

Vedlegg 2 - Snøskred

Bransjestandard for kartlegging av fare for snøskred

1. Definisjon av snøskred	2
2. Kartlegging av fare for snøskred	3
2.1 Digital terrengmodell og helningskart	3
2.2 Skog og vegetasjon	4
2.2.1 I løснеområdet	4
2.2.2 I skredbanen	6
2.3 Klimatologiske data	6
2.3.1 Fastsetting av bruddkanthøyde	7
2.4 Løснеområdet	8
2.4.1 Terreng-/grunnforhold i løśnieområdet	8
2.4.2 Potensiell størrelse på løøgneområdet	8
2.4.3 Ruhet i løøgneområdet	9
2.4.4 Undersøkelser av løøgneområde i felt	9
2.5 Utløpsområdet	10
2.5.1 Terrengform	10
2.5.2 Spor etter snøskred i utløpsområdet	10
2.6 Modellering	11
2.8.1 Standardisert modellering	12
2.7 Skredvind	13
2.8 Scenarier og vurdering av skredsannsynlighet	14
2.9 Fastsetting av faresoner	14
3. Referanser	15
4. Eksempelbilder	16

1. Definisjon av snøskred

Et snøskred er snø som beveger seg raskt nedover en fjellside eller en skråning. Snøskred deles gjerne inn i tre hovedtyper, basert på hvordan de utløses: løssnøskred, flakskred og sørpeskred. I tillegg har man problematikk relatert til skavlbrudd. Sørpeskred er omtalt separat i Vedlegg 3.

Snøskred kan deles i fem størrelseskategorier, som vist på varsom.no.

Løssnøskred er utløsning av skred i løs snø med liten fasthet. Løssnøskred starter gjerne med en liten lokal utglidning. Etter hvert som snøen beveger seg nedover, blir nye snøkorn revet med, og skredbanen utvider seg slik at det får en pæreform.

Et flakskred oppstår når en større del av snødekket løsner som et flak langs et glideplan, et underliggende svakt sjikt i snødekket, en grenseflate mellom to snølag med forskjellig fasthet eller mot bakken under snøen. Flakskred kan bli flere kilometer brede og involvere enorme snømengder som ofte rekker helt ned i dalbunnen. Som regel er det flakskred som fører til dødsulykker og skader på bygninger.

Både flakskred og løssnøskred med stor fallhøyde kan oppnå hastigheter på over 60 m/s. Allerede fra hastigheter på ca. 20 m/s vil skredet kunne mobilisere luftmassene slik at det oppstår en skredvind (også kalt fonnvind eller skredgufs) med kraft til å knekke trær, stolper og skade vinduer og lette byggverk.

Snøskredmasser i bevegelse kan grovt inndeles i følgende:

- Et flytelag bestående av faste snømasser med tykkelse normalt rundt 1-2 m og tetthet 150-300 kg/m³.
- Et saltasjonslag bestående av snøklumper som hopper og spretter oppå flytelaget.
- I tørre snøskred en snøsky øverst som kan bli flere titalls meter høy med tetthet 10-50 kg/m³. Snøskya kan i noen tilfeller fortsette tvers over dalbunnen.

Det kan også skilles mellom tørre og våte snøskred. Tørr nysnø har en tetthet på ca. 100 kg/m³. Snø som har ligget en stund oppnår typisk en tetthet på 200-300 kg/m³, mens våt snø har en tetthet på ca. 400 kg/m³. Tørre snøskred går lengst og vil vanligvis være dimensjonerende når faresoner skal tegnes.

Løssnøskred utløses i løs snø (snø uten kohesjon). Løssnøskred løsner i et punkt og brer seg ut til en pæreform nedover i skredbanen. Dette kan forekomme i både lett, tørr nysnø, og i våt snø. Løssnøskred løsner typisk i bratt terreng, i forbindelse med nedbør som snø i kaldt, rolig vær, eller i forbindelse med solinnstråling eller regn særlig på nysnø.

Flakskred består av et snøflak der snøen glir ut samtidig grunnet brudd i et svakt lag nede i snødekket. Bruddet kan inntreffe på grunn av en tilleggsbelastning (for eksempel nedfall av skavler, pålagring av snø eller regn), eller ved at de mekaniske egenskapene til de ulike

lagene endres, og styrken på det svake laget reduseres og/eller at det oppstår økt sig i flaket over det svake laget. Våte flakskred kan utløses ved at vann samles opp i snødekket og dermed utgjør en tilleggsbelastning, og endrer de mekaniske egenskapene til lagene i snødekket. Vannet kan komme fra regn og snøsmelting eller fra vann som renner langs bakken, for eksempel på svaberg eller på frossen bakke.

Snøskavler dannes i løpet av vinteren langs rygger. Skavler kan veie flere tonn og når de knekker av kan de forårsake store konsekvenser. Skavler som knekker av seg selv kan som regel knyttes til økt vekt i form av fersk vindtransportert snø og/eller temperaturstigning da dette svekker bindingene i snøen og kreftene som holder skavlen oppe blir svakere. Skavlbrudd kan igjen utløse snøskred i et ellers relativt stabilt heng på grunn av tilleggsbelastningen en fallende skavl utgjør.

2. Kartlegging av fare for snøskred

Følgende kapittel må ses på som et tillegg til hoveddokumentet, og det inneholder utfyllende informasjon spesifikt for kartlegging av skredfare for snøskred.

2.1 Digital terrengmodell og helningskart

I tillegg til å avgjøre muligheten for snøskredutløsning har terrenghelningen noe å si for mulighet for volum/oppsamling av snø og for mulige skredutløp. For eksempel har gjennomsnittlig helningsvinkel betydning for den empiriske alfa-beta modellen. Den digitale terrengmodellen brukt til å generere helningskart bør ikke være for detaljert da snø uansett vil viske bort mindre terrengformasjoner. For større skråninger gir grovere celler en bedre oversikt over potensielle løsnemråder. Den digitale terrengmodellen tilpasses størrelsen på løsnemrådet konsulenten skal vurdere. Det anbefales å bruke 5x5m eller 10x10m celler.

Helningsklassen 27-55° viser terreng med helning hvor snø typisk vil kunne bygge seg opp i større mengder. Grunnen til at helningsklassen for potensielle snøskred går ned mot 27° er at 1-2 % av snøskredene blir utløst i terreng med helning ned mot 27°. Terrenget der utløsning av snøskred forekommer (27 - 55°) deles ytterligere inn i tre klasser som vist i avsnitt 4.1. i hoveddokumentet.

Helningsklassen 55-90° er generelt for bratt for oppsamling av større mengder med snø. I terreng >55° vil som oftest snø kontinuerlig skli ut og større mengder med snø vil ikke samle seg opp. I denne terrenghelningsklassen må muligheten for dannelse av skavl og muligheten for skadelige løssnøskred vurderes.

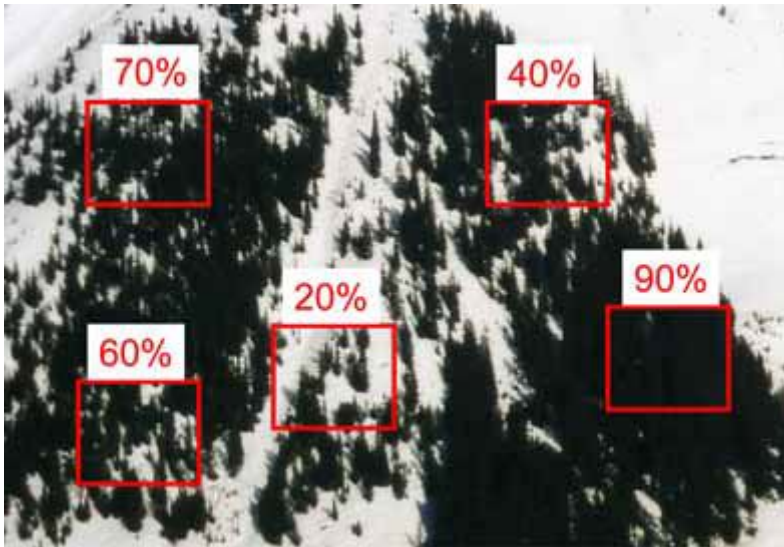
2.2 Skog og vegetasjon

2.2.1 I løsneområdet

Tettheten og effekten av skogen som har forebyggende effekt mot utløsning av snøskred, må vurderes ved hjelp av skogdata som finnes på [NIBIOs kart over skogressurser](#). Slike data må verifiseres i felt og/eller gjennom bilde-/ortofotanalyse. I argumentasjonen for eller imot mulighet for utløsning av snøskred skal det suppleres med bilder av skog, og det vises gjerne til eksempler for å argumentere for og imot utløsning av snøskred (og/eller utbredelse av skredmasser). Skogens forebyggende effekt er spesielt avhengig av treart, størrelse på trestammene og kronedekning. Fra alpelandene finnes det mye litteratur på skogens reduserende evne på utløsning av snøskred. Basert på PROALP-standarden (tabell 1) foreslår NGI i *Forslag til kriterier for vurdering av skog som vernskog* 50% kronedekning i barskog og 80% kronedekning for lauvskog (Figur 1) og at trærne er minst dobbelt så høye som den ekstreme snødybden eller minimum 5 m og en minimum DBH (diameter i brysthøyde) på 12 cm.

Tabell 1. Ideelle og kritiske verdier for vernskog fra PROALP, Baurehansl et al. (2010), basert på Meyer-Grass og Schneebeli (1992)

Parameter	Forest type									
	Deciduous forest		Mixed forest: deciduous, coniferous trees		Evergreen coniferous forest		Mixed forest larch, stone pine		Larch forest	
	crit.	idea.	crit.	idea.	crit.	idea.	crit.	idea.	crit.	idea.
Crown cover (%)	<80	>80	<70	>70	<35	>50	<30	>50	<35	>50
Stem number per ha	>450	>550	<280	>300	<190	>210	>200	>280	>180	>230
Gap width (m)	>5		>5	none	>10	<5	>10	<5	>10	<10
Ground vegetation (%)	>50	<35	>50	<50						
Slope gradient(°)	>38		>42		>38		>35		>32	



Figur 1: Krondekning gitt i % (Bilde: PLANAT 2008).

Størrelsen på åpne felt i skogen må vurderes og ses opp imot mulige løснеområder for snøskred. Effekten av skog kan vurderes ved bruk av eksisterende FoU fra NVE sin rapport fra 2015 “Oppsummeringsrapport for skog og skredprosjektet”. Rapporten oppsummerer følgende:

Når det gjelder tørre snøskred mot bebyggelse, mener vi at der hele det potensielle utløsningsområdet er bevokst av skog, er faren minimal. Skred utløst i åpent område i eller ovenfor skog vil derimot raskt oppnå kritisk hastighet og sannsynligvis skade og legge ned skog. I forhold til åpne områder i skog vil en benytte de samme kriterier for størrelse på åpne områder som i annen skog. Åpne områder må ha lavere fallhøyde enn at skred oppnår en kritisk hastighet som ødelegger nedenforliggende skog. For lengder av åpne områder, se Tabell 2.

Tabell 2: Lengde av åpne felt (målt langs skredbaneretningen).

Helning	Lengde fallretning åpne felter
$\geq 30^\circ$	< 50 m
$\geq 35^\circ$	< 40 m
$\geq 40^\circ$	< 30 m
$\geq 45^\circ$	< 25 m

For å argumentere for effekt av skog må det refereres til eksisterende FoU og gjerne vises til bilder der skog virker reduserende på utløsning av snøskred, og motsatt.

2.2.2 I skredbanen

Skog og vegetasjon i skredløpet har i de fleste tilfellene liten eller ingen beskyttende effekt. Dette gjelder særlig hvis skogen utgjør en liten del av fjellsiden og er i nedre deler av fjellsiden. Dette gjelder spesielt for str 3 snøskred ([snøskredstørrelser på varsom.no](http://snoskredstørrelser.på.varsom.no)). Ved str. 3 snøskred vil skogen bli ødelagt pga. de store kreftene som oppstår når et snøskred er i bevegelse. Skogen blir da ofte en del av skredmassene og vil kunne øke skredmassenes ødeleggende kraft.

Følgende må vurderes for å vurdere effekten av skog i utløpsområdet:

- Skjønnsmessig vurdere hvor mye skogen vil ha å si for oppbremsing av skredmassene (størrelse/hastighet).
- Vurdere skogen opp mot størrelsen på fjellsiden. Hvor store skred kan oppstå/areal kan bli utløst?
- Kun der skogen dekker en stor del av skredbanen er det tilrådelig å inkludere skogen i modellering (f. eks RAMMS), ved at skogpolygoner tegnes og friksjonsparameterne justeres.

2.3 Klimatologiske data

Følgende klimadata skal presenteres i en klimaanalyse for området som skal vurderes:

- Nedbør (maksimal observert døgnet nedbør), 1-døgn- og 3-døgns med 100 og 1000 års gjentaksintervall).
- Snøhøyde. Her hentes det ut gjennomsnittlig, siste normalperiode og årsmaksimum.
- Vind (vindhastighet og vindretning, nedbørsførende vindretning). Man må forsøke å hente ut data på vindretning uten orografisk effekt.
- Temperatur (både i løse- og utløpsområdet).

Klimadata kan lastes ned fra eklima.no og/eller hentes fra senorge.no. Bruk av interpolerte data fra senorge.no kan i flere tilfeller være et bedre grunnlag i vurderingen, særlig der det er avstand mellom værstasjonene og/eller i de klimatiske forholdene. Griddede data tar også hensyn til temperatur i høyden. I vurdering av mulig bruddkanthøyde til bruk i scenarier og modellering må avlest snømengde korreleres med rett høyde for løseområdet ved bruk av værdata fra stasjoner.

Ved bruk av data fra værstasjoner må det tas stilling til følgende:

- Lengden på måleserien
- Vurdere hvor representative målestasjonen(e) er i forhold til beliggenhet og klimatiske forhold.
- Et studie av om de største nedbørsmengdene kommer med milde temperaturer og regn høyt opp. Observasjoner på vindretning og temperatur må ses opp imot maksimum nedbør.

2.3.1 Fastsetting av bruddkanthøyde

Klimadata forteller oss noe om sannsynligheten for utløsning av snøskred og mulig volum på snøskred. Observerte bruddkanthøyde varierer oftest mellom 0,5 til 2 m, men kan i sjeldne tilfeller bli opptil 10 m. Bredden på bruddkanten kan variere fra titalls meter til hundretalls meter, og det er registrert bruddkanter opptil 1-2 km ([Vegdirektoratet, Håndbok V138](#)). Begrepet "bruddkanthøyde" benyttet i sammenheng med modellering og skredfarekartlegging, uttrykker den gjennomsnittlige tykkelsen av snøflaket som mobiliseres, og ikke den maksimale dybden av flaket på et gitt punkt i løseområdet. I den videre beskrivelsen er det denne betydningen som er lagt til grunn. Bruddkanthøyden, fastsettes med bakgrunn i det definerte scenarioet for utløsning av snøskred, se avsnitt 2.8. Se avsnitt 2.4.2 for vurdering av størrelse på løseområdet.

Bruk av metodikk for fastsetting av bruddkanthøyde til bruk i scenarier og modellering må beskrives. I fastsettingen av bruddkanthøyde for modellering anbefales det å bruke en standardisert metodikk der man særlig skiller på potensielle *le*- og *lo*-løseområder. I vurderingen av mulig løseområde for snøskred skal det gjøres en grundig vurdering av vindretning under snøfall:

- Ligger det potensielle løseområdet i *le* for nedbørsførende vindretning?
- Er det potensiale for vindpålagring fra andre vindretninger bør tilfangsområdet for snø vurderes. En generell tankegang er at for større snøhøyder vil terrenget gattes ut, og større areal kan ses på som sammenhengende løseområder.

Videre kan følgende metodikk brukes i fastsettingen av bruddkanthøyden:

- *Le*-område: bruke den beregnede 3-døgnsnedbør med relevant gjentakintervall som utgangspunkt og legge til snødrift.
- *Lo*-område: bruke den beregnede 3-døgnsnedbør med relevant gjentakintervall som utgangspunkt, samt vurdere potensiale for snødrift.
- Det er i praksis bare hvis mulige løseområder ligger i *lo* for fremherskende vind med nedbør, og det ikke er mulighet for vindpålagring under andre vindretninger, at det brukes vesentlig mindre bruddkanthøyder enn det den beregnede 3 døgns-nedbør tilsier.

Videre tar metodikken for fastsetting av bruddkanthøyde med:

- Høyde over havet øker generelt nedbøren. +/- 5 cm snø per 100 høydemeter. Viktig å justere klimastatistikk eller justere interpolert data etter dette.
- Inkludere den gjennomsnittlige terrenghelningen i løseområdet. Teoretisk sett vil det kunne akkumulere seg større mengder med snø i mindre bratt terreng (27 - 40 grader) enn i brattere terreng (40 - 55 grader), på grunn av skjærkreftene i snødekket.

ELLER

Bruke standardisert gjennomsnittlig bruddkanthøyde. Vanlig å bruke 1-2 m, men mulighet for lavere og høyere bruddkanthøyde der dette argumenteres for.

- 2 m snø: snørikt område, og mulighet for intens/rask pålagring av mye snø.
- Valget av bruddkanthøyde i modellering må ses i sammenheng med avgrensning av løsneområdet, som bør ha realistisk størrelse.
- 1 m snø for snøfattige områder.

2.4 Løsneområdet

Løsneområdets terrengform må beskrives, samt dets evne til å samle snø/vindtransportert snø (skar, bekkedal eller annen type forsenkning) ved bruk av tilgjengelig datagrunnlag.

2.4.1 Terreng-/grunnforhold i løsneområdet

Løsneområdets terrengform, og dets evne til å samle snø og eventuelt vindtransportert snø må vurderes. I en beskrivelse av løsneområdene skal følgende inkluderes:

- Form: skålformasjon, skar, bekkedal eller annen type forsenkning med evne til å samle større mengder med snø. Fjellsidens eksposisjon ift. nedbørsførende vind.
- Ruhet i form av ur eller «terrassering» av terrenget. Grov ur vil kunne redusere sannsynligheten for utløsning av snøskred (avsnitt 2.4.3).
- Diskusjon om hvorvidt terrengform eller -ruhet kan hindre eller redusere bruddforplantning over større areal. Dette vil falle inn under beskrivelser av ulike scenarier for snøskred og gjentaksintervall.

2.4.2 Potensiell størrelse på løsneområdet

En avgrensning av løsneområdet (i nedre del) må ses i forhold til skredbanens størrelse. I større fjellsider kan løsneområdet ha en høydeforskjell på 200-300 m. Ifølge McClung & Scaherer (2006) kan det gjennomsnittlig forventes at flaket som utløses, har en lengde i skredbaneretningen som er ca. 50 ganger så stor som bruddkanthøyden, og en bredde som er to ganger større enn lengden (eller 100 ganger større enn bruddkanthøyden). Ifølge en norsk studie av Lied & Toppe (1989) på 113 norske løsneområder var gjennomsnittsstørrelsen 23 ha (1 hektar = 0,01 km²), med et standardavvik på 14.5 ha. For skred med sjeldne gjentaksintervall bør hele det potensielle løsneområdet, inkludert mindre rygger, terrengpartier med større ruhet osv., defineres som løsneområde for bruk i modellering.

I terreng der det vurderes at flere løsneområder kan løsne samtidig skal det vurderes om terrengets form kan hindre (større) forplantning av et brudd i snødekket eller ikke. I slike tilfeller må det vurderes hvor fremtredende en rygg bør være før den utelukkes som et løsneområde/adskiller to eller flere løsneområder. For større snøhøyder (og sjeldnere, større skred) vil terrenget gattes mer ut, og større områder kan ofte ses på som sammenhengende løsneområder.

Størrelsen på løснеområdet i ethvert snøskred er også avhengig av de aktuelle snøforholdene (dvs. oppbygging av snødekket), og dette må ses i sammenheng med de scenariene vurdert som mulige. Mer om scenario i avsnitt 2.8.

2.4.3 Ruhet i løснеområdet

Ruhet i løснеområdet kan forhindre utløsning av snøskred når ruheten er så stor at den når gjennom hele eller mesteparten av snødekket. Ved dypt snødekke blir effekten av den underliggende terrengruheten fort neglisjerbar. McClung og Schaerer (2006) har foreslått maksimal snødybde som kan ankres fast for tre ulike klasser av ruhet (Tabell 3).

Tabell 3: Maksimal snødybde og ruhet.

Beskrivelse	Dybde (m)
Relativt glatt underlag (fin steinur > 0.3 m, fast fjell/svaberg, gress)	0,3
Gjennomsnittlig terreng (ur, mindre trær, mindre ujevnheter)	0,6
Ujevnt terreng (større steinur, større trær)	1

2.4.4 Undersøkelser av løснеområde i felt

For generelle krav til feltarbeid se fellesdokument, kapittel 3.3 Befaring/feltarbeid.

For vurderinger av faren for snøskred er det særdeles viktig å gjennomføre en grundig undersøkelse av potensielle løснеområder for snøskred. Dette kan gjøres til fots, ved hjelp av drone og/eller helikopter, og/eller i kombinasjon med topografiske kart og ortofoto. Ved feltarbeid må det tas stilling til hva som er praktisk mulig for å kunne gi en god beskrivelse av de potensielle løснеområdene.

Følgende beskrivelser av hvert potensielt løснеområde skal inkluderes i rapporten:

- Areal
- Helningsforhold
- Ruhet av terrengoverflaten
- Himmelretning, spesielt i forhold til fremherskende vindretninger
- Terrengform, mtp. muligheten for oppsamling av store mengder snø
- Vegetasjonsforhold, mtp. sannsynligheten for skredutløsning og bruddforplantning
- Mulige tilfangstareal for snødrift

2.5 Utløpsområdet

2.5.1 Terrengform

Terrengformen i skredbanen skal vurderes, særlig i forhold til våte snøskred, som i større grad enn tørre snøskred lar seg kanalisere av forsenkninger i terrenget. Tørre snøskred med stor hastighet følger i mindre grad kanaliseringer, og kan lettere gå over ravinekanter eller andre terrengformer enn det modellberegninger viser. Dette må diskuteres og følgende spørsmål kan stilles:

- Hvordan svinger terrenget?
- Hvor høye er sidekantene i banen? Vil sideterrenget kunne holde skredmassene i et avgrenset løp? Både våte og tørre snøskred?
- En beskrivelse av ruhet. For en bruddkanthøyde som representerer et mulig 100 års-skred, vil ruhet ha mer å si enn for bruddkanthøyder som representerer 1000- og 5000 års-skred, da terrenget vil være mer jevnet ut ved større snømengder. Økt ruhet vil gi økt friksjon.

Det er også viktig å tenke på at avsetninger av skredmasser i banen kan føre til endring i skredets retning, og at senere skred hopper ut av banen/endrer bane. Flere skred i samme bane i løpet av vinteren vil kunne gi uforventede utløp.

I simuleringer av snøskred vil en grovere terrengmodell kunne lettere fange opp mulighetene for skredets utbredelse.

2.5.2 Spor etter snøskred i utløpsområdet

Tegn til tidligere skredaktivitet sier noe om sannsynligheten for skred. Men ingen tegn til tidligere skredaktivitet friskmelder ikke et område. Tegn til tidligere utløp i skogen kan i enkelte tilfeller brukes for å kalibrere inngangsparametere i en dynamisk modellering, og/eller vise til hvor stor utbredelse sjeldnere skred har hatt. Det er likevel umulig å vite om skredet modellen har blitt kalibrert opp mot, er et 50-års eller et 1000-årsskred. Spor i terrenget kan være:

- Skredskadet skog. Mangel på skredskader i skogen gir kun indikasjoner om den siste tidsperioden tilsvarende skogens alder, men betyr lite/ingenting ift. 1000 – eller 5000 års skred. Ved skog med skader bør det vurderes om skadene skyldes snøskred, snøsig eller andre årsaker (f.eks. teleglidning i skråningen)
- Erosjon av steinblokker ned gjennom skredbanen. I de mest ekstreme tilfellene kan det dannes et snøskrederodert basseng (plunge pool) nederst i skredbanen, der skredene over tid har fjernet en del løsmasser.
- Avsetninger. Stein og trær som er transportert av snøskred får oftest kontakt med bakken først etter at snøen har smeltet. Dermed vil mindre stein avsatt av snøskred ofte ligge løst på toppen av større steiner eller på vegetasjon. Trær som er transportert og avsatt av snøskred ligger løst på toppen av bakken, typisk uten noen bestemt retning.

Spør etter snøskred er viktige og må vurderes/observeres i felt, ortofoto og/eller skyggekart.

2.6 Modellering

Skjønnsmessige vurderinger bør også inkludere beregninger av snøskred. Hovedregelen er at det i en vurdering av snøskredfare skal gjøres modellberegninger, så fremt det er identifisert løsneområder ovenfor området som vurderes. Beregninger av utløp brukes som en del av grunnlaget for vurderingen. Eventuelt manglende bruk av beregningsverktøy må begrunnes. Det finnes to hovedkategorier modeller for å beregne rekkevidden av snøskred:

- Topografisk/statistiske (empiriske) modeller som tar utgangspunkt i kjente skredutløp (eks. alfa-beta metoden). En tommelfingerregel er at snøskred kan nå ut til en siktevinkel på 18° målt fra toppen av løsneområdet.
- Dynamiske modeller basert på fysiske og matematiske beskrivelser av skredbevegelsen og som i tillegg til skredutløpet gir verdier av hastighet, trykk og flyte høyde som resultat.

Der kalibrering av modellering ikke er mulig kan dynamiske modeller brukes som rene strømningsmodeller og kan sammen med topografiske/statistiske (empiriske) modeller anvendes for å diskutere seg fram til mulig utbredelse av snøskredmasser for ulike gjentaksintervall. Ved bruk av empiriske modeller må en påse at modellen passer for det aktuelle området/det aktuelle skredet (f.eks. størrelse og terrengform). Argumentasjon for bruk av modellering og diskusjon av modelleringsresultatene er et krav. Historikk, (tolkning av) klimadata, samt spor i terrenget må ses i sammenheng med modelleringsresultatene.

Ihht. hoveddokumentet kapittel 3.5 må det ved modellering vises til hvilke parametere som har blitt brukt. For hver enkelt skredbane oppgis det en sjekkliste/tabell; fra beskrivelse av terrenget (utløsning, bane og utløp) til bruddkanthøyde.

Følgende verktøy egner seg for å vurdere utbredelse av snøskredmasser:

- RAMMS Avalanche - dynamisk modell som beregner flyte høyde, hastighet og stagnasjonstrykk i alle punkt fra start til stopp i skredbanen
- Samos - 2D modell for tørre snøskred
- Blokkmodeller PLK, PCM (1D modeller) - numeriske modeller som beregner hastighet og utløpsdistanse langs ett gitt profil
- Alfa/beta - topografisk/statistisk modell som beregner utløpsdistanse til snøskred

For snøskred bør utvalgte modellresultater vise parameteret trykk. Dette for å kunne si noe om ødeleggende krefter til skredmassene, mens for eventuelt videre arbeid med dimensjonering av sikringstiltak vil også parameterne skredhastighet og flyte høyde være av stor relevans.

Av litteratur ved modellering av snøskred anbefales «[NIFS: Sammenligning av beregningsverktøy for norske snøskred](#)» (2015) og kapittelet om modellering i «Planning Methods for Assessing and Mitigating Snow Avalanche Risk» (Jamieson 2018) fra Canadian Avalanche Association.

2.8.1 Standardisert modellering

Standardisert modellering kan være med på å gjøre vurderingen mer objektiv. En standardisering av modellering vil ikke nødvendigvis gi mer “riktige” resultater, men vil gi noe mer like og etterprøvbare resultater mellom konsulentene. «Spriket» mellom ulike fagpersoner/konsulenter vil reduseres noe.

Faktorer som må tas hensyn til ved modellering, er:

- Størrelse på løsneområdet
- Fallhøyde
- Bruddkanthøyde
- Friksjonsparametere
- Meddriving av snømasser i skredbanen
- Eventuell effekt av skog i skredbanen

I Norge har beregningsverktøyet RAMMS blitt brukt mye de siste årene.

RAMMS::Avalanche inneholder et omfattende sett med friksjonsparametere (μ og ξ).

Kobling av disse friksjonsparametere til ulike skredvolum og -gjentakintervaller er validert gjennom flere tiår med forskning i Sveits, men er ikke tilstrekkelig testet under norske forhold forutenom NIFS rapport “Sammenligning av beregningsverktøy for norske snøskred” fra 2015. Ved bruk av RAMMS defineres friksjonsparametere normalt gjennom valget av en skredstørrelse, et gjentakintervall og to høydeverdier, som definerer tre høydeintervaller. Friksjonsparametere for valgt skredstørrelse og gjentakintervall justeres altså ytterligere for å uttrykke en antatt variasjon i reologien av snøen med høyden.

I mangel på tilstrekkelig validering av friksjonsparametere fra Sveits, har det i Norge vært praksis å anvende standard parametere i RAMMS. Når det gjelder setting av høydegrensene har praksisen variert, for eksempel:

- Friksjonsparametere brukt med de samme høydegrensene som automatisk foreslått av RAMMS (1500 og 1000 moh.).
- Friksjonsparametere tilpasset antatte “norske forhold” ved nedjustering av høydegrensene til f.eks. 1000 og 500 moh.
- Friksjonsparametere forsøkt tilpasset til den aktuelle skredbanen (f.eks. ved nedjustering av høydegrensene til 600 og 200 moh. i en skredbane som går fra 700 moh. til havnivået).

Inntil mer FoU-validering under norske forhold foreligger, aksepteres håndtering av friksjonsparameterne som i eksemplene ovenfor, men valget av parameter må kommenteres i rapporten.

Dersom polygoner for skog er lagt inn i RAMMS før friksjonsparameterne defineres, vil friksjonsparameterne i tillegg justeres for å fange opp skogens bremsende effekt, der skog finnes. For mer om definisjon av skogen med betydning for snøskredfarevurderingen, se avsnitt 2.2.

I fastsetting av bruddkanthøyde vises det til 2.3.1. Det er volumet av skredet som er den viktigste parameteren som blir lagt inn i modelleringen. Volumet er avhengig av bruddkanthøyden og størrelsen på løснеområdet. RAMMS tar ikke hensyn til meddriving av snømasser i skredbanen. Dette kan kompenseres for ved å øke volumet, fortrinnsvis bruddkanthøyden.

Merk at for visse skredbaner bør muligheten for utløp og distribusjon av våte snøskredmasser diskuteres og presenteres i vurderingen. Våte snøskred kan ta en overraskende skredbane/utløp, og dette må tas høyde for i vurderingen/fastsettingen av faresonen.

2.7 Skredvind

Skredvind må vurderes i alle tilfeller. En argumentasjon for en faresone med ødeleggende skredvind er at det har blitt observert tidligere (figur 2). Likevel, det vil i flere tilfeller være mulig med ødeleggende skredvind til tross for at det ikke tidligere er dokumentert skredvind. Forekomst av betydelig skredvind er avhengig av at de faste skredmassene får store hastigheter.

I de fleste tilfeller med mulighet for skredvind er følgende kriterier til stede:

- Tørre og større snøskred med hastighet >20 m/s
- Skredstørrelse 3 og større. Se [snøskredstørrelser på varsom.no](https://www.varsom.no)
- Terrengform: fritt fall etterfulgt av brå overgang til en flat dalbunn, eller annen brå overgang i terrenget.

I både Gauer (2018) og Jamieson (2018), s. 86-87, er det beskrevet statistiske beregninger for utløp av skredvind.

- En studie gjort av NGI i 2018 (Gauer 2018) viser at utløpsdistansen til skredvind øker med økende gjennomsnittlig skråningsvinkel.



Figur 2: Skade på bygning som følge av skredvind fra snøskred utløst fra fjellet Stortuva, Mosjøen, Norge 29.02.1996 (bilde: NGI).

2.8 Scenarier og vurdering av skredsannsynlighet

For terreng som vurderes som potensielle løснеområder for snøskred, må det presenteres ulike scenario for hvilke situasjoner som kan gi snøskred. Det bør beskrives hvilke skred man kan forvente for de ulike løснеområdene, og scenarier for ulike gjentaksintervall bør beskrives. I dette må det vises til en gjennomført og grundig klimaanalyse (mer om klimaanalyse i avsnitt 2.3).

En presentasjon av valgte scenarier er viktige supplement til argumentasjonen for fastsetting av faresoner. Scenarioet må defineres, og kobles opp mot utløsningssannsynligheten. Følgende bør være inkludert i beskrivelsene av scenarier:

- Værsituasjoner som kan gi utløsning av snøskred.
- Mulige løснеområder for ulike gjentaksintervall: Generelt bør det dimensjonerende skredvolumet (løснеområdets areal x bruddkanthøyde) økes med økende gjentaksintervall. Mulig bruddforplantning over ryggformasjoner blir for eksempel mer relevant for større gjentaksintervall og skal diskuteres i vurderingen.
- Resultat av utvalgte modellberegninger som viser utbredelse av snøskred med relevante gjentaksintervall.
- Vurdering av mulige tilfangstområder for snødrift inn mot de potensielle løснеområdene.

2.9 Fastsetting av faresoner

Faresoner dimensjonert av snøskred må i stor grad fastsettes basert på subjektivt skjønn, geomorfologiske/geologiske registreringer og prosessforståelse, støttet av modellberegninger. Ved vurdering av faresoner for snøskred er det viktig å ta med i betraktningene hvor langt ut fra fjellsiden skredmassene kan gi "skredskader av betydning, det vil si skred med en

intensitet som kan medføre fare for liv og helse eller større materielle skader.”, slik det er spesifisert i TEK17 med veileder. Her må potensialet for skredvind særlig vurderes. Hvis terrenget og klimaet tilsier at det er potensiale for snøskred, selv om det ikke er tegn i terrenget til tidligere snøskred, må utbredelsen av snøskred allikevel vurderes.

Følgende prinsipper skal generelt gjelde for de ulike faresonene:

Faresone med årlig sannsynlighet	
1/5000	<ul style="list-style-type: none"> ○ For skred med så stort gjentakintervall bør hele det potensielle løsneområdet vurderes som aktuelt, og bruddforplantning bør antas mulig også over større ryggformasjoner. ○ Eventuell mangel på historikk for skred / tegn på tidligere skred har ingen betydning og legges ikke vekt på i totalvurderingen.
1/1000	<ul style="list-style-type: none"> ○ Historiske hendelser i den aktuelle skredbanen/fjellsiden eller i «like» skredbaner/deler av fjellsiden i området. ○ Eventuell mangel på historikk for skred / tegn på tidligere skred har liten betydning og legges liten vekt på i totalvurderingen.
1/100	<ul style="list-style-type: none"> ○ Historiske hendelser i den aktuelle skredbanen/fjellsiden eller i «like» skredbaner/deler av fjellsiden i området har stor betydning. ○ Eventuell mangel på historikk for skred / tegn på tidligere skred har betydning og kan legges større vekt på i totalvurderingen enn det man gjør ved vurdering av 1000 og 5000 års skred.

Disse er ikke absolutte krav, men gir noen prinsipper som gjelder ved tegning av faresoner.

3. Referanser

- Gauer, P. 2018. Estimates on the Reach of the Powder Part of Avalanches. Proceedings of the International Snow Science Workshop 2018, Innsbruck, Austria, 815-819.
- Håland, G., Orset, K. I., Frekhaug, M.H., Norem, H. 2015. NIFS rapport: «Sammenligning av beregningsverktøy for norske snøskred». Oslo. NVEs hustrykkeri.
- Jamieson, B., 2018. Planning Methods for Assessing and Mitigationg Snow Avalanche Risk. Revelstoke: Canadian Avalanche Association.
- Lied, K., Toppe, R. 1989. Calculation of maximum snow avalanche run-out distance by use of digital terrain models. Ann. Glaciol. 13, 164-169.

- McClung, D., Schaerer, P. 2006. The Avalanche Handbook. 3rd ed. Seattle: The Mountaineers book.
- Vegdirektoratet. Håndbok V138. 2014. Veger og snøskred. Oslo.

4. Eksempelbilder



Foto: Gaute Bøyum. Vått snøskred i Fjærland april 2011.