kan bli brudd i dammen, og et flomskred kan oppstå. Forekomsten av oppdemmingen er statisk, men det er bruddet som er faren (mye vann kan føre til flomskred nedstrøms)

A.8.2 Statiske faktorer

- Topografi i løsneområdet, helning
- Forvittringsjord
- Morenedekke

Skredtype: Flomskred

Faktor: Topografi, skråningshelning i/nedenfor løснеområdet

Terrenget må være bratt nok til å få bevegelse i løsmassene

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	< 25 ⁰	25 - 30 ⁰	30 - 35 ⁰	35 - 40 ⁰	> 40 ⁰
Sannsynlighetsscore	1	3	8	10	8
Vekting	7				

Konsekvensdrivende:

Gjelder for skråning under løснеområdet.

Tallfestet / Beskrivende	< 25 ⁰	25 - 30 ⁰	30 - 35 ⁰	35 - 40 ⁰	> 40 ⁰
Konsekvensscore	1	3	8	10	8
Vekting	9				

Skredtype: Flomskred

Faktor: Forvittringsjord

Forvittringsjord eller morenedekke tilstede i kombinasjon med stor vanntilførsel er en forutsetning for å utløse et flomskred.

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	Ingen forvittringsjord tilstede	Mindre enn 0,5 m med forvittringsjord	0,5 m – 1 m med forvittringsjord	1m – 2 m med forvittringsjord tilstede	Mer enn 2 m med forvittringsjord
Sannsynlighetsscore	0	2	7	10	6
Vekting	5				

Konsekvensdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	Ingen forvittringsjord tilstede	Mindre enn 0,5 m med forvittringsjord	0,5 m – 1 m med forvittringsjord	1m – 2 m med forvittringsjord tilstede	Mer enn 2 m med forvittringsjord
Konsekvensscore	0	3	7	9	10
Vekting	8				

Skredtype: Flomskred

Faktor: Morenedekke tilstede

Forvittringsjord eller morenedekke tilstede i kombinasjon med stor vanntilførsel er en forutsetning for å utløse et flomskred.

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	Ikke morenedekke tilstede	Mindre enn 0,5 m med morenedekke	0,5 m – 1 m med morenedekke	1m – 2 m med morenedekke	Mer enn 2 m med morenedekke
Sannsynlighetsscore	0	2	3	6	10
Vekting	5				

Konsekvensdrivende :

Tallfestet / Beskrivende	Ikke morenedekke tilstede	Mindre enn 0,5 m med morenedekke	0,5 m – 1 m med morenedekke	1m – 2 m med morenedekke	Mer enn 2 m med morenedekke
Konsekvensscore	0	2	3	5	10
Vekting	8				

Skredtype: Flomkred

Faktor: Barriere

Barrierer mot denne skredtypen kan være bro, overbygg, forbygninger i elveløpet, voller for å styre elveløpet eller fangdammer for å ta i mot massene.

For konsekvens vil det scoremessig være en glidende overgang. Her vil personell måtte gjøre en skjønnsmessig vurdering av den/de aktuelle barriere(r) sin utforming, tilstand og egnethet.

Konsekvensdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	godt fungerende barriere				Ikke montert/ installert
Konsekvensscore	1	2	4	8	10
Vekting	5				

A.8.3 Dynamiske faktorer

- Terskelverdi tilførsel av vann
 - Nedbør
 - Snøsmelting
- Endring i dreneringsveger
- Elveerosjon / Forsenkning / Elveleie / bekk i løsneområdet
- Dambrudd / Brudd i naturlig dam
- Jøkhulaup brudd i dam dannet av bre

Skredtype: Flomskred (jord, stein og vann)

Faktor: Terskelverdi tilførsel av vann (andel nedbør/snøsmelting av årsnormalen)

Nedbørs/ snøsmeltings-intensitet tilfører vann til løsmassene. Vannmettede løsmasser har dårligere stabilitet og det blir større sannsynlighet for skred.

Regelen som gjelder for jordskred kan også brukes her (mer nedbør ulla 24 t enn 1/12 av årsnormal eller 1/20 av årsnormal ulla 12 t).

Måleverdi / enhet:

mer nedbør ulla 24 t enn 1/12 av årsnormal pga tilgang fra metrologisk institutt på dette formatet
eller 1/20 av årsnormal ulla 12 t

Snøsmelting: millimeter vannekvivalent til snøsmelting i forhold til årsnormalen

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	< 4% av årsnormalen i løpet av et døgn	4 – 6% av årsnormalen i løpet av et døgn	6 – 7% av årsnormalen i løpet av et døgn	7 - 8% av årsnormalen i løpet av et døgn	> 8% av årsnormalen i løpet av et døgn
Sannsynlighetsscore	1	2	5	8	10
Vekting	10				

Konsekvensdrivende:

Nedbørsintensitet tilfører vann til løsmassene. Vannmettede løsmasser har dårligere stabilitet og det blir større sannsynlighet for skred. Det blir større flomskred.

Tallfestet / Beskrivende	< 4% av årsnormalen i løpet av et døgn	4 – 6% av årsnormalen i løpet av et døgn	6 – 7% av årsnormalen i løpet av et døgn	7 - 8% av årsnormalen i løpet av et døgn	> 8% av årsnormalen i løpet av et døgn
Konsekvensscore	1	2	5	8	10
Vekting	10				

Skredtype: Flomskred (jord, stein og vann)

Faktor: Endring i dreneringsveger

Ved kraftige nedbørssituasjoner kan bekker/elver ta nye veger. Dette fører til erosjon/mulig utgraving av nye elveløp med stor fare for flomskred. Dreneringsveger kan ta nye veger for eksempel på grunn av menneskelig inngrep skogsbilveier, stier etc.

Måleverdi / enhet: Fører flom til endring i dreneringsveier, Ja/ Nei

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	Nei				Ja
Sannsynlighetsscore	0				10
Vekting	5				

Skredtype: Flomskred
Faktor: Elveerosjon

Flomskred starter i vassdrag på grunn av stor vannføring og løsmasser i vassdraget eroderes og et flomskred utløses.

Vurdering av vannhastighet i forhold til normalen og om det er løsmasser i elveleiet.

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	Lav vannhastighet/ gjennom- strømning (i forhold til normalen) og ubetydelig løsmasser tilstede i elveleie.		Middels vannhastighet/ gjennom- strømning (i forhold til normalen) og noe løsmasser tilstede i elveleie.		Stor vannhastighet/ gjennom- strømning (i forhold til normalen) og mye løsmasser i elveleiet
Sannsynlighetsscore	1		5		10
Vekting	5				

Skredtype: Flomskred (jord, stein og vann)

Faktor: Jøkulhlaup

Brudd i naturlig dam som er dannet av bre = Jøkulhlaup

Måleverdi / enhet: Er det bre tilstede, Ja / Nei

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	Ingen bre tilstede				Bre tilstede, som demmer dreneringsvann
Sannsynlighetsscore	0				10
Vekting	1				

Konsekvensdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	Ingen bre tilstede				Bre tilstede, som demmer dreneringsvann
Konsekvensscore	0				10
Vekting	7				

Skredtype: Flomskred (jord, stein og vann)

Faktor: Dambrudd – naturlige dammer

Dam eller naturlig morenedam, har begge faktorene tilstede for et skred, både morenerygg/jord og vann.

Måleverdi / enhet: Er dam tilstede, Ja / Nei

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	Ingen dam tilstede				Dam tilstede
Sannsynlighetsscore	0				10
Vekting	1				

Konsekvensdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	Ingen dam tilstede				Dam tilstede
Konsekvensscore	0				10
Vekting	7				

A.9 Kvikkleireskred

A.9.1 Oversikt

Løsmassen på stedet må være en tilstrekkelig sensitiv kvikkleire I tillegg må det påføres en økt belastning (enten en pålastning i toppen av en skjæring eller avlastning i tåen) Tilstrekkelig redusert stabilitet fører til skred. Leiras "stabilitet kan påvirkes gjennom endringer i poretrykk. Kvikkleire er en marint avsatt leire hvor saltet senere er vasket ut, kvikke leirer har en omrørt skjærfasthet $< 0,5 \text{ kN/m}^2$, og ofte en meget høy sensitivitet.

Faktor	Vurdering / Beskrivelse
<p>Statisk / Dynamisk Sanns/konsekvens</p> <p>Kvikk marin leire (høy sensitivitet, lav omrørt skjærstyrke)</p> <p>S P</p>	<p>Kvikkleire med omrørt skjærstyrke $< 0,5 \text{ kN/m}^2$ og høy sensitivitet. Leirens egenskaper vil påvirke hvor stor belastning som skal til før den blir ustabil, mens leirens mektighet og utbredelse vil påvirke skredets størrelse og dermed konsekvenser</p> <p>Statisk:</p> <ul style="list-style-type: none"> Kvikkleire forflytter seg ikke over tid, med unntak av under ras, og er statisk. <p>Sannsynlighet/konsekvens:</p> <ul style="list-style-type: none"> Kvikkleiras egenskaper (sensitivitet) påvirker sannsynligheten for et skred
<p>Overbelastning (for eksempel utfylling i toppen av en skråning)</p> <p>D P</p>	<p>Økt belastning (oppfylling) på en potensiell ustabil skråning vil føre til stabilitetsforverring og større fare for utglidning.</p> <p>Dynamisk:</p> <ul style="list-style-type: none"> Belastningen på toppen av et område med kvikkleire kan variere over tid og er dynamisk. <p>Sannsynlighet:</p> <ul style="list-style-type: none"> Økt belastning fører til redusert stabilitet og gir økt sannsynlighet for skred.
<p>Erosjon/graving i skråningsfot - Vannføring i elveleie (som fører til naturlig erosjon i skråningsfot) - Graving ifm anleggsarbeider e.l. i f.eks skråningsfot</p> <p>D P</p>	<p>Erosjon/graving i skråningsfot kan skje på grunn av naturlig erosjon i elveleie, eller på grunn av gravearbeider. Begge deler vil redusere stabiliteten i skråningen. (Vannføring i elveleie kan føre til naturlig erosjon i skråningsfot og redusere stabiliteten i kanten/skråningen av et område med marint avsatt leire.)</p> <p>Dynamisk:</p> <ul style="list-style-type: none"> Vannføring i elveleie varierer over tid og er derfor dynamisk. <p>Sannsynlighet:</p> <ul style="list-style-type: none"> Erosjon i elveleiet påvirker sannsynligheten for skred, Dette skyldes at erosjonen reduserer skråningsstabiliteten og medfører økt fare for skred. (vannføringen kan føre til naturlig erosjon i skråningsfot, som igjen kan føre til at et skred utløses. Økt vannføring i elveleiet ved skråningsfot fører til økt sannsynlighet for skred.) <p>Elv eller bekk tilfører vann til området og kan føre til utvasking av den marine leiren er inkl her</p>
<p>Poretrykksøkning (høyere grunnvannsstand eller anleggsarbeider)</p> <p>D P</p>	<p>Poretrykket kan påvirkes av grunnvannsstanden og anleggsarbeider i nærheten. (Når grunnvannet stiger øker poretrykket og når grunnvannet synker, reduseres poretrykket.) Grunnvannsstanden varierer avhengig av nedbør og tørke. Poretrykket vil påvirke leiras skjærfasthet og fører til redusert stabilitet.</p> <p>Dynamisk:</p> <ul style="list-style-type: none"> Poretrykket varierer over tid og er derfor dynamisk. <p>Sannsynlighet:</p>

Faktor	Vurdering / Beskrivelse
Statisk / Dynamisk Sanns/konsekvens	
Mektigheten/størrelse av kvikkleireforekomst S K	<ul style="list-style-type: none">• Poretrykket påvirker sannsynligheten for skred. Når poretrykket øker, fører det til at skjærstyrken i leiren avtar og leiren får redusert motstandsevne mot glidninger. Økt poretrykk fører dermed til økt sannsynlighet for skred. <p>Poretrykksendringer kan oppstå som følge av anleggsarbeider som oppfyllinger, peling og spunting</p>
Rystelser fra sprengning D P	Dette er ikke veldig vanlig. Det er bare ett kjent tilfelle hvor rystelser fra sprengning (trolig) var utløsende årsak. Tøyningene som medføres må over en viss terskel for at det skal oppstå endringer i poretrykk

A.9.2 Statistiske faktorer

- Kvikkleire
 - Kvikkleire tilstede
 - Areal av område med kvikkleire
- Grunnforhold - lagdeling
- Utbredelsesmulighet
 - Skråning
 - Høydeforskjell i terrenget

Skredtype: Kvikkleire skred

Faktor: Kvikkleire

Kvikkleiras mektighet og utbredelse vil sammen med terrengepografien styre skredets utbredelse. En utløpsmulighet for omrørte skredmasser er også en forutsetning for utvikling av store skred.

Kvikkleire er leire med omrørt skjærstyrke $< 0,5 \text{ kN/m}^2$ og høy sensitivitet. Leirens egenskaper vil påvirke hvor stor belastning som skal til før den blir ustabil, mens leirens mektighet og utbredelse vil påvirke skredets størrelse og dermed konsekvenser

Sannsynlighetsdrivende:

Måleverdi / enhet: Er kvikkleire tilstede, Ja / Nei

Tallfestet / Beskrivende (kubikk)	Ingen kvikkleire tilstede				Kvikkleire tilstede
Sannsynlighetsscore	0				10
Vekting	10				

Konsekvensdrivende:

Måleverdi / enhet: Volum av kvikkleire i løsneområdet

Tallfestet / Beskrivende (kubikk)	$< 1000 \text{ m}^3$	1000 - 10000 m^3	10000 - 50000 m^3	50000 - 100000 m^3	$> 100000 \text{ m}^3$
Konsekvensscore	3	7	8	9	10
Vekting	10				

Skredtype: Kvikkleire skred

Faktor: Grunnforhold – lagdeling

Dersom det er sand eller silt i tykke horisontale lag i kvikkleira, så stabiliseres leira og sannsynligheten minskes for skred. Hvis det er tykk tørrskorpe og det ikke er erosjon ned i kvikkleira er kvikkleira mer stabil.

Måleverdi / enhet: Type lagdeling

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	* Sand eller silt i tykke horisontale lag i leira * Tykk tørrskorpe		* Tynnere kvikkleirelag * Sand og silt i tynne horisontale lag og tykk tørrskorpe.		* Ingen sand eller silt i horisontale lag i leira. * Tynn tørrskorpe * Betydelig tykkelse på kvikkleire laget (10m +).
Sannsynlighetsscore	1		5		10
Vekting	8				

Konsekvensdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	* Sand eller silt i tykke horisontale lag i leira * Tykk tørrskorpe		* Tynnere kvikkleirelag * Sand og silt i tynne horisontale lag og tykk tørrskorpe.		Ingen sand eller silt i horisontale lag i leira. * Tynn tørrskorpe * Betydelig tykkelse på kvikkleire laget (10m +).
Konsekvensscore	1		5		10
Vekting	6				

Skredtype: Kvikkleireskred

Faktor: Skråningshelning - terrengoverflatens helning

Måleverdi / enhet: Skråningshelning (er terrengoverflatens helning).

Sannsynlighetsdrivende:

En utløpsmulighet for omrørte skredmasser er en forutsetning for utvikling av store skred.

Tallfestet / Beskrivende	< 10°		10 - 25°		> 25°
Sannsynlighetsscore	1		8		10
Vekting	5				

Konsekvensdrivende:

En utløpsmulighet for omrørte skredmasser er en forutsetning for utvikling av store skred.

SVV sjekker om helning er vesentlig for konsekvens

Tallfestet / Beskrivende	< 10°		10 - 25°		> 25°
Sannsynlighetsscore	1		8		10
Vekting	??				

Skredtype: Kvikkleireskred

Faktor: Høydeforskjell i terrenget

En utløpsmulighet for omrørte skredmasser er en forutsetning for utvikling av store skred.

Måleverdi / enhet: Høydeforskjell fra toppen av kvikkleireavsetning til bunn av ravine.

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	< 5 m høyde fra toppen av avsetningen til bunnen.	5 – 10 m høyde fra toppen av avsetningen til bunnen.	10 m – 20 m høyde fra toppen av avsetningen til bunnen.	20 m – 50 m høyde fra toppen av avsetningen til bunnen.	Over 50m høyde fra toppen av avsetningen til bunnen.
Sannsynlighetsscore	1	3	7	8	10
Vekting	5				

Konsekvensdrivende:

En utløpsmulighet for omrørte skredmasser er en forutsetning for utvikling av store skred.

Utløpsdistansen nedstrøms vil være implementert i faktoren så sant det ikke har helt spesielle forhold

Tallfestet / Beskrivende	Under 5 m høyde fra toppen av avsetningen til bunnen.	Fra 5m – 10m høyde fra toppen av avsetningen til bunnen.	10 m – 20 m høyde fra toppen av avsetningen til bunnen.	20 m – 50 m høyde fra toppen av avsetningen til bunnen.	Over 50m høyde fra toppen av avsetningen til bunnen.
Sannsynlighetsscore	1	3	7	8	10
Vekting	10				

Skredtype: Kvikkleirekred

Faktor: Barriere

Barrierer mot denne skredtypen kan være voller og generelle stabiliserende tiltak.

For konsekvens vil det scoremessig være en glidende overgang. Her vil personell måtte gjøre en skjønnsmessig vurdering av den/de aktuelle barriere(r) sin utforming, tilstand og egnethet.

Konsekvensdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	godt fungerende barriere				Ikke utbygd / utført
Konsekvensscore	1	2	4	8	10
Vekting	4				

A.9.3 Dynamiske faktorer

- Overbelastning (snø på bakken har tidligere ført til økt poretrykk)
- Vannføring i elveleie (som fører til naturlig erosjon i skråningsfot)
- Graving i skråningsfot (anleggsarbeid etc.)
- Pæling eller brønnboring med mer.
- *Poretrykksøkning på grunn av endret grunnvannsstand*

Dynamiske faktorer som var vurdert, men deretter er utelatt: nedbør

Skredtype: Kvikkleireskred

Faktor: Overbelastning/fylling

Overbelastning kan oppstå f.eks. ved utfylling (fremmed masse) legges på bakken i toppen av en skråning. Økt belastning (oppfylling) på en potensiell ustabil skråning vil føre til stabilitetsforverring og større fare for utglidning. Belastningen på toppen av et område med kvikkleire kan variere over tid og er dynamisk.

Måleverdi / enhet:

Størrelsen på belastningen som ligger på bakken i forhold til hvor mye kvikkleiren tåler.

Måles ved skråningens sikkerhetsfaktor etter pålasting

Andel belastning opp mot skråningens brudd - SVV finner klassifiseringen. Må nødvendigvis støttes av grunnundersøkelser i nærheten.

Sannsynlighetsdrivende:

Økt belastning fører til redusert stabilitet og gir økt sannsynlighet for skred.

Tallfestet / Beskrivende	Sikkerhetsfaktor $\geq 2,0$	Sikkerhetsfaktor 2 – 1,5	Sikkerhetsfaktor 1,2 – 1,5	Sikkerhetsfaktor 1,0 – 1,2	Sikkerhetsfaktor $\leq 1,0$
Sannsynlighetsscore	1	3	8	9	10
Vekting	7				

Skredtype: Kvikkleireskred
Faktor: Erosjon i skråningsfot (vannføring i elveleie)

Erosjon i skråningsfot kan skje på grunn av naturlig erosjon i elveleie som vil kunne redusere stabiliteten i skråningen. (Vannføring i elveleie kan føre til naturlig erosjon i skråningsfot og redusere stabiliteten i kanten/skråningen av et område med marint avsatt leire.). Vannføring i elveleie varierer over tid og er derfor dynamisk. Elv eller bekk tilfører vann til området og kan føre til utvasking av den marine leiren, som igjen kan føre til at skred utløses. Elv eller bekk varierer over tid (dog i mindre grad) og er derfor dynamisk.

Økt vannføring i elv. I små vassdrag skaper nedbøren erosjon.

Måleverdi / enhet: Vannivå og vannhastighet som tilsvarer flom

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	<20 års flom	20 – 50 års flom	50 – 100 års flom	100 -200 års flom	> 200 års flom
Sannsynlighetsscore	1	3	6	8	10
Vekting	9				

Skredtype: Kvikkleireskred

Faktor: Graving i skråningsfot (graving i forbindelse med anleggsarbeider e.l.)

Graving i skråningsfot vil kunne redusere stabiliteten i skråningen. Graving ved foten av skråninger svekker motholdet.

Måleverdi / enhet: Foregår det graving i skråningsfot, Ja / Nei

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	Nei				Ja
Sannsynlighetsscore	0				10
Vekting	7				

Skredtype: Kvikkleireskred

Faktor: Pæling eller brønnboring med mer **G**

Pæling, brønnboring fører til omrøring av kvikkleire og dermed gir det økt sannsynlighet for kvikkleireskred.

Måleverdi / enhet: Foregår det pæling, brønnboring i kvikkleireområdet, Ja / Nei

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	Nei				Ja
Sannsynlighetsscore	0				10
Vekting	2				

Skredtype: Kvikkleireskred
Faktor: Poretrykksøkning

Poretrykket kan påvirkes av grunnvannsstanden og anleggsarbeider i nærheten. (Når grunnvannet stiger øker poretrykket og når grunnvannet synker, reduseres poretrykket.). Grunnvannsstanden varierer avhengig av nedbør og tørke. Poretrykket vil påvirke leiras skjærfasthet og fører til redusert stabilitet. Poretrykket varierer over tid og er derfor dynamisk. Poretrykksendringer kan oppstå som følge av anleggsarbeider som oppfyllinger, peling og spunting.

Måleverdi / enhet: Måle poretrykk og deretter beregne sikkerhetsfaktor.

Sannsynlighetsdrivende:

Poretrykket påvirker sannsynligheten for skred. Når poretrykket øker, fører det til at skjærstyrken i leiren avtar og leiren får redusert motstandsevne mot glidninger. Økt poretrykk fører dermed til økt sannsynlighet for skred.

Tallfestet / Beskrivende	Sikkerhetsfaktor $\geq 2,0$	Sikkerhetsfaktor 2 – 1,5	Sikkerhetsfaktor 1,2 – 1,5	Sikkerhetsfaktor 1,0 – 1,2	Sikkerhetsfaktor $\leq 1,0$
Sannsynlighetsscore	1	3	8	9	10
Vekting	4				

A.10 Jordskred - grunne overflateskred

A.10.1 Oversikt

Det er tre forutsetninger for jordskred skal utløses: løsmasse i løsneområdet, bratt nok skråning (så løsmassene beveger seg nedover), og noe som påvirker løsmassene, slik at de blir ustabile og settes i bevegelse (dette er ofte intens nedbør, "bekk" på avveie e.l.).

Faktor	Vurdering / Beskrivelse
Statisk / Dynamisk Sanns/konsekvens	
Løsmasse/geologi S P / K	Hvilken løsmasse som kan skli ut er avgjørende for om det blir et skred, og hvilke konsekvenser skredet medfører. Statisk: <ul style="list-style-type: none"> Løsmassen forandrer seg lite over tid og er statisk. Sannsynlighet/konsekvens: <ul style="list-style-type: none"> Løsmassen er en forutsetning for at et skred skal skje, og påvirker sannsynligheten for at det skal skje. Mengden og typen løsmasse påvirker størrelsen på skredet og dermed også konsekvensene av det.
Geometri - Vinkel på skråning S P	Vinkelen på skråningen påvirker sannsynligheten for skred, fordi den påvirker skjærkreftene inne i løsmassen. 30° brukes ofte som en grense for om det er skredfarlig. Statisk: <ul style="list-style-type: none"> Vinkelen på skråningen forandrer seg ikke over tid og er statisk. Sannsynlighet: <ul style="list-style-type: none"> Sannsynligheten for skred øker med størrelsen på vinkelen til helningen. Det er normalt over 30 grader i helninger hvor det forekommer jordskred.
	Kan også gå skred i slakere terreng
Vanntilgang - nedbørsintensitet - snøsmelting D P	Vanntilgang er ofte de utløsende faktor som påvirker løsmassene slik at de blir ustabile og settes i bevegelse. Dynamisk: <ul style="list-style-type: none"> Vanntilgang fra regn og snøsmelting varierer over tid og er derfor dynamisk. Sannsynlighet: <ul style="list-style-type: none"> Vanntilgang øker sannsynligheten for at et skred skal utløses, fordi det kan sette løsmassen i bevegelse.
	Nedbørsintensiteten påvirker sannsynligheten for skred. Høy nedbørsintensitet kan føre til ustabile løsmasser, som kan føre til skred. I perioder med høy nedbørsintensitet er det dermed økt sannsynlighet for skred.
	Erfaring viser at det er høy sannsynlighet for jordskred når det ila 24 t regner (og smelter snø) mer enn 1/12 av årnormalen (8%) eller ila 12 t regner (og smelter) mer enn 1/20 av årnormal (5%) (Dette kalles terskelverdi)

Faktor	Vurdering / Beskrivelse
<p>Statisk / Dynamisk Sanns/konsekvens</p> <p>Endringer i grunnvannssituasjon, økt poretrykk</p> <p>D P</p>	<p>Endringer i grunnvannssituasjon, økt poretrykk kan føre til ustabile løsmasser.</p> <p>Dynamisk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Endringer i grunnvannssituasjonen endrer seg over tid og er dynamisk. <p>Sannsynlighet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Endring i grunnvannssituasjon, kan føre til økt poretrykk som kan føre til at løsmassene blir ustabile og settes i bevegelse. Økt poretrykk kan gi økt sannsynlighet for skred. <p>Endringer i grunnvannssituasjon kommer som regel fra nedbør. Kan variere 1-3 dager</p>
<p>Tining av frossen jord - overflateskred</p> <p>D P</p>	<p>Tining av frossen jord kan føre til ustabile løsmasser, som kan føre til overflateskred.</p> <p>Dynamisk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tining av frossen jord er avhengig av temperaturen og er dynamisk. <p>Sannsynlighet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tining av frossen jord kan føre til ustabile løsmasser, som kan føre til overflateskred. I periodene det skjer tining av frossen jord er det dermed økt sannsynlighet for skred.
<p>Endring av dreneringsveier menneskeskapte - bygging av skogsbilveier - grøfting - raskere avrenning fra urbane områder eller dyrket mark</p> <p>S P</p>	<p>Endring av dreneringsveier kan føre til økt eller redusert vanntilførsel til område med ustabile løsmasser.</p> <p>Statisk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dreneringsveier varierer ikke kontinuerlig over tid, derfor er det å regne som statisk. <p>Sannsynlighet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nye dreneringsveier kan føre til mer vann på "uventede" steder, eller stor konsentrasjon av vannmengder som før var "spredt". Dette kan være utløsende årsak for jordskred (Vanntilførselen påvirker sannsynligheten for skred. Endringene av menneskeskapte dreneringsveier, kan føre til endringer i vanntilførsel. Stor vanntilførsel kan føre til ustabile løsmasser, som kan føre til skred, og mindre vanntilførsel kan føre til redusert sannsynlighet for skred.) <p>Det er endringen som er avgjørende for faren</p>
<p>Endring av dreneringsveier naturlige - Gjengroing av eksisterende dreneringsveier, som fører til nye vannveier - nye vannveier - Nye vannveier på skredvifte - erosjon langs vannveier</p> <p>D P</p>	<p>Endring av dreneringsveier kan føre til økt eller redusert vanntilførsel til område med ustabile løsmasser.</p> <p>Dynamisk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Naturlige dreneringsveier varierer kontinuerlig over tid, og er derfor dynamiske. <p>Sannsynlighet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Endringer i naturlige dreneringsveier, kan føre til endring i vanntilførsel som vil påvirke sannsynligheten for skred (Stor vanntilførsel kan føre til ustabile løsmasser, som kan føre til skred, og mindre vanntilførsel kan føre til redusert sannsynlighet for skred.) <p>Det er endringen som er avgjørende for faren</p>

Faktor	Vurdering / Beskrivelse
<p>Statisk / Dynamisk Sanns/konsekvens</p> <p>Fjerning av vegetasjon - Flathogst - skogbrann</p> <p>P</p>	<p>Flathogst og eller skogbrann kan fjerne rotsystemet, som binder løsmassene sammen. Dette fører til at løsmassene er mindre stabile enn tidligere.</p> <p>Statisk:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Enten er et område brent ned pga skogbrann, eller hugget ned. Denne faktoren varierer ikke kontinuerlig over tid, derfor er det å regne som statisk. <p>Sannsynlighet:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Flathogst eller skogbrann påvirker sannsynligheten for skred. Både flathogst og skogbrann fører til at rotsystemet fjernes og dette kan føre til ustabile løsmasser. Ustabile løsmasser kan igjen føre til skred. I områder med flathogst eller skogbrann er det dermed økt sannsynlighet for skred. <p>Det er endringen som er avgjørende for faren</p>
<p>Erosjon langs vannveier, som fører til utrasing ned mot vannveien</p> <p>D P</p>	<p>Det som er ment her er at skråningsfoten fjernes ved erosjon i elv/bekk, og at skråningen blir ustabil. Vil egentlig tro det blir et flomskred. Kan nok utgå her.</p>
<p>Grunt rotsystem</p> <p>S P</p>	<p>For grunt rotsystem vil vel være det samme som fjernet vegetasjon.</p>

A.10.2 Statistiske faktorer

- Geologi, løsmassemateriale
- Topografi, helning på skråning

Skredtype: Jordskred

Faktor: Geologi, løsmassemateriale

Hvilken løsmasse som kan skli ut er avgjørende for om det blir et skred, og hvilke konsekvenser skredet medfører. Løsmassen er en forutsetning for at et skred skal skje, og påvirker sannsynligheten for at det skal skje. Mengden og typen løsmasse påvirker størrelsen på skredet og dermed også konsekvensene av det.

For sannsynlighet og konsekvens vil det scoremessig være en glidende overgang. Her vil personell måtte gjøre en skjønnsmessig vurdering.

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	Ikke løsmasse tilstede	* Armert jord	* Ur	* Morene-materiale	* Grusavsetninger * Sandavsetninger
Sannsynlighetsscore	0	1	3	7	10
Vekting	10				

Konsekvensdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	Ikke løsmasse tilstede	* Armert jord	* Ur	* Morene-materiale	* Grusavsetninger * Sandavsetninger
Konsekvensscore	0	1	3	7	10
Vekting	10				

Skredtype: Jordskred

Faktor: Topografi, skråningshelning i/nedenfor løснеområdet

Vinkelen på skråningen påvirker sannsynligheten for skred, fordi den påvirker skjærkreftene inne i løsmassen. 30° brukes ofte som en grense for om det er skredfarlig. Sannsynligheten for skred øker med størrelsen på vinkelen til helningen. Det er normalt over 30 grader i helninger hvor det forekommer jordskred.

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	< 20°	20 - 25°	25 - 30°	30 - 35°	> 35°
Sannsynlighetsscore	1	3	7	10	8
Vekting	8				

Konsekvensdrivende:

Gjelder for skråningshelningen nedenfor løснеområdet.

Tallfestet / Beskrivende	< 20°	20 - 25°	25 - 30°	30 - 35°	> 35°
Konsekvensscore	1	3	7	10	8
Vekting	9				

Skredtype: Jordskred

Faktor: Barriere

Barrierer mot denne skredtypen kan være voller, murer, nett, samt tiltak rettet mot forankring av jord. Utfordring er å bestemme barrierens plassering (spesielt jordforankring) ift veg

For konsekvens vil det scoremessig være en glidende overgang. Her vil personell måtte gjøre en skjønnsmessig vurdering av den/de aktuelle barriere(r) sin utforming, tilstand og egnethet.

Konsekvensdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	godt fungerende barriere				Ikke utbygd / utført
Konsekvensscore	1	2	4	8	10
Vekting	5				

A.10.3 Dynamiske faktorer

- Vanntilførsel
 - Nedbørsintensitet
 - Snøsmeltingsintensitet
- Endringer av dreneringsveier
 - Gjengroing av eksisterende dreneringsveier, som fører til nye vannveier
 - Nye vannveier på skredvifte
- Tining av frossen jord (overflateskred) permafrost områder eller i sørvendte skråninger i siltige masser. Grassrotskred: forutsetter frost på forhånd – deretter rask tining (slik at en ikke får drenert bort vannet underveis).
- Menneskelige inngrep
 - Graving / fylling
 - Bygging av skogsbilveier og lignende.
 - Hogst eller skogbrann
- Erosjon i skråning (grunnvannserosjon – ofte når en tar ut skråning – menneskeskapt og statisk) langs vannveier.

Dynamiske faktorer som var vurdert, men deretter er utelatt: endringer i poretrykk som følge av endringer i grunnvannstand,

Dypere skred, er mer avhengig av styrken til jordmassene.

Skredtype: Jordskred
Faktor: Nedbørsintensitet (regn/nedbør)

Nedbørs/ snøsmeltings-intensitet tilfører vann til løsmassene. Vanntettede løsmasser har dårligere stabilitet og det blir større sannsynlighet for skred. Vanntilgang fra regn/nedbør/smeltevann varierer over tid og er derfor dynamisk. Vanntilgang kan føre til ustabile løsmasser, som kan føre til overflateskred. Den varierer over tid og er dynamisk

Erfaring viser at det er høy sannsynlighet for jordskred når det ila 24 t regner (og smelter snø) mer enn 1/12 av årsnormalen (8%) eller ila 12 t regner (og smelter) mer enn 1/20 av årsnormal (5%) (Dette kalles terskelverdi)

Måle verdi / enhet:
 mer nedbør ila 24 t enn 1/12 av årsnormal pga tilgang fra metrologisk institutt på
 eller 1/20 av årsnormal ila 12 t
 Snøsmelting: millimeter vannekvivalent til snøsmelting i forhold til årsnormalen

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	< 4% av årsnormalen i løpet av et døgn	4 – 6% av årsnormalen i løpet av et døgn	6 – 7% av årsnormalen i løpet av et døgn	7 - 8% av årsnormalen i løpet av et døgn	> 8% av årsnormalen i løpet av et døgn
Sannsynlighetsscore	1	2	5	8	10
Vekting	10				

Konsekvensdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	< 4% av årsnormalen i løpet av et døgn	4 – 6% av årsnormalen i løpet av et døgn	6 – 7% av årsnormalen i løpet av et døgn	7 - 8% av årsnormalen i løpet av et døgn	> 8% av årsnormalen i løpet av et døgn
Sannsynlighetsscore	1	2	5	8	10
Vekting	3				

SVV sjekker opp. Forskjellen på flomskred og jordskred er i stor grad vanninnholdet (ut fra navnet) og også måten det løsner på. Altså er det ikke ulogisk at vannatilgang er viktigere for konsekvensen når det gjelder flomskred enn jordskred.

Skredtype: Jordskred

Faktor: Tining av frossen jord (overflateskred)

Jordskred kan oppstå i teleløsningen når det øverste jordlaget tiner og får overskudd av vann som hindres i å sige ned i jorda pga. dypereleggende tele.

Måleverdi / enhet:

Må ha vært en viss frostmengde tilstede for å få frosten dypt nok.

Jordartene (ny statisk faktor) må være slik at de danner islinser. T3 og T4. Dette kan beskrives i løsmasse-faktoren eller i denne faktoren.

Tiningshastighet – varme/smelting over dager (10 dager høres lenge ut)

Sannsynlighetsdrivende:

Tining av frossen jord kan føre til ustabile løsmasser, som kan føre til overflateskred. I periodene det skjer tining av frossen jord er det dermed økt sannsynlighet for skred. (Her må vi nok diskutere litt.. kommer tilbake til spesifisering av verdier)

Sannsynlighetsklasse	Svært lav	Lav	Middels	Høy	Svært høy
Tallfestet / Beskrivende	sakte tining, ikke islinser		middels...		rask tining i overflaten, dypereleggende tele
Sannsynlighetsscore	1		5		10
Vekting	2				

Skredtype: Jordskred

Faktor: Naturlig endringer av dreneringsveier

Endringer i naturlige dreneringsveier, kan føre til endring i vanntilførsel som vil påvirke sannsynligheten for skred (Stor vanntilførsel kan føre til ustabile løsmasser, som kan føre til skred, og mindre vanntilførsel kan føre til redusert sannsynlighet for skred). Naturlige dreneringsveier varierer kontinuerlig over tid, og er derfor dynamiske.

Måleverdi / enhet:

Endring i dreneringsvei siste døgn, Ja / Nei.

- Gjengroing av eksisterende dreneringsveier, som fører til nye vannveier
- Nye vannveier på skredvifte

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	Nei				Ja
Sannsynlighetsscore	0				10
Vekting	3				

Skredtype: Jordskred
Faktor: Menneskelige inngrep

Graving / fylling fører til ustabilitet i jordmassene, og dermed også økt sannsynlighet for skred

Bygging av skogsbilveier endrer dreneringsveiene og gir dermed økt sannsynlighet for skred.

Hogst eller skogbrann fører til at røttene som forankrer løsmassene forsvinner og de mister stabiliteten, økt sannsynlighet for skred.

Måleverdi / enhet:

Har en av de følgende hendelsene skjedd innenfor det tidsrommet som er angitt?

1. Graving i skråningsfot/ fylling på skråningstopp – siste uke?
2. Bygging av skogsbilveier og lignende – siste år?
3. Hogst og skogbrann – i løpet av en 10års periode?

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	Nei				Ja
Sannsynlighetsscore	0				10
Vekting	5				

Skredtype: Jordskred

Faktor: Erosjon

1. Elve-erosjon
2. Overflateerosjon

Måleverdi / enhet:

1. Elveerosjon i området i det siste året?
2. Overflateerosjon i området i løpet av siste døgn?

Sannsynlighetsdrivende:

Tallfestet / Beskrivende	Nei				Ja
Sannsynlighetsscore	0				10
Vekting	4				

A.11 Konsekvensfaktorer

Faktor: **ADT (samlet)**

Klasse/gruppe	Liten		Middels		Høy
Tallfestet / Beskrivende	< 500	500 – 1000	1000 – 2000	2000 – 3000	> 3000
Uvektet score	1	3	5	7	10
Vekting	3				

Faktor: **Gang- og sykkelveg, ja/nei**

Klasse/gruppe	Nei				Ja
Tallfestet / Beskrivende	-				-
Uvektet score	0				10
Vekting	1				

Faktor: **Andel tung-/varetransport**

Klasse/gruppe	Liten		Middels		Høy
Tallfestet / Beskrivende	< 10%	10 – 15%	15 – 20%	20 – 25%	> 25%
Uvektet score	1	3	5	7	10
Vekting	2				

Faktor: **Stamveg, ja/nei**

Klasse/gruppe	Liten				Høy
Tallfestet / Beskrivende	Nei				ja
Uvektet score	1				10
Vekting	2				

Faktor: **Omkjøringstid**

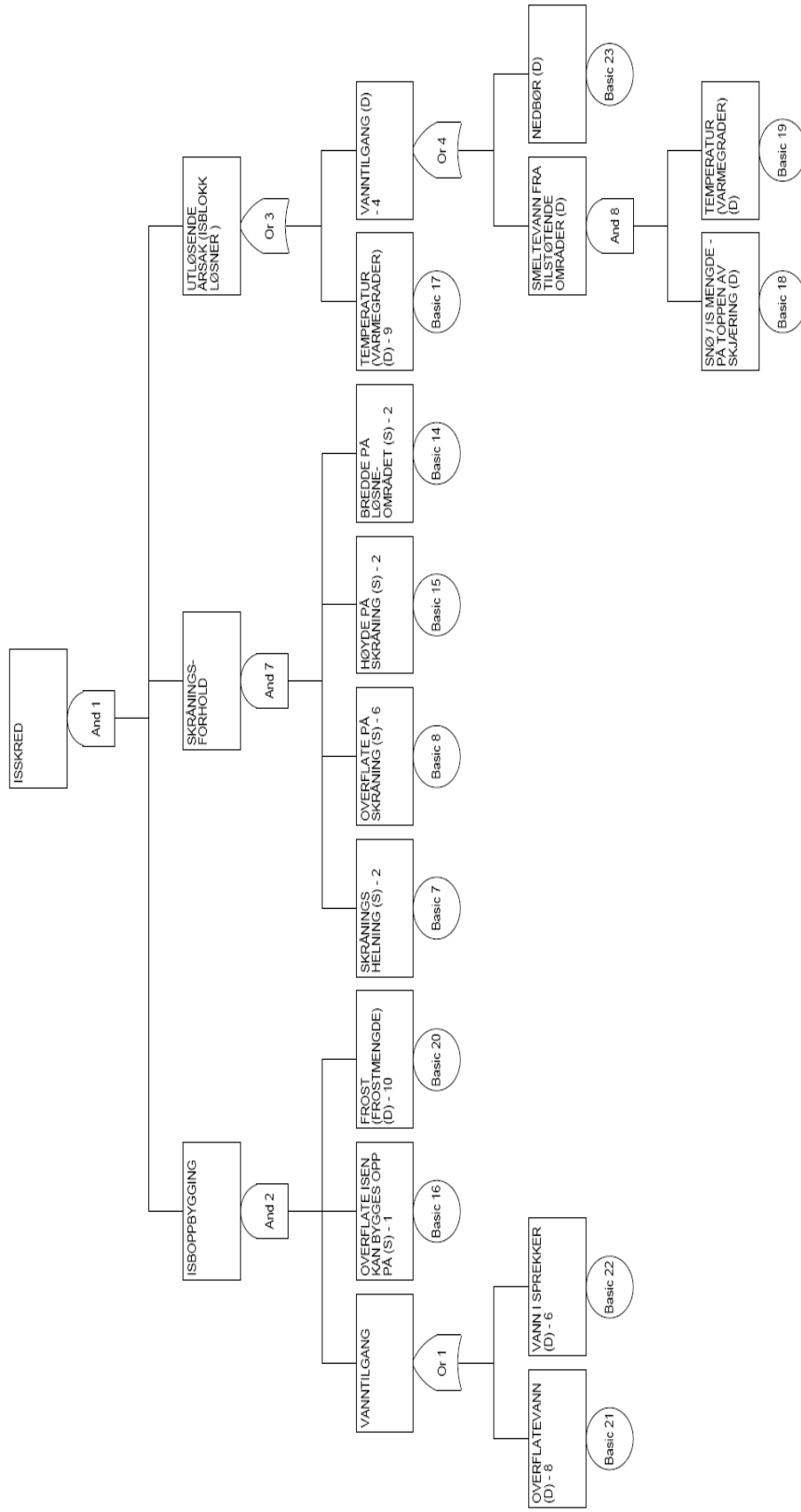
Klasse/gruppe	Kort		Middels		Lang
Tallfestet / Beskrivende	< 0,5 t	0,5 - 1 t	1 - 5 t	5 - 8 t	> 8 t
Uvektet score	1	3	5	8	10
Vekting	2				

Vedlegg B Feiltrær for alle skredtyper

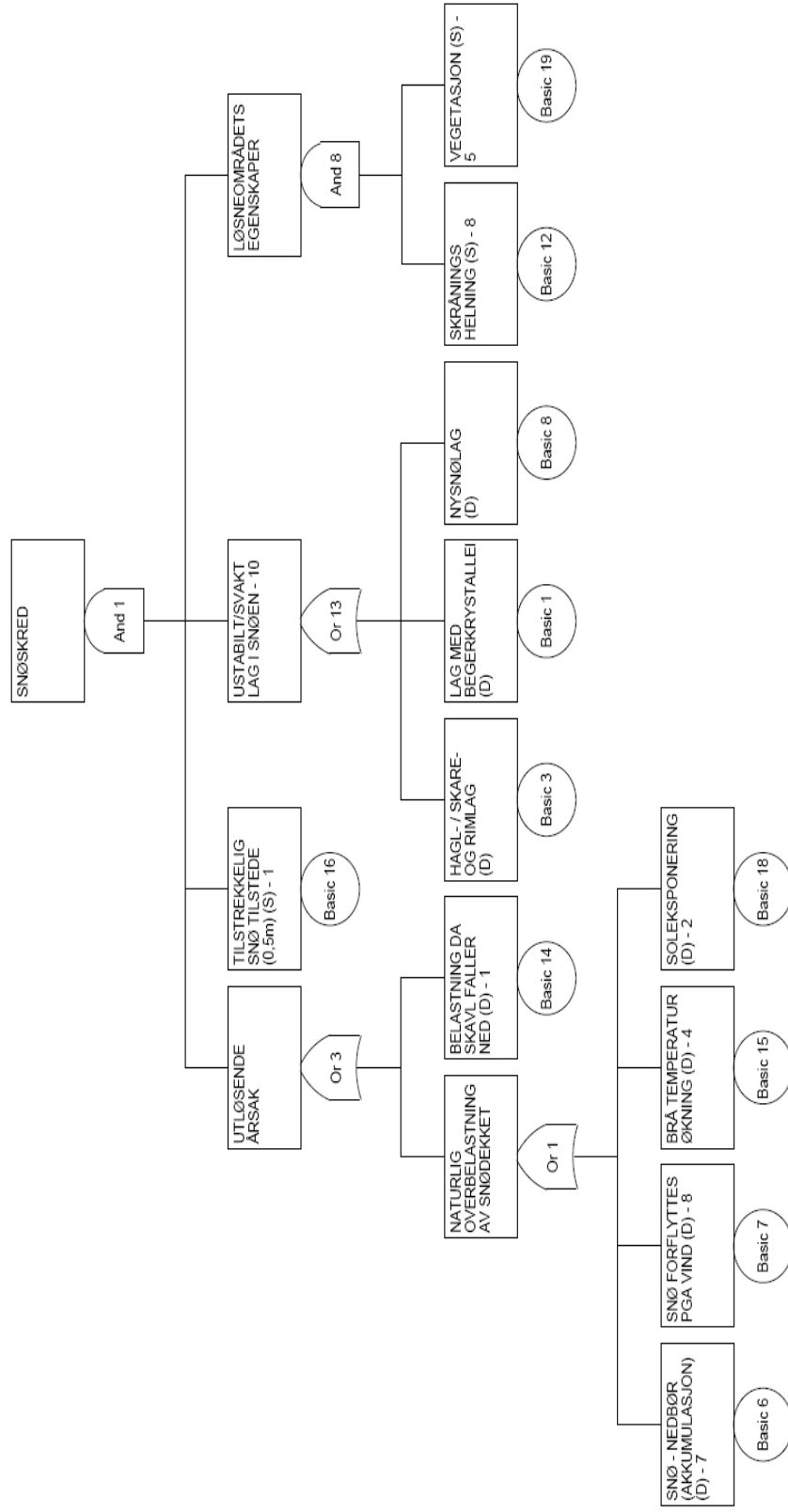
Ifm beregning av sannsynlighetsscores ble det funnet nødvendig å "vekte" de enkelte faktorene som kan føre til utløsning av skred, dvs. den relative betydningen av hver faktor mhp. totalrisikoen, er funnet til å variere fra faktor til faktor, og mellom skredtypene. For å lette dette arbeidet ble det utviklet et *feiltré* for hver skredtype, og ved hjelp av disse ble det satt vekt på hver faktor. I dette vedlegget er alle feiltrærne vedlagt med vektorer inntegnet.

- B.1. Isskred
- B.2. Snøskred (flaskred og løssnøskred)
- B.3. Sørpeskred
- B.4. Steinsprang (volum < 100 m³)
- B.5. Steinskred (volum 100 - 10 000 m³)
- B.6. Fjellskred (volum > 10 000 m³)
- B.7. Flomskred (jord, stein og vann)
- B.8. Kvikkleireskred
- B.9. Jordskred - grunne overflateskred

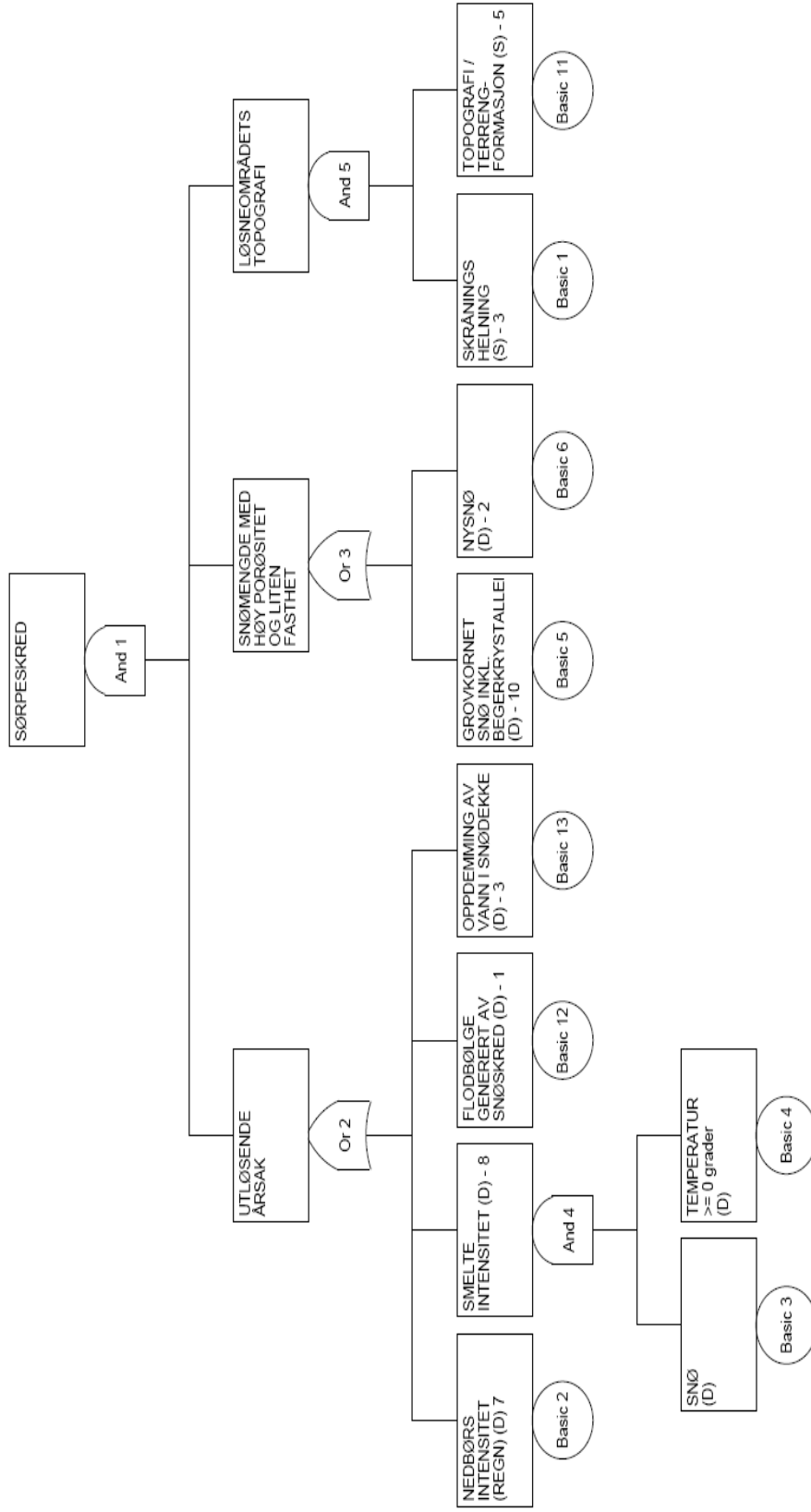
B.1. Isskred



B.2. Snøskred

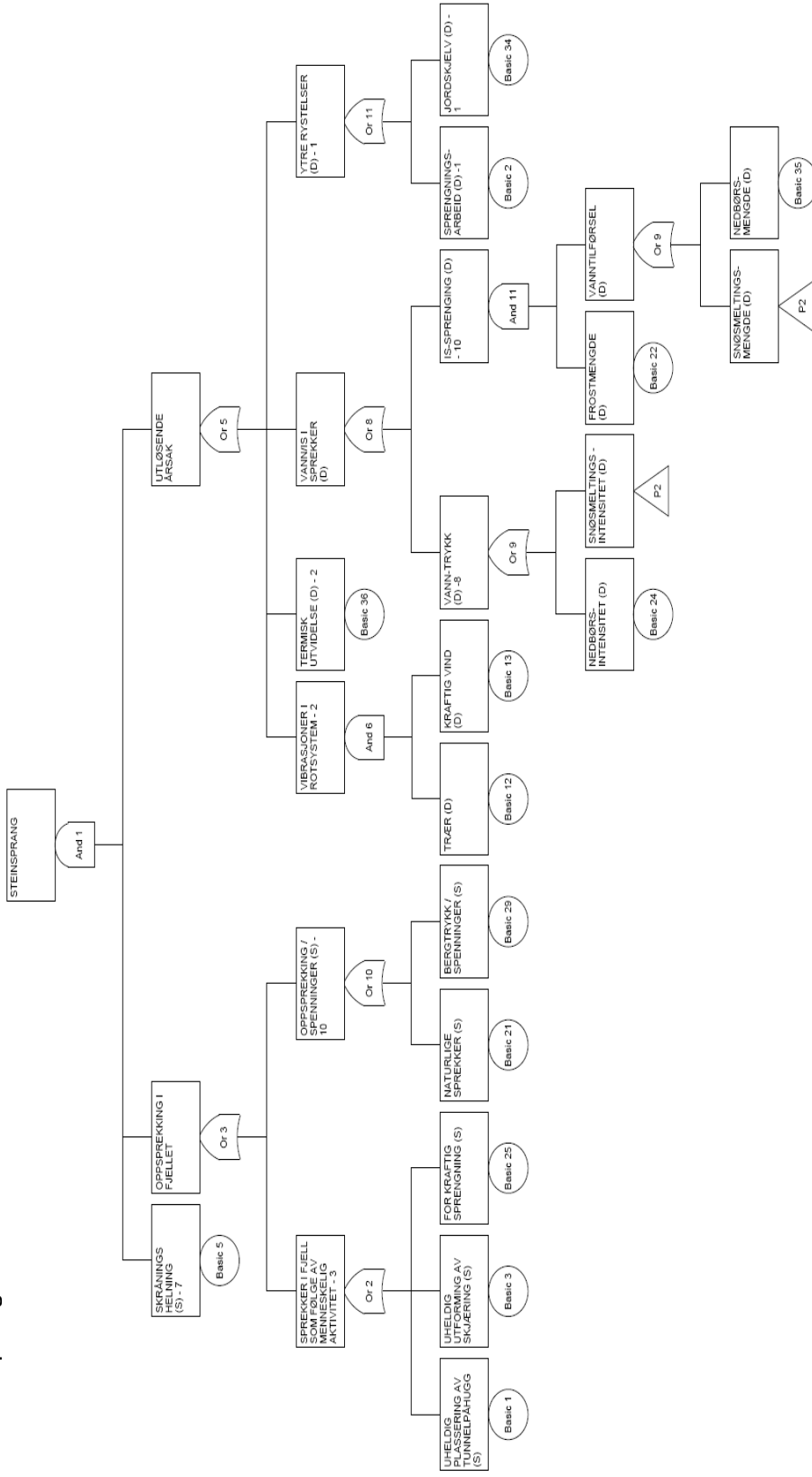


B.3. Sørpeskred

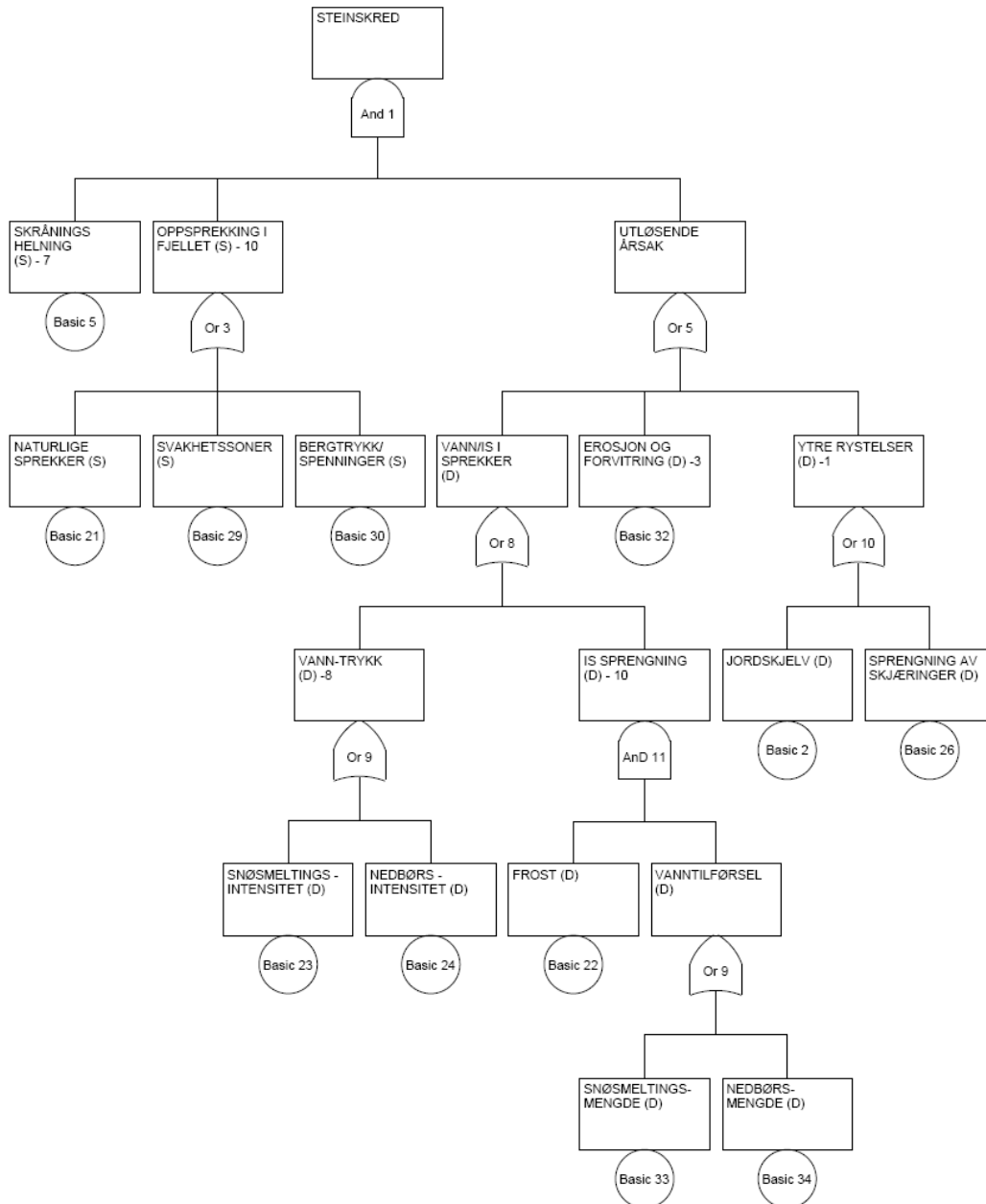


Referanser til deler av denne rapporten som kan føre til feilforståelse er ikke tillatt
 Dokument id.:233450
 C:\Users\Espen\Documents\Vedlegg til rapport_skredrisikomodell_DNV 221209.doc

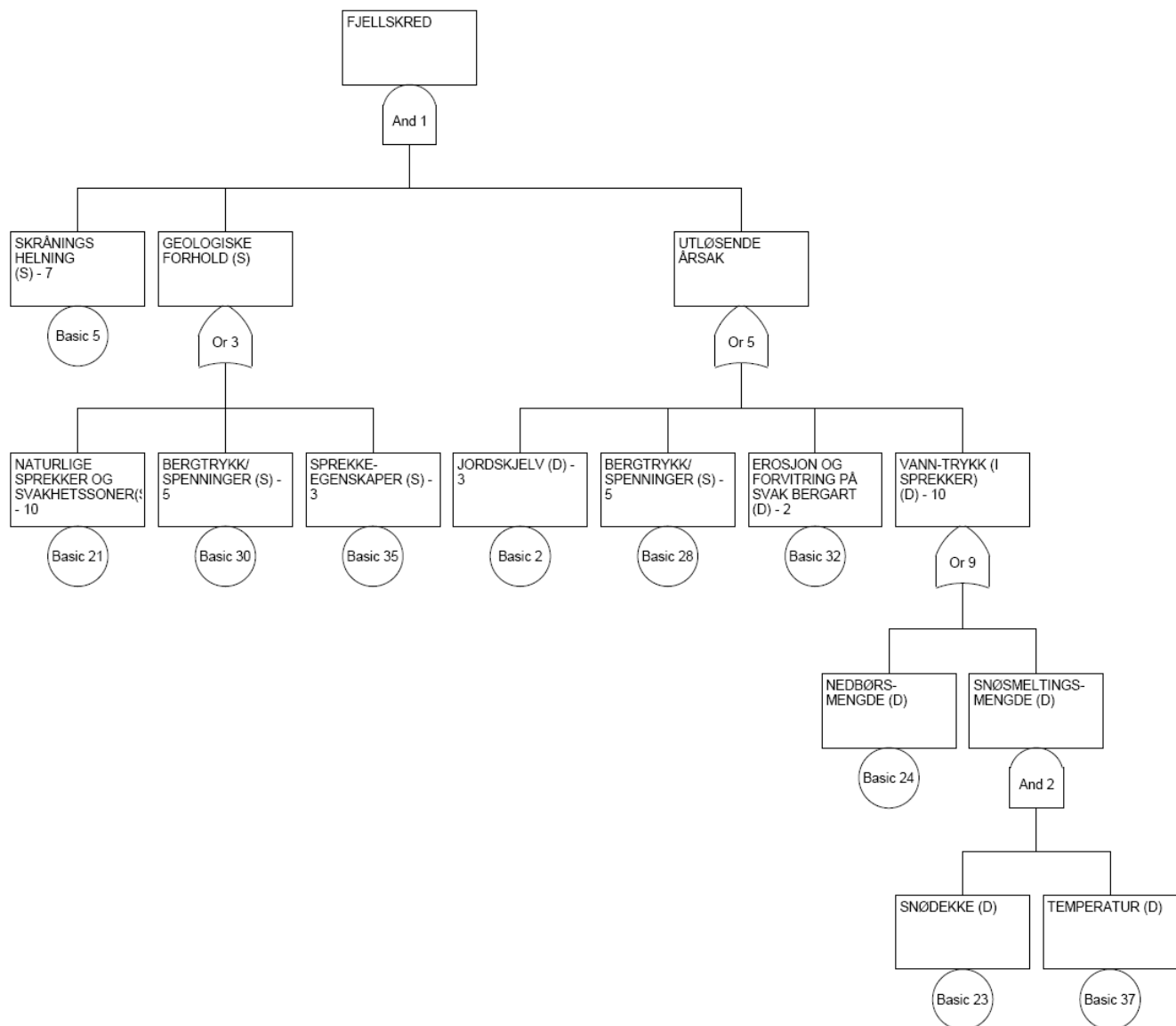
B.4. Steinsprang



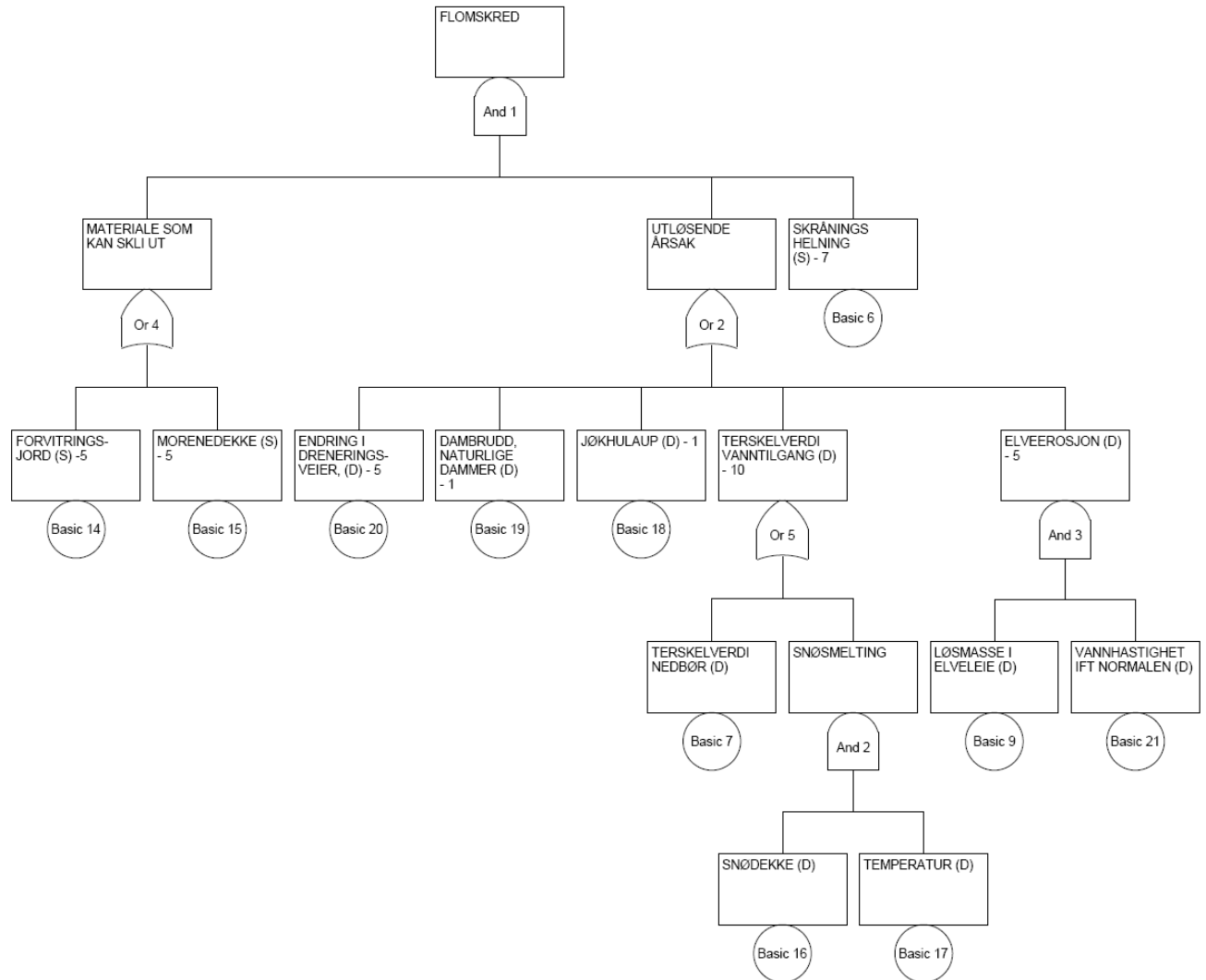
B.5. Steinskred



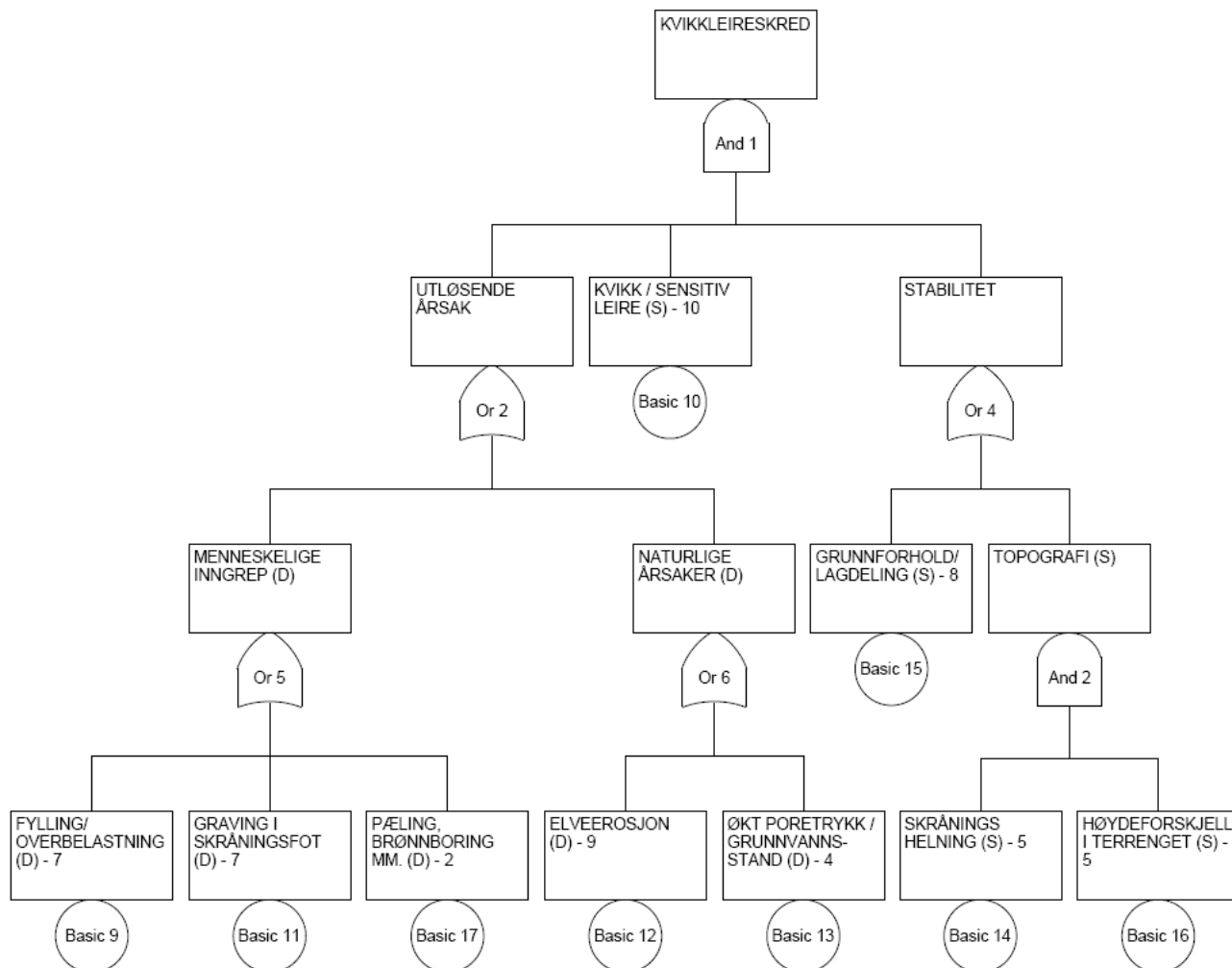
B.6. Fjellskred



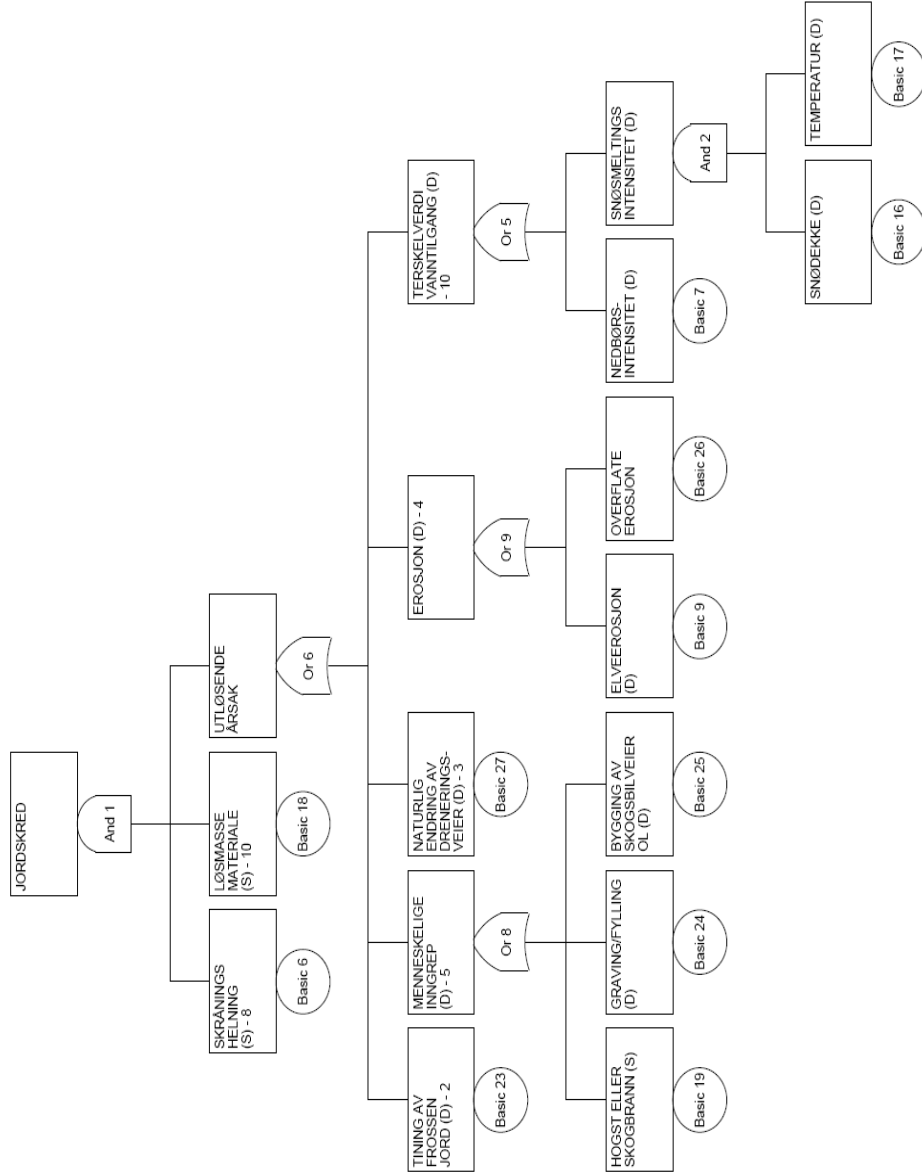
B.7. Flomskred



B.8. Kvikkleireskred



B.9. Jordskred



Referanser til deler av denne rapporten som kan føre til feilforståelse er ikke tillatt
 Dokument id.:233450
 C:\Users\Espen\Documents\Vedlegg til rapport_skrredrisikomodell_DNV
 221209.doc

Vedlegg C Samvirke Statens vegvesen og DNV

Det har vært et avgjørende suksesskriterium for prosjektet å sørge for å få til et tett og godt samvirke mellom Statens vegvesen og DNV. Denne arbeidsprosessen er også viktig mht å sikre eierskap til skredrisikomodellen. Statens vegvesen må påregne å oppdatere modellen i etterkant, basert på praktiske erfaringer og nye data. Det er derfor viktig å ha eierskap og kompetanse til modellen i egen organisasjon.

For vellykket implementering og bruk har Statens vegvesen selv bidratt med følgende:

- Forståelse av operative behov ved utarbeidelse av skredrisikomodellen
- Ekspertkompetanse på veg og skrederfaring
- Forankring av skredrisikomodellen hos Statens vegvesen for å få eierskap til skredrisikomodellen mht videreføring

DNVs rolle og bidrag har i forhold til dette vært:

- Kompetanse innen risikomodellering og bruk av risikoverktøy
- Prosjektgjennomføring og struktur
- Erfaring med utvikling av støtte og styringsverktøy
- Fasilitering av kompetansegrupper

Statens vegvesens personell – systemekspertene innen skred og beslutningstakere på direktorats-, regions- og distriktsnivå – har medvirket i utarbeidelsen med den kunnskap og kompetanse de besitter.

Systemekspertene har bidratt med produksjon av data inn i skredrisikomodellen. DNV har prosessert dataene. Dette har blitt gjort ved å benytte et utvalg arbeidsteknikker for å fange, systematisere og presentere dataene, slik at skredrisikomodellen kan beregne risiko.

Beslutningstakere på ulike nivåer vil være brukere av verktøyet og er derfor med for å sikre relevans i utformingen av skredrisikomodellen. Beslutningstakere har også en viktig rolle i å bidra med format og nivå for beslutningskriterier som skal legges inn i modellen.

Kjernegruppe

For en praktisk gjennomføring av prosjektet har det blitt etablert en kjernegruppe bestående av personell fra ulike deler av Statens vegvesen og personell fra DNV.

Navn	Bedrift	Fagområde
Heidi Bjordal*	Vegdirektoratet	Geoteknikk
Jan Otto Larsen	Vegdirektoratet	Geoteknikk
Frode Oset	Vegdirektoratet	Geoteknikk
Tore Humstad	Vegdirektoratet	Geologi
Ole- André Helgaas	Region Nord	Geologi
Kjell Kvåle	Region Vest	Geologi
Hein Gabrielsen	Vegdirektoratet	Sikkerhets- og beredskapsleder
Ole Christian Ødegaard	Region Sør	?

Kaare Flaate	Ex. Vegdirektoratet	?
Martin Weme Nilsen	Vegdirektoratet	Geoteknikk
Espen Funnemark**	DNV	Risikoanalyse
Magnus Bjelkerud	DNV	Risikoanalyse
Charlotte Dahl	DNV	Risikoanalyse
Terje Andersen***	DNV	Risikoanalyse

*) : *Prosjektorganisasjon Statens vegvesen*

**) : *Prosjektleder DNV*

***): *Verifikatør DNV*

I tillegg til kjernegruppen har andre eksperter både hos Statens vegvesen og DNV blitt konsultert ved behov. Det har blitt gjennomført en rekke arbeidsmøter i kjernegruppen for de ulike arbeidstrinnene. Nedenfor er en oversikt over de ulike arbeidsmøtene og hvilket personell som har vært til stede. I tillegg har det vært det vært avholdt uformelle møter for avklaringer og diskusjoner.

Møte 1. Kick-off møte: 20.05.2008

Deltagere:

Navn	Bedrift
Ole Christian Ødegaard	Statens vegvesen Region Sør
Jan Otto Larsen	Statens vegvesen Vegdirektoratet
Heidi Bjordal	Statens vegvesen Vegdirektoratet
Kaare Flaate	Statens vegvesen Vegdirektoratet
Magnus Bjelkerud	DNV
Espen Funnemark	DNV

Møte 2. Identifisering av statiske og dynamiske faktorer:

Møtetidspunkt 19.06.2008

Dette var det første arbeidsmøtet i kjernegruppen. Tema: identifisering av statiske og dynamiske faktorer.

Deltagere:

Navn	Bedrift
Frode Oset	Statens vegvesen Vegdirektoratet
Tore Humstad	Statens vegvesen Vegdirektoratet
Ole-André Helgaas	Statens vegvesen Region Nord
Kjell Kvåle	Statens vegvesen Region Vest
Hein Gabrielsen	Statens vegvesen Vegdirektoratet
Ole Christian Ødegaard	Statens vegvesen Region Sør

Navn	Bedrift
Jan Otto Larsen	Statens vegvesen Vegdirektoratet
Heidi Bjordal	Statens vegvesen Vegdirektoratet
Magnus Bjelkerud	DNV
Charlotte Dahl	DNV

Møte 3. Klassifisering av statiske faktorer

Møtetidspunkt 20.08.2008

Deltagere:

Navn	Bedrift
Frode Oset	Statens vegvesen Vegdirektoratet
Ole-André Helgaas	Statens vegvesen Region Nord
Kjell Kvåle	Statens vegvesen Region Vest
Kaare Flaate	Statens vegvesen Vegdirektoratet
Jan Otto Larsen	Statens vegvesen Vegdirektoratet
Heidi Bjordal	Statens vegvesen Vegdirektoratet
Magnus Bjelkerud	DNV
Espen Funnemark	DNV

Møte 4. Gjennomgang av faktorer og klassifisering

Møtetidspunkt 27.11.2008

Deltagere:

Navn	Bedrift
Jan Otto Larsen	Statens vegvesen Vegdirektoratet
Heidi Bjordal	Statens vegvesen Vegdirektoratet
Martin W. Nilsen	Statens vegvesen Vegdirektoratet
Frode Oset	Statens vegvesen Vegdirektoratet
Frode Oset	Statens vegvesen Vegdirektoratet
Harald Norem	Statens vegvesen Vegdirektoratet
Magnus Bjelkerud	DNV
Charlotte Dahl	DNV

Møte 5. Klassifisering av dynamiske faktorer

Møtetidspunkt 04.12.2008

Deltagere:

Navn	Bedrift
Jan Otto Larsen	Statens vegvesen Vegdirektoratet
Heidi Bjordal	Statens vegvesen Vegdirektoratet
Martin W. Nilsen	Statens vegvesen Vegdirektoratet
Kaare Flaate	Statens vegvesen Vegdirektoratet
Frode Oset	Statens vegvesen Vegdirektoratet
Espen Funnemark	DNV
Charlotte Dahl	DNV

Møte 6. Feiltrær

Møtetidspunkt 25.02.2009

Deltagere:

Navn	Bedrift
Jan Otto Larsen	Statens vegvesen Vegdirektoratet
Heidi Bjordal	Statens vegvesen Vegdirektoratet
Martin W. Nilsen	Statens vegvesen Vegdirektoratet
Charlotte Dahl	DNV

Møte 7. Presentasjon av modell og vekting

Møtetidspunkt 25.03.2009

Agenda:

- Siste utgave av modellen
- Beregning av sannsynlighetscore
- Rapport
- Klassifisering av "konsekvensdrivende" faktorer/barrierer (topphendelse 2)
- Vekting av "konsekvensdrivende" faktorer/barrierer (topphendelse 2)
- Innføring av "0 – score" (Ja / Nei – faktorer)

- Klassifisering av konsekvensfaktorer (ÅDT, etc)
- Vekting av konsekvensfaktorer (ÅDT, etc)
- Regnearkmodellen (demo, layout, funksjonalitet, etc)

Deltagere:

Navn	Bedrift
Jan Otto Larsen	Statens vegvesen Vegdirektoratet
Heidi Bjordal	Statens vegvesen Vegdirektoratet
Martin W. Nilsen	Statens vegvesen Vegdirektoratet
Espen Funnemark	DNV
Charlotte Dahl	DNV

DNV Business Assurance:

er et annerledes konsulentselskap som tilbyr avansert tverrfaglig kompetanse innen ledelse og teknologi. Vi er solid forankret i Det Norske Veritas og basert på DNVs omfattende teknologikompetanse, internasjonale erfaring og unike uavhengighet som en stiftelse. Våre 400 konsulenter betjener internasjonale kunder fra kontorer i Norge, Storbritannia, Tyskland, Belgia og USA med full tilgang til DNVs verdensomspennende nettverk.

en ny virkelighet, en annen tilnærming:

DNV BUSINESS ASSURANCE

VEDLEGG 2 Regneark for risikoberegning

STEINSPRANG

Statistiske faktorer

Geologi i løseområdet - sprekker, bergtrykk og spenninger					
Beskrivelse sprekker (RQD)	* Lite oppsprukket	→			* Sterkt oppsprukket
Beskrivelse bergtrykk og spenninger	* Spenningsfritt	→			* Store bergtrykk
Sannsynlighets-score - T1	1	3	5	7	10
Sannsynlighets-score - T2	10	7	5	4	3

Skråningshelning i løseområdet					
Beskrivelse	< 25 grader	25 - 50 grader	50 - 70 grader	70 - 80 grader	> 80 grader
Sannsynlighets-score	1	4	6	8	10

Sprekker i fjell som følge av menneskelig aktivitet				
Beskrivelse	Ingen negativ påvirkning av skjæring	Delvis uheldig påvirkning/ oppsprekking i skjæring		Sterk/ uheldig oppsprekking som følge av menneskelige aktiviteter
Sannsynlighets-score	1	5		10

Skråningshelning i skredbanen					
Beskrivelse	< 25 grader	25 - 50 grader	50 - 70 grader	70 - 80 grader	> 80 grader
Sannsynlighets-score	1	4	6	8	10

Topografi/dempingsforhold i skredbanen				
Beskrivelse	Høy grad av demping: - vegetasjon - ur - løsmasse	Noen grad av demping		Lite grad av demping: - lite vegetasjon - fjell - lite løsmasse
Sannsynlighets-score	1	5		10

Barrierer i skredbanen					
Beskrivelse	Godt fungerende barrierer/sikring som hindrer nedfall på vegbanen	→			Ingen barrierer/sikring
Sannsynlighets-score	1	3	5	7	10

Dynamiske faktorer

Vanntrykk - Nedbørs- og snøsmeltmengde i løseområdet (både regn og smeltevann)					
Beskrivelse mm per døgn	< 10 mm/døgn	10 - 50 mm/døgn	50 - 100 mm/døgn	100 - 200 mm/døgn	> 200 mm/døgn
Sannsynlighets-score	1	3	5	8	10
Vanntrykk - Nedbørs- og snøsmeltintensitet i løseområdet (både regn og smeltevann)					
Beskrivelse	< 1 mm/time	1 - 5 mm/time	5 - 10 mm/time	10 - 20 mm/time	> 20 mm/time
Sannsynlighets-score	1	2	4	8	10

Issprengning (antall fryse-/tinevekslinger i vintersesongen)					
Beskrivelse	< 1	1 - 5	5 - 10	10 - 20	> 20
Sannsynlighets-score	1	5	7	8	10

Vibrasjoner i rotsystem (vind og vegetasjon over 5 m høy)					
Beskrivelse	< 5 m/sek eller ingen vegetasjon over 5 m høyde i løseområdet	5-10 m/sek	10-15 m/sek	15 - 22 m/sek	> 22 m/sek
Sannsynlighets-score	1	2	3	7	10

Ytre rystelser (jordskjelv eller sprengningsarbeid)				
Beskrivelse	Nei	Ja		
Sannsynlighets-score	0	10		

Temperatur (termisk utvidelseskoeffesient)				
Beskrivelse	Nordvendt fjellside, liten grad av soleksponering	Fjellside utsatt for soleksponering		Sydvendt fjellside, høy grad av soleksponering
Sannsynlighets-score	1	5		10

Sannsynlighet - topphendelse 1			Sannsynlighet - topphendelse 2		
Score	Vekt	Σscore x vekt	Score	Vekt	Σscore x vekt
10	10	100	3	10	30
6	7	42	6	0	0
1	3	3	1	0	0
4	0	0	4	9	36
5	0	0	5	8	40
10	0	0	10	10	100
Antall faktorer T1 3			Antall faktorer T2 4		
8	8	64	8	0	0
10	10	100	10	0	0
1	2	2	1	0	0
0	1	0	0	0	0
5	2	10	5	0	0
Antall faktorer T1 5			Antall faktorer T2 0		

STEINSKRED

Statistiske faktorer

Geologi i løseområdet - vurderingsfaktor: naturlig oppsprekking, spenninger og svakhetssoner					
Kategori:	Svært lav	Lav	Middels	Høy	Svært høy
Naturlig oppsprekking: (vurderer antallet sprekker, utholdenhet av disse, orientering av sprekkeplan)	* Lite oppsprekking, gunstig sprekkeorientering		* Mindre gunstig orientering, eller flere sprekkesett		* Sterkt oppsprukket, eller flere sprekkesett med ugunstig orientering
Spenninger:	* Mindre bergspenninger				* Store bergtrykk som alene kan føre til steinskred
Svakhetszone:	* Ingen svakhetszone		* Mindre svakhetszone		* Kraftig svakhetszone med ugunstig orientering
Vurdering av alle faktorene gir:	* Alle faktorer i denne klassen	* En av faktorene i "lav", resten i "svært lav"	* En av faktorene i "middels" eller to i "lav"	* En av faktorene i "høy", eller to i "middels"	* En av faktorene i "svært høy", eller to faktorer i klasse "høy"
Sannsynlighets-score - T1	1	3	5	8	10
Sannsynlighets-score - T2	10	9	7	6	5

Skråningshelning i løseområdet					
Beskrivelse	< 30 grader	30 - 40 grader	40 - 60 grader	60 - 80 grader	> 80 grader
Sannsynlighets-score	1	2	8	10	8

Skråningshelning i skredbanen					
Beskrivelse	< 30 grader	30 - 40 grader	40 - 60 grader	60 - 80 grader	> 80 grader
Sannsynlighets-score	1	2	8	10	8

Topografi/dempingsforhold i skredbanen					
Beskrivelse	Høy grad av demping: - vegetasjon - ur - løsmasse		Noen grad av demping		Liten grad av demping: - lite vegetasjon - fjell - lite løsmasse
Sannsynlighets-score	1		5		10

Barrierer i skredbanen					
Beskrivelse	Godt fungerende barrierer/sikring som hindrer nedfall på vegbanen				Ingen barrierer/sikring
Sannsynlighets-score	1	2	4	8	10

Dynamiske faktorer

Vanntrykk - Nedbørs- og snøsmeltemengde i løseområdet (både regn og smeltevann)					
Beskrivelse mm per døgn	< 10 mm/døgn	10 - 50 mm/døgn	50 - 100 mm/døgn	100 - 200 mm/døgn	> 200 mm/døgn
Sannsynlighets-score	1	3	5	8	10
Vanntrykk - Nedbørs- og snøsmeltintensitet i løseområdet (både regn og smeltevann)					
Beskrivelse	< 1 mm/ time	1 - 5 mm/ time	5 - 10 mm/ time	10 - 20 mm/ time	> 20 mm/time
Sannsynlighets-score	1	2	4	8	10

Issprengning (antall fryse-/tinevekslinger i vintersesongen)					
Beskrivelse	< 1	1 - 5	5 - 10	10 - 20	> 20
Sannsynlighets-score	1	5	7	8	10

Ytre rystelser (jordskjelv eller sprengningsarbeid)					
Beskrivelse	Nei				Ja
Sannsynlighets-score	0				10

Erosjon av sprekke materiale og forvitring av bergarten					
Beskrivelse	Liten grad av erosjon/forvitring. Ikke sannsynlig at dette fører til nedfall		Middels forvitring. Sannsynlighet for nedfall		Sterk forvitring av underliggende lag. Stor fare for nedfall.
Sannsynlighets-score	1	3	5	8	10

Sannsynlighet - topphendelse 1

Score	Vekt	Σ score x vekt
10	10	100

Score	Vekt	Σ score x vekt
10	7	70

Score	Vekt	Σ score x vekt
8	0	0

Score	Vekt	Σ score x vekt
5	0	0

Score	Vekt	Σ score x vekt
10	0	0

Antall faktorer T1
2

Sannsynlighet - topphendelse 2

Score	Vekt	Σ score x vekt
5	10	50

Score	Vekt	Σ score x vekt
10	0	0

Score	Vekt	Σ score x vekt
8	8	64

Score	Vekt	Σ score x vekt
5	7	35

Score	Vekt	Σ score x vekt
10	6	60

Antall faktorer T2
4

Score	Vekt	Σ score x vekt
8	8	64

Score	Vekt	Σ score x vekt
8	0	0

Score	Vekt	Σ score x vekt
10	10	100

Score	Vekt	Σ score x vekt
10	0	0

Score	Vekt	Σ score x vekt
0	1	0

Score	Vekt	Σ score x vekt
0	0	0

Score	Vekt	Σ score x vekt
5	3	15

Antall faktorer T1
4

Score	Vekt	Σ score x vekt
5	0	0

Antall faktorer T2
0

FLOMSKRED
Statistiske faktorer

Skråningshelning i løseområdet					
Beskrivelse	< 25 grader	25 - 30 grader	30 - 35 grader	35 - 40 grader	> 40 grader
Sannsynlighets-score	1	3	8	10	8

Forviringsjord					
Beskrivelse	Ingen forviringsjord tilstede	< 0,5 m med forviringsjord	0,5 - 1 m med forviringsjord	1 - 2 m med forviringsjord	> 2 m med forviringsjord
Sannsynlighets-score - T1	0	2	7	10	6
Sannsynlighets-score - T2	0	3	7	9	10

Morenedekke					
Beskrivelse	Ikke morenedekke tilstede	< 0,5 m med morenedekke	0,5 - 1 m med morenedekke	1 - 2 m med morenedekke	> 2 m med morenedekke
Sannsynlighets-score - T1	0	2	3	6	10
Sannsynlighets-score - T2	0	2	3	5	10

Skråningshelning i skredbanen					
Beskrivelse	< 25 grader	25 - 30 grader	30 - 35 grader	35 - 40 grader	> 40 grader
Sannsynlighets-score	1	3	8	10	8

Barrierer i skredbanen					
Beskrivelse	Godt fungerende barrierer etablert (Bro, overbygg, forbygninger i elveløpet, voller for å styre elveløpet eller fangdammer for å ta i mot massene)			→	Ingen barrierer
Sannsynlighets-score	1	2	4	8	10

Dynamiske faktorer

Terskelverdi tilførsel av vann i løseområdet - andel nedbør/snøsmelting av årnormalen					
Beskrivelse	< 4%	4 - 6%	6 - 7%	7 - 8%	> 8%
Sannsynlighets-score	1	2	5	8	10

Endring av dreneringsveier (Mulighet for nye dreneringsveier pga skogsbilveger, stier, asfaltering mm)					
Beskrivelse	Nei				Ja
Sannsynlighets-score	0				10

Elveerosjon					
Beskrivelse	Lav vannhastighet/ gjennomstrømming (i forhold til normalen) og ubetydelig løsmasser tilstede i elveløp	Middels vannhastighet/ gjennomstrømming (i forhold til normalen) og noe løsmasser tilstede i elveløp	Stor vannhastighet/ gjennomstrømming (i forhold til normalen) og mye løsmasser i elveløp		
Sannsynlighets-score	1	5	10		

Jøkhulaup					
Beskrivelse	Ingen bre tilstede				Bre tilstede, som demmer dreneringsvann
Sannsynlighets-score	0				10

Dambrudd - naturlige dammer					
Beskrivelse	Ingen dam tilstede				Dam tilstede
Sannsynlighets-score	0				10

Sannsynlighet - topphendelse 1

Score	Vekt	Σscore x vekt
8	7	56

Score	Vekt	Σscore x vekt
0	5	0

Score	Vekt	Σscore x vekt
3	5	15

Score	Vekt	Σscore x vekt
8	0	0

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	0	0

Antall faktorer T1
3

Score	Vekt	Σscore x vekt
8	10	80

Score	Vekt	Σscore x vekt
0	5	0

Score	Vekt	Σscore x vekt
5	5	25

Score	Vekt	Σscore x vekt
0	1	0

Score	Vekt	Σscore x vekt
0	1	0

Antall faktorer T1
5

Sannsynlighet - topphendelse 2

Score	Vekt	Σscore x vekt
8	0	0

Score	Vekt	Σscore x vekt
0	8	0

Score	Vekt	Σscore x vekt
3	8	24

Score	Vekt	Σscore x vekt
8	9	72

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	5	50

Antall faktorer T2
4

Score	Vekt	Σscore x vekt
8	10	80

Score	Vekt	Σscore x vekt
0	0	0

Score	Vekt	Σscore x vekt
5	0	0

Score	Vekt	Σscore x vekt
0	7	0

Score	Vekt	Σscore x vekt
0	7	0

Antall faktorer T2
3

SNØSKRED

Statistiske faktorer

Skråningshelling i løseområdet					
Beskrivelse	< 25 grader	25 - 30 grader	30 - 40 grader	40 - 50 grader	> 50 grader
Sannsynlighets-score	1	4	8	10	4

Areal på løseområdet					
Beskrivelse	< 100 m ²	100 - 1.000 m ²	1.000 - 5.000 m ²	5.000 - 10.000 m ²	> 10.000 m ²
Sannsynlighets-score	1	3	5	8	10

Høyde på løseområdet					
Beskrivelse	< 5 m	5 - 10 m	10 - 50 m	50 - 100 m	> 100 m
Sannsynlighets-score	1	2	5	8	10

Vegetasjon i løseområdet					
Beskrivelse	* Tett skog * Forbygning	→			* Lite eller ingen skog
Sannsynlighets-score	1	3	5	7	10

Topografi i skredbanen					
Beskrivelse	Store terrengformasjoner som kan stoppe/lede skred	Mindre formasjoner som kan stoppe/lede mindre skred			Glatt og jevnt terreng
Sannsynlighets-score	1	5			10

Skråningshelling i skredbanen					
Beskrivelse	< 25 grader	25 - 30 grader	30 - 40 grader	40 - 50 grader	> 50 grader
Sannsynlighets-score	1	4	8	10	2

Vegetasjon i skredbanen					
Beskrivelse	* Tett skog * Forbygning	→			* Lite eller ingen skog
Sannsynlighets-score	1				10

Barrierer i skredbanen					
Beskrivelse	* Godt fungerende barrierer	→			* Ingen barrierer som kan stoppe skred.
Sannsynlighets-score	1	3	5	7	10

Dynamiske faktorer

Snø tilstede i løseområdet - Mer enn 0,5m snø tilstede					
Beskrivelse	Nei				Ja
Sannsynlighets-score	0				10

Ustabilt svakt lag i snøen - Beskrivelse/score ikke angitt - forslag fra Heidi					
Beskrivelse	Stabilt snødekke, liten sannsynlighet for skred	Stor tilleggsbelastning kan føre til skred			Liten tilleggsbelastning kan føre til skred
Sannsynlighets-score	1	5			10

Snøakkumulasjon i løseområdet - Bruk høyeste score - gjort om en faktor (Heidi)					
Beskrivelse: nedbør per døgn	10 cm snø	20 cm snø	50 cm snø	80cm snø	100 cm snø
Beskrivelse: nedbør siste 3 døgn	20 cm snø	30 cm snø	60 cm snø	100cm snø	120 cm snø
Sannsynlighets-score	1	2	4	8	10

Snøakkumulasjon i løseområdet (pga vind)					
Beskrivelse	< 5 m/sek	5-8 m/sek	8-15 m/sek	15-22 m/sek	> 22 m/sek
Sannsynlighets-score	1	3	6	8	10

Skavidannelse					
Beskrivelse	Ingen markerte skavler ovenfor løseområdet				Markerte skavler ovenfor løseområdet.
Sannsynlighets-score	0				10

Temperatur (brå temperaturøkning - over noen timer)					
Beskrivelse	0	< 2 grader	2-5 grader	5- 8 grader	8-10 grader
Sannsynlighets-score	1	2	4	8	10

Temperatur - soleksponering - Velg den av kategoriene som gir høyest score					
Beskrivende: Kun varme - ikke nattefrost	< 24 timegrader	24 - 50 timegrader	50 - 100 timegrader	100 - 200 timegrader	> 200 timegrader
Beskrivende: med soleksponering (maks en 12 timers periode)	< 24 timegrader	24 - 50 timegrader	50 - 100 timegrader	100 - 200 timegrader	> 200 timegrader
Sannsynlighets-score	1	2	4	7	10

Sannsynlighet - topphendelse 1

Score Vekt Σ score x vekt

8 8 64

Score Vekt Σ score x vekt

8 0 0

Score Vekt Σ score x vekt

8 0 0

Score Vekt Σ score x vekt

10 5 50

Score Vekt Σ score x vekt

10 0 0

Score Vekt Σ score x vekt

10 0 0

Score Vekt Σ score x vekt

7 0 0

Score Vekt Σ score x vekt

10 0 0

Antall faktorer T1

2

Sannsynlighet - topphendelse 2

Score Vekt Σ score x vekt

8 0 0

Score Vekt Σ score x vekt

8 10 80

Score Vekt Σ score x vekt

8 7 56

Score Vekt Σ score x vekt

10 0 0

Score Vekt Σ score x vekt

10 6 60

Score Vekt Σ score x vekt

10 8 80

Score Vekt Σ score x vekt

7 1 7

Score Vekt Σ score x vekt

10 10 100

Antall faktorer T2

6

Score Vekt Σ score x vekt

10 1 10

Score Vekt Σ score x vekt

10 0 0

Score Vekt Σ score x vekt

5 10 50

Score Vekt Σ score x vekt

5 0 0

Score Vekt Σ score x vekt

4 7 28

Score Vekt Σ score x vekt

4 0 0

Score Vekt Σ score x vekt

8 8 48

Score Vekt Σ score x vekt

6 0 0

Score Vekt Σ score x vekt

0 1 0

Score Vekt Σ score x vekt

0 0 0

Score Vekt Σ score x vekt

1 4 4

Score Vekt Σ score x vekt

1 0 0

Score Vekt Σ score x vekt

1 2 2

Score Vekt Σ score x vekt

1 0 0

Antall faktorer T1

7

Antall faktorer T2

0

ISSKRED

Statistiske faktorer

Bredde på skjæring/skråning i løseområde					
Beskrivelse	< 5 meter	5 - 10 meter	10 - 50 meter	50 - 100 meter	> 100 m
Sannsynlighets-score	1	2	4	6	10

Høyde på skjæring/skråning					
Beskrivelse	< 2 m	2 - 3 m	3 - 5 m	5 - 10 m	> 10 m
Sannsynlighets-score	1	2	3	7	10

Overflate på skjæring/skråning					
Beskrivelse	* Store terskler i fjellsiden * Sterkt oppsprukket fjell / kantet				* Glatt og jevn overflate / svaberg
Sannsynlighets-score	1	3	5	7	10

Skråningshelning i løseområdet					
Beskrivelse	< 30 grader	30 - 40 grader	40 - 50 grader	50 - 70 grader	> 70 grader
Sannsynlighets-score	1	2	3	5	10

Kanalisering av vann/overflate isen kan bygges opp på					
Beskrivelse	Skjæring er dekket av snø og det er lite isdannelse	God kanalisering av vannet, liten sannsynlighet for tilfrysing	Relativt god kanalisering, noe større sannsynlighet for tilfrysing.	Mindre god kanalisering	Dårlig kanalisering, vannet renner spredt over fjellflaten
Sannsynlighets-score	1	2	5	7	10

Skråningshelning i skredbanen					
Beskrivelse	< 30 grader	30 - 40 grader	40 - 50 grader	50 - 70 grader	> 70 grader
Sannsynlighets-score	1	2	7	10	8

Veggroft ved vegen					
Beskrivelse	> 8 m	5 - 8 m	3 - 5 m	0 - 3 m	0 m
Sannsynlighets-score	1	2	4	8	10

Fangnett i skrånning					
Beskrivelse	Godt fungerende fangnett montert				Fangnett ikke montert
Sannsynlighets-score	1	2	4	8	10

Dynamiske faktorer

Vann i sprekker - Vanntilgang fra grunnen for oppbygging av isblokk				
Beskrivelse	Lav vanntilgang		Middels vanntilgang	Høy vanntilgang
Sannsynlighets-score	1		5	10

Overflatevann - vanntilgang for oppbygging av isblokk				
Beskrivelse	Lav vanntilgang		Middels vanntilgang	Høy vanntilgang med stort nedslagsfelt
Sannsynlighets-score	1		5	10

Frostmengde (periode?)					
Beskrivelse	< 500 timegrader	500 - 1000 timegrader	1000 - 1500 timegrader	1500 - 2000 timegrader	> 2000 timegrader
Sannsynlighets-score	1	2	5	8	10

Temperatur varmegrader (periode?)					
Beskrivelse	< 400 timegrader (varme)	400 - 800 timegrader (varme)	800 - 1250 timegrader (varme)	1250 - 2000 timegrader	> 2000 timegrader
Sannsynlighets-score	1	3	5	8	10

Vanntilgang på grunn av nedbør eller smelting					
Beskrivelse	< 10 mm/døgn	10 - 20 mm/døgn	20 - 30 mm/døgn	30 - 50 mm/døgn	> 50 mm/døgn
Sannsynlighets-score	1	3	5	8	10

Sannsynlighet - topphendelse 1			Sannsynlighet - topphendelse 2		
Score	Vekt	Σscore x vekt	Score	Vekt	Σscore x vekt
10	2	20	10	10	100
10	2	20	10	8	80
10	6	60	10	6	60
10	2	20	10	0	0
10	1	10	10	0	0
10	0	0	10	5	50
10	0	0	10	9	90
10	0	0	10	3	30
Antall faktorer T1			Antall faktorer T2		
5			6		
10	6	60	10	2	20
10	8	80	10	7	70
10	10	100	10	0	0
10	9	90	10	0	0
10	4	40	10	0	0
Antall faktorer for T1			Antall faktorer for T2		
5			2		

SØRPESKRED

Statiske faktorer

Skråningshelning i løseområdet					
Beskrivelse	< 5 grader	5 - 10 grader	10 - 15 grader	15 - 25 grader	> 25 grader
Sannsynlighets-score	1	7	8	10	3

Terrengformasjon i løseområdet					
Beskrivelse	* Lite vann og ikke vannansamling		* Område med mulighet for vannansamling		* Stort område med mulighet for vannansamling f.eks. bekkeløp eller forsenkninger
Sannsynlighets-score	1		5		10

Skråningshelning i skredbanen					
Beskrivelse	< 5 grader	5 - 10 grader	10 - 15 grader	15 - 25 grader	> 25 grader
Sannsynlighets-score	1	7	8	10	8

Terrengformasjon i skredbanen - skredvifte					
Beskrivelse	* Liten flate / vifte under bekkeløp				* Stor flate / vifte under bekkeløp
Sannsynlighets-score	1		5		10

Barrierer i skredbanen					
Beskrivelse	* Godt fungerende barriere		* Mindre barrierer som kan stoppe/lede mindre skred		* Ingen barrierer som kan stoppe skred.
Sannsynlighets-score	1		5		10

Dynamiske faktorer

Snømengde på bakken nysnø					
Beskrivelse	< 0,5 m	0,5 - 0,8 m	0,8 - 1,2 m	1,2 - 1,5 m	> 1,5 m
Sannsynlighets-score T1	10	8	7	6	5
Sannsynlighets-score T2	5	6	7	8	10

Snømengde på bakken grovkornet snø					
Beskrivelse	< 0,5 m	0,5 - 0,8 m	0,8 - 1,2 m	1,2 - 1,5 m	> 1,5 m
Sannsynlighets-score T1	10	8	7	6	5
Sannsynlighets-score T2	5	6	7	8	10

Bråsmelting - høy smelteintensitet (snitt over 5 døgn)					
Beskrivelse	< 10 mm/døgn	10 - 20 mm/døgn	20 - 30 mm/døgn	30 - 40 mm/døgn	> 40 mm/døgn
Sannsynlighets-score	1	2	5	8	10

Nedbørsintensitet - regn (snitt over et døgn)					
Beskrivelse	< 10 mm/døgn	10 - 20 mm/døgn	20 - 30 mm/døgn	30 - 40 mm/døgn	> 40 mm/døgn
Sannsynlighets-score	1	2	5	8	10

Oppdemming av vann i snødekke pga snøskavler, snøskred som hindrer drenering					
Beskrivelse	Svært lav sannsynlighet for oppdemming		Middels sannsynlighet for oppdemming		Svært høy sannsynlighet for oppdemming
Sannsynlighets-score	1		5		10

Flodbølge generert av snøskred					
Beskrivelse	Skredområde finnes ikke over vannmagasinet				Skredområde finnes over vannmagasinet
Sannsynlighets-score	1				10

Sannsynlighet - topphendelse 1

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	3	30

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	5	50

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	0	0

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	0	0

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	0	0

Antall faktorer T1

2

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	2	20

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	10	100

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	8	80

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	7	70

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	3	30

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	1	10

Antall faktorer T1

6

Sannsynlighet - topphendelse 2

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	0	0

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	0	0

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	5	50

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	6	60

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	10	100

Antall faktorer T2

3

Score	Vekt	Σscore x vekt
5	3	15

Score	Vekt	Σscore x vekt
5	7	35

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	0	0

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	0	0

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	0	0

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	0	0

Antall faktorer T2

2

FJELLSKRED
Statistiske faktorer

Geologi i løseområdet - naturlige sprekker og svakhetssoner				
Beskrivelse	* Lite oppsprekking		* Mindre gjennomsettende sprekker	* Store gjennomsettende sprekker eller svakhetssoner
Sannsynlighets-score	1	3	5	8

Geologi i løseområdet - bergtrykk og spenninger				
Beskrivelse	* Spenningsfritt		* Middels høye spenninger	* Høye bergspenninger
Sannsynlighets-score	1	3	5	8

Sprekkeegenskaper				
Beskrivelse	Stabil - ikke leirfylt åpen sprekk		Sprekk som er tett, men med en viss gjennomstrømming (sand/grus/ stein)	Ustabil - Tett leirfylt sprekk med svulleleire
Sannsynlighets-score	1	3	5	8

Skråningshelning i løseområdet				
Beskrivelse	< 40 grader	40 - 50 grader	50 - 60 grader	60 - 80 grader
Sannsynlighets-score	1	4	7	8

Skråningshelning i skredbanen				
Beskrivelse	< 40 grader	40 - 50 grader	50 - 60 grader	60 - 80 grader
Sannsynlighets-score	1	4	7	8

Utløpsareal - Volum av skredet som kan nå vegområdet				
Beskrivelse	<50.000 m ³	50.000 - 100.000 m ³	100.000 - 500.000 m ³	500.000 - 1.000.000 m ³
Sannsynlighets-score	1	2	6	8

Dynamiske faktorer

Vanntrykk - Nedbørs- og snøsmeltemengde i løseområdet (både regn og smeltevann)				
Beskrivelse	< 10 mm/døgn	10 - 50 mm/døgn	50 - 100 mm/døgn	100 - 200 mm/døgn
Sannsynlighets-score	1	3	5	8

Jordskjelv - styrke på Richters skala				
Beskrivelse	< 5 på Richters skala	5-6 Richters skala	6 - 7 Richters skala	7 - 8 Richters skala
Sannsynlighets-score	1	3	7	9

Erosjon og forvitring				
Beskrivelse	* Liten grad av erosjon/ forvitring. Ikke sannsynlig at dette fører til nedfall		* Middels forvitring, Sannsynlighet for nedfall	* Sterk forvitring av underliggende lag. Stor fare for nedfall.
Sannsynlighets-score	1	3	5	8

Sannsynlighet - topphendelse 1

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	10	100

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	5	50

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	3	30

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	7	70

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	0	0

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	0	0

Antall faktorer T1
4

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	10	100

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	3	30

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	1	10

Antall faktorer T1
3

Sannsynlighet - topphendelse 2

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	8	80

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	2	20

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	1	10

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	0	0

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	10	100

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	5	50

Antall faktorer T2
5

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	0	0

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	0	0

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	0	0

Antall faktorer T2
0

JORDSKRED
Statistiske faktorer

Skråningshelning i løseområdet					
Beskrivelse	<20 grader	20-25 grader	25-30 grader	30-35 grader	>35 grader
Sannsynlighets-score	1	3	7	10	8

Løsmassemateriale					
Beskrivelse	* Ikke løsmasse tilstede	* Armert jord	* Ur	* Morene	* Grusavsetninger * Sandavsetninger
Sannsynlighets-score	0	1	3	7	10

Skråningshelning i skredbanen					
Beskrivelse	<20 grader	20-25 grader	25-30 grader	30-35 grader	>35 grader
Sannsynlighets-score	1	3	7	10	8

Barrierer i skredbanen					
Beskrivelse	Godt fungerende barrierer (voller, murer, nett, jordforankring mv)				Ingen barrierer
Sannsynlighets-score	1	2	4	8	10

Dynamiske faktorer

Terskelverdi tilførsel av vann i løseområdet - andel nedbør/snøsmelting av årsnormalen					
Beskrivelse	< 4 %	4 - 6 %	6 - 7 %	7 - 8 %	> 8 %
Andel av årsnormal i løpet av et døgn					
Sannsynlighets-score	1	2	5	8	10

Naturlig endring av dreneringsveier (siste døgn)					
Beskrivelse	Nei				Ja
Sannsynlighets-score	0				10

Menneskelige inngrep (hogst/skogbrann, graving/fylling eller bygging av skogbilvei el.)					
Beskrivelse	Nei				Ja
Sannsynlighets-score	0				10

Elveerosjon (overflate siste døgn og elveerosjon siste år)					
Beskrivelse	Nei				Ja
Sannsynlighets-score	0				10

Tining av frossen jord					
Beskrivelse	Sakte tining, ikke isluser		Middels		Hask tining i overflaten, dypereliggende tele
Sannsynlighets-score	1		5		10

Sannsynlighet - topphendelse 1

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	8	80

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	10	100

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	0	0

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	0	0

Antall faktorer T1
2

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	10	100

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	3	30

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	5	50

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	4	40

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	2	20

Antall faktorer T1
5

Sannsynlighet - topphendelse 2

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	0	0

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	10	100

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	9	90

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	5	50

Antall faktorer T2
3

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	3	30

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	0	0

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	0	0

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	0	0

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	0	0

Antall faktorer T2
1

KVIKKLEIRESKRED Statistiske faktorer

Skråningshelning - terrengoverflatens helning				
Beskrivelse	< 10 grader helning	10 - 25 grader helning		> 25 graders helning
Sannsynlighets-score	1	8		10

Kvikkleireforekomst				
Beskrivelse	Ingen kvikkleire tilstede			Kvikkleire tilstede
Sannsynlighets-score	0			10

Volum kvikkleire i løseområdet					
Beskrivelse	< 1.000 m ³	1.000 - 10.000 m ³	10.000 - 50.000 m ³	50.000 - 100.000 m ³	> 100.000 m ³
Sannsynlighets-score	3	7	8	9	10

Grunnforhold / lagdeling				
Beskrivelse	* Sand eller silt i tykke horisontale lag i leira * Tykk tørrskorpe		* Tynnere kvikkleirelag * Sand og silt i tynne horisontale lag og tykk tørrskorpe.	* Ingen sand eller silt i horisontale lag i leira. * Tynn tørrskorpe * Betydelig tykkelse på kvikkleire laget (10m +)
Sannsynlighets-score	1		5	10

Høydeforskjell i terrenget, fra toppen av avsetning til bunn					
Beskrivelse	< 5 m	5 - 10 m	10 - 20 m	20 - 50 m	> 50 m
Sannsynlighets-score	1	3	7	8	10

Barriere					
Beskrivelse	* Godt fungerende barriere * Voller og/eller stabiliserende tiltak	→		Ingen barrierer	
Sannsynlighets-score	1	2	4	8	10

Dynamiske faktorer

Overbelastning / fylling - beregnet sikkerhetsfaktor					
Beskrivelse	Sikkerhetsfaktor >= 2,0	Sikkerhetsfaktor 2,0 - 1,5	Sikkerhetsfaktor 1,5 - 1,2	Sikkerhetsfaktor 1,2 - 1,0	Sikkerhetsfaktor <= 1,0
Sannsynlighets-score	1	3	8	9	10

Erosjon i skråningsfot - vannføring i elveleie					
Beskrivelse	< 20 års flom	20 - 50 års flom	50 - 100 års flom	100 - 200 års flom	> 200 års flom
Sannsynlighets-score	1	3	6	8	10

Graving i skråningsfot (i forbindelse med anleggsarbeid)				
Beskrivelse	Nei			Ja
Sannsynlighets-score	0			10

Pæling, brønnboring med mer i skråningsfot				
Beskrivelse	Nei			Ja
Sannsynlighets-score	0			10

Økt poretrykk / grunnvannsstand (måle poretrykk og deretter beregne sikkerhetsfaktoren)					
Beskrivelse	Sikkerhetsfaktor >= 2,0	Sikkerhetsfaktor 2,0 - 1,5	Sikkerhetsfaktor 1,5 - 1,2	Sikkerhetsfaktor 1,2 - 1,0	Sikkerhetsfaktor <= 1,0
Sannsynlighets-score	1	3	8	9	10

Sannsynlighet - topphendelse 1

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	5	50

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	10	100

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	0	0

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	8	80

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	5	50

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	0	0

Antall faktorer T1
4

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	7	70

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	9	90

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	7	70

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	2	20

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	4	40

Antall faktorer T1
5

Sannsynlighet - topphendelse 2

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	0	0

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	0	0

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	10	100

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	6	60

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	10	100

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	4	40

Antall faktorer T2
4

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	0	0

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	0	0

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	0	0

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	0	0

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	0	0

Antall faktorer T2
0

Konsekvensfaktorer

ÅDT - i skredsesongen					
Beskrivelse	< 500	500 - 1000	1000 - 2000	2000 - 3000	> 3000
Sannsynlighets-score	1	3	5	7	10

Score	Vekt	Σscore x vekt
5	3	15

Gang og sykkelvei					
Beskrivelse	Nei				Ja
Sannsynlighets-score	0				10

Score	Vekt	Σscore x vekt
0	1	0

Andel tungtrafikk / varetransport					
Beskrivelse	< 10 %	10 - 15 %	15 - 20 %	20 - 25 %	> 25 %
Sannsynlighets-score	1	3	5	7	10

Score	Vekt	Σscore x vekt
3	2	6

Stamveg					
Beskrivelse	Ikke stamveg				Stamveg
Sannsynlighets-score	0				10

Score	Vekt	Σscore x vekt
10	2	20

Omkjøringstid					
Beskrivelse	< 0,5 t	0,5 - 1 t	1 - 5 t	5 - 8 t	> 8 t
Sannsynlighets-score	1	2	5	8	10

Score	Vekt	Σscore x vekt
5	2	10



Vedlegg 3

Delprosjekt 4

Snø-, stein-, jord- og flomskred

Delprosjektet skal omfatte snø-, stein-, jord-, flom- og kvikkleireskred, og hvordan utløsningen og frekvensen av disse kan bli påvirket av endrede klimaforhold.

En hovedoppgave er å se på hvordan skredrisiko skal håndteres, og hvor stor skredrisiko som kan aksepteres på vegnettet. Dette vil få konsekvenser for skredsikringsplaner og skredvarsling på utsatte vegstrekninger.

For å få et godt grunnlag for varsling av skred må man få en bedre forståelse av sammenhenger mellom vær og ulike skredtyper. Delprosjektet arbeider med å finne ut om eksisterende skredutsatte strekninger får endrede skredforhold og om nye områder kan bli skredutsatt. Disse dataene må være lett tilgjengelig for videre analyser for å kunne foreta riktig prioritering av skredsikringstiltak i framtida. Skredsikringstiltakene må dimensjoneres ut fra retningslinjer som tar hensyn til de enkelte skredtyper.

Målet for prosjektet vil være å få oversikt over behov for skredsikringstiltak, og et verktøy som kan brukes i dimensjonering og prioritering. Retningslinjer og håndbøker bør danne grunnlag for dimensjonering og utforming av tiltak, og alt materialet må gjøres lett tilgjengelig for å kunne fatte politiske beslutninger.

Delprosjektet organiseres i følgende aktiviteter:

- 4-1 Skredrisiko
- 4-2 Skredsikring og prioriteringsmodell
- 4-3 Skredsikringstiltak
- 4-4 Kvikkleireskred
- 4-5 Vannrelaterte skredtyper

Vedlegg 4



Prosjektrapporter fra 'Klima og transport'

Rapportnr.	Tittel	Utarbeidet av
2519	Klimapåvirkning av vegbyggingsmaterialer State of the art studie	Bjørn Ove Lurfald og Inge Hoff, SINTEF Byggforsk
2520	Vurdering av EDB-system for beregning av nedbrytning av veg	Ragnar Evensen, ViaNova Plan og Trafikk AS
2542	Status og problemstillinger for grusvegnettet ved endret klima	Per Otto Aursand og Joralf Aurstad, Statens vegvesen og Ivar Horvli, ViaNova Plan og Trafikk AS
2566	Pilotprosjekt på stikkrenner E136 Dombås Ålesund	Kristine Flesjø og Hilde Hestangen, Statens vegvesen, Thai Ngan Nguyen NTNU student
2573	Rensing av overvann fra vei i fremtidens klima, 2071-2100	Thorkild Hvitved-Jacobsen, Jes Vollertsen og Svein Ole Åstebøl, COWI
2582	Modellforsøk med flomskred mot bruer Virkning av bruåpning og ledevoller	Priska Heller og Lars Jenssen Institutt for vann- og miljøteknikk NTNU



Statens vegvesen

Statens vegvesen Vegdirektoratet
Postboks 8142 Dep
N - 0033 Oslo

Tlf. (+47 915) 02030
E-post: publvd@vegvesen.no

ISSN 1504-5005