

HÅNDTERING AV SKREDRISIKO

Unni Eidsvig



KLIMA
2050





KLIMA 2050

Klima 2050 Report No 13
Håndtering av skredrisiko
Unni Eidsvig (NGI)

Keywords: Skred, klima, risikohåndtering, kost-nytte

ISBN: 978-82-536-1609-4

Publisher: SINTEF Building and Infrastructure, Høgskoleringen 7 b, PO Box 4760 Sluppen, N-7465 Trondheim
www.klima2050.no

Illustration front cover and page 3: Carl Harbitz, NGI



Preface

This report presents framing for risk management processes regarding landslides in Norway and a review and assessment of cost-benefit tools applied in Norway and abroad.

Klima 2050 - Risk reduction through climate adaptation of buildings and infrastructure is a Centre for Research-based Innovation (SFI) financed by the Research Council of Norway and the consortium partners. The SFI status enables long-term research in close collaboration with private and public sector, as well as other research partners aiming to strengthen Norway's innovation ability and competitiveness within climate adaptation. The composition of the consortium is vital in order to being able to reduce the societal risks associated with climate change.

The Centre will strengthen companies' innovation capacity through a focus on long-term research. It is also a clear objective to facilitate close cooperation between R&D-performing companies and prominent research groups. Emphasis will be placed on development of moisture-resilient buildings, stormwater management, blue-green solutions, measures for prevention of water-triggered landslides, socio-economic incentives and decision-making processes. Both extreme weather and gradual changes in the climate will be addressed.

The host institution for SFI Klima 2050 is SINTEF, and the Centre is directed in cooperation with NTNU. The other research partners are BI Norwegian Business School, Norwegian Geotechnical Institute (NGI), and Norwegian Meteorological Institute (MET Norway).

The business partners represent important parts of Norwegian building industry; consultants, entrepreneurs and producers of construction materials and technology: Skanska Norway, Multiconsult AS, Mesterhus/Unikus, Norgeshus AS, Leca AS, Skjæveland Gruppen, Isola AS and Powel AS. The Centre also includes important public builders and property developers: Statsbygg, Statens vegvesen, Jernbanedirektoratet and Avinor AS. Key actors are also Trondheim kommune, The Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE) and Finance Norway.

The author is grateful for useful comments and discussions during Klima 2050 lunch presentation about the topic and for comments on earlier versions of the report.

The author gratefully acknowledge Bjørn Kalsnes, NGI, for the quality assurance of the report.

Oslo, 11. January 2019

Berit Time
Centre Director
SINTEF Byggforsk

Sammendrag

Denne rapporten beskriver beslutningsprosesser relatert til håndtering av skredrisiko i Norge. Det overordnede formålet med arbeidet med skredrisikohåndtering i Klima 2050 er å utvikle og/eller forbedre metodikk og verktøy som kan gi støtte i beslutninger som inngår i håndteringen av skredrisiko, spesielt for prioritering og valg av sikringstiltak. Relevant lovverk er gjennomgått for å identifisere beslutningsprosesser relatert til håndtering av skredrisiko. Lovverket inneholder bl.a. krav om gjennomføring av risiko- og sårbarhetsanalyser ved planlegging av utbygging, og i kommunenes arbeid med samfunnssikkerhet og beredskap. Vurdering og evaluering av skredrisiko inngår som en del av slike risiko- og sårbarhetsanalyser, og gjennom analysene vil også eventuelle behov for tiltak identifiseres. NVE kan bistå kommunene i form av finansiering, planlegging og gjennomføring av sikringstiltak mot skred. Sikringen prioriteres da ut fra en samfunnsøkonomisk nytte-kostnadsanalyse, slik det er lovfestet krav om i utredningsinstruksen.

Eksisterende verktøy for nytte-kostnadsvurderinger av skredrisiko er identifisert og vurdert. Utvelgingskriteriene er relatert til innhold og omfang, potensielle forbedringer og fremtidige innovasjoner. Hovedarbeidsmetode har vært systematisk litteraturstudie og komparative studier av nytte-kostnadsverktøy.

Verktøyene som ble gjennomgått er EFFEKT (SVV), Merklin/SAGA (BaneNOR), NVEs nytte-kostnadsverktøy, EconoMe (Sveits) og et østerriksk nytte-kostnads verktøy. Samtlige av disse har åpen og tilgjengelig dokumentasjon og/eller brukermanual og flere av dem er også åpent tilgjengelig for bruk. Verktøyene er på overordnet nivå basert på felles rammeverk for risikovurderinger og prinsipper for nytte-kostnadsanalyser. Med unntak av BaneNORs verktøy (Merklin/SAGA), kan samtlige av de gjennomgåtte verktøyene benyttes for å vurdere og rangere skredsikringsbehov for ulike skredutsatte områder. Videre kan de benyttes for å vurdere om nyttene ved et tiltak er større enn kostnadene. Innovasjoner knyttet mot nytte-kostnadsverktøy for skredsikring bør derfor knyttes mot, og eventuelt implementeres inn i, eksisterende verktøy heller enn å utvikle et nytt verktøy. Verktøyet fra NVE og det østerrikske verktøyet er implementert i Excel og endringer og tilpasninger vil derfor være mulig.

Forbedringspotensial i verktøyene er i første rekke vurdert til å være relatert til beregning av restrisiko, og håndtering av usikkerheter og endringer over tid. Disse aspektene vil derfor bli fulgt opp videre i Klima 2050 de neste årene. Videre vil en del av input parameterne til nytte-kostnadsverktøyene kreve detaljerte beregninger, bl.a. av sannsynligheter og intensiteter for skred og av indirekte konsekvenser, både prissatte og ikke-prissatte. Anbefaling av metodikk og strategier for etablering av slik input vil også være temaer for arbeidet med skredrisikohåndtering i Klima 2050 de neste årene.

Innhold

PREFACE	5
SAMMENDRAG	6
1 INNLEDNING	8
1.1 BAKGRUNN.....	8
1.2 FORMÅL.....	8
1.3 METODE OG OMFANG	8
2 LOVGIVNING OG VEILEDERE RELEVANT FOR SKREDRISIKO- HÅNDTERING.....	9
2.1 PLAN OG BYGNINGSLOVEN	10
2.1.1 Byggeteknisk forskrift (TEK17)	10
2.1.2 Relevante veiledere	12
2.1.3 ROS i arealplanlegging.....	13
2.1.4 Ansvar og roller ved utbygging i potensielt skredutsatte områder	14
2.2 SIVILBESKYTTELSESLOVEN	14
2.2.1 Forskrift om kommunal beredskapsplikt.....	15
2.2.2 Helhetlig risiko- og sårbarhetsanalyse i kommunen.....	15
2.3 LOV OM SIKRING MOT NATURSKADE - NATURSKADELOVEN	17
2.4 LOV OM ERSTATNING FOR NATURSKADER – NATURSKADEERSTATNINGSLOVEN.....	17
2.5 LOV OM NATURSKADEFORSIKRING	17
2.6 INSTRUKS OM UTREDNING AV STATLIGE TILTAK.....	17
2.6.1 Nytte-kostnadsvurdering i Norge.....	17
2.7 STANDARDER	19
2.7.1 NS 5814 Krav til risikovurderinger.....	19
2.7.2 ISO 31000: Risikostyring.....	19
2.8 NVES ROLLE I SKREDRISIKOREDUKSJON	19
2.9 KRITERIER FOR RISIKOAKSEPT OG DIMENSJONERING MOT SKRED I NORGE.....	20
2.9.1 Ny bebyggelse	20
2.9.2 Eksisterende bebyggelse	20
3 NYTTE-KOSTNADSVERKTØY FOR SKREDRISIKOHÅNDTERING	20
3.1 INNHOLD I NYTTE-KOSTNADSANALYSE FOR SKREDSIKRINGSTILTAK	20
3.2 NYTTE-KOSTNADS VERKTØY I NORGE.....	22
3.2.1 NVEs nytte-kostnads verktøy.....	22
3.2.2 SVVs nytte-kostnadsverktøy med skredmodul	25
3.2.3 Bane NORs nytte-kostnadsanalyser	29
3.3 NYTTE-KOSTNADSVERKTØY I UTLANDET	30
3.3.1 Sveits: EconoMe.....	30
3.3.2 Nytte-kostnadsanalyser i Østerrike	33
3.4 ANDRE VERKTØY FOR PRIORITERING AV TILTAK	34
3.4.1 SVVs semi-kvantitative modell for prioritering av sikringstiltak	35
3.4.2 Verktøyet LaRiMiT.....	35
3.4.3 RiskScape fra New Zealand	35
4 KONKLUSJONER OG VIDERE FORSKNINGS- OG INNOVASJONS- AKTIVITETER.....	36
4.1 SAMMENLIKNING MELLOM VERKTØY	36
4.2 FORBEDRINGSPOTENSIAL OG BEHOV I EKSISTERENDE NYTTE-KOSTNADSVERKTØY	40
4.2.1 Beregning av restrisiko i skredsikringstiltak.....	40
4.2.2 Håndtering av usikkerheter og endringer over tid i beregningene	40
4.2.3 Beregning av input til analysene.....	41
5 REFERANSER.....	41

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

En systematisk tilnærming til å håndtere skredrisiko innebærer å kartlegge fare og konsekvens (som samlet gir risiko), evaluere risikoen og implementere tiltak der risikoen anses som uakseptabel. Prioritering og valg av sikringstiltak gjøres ofte basert på nytte-kostnadsvurderinger. Mulige former for risikohåndtering kan omfatte kartlegging, arealplanlegging, sikringstiltak, overvåking, varsling og beredskap. Et godt og effektivt virkemiddel for å forebygge skader fra skred på ny bebyggelse er god arealplanlegging. Gjennom arealplanlegging kan ny utbygging i fareområder unngås eller tilstrekkelig sikkerhet ivaretas ved sikringstiltak. For etablert bebyggelse og infrastruktur i fareområder kan fysiske sikringstiltak bedre sikkerheten. Sikring av eksisterende bebyggelse som gjennomføres med støtte fra NVE prioriteres ut fra en samfunnsøkonomisk nytte-kostnadsanalyse. I tillegg må samfunnet ha en beredskap for å håndtere hendelser som rammer områder som ikke er sikret og hendelser som er større enn det sikringstiltak er dimensjonert for.

Det er viktig at kommunene kartlegger risiko og sårbarhet og tar ansvar for håndtering av skredrisiko på lokalt nivå. Kommunene skal sørge for at farene blir vurdert og tatt hensyn til ved ny utbygging. De enkelte sektoreter og virksomheter skal ivareta skredfare blant annet ved planlegging og sikring av infrastruktur som vei, jernbane, strøm- og vannforsyning.

Innen hver av de ulike fasene av risikohåndteringsprosessen vil det gjøres prioriteringer og tas beslutninger av ulikt omfang der det overordnede formålet er å få optimal nytte av ressurser brukt på tiltak. Risikovurderinger gir begrunnet grunnlag for å gjøre prioriteringer ved valg av risikoreducerende tiltak. Videre vil nytte-kostnadsvurderinger av tiltak kunne besvare om en sikringsløsning er kostnadseffektiv for en gitt lokalitet, eller gi beslutningsstøtte for optimalt valg av tiltak, dimensjoner av tiltak eller kombinasjoner av tiltak.

1.2 Formål

Overordnet formål med arbeidet med skredrisikohåndtering i Klima 2050 er å utvikle og/eller forbedre metodikk og verktøy som kan gi støtte i beslutninger som inngår i håndteringen av skredrisiko, spesielt rundt prioritering og valg av sikringstiltak. Det kan omfatte å utvikle et nytt verktøy for nytte-kostnadsvurderinger eller å forbedre eksisterende verktøy. Det fokuseres på prosesser, der behov for skredrisiko-reducerende tiltak identifiseres og der prosesser rundt valg og implementering av slike tiltak beskrives. Føringer for disse prosessene studeres ved gjennomgang av relevante lover, forskrifter og veiledere. En oversikt over disse er gitt i Tabell 1. Videre identifiseres eksisterende verktøy for nytte-kostnadsvurderinger. Disse vurderes med henblikk på innhold og omfang, potensielle forbedringer og fremtidige innovasjoner.

1.3 Metode og omfang

Hovedarbeidsmetode er systematisk litteraturstudie, med formål som beskrevet i kapittel 1.2. Det er gjort komparative studier av beslutningsstøtteverktøy. Det er valgt å gå gjennom både norske og utenlandske verktøy for nytte-kostnadsanalyser. Verktøyene er valgt ut på bakgrunn av tidligere erfaring mht. hvilke land som har gode systemer for risikohåndtering av naturfarer, i hvilken grad verktøyene kan benyttes for skredsikring, samt tilgjengelighet av verktøy og dokumentasjon. Kun verktøy som har allment tilgjengelig dokumentasjonen har blitt gjennomgått. Nytte-kostnadsverktøy som beskrives i denne rapporten omfatter:

- EFFEKT (SVV)

- Merklin (Bane NOR)
- NVEs nytte-kostnadsverktøy
- EconoME (Sveits)
- Østerrisk nytte-kostnads verktøy

Fokus i metodegjennomgangen har vært på følgende:

- Hvilke aktører omfattes av analysen?
- Hvilke kostnads- og nytte kategorier som omhandles (både prissatte og ikke-prissatte)
- Hvordan prissatte og ikke-prissatte konsekvenser sammenstilles
- Beregnes restrisiko etter tiltak og i tilfelle hvordan?
- Håndteres usikkerheter?
- Håndteres endringer over tid? (f.eks. klimaendringer, endring i eksponering)

Som det fremgår av disse punktene er det fokus på konsekvensvurderingene i verktøyene.

2 Lovgivning og veiledere relevant for skredrisikohåndtering

Selv om ansvaret for skred og flom er sammensatt, er det en tydelig arbeidsdeling gjennom lovverket og regjeringens styringsdokumenter.

- Olje- og energidepartementet har – gjennom NVE - ansvaret for flom og skred.
- Kommunal- og moderniseringsdepartementet er overordnet plan- og bygningsmyndighet, og har i tillegg en viktig samordningsfunksjon overfor fylkesmannen.
- Justis- og beredskapsdepartementet har det generelle ansvaret for samfunnssikkerhet og beredskap.
- Klima- og miljødepartementet har det overordnede ansvaret for klimatilpasning.

Ny og eksisterende bebyggelse omfattes av ulikt lovverk med ulike kriterier. Generelt er det strengere krav til ny bebyggelse enn til eksisterende bebyggelse. En oversikt over lovgivning, veiledere og fordeling av ansvarsområder mellom departementene er gitt i Tabell 1.

Tabell 1 Lovgivning og ansvarsområder relevant for skred

Ny eller eksisterende bebyggelse?	Lover og forskrifter	Veiledere	Ansvarlig departement
Ny	Plan og bygningsloven. Krav til ROS i arealplanlegging, <ul style="list-style-type: none"> • Byggteknisk forskrift (Tek 17) 	Samfunnssikkerhet i kommunens arealplanlegging Metode for risiko- og sårbarhetsanalyse i planleggingen (DSB) NVEs veiledere, se Tabell 3	Kommunal- og moderniseringsdepartementet
	Instruks om utredning av statlige tiltak	Veileder til utredningsinstruksen, DFØ(2018a)	Kommunal- og moderniseringsdepartementet
Eksisterende	Sivilbeskyttelsesloven, <ul style="list-style-type: none"> • Forskrift om kommunal beredskapsplikt 	Veileder for helhetlig risiko- og sårbarhetsanalyse kommunen (DSB)	Justis- og beredskapsdepartementet
	Lov om naturskadeforsikring		Justis- og beredskapsdepartementet

Ny eller eksisterende bebyggelse?	Lover og forskrifter	Veiledere	Ansvarlig departement
		Veiledere og retningslinjer relevante for klimatilpasning, se Hauge m. fl. (2016).	Klima- og miljødepartementet
	Naturskadeloven. Lovens § 20 første ledd lyder: «Kommunen plikter å treffe forholdsregler mot naturskader slik som bestemt i plan- og bygningsloven §§ 11–8 tredje ledd bokstav a og 28–1, samt ved nødvendige sikringstiltak.»		Landbruksdepartementet
NVE har det overordnede ansvaret for statlige forvaltningsoppgaver innen forebygging av flom- og skredulykker (for både ny og eksisterende bebyggelse)			Olje- og energidepartementet

2.1 Plan og bygningsloven

Plan og bygningsloven stiller krav om gjennomføring av risiko- og sårbarhetsanalyser ved all planlegging, jfr. § 4.3: "Ved utarbeidelse av planer for utbygging skal planmyndigheten påse at risiko- og sårbarhetsanalyse gjennomføres for planområdet, eller selv foreta en slik analyse. Analysen skal vise alle risiko- og sårbarhetsforhold som har betydning for om arealet er egnet til utbyggingsformål, og eventuelle endringer i slike forhold som følge av planlagt utbygging. Område med fare, risiko eller sårbarhet avmerkes i planen som hensynssone, jf. §§ 11-8 og 12-6. Planmyndigheten skal i arealplaner vedta slike bestemmelser om utbyggingen i sonen, herunder forbud, som er nødvendig for å avverge skade og tap." Det er derfor viktig å inkludere en ROS-analyse i alle planleggingsprosesser for bebyggelse og infrastruktur.

2.1.1 Byggteknisk forskrift (TEK17)

Forskrift om tekniske krav til byggverk trekker opp grensen for det minimum av egenskaper et byggverk må ha for å kunne oppføres lovlig i Norge. Kapittel 7 omfatter krav om sikkerhet mot naturpåkjenninger, herunder sikkerhet mot flom, stormflo og skred. Reglene angir hvilke sikkerhetsnivå som skal legges til grunn ved regulering og bygging i fareområder.

Det er gitt et generelt krav om at byggverk skal utformes og lokaliseres slik at det er tilfredsstillende sikkerhet mot fremtidige naturfarer. Sikkerhetskravene er formulert i form av krav til nominell årlig sannsynlighet for ulike sikkerhetsklasser. Byggverk hvor konsekvensen av et skred, herunder sekundærvirkninger av skred, er særlig stor, skal ikke plasseres i skredfarlig område. For byggverk i skredfareområde skal sikkerhetsklasse for skred fastsettes. Byggverk og tilhørende uteareal skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot skred, herunder sekundærvirkninger av skred, slik at største nominelle årlige sannsynlighet i Tabell 2 ikke overskrides.

Tabell 2 Sikkerhetsklasser og største nominell sannsynlighet for byggverk i skredfareområde

Sikkerhetsklasse for skred	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
S1	Liten	1/100
S2	Middels	1/1000
S3	Stor	1/5000

Kravene til sikkerhet i Tabell 2 gjelder også for kvikkleireskred, men i praksis vil det være umulig å angi sannsynlighet for kvikkleireskred. Sikkerhetsnivå for en faresone for

kvikkleireskred fastsettes derfor isteden ved en sikkerhetsfaktor, F. Sikkerhetsfaktoren angir forholdet mellom stabiliserende krefter og drivende krefter for den skråningen som har lavest stabilitet i faresonen.

Sikkerhetsklassene for skred (DiBK; 2017)

Som vist i Tabell 2 er det 3 sikkerhetsklasser for skred (S1, S2 og S3). Ut over disse sikkerhetsklassene skal byggverk hvor konsekvensen av skred er særlig stor ikke plasseres i skredfarlig område. Hvilke byggverk som vil falle inn under kategorien "byggverk hvor konsekvensene av en skredhendelse vil være særlig stor og gi uakseptable konsekvenser for samfunnet" vil være avhengig av skredtype og størrelse samt skadefenomenets type. Kravet gjelder for eksempel bygninger som har nasjonal eller regional betydning for beredskap og krisehåndtering, slik som regionsykehus, regionale/nasjonale beredskapsinstitusjoner og lignende. Kravet gjelder videre byggverk for virksomheter som omfattes av storulykkesforskriften, dvs. virksomheter med anlegg der det fremstilles, brukes, håndteres eller lagres farlige stoffer. Kravet i denne bestemmelsen kan bare tilfredsstilles ved å plassere byggverket utenfor skredfarlig område, dvs. at det ikke er en løsning å sikre byggverket mot skred. Bakgrunnen er at de spesielle byggverkene denne bestemmelsen er myntet på må fungere også ved store skred-ulykker, eller at et skred kan gi livsfarlig forurensning.

Sikkerhetsklasse S1 omfatter tiltak der et skred vil ha liten konsekvens. Dette kan eksempelvis være byggverk der det normalt ikke oppholder seg personer og der det er små økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Eksempler på byggverk som kan inngå i denne sikkerhetsklassen er garasjer, uthus, båtnaust, lager med lite personopphold og mindre brygger for sport og fritid.

Sikkerhetsklasse S2 omfatter tiltak der et skred vil føre til middels konsekvenser. Sikkerhetsklasse S2 kan for eksempel være byggverk der det normalt oppholder seg maksimum 25 personer, eller der det er middels økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser.

Byggverk som kan inngå i denne sikkerhetsklassen er

- enebolig, tomannsbolig og eneboliger i kjede/rekkehus/boligblokk/fritidsbolig med maksimum 10 boenheter
- arbeids- og publikumsbygg/brakkerrigg/overnattingssted hvor det normalt oppholder seg maksimum 25 personer. Byggverk der det er nødvendig å kreve et høyere sikkerhetsnivå ut fra hensynet til personsikkerhet inngår i sikkerhetsklasse S3, for eksempel sykehjem, skole og barnehage.
- driftsbygning i landbruket
- parkeringshus og havneanlegg

For bygninger som inngår i sikkerhetsklasse 2 kan kravet til sikkerhet for tilhørende uteareal reduseres til sikkerhetsnivået som er angitt for sikkerhetsklasse S1 (1/100). Dette fordi eksponeringstiden for personer og dermed faren for liv og helse normalt vil være vesentlig lavere utenfor bygningene.

Sikkerhetsklasse S3 omfatter tiltak der konsekvensen av en skredhendelse er stor. Sikkerhetsklasse S3 omfatter for eksempel byggverk der det normalt oppholder seg mer enn 25 personer, eller der det er store økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser.

Eksempler på byggverk som kan inngå i denne sikkerhetsklassen er

- eneboliger i kjede/rekkehus/boligblokk/fritidsbolig med mer enn 10 boenheter
- arbeids- og publikumsbygg/brakkerrigg/overnattingssted hvor det normalt oppholder seg mer enn 25 personer

- skole, barnehage, sykehjem og lokal beredskapsinstitusjon

For bygninger som inngår i sikkerhetsklasse S3 kan det vurderes å redusere kravet til sikkerhet for tilhørende uteareal til sikkerhetsnivået som er angitt for sikkerhetsklasse S2 (1/1000), dersom dette vil gi tilfredsstillende sikkerhet for tilhørende uteareal. Momenter som må vurderes i denne sammenheng er eksponeringstiden for personer, antall personer som oppholder seg på utearealet, mv.

Anlegg som ut fra sin funksjon må plasseres i skredfarlig område, som f.eks. vannkraftanlegg, dammer o.l. må konstrueres og oppføres slik at de er i stand til å tåle belastningene skred kan medføre.

2.1.2 Relevante veiledere

Veiledere som er relevant for vurdering av sikkerhet mot skred i plan og bygningsloven og TEK 17 er oppsummert i Tabell 3.

Tabell 3 Veiledere relevant for sikkerhet mot skred i planlegging og utbygging

Veileder/retningslinjer	Innhold	Utgiver
Flaum- og skredfare i arealplanar	Retningslinjene beskriver hvordan flom- og skredfare skal utredes og tas hensyn til i arealplanlegging. Retningslinjene bygger på Rettledningen i plan- og bygningsloven og kravene til sikkerhet mot flom og skred som er gitt i byggt teknisk forskrift (TEK17) med tilhørende veiledning.	NVE
Sikkerhet mot kvikkleireskred	Veilederen beskriver hvordan skredfare i områder med kvikkleire, og andre jordarter med tilsvarende egenskaper, skal utredes og tas hensyn til i arealplanlegging og byggesak. Veilederen beskriver hvilke krav til sikkerhet som gjelder for bygging i slike områder, hvordan kravene kan oppfylles og krav til grunnundersøkelser og stabilitetsberegninger. Veilederen utdypes Byggt teknisk forskrift (TEK 17) og NVEs retningslinjer "Flaum- og skredfare i arealplanar".	NVE
Sikkerhet mot skred i bratt terreng – Kartlegging av skredfare i arealplanlegging og byggesak	Veilederen beskriver grunnlagsmateriale, metode og vurderingstemaer for kartlegging av skredtyper i bratt terreng (snøskred, sørpeskred, jordskred, flomskred, steinsprang og steinskred) samt fjellskred og skred-genererte flodbølger. Veilederen er først og fremst myntet på kartlegging i forbindelse med arealplanlegging. Veilederen beskriver hva som bør dokumenteres og rapporteres for slik kartlegging, på kommuneplan-, reguleringsplan- og byggesaksnivå.	NVE
Veileder om skogsveger og skredfare	Veilederen Skogsveger og skredfare gir kunnskap om faren for løsmasseskred ved bygging og drift av skogsveger i bratt terreng, og hvordan slike skred kan forebygges ved riktig oppbygging av vegkropp og riktig utforming og dimensjonering av grøfter, kulverter og stikkrenner.	NVE
Veiledning ved små inngrep i kvikkleiresoner	Veiledningen legger opp til at sikkerhetsmessige vurderinger av små inngrep i kvikkleiresoner skal kunne gjennomføres av kommuners tekniske etat og landbrukskontor. Det er gitt råd om hvordan ulike inngrep kan gjennomføres slik at faren for store skred ikke blir vesentlig forverret. Prinsippkissene er ment som et hjelpemiddel til å identifisere problemer som man i ulike situasjoner står overfor.	NVE
Samfunnssikkerhet i kommunens arealplanlegging Metode for risiko- og sårbarhetsanalyse i planleggingen	Veilederen omhandler ROS-analyser som metode i arealplanleggingen. Veilederen anbefaler at kommunen bruker kommune-planens arealdel for å ta et helhetlig grep om arealbruken for å gi forutsigbare rammer og retningslinjer i planleggingen.	DSB

Veileder/retningslinjer	Innhold	Utgiver
Utbygging i fareområder		DIBK

2.1.3 ROS i arealplanlegging

Plan- og bygningsloven (PBL) stiller krav til ROS-analyser ved arealplanlegging som gir et kunnskapsgrunnlag for å ivareta samfunnssikkerhet i planområdet. Krav til dokumentasjon avhenger av plannivået (NVE; 2014):

Byggesaksnivå:

Målet er å avklare at skredfare ikke er til hinder for bygging, dvs. at tomte tilfredsstillende kravene i TEK17, ev. hvilke sikringstiltak som må gjennomføres for å tilfredsstillende kravene.

Reguleringsplannivå:

På reguleringsplannivå er målet normalt å kartlegge faresoner med de sannsynligheter som er gitt i sikkerhetsklassene i TEK17.

Kommuneplannivå

Hensikten er normalt å identifisere og avgrense aktsomhetsområder. Ikke nødvendig med en nærmere kvantifisering av faregraden, dersom kommunen ikke ber spesielt om dette.

ROS analysen består av trinnene (DSB; 2017):

1. Beskrive planområdet
2. Identifisere mulige uønskede hendelser som kan skje i fremtiden
3. Vurdere risiko og sårbarhet, dvs sannsynligheten for at den uønskede hendelsen vil inntreffe, sårbarheten ved systemer som kan påvirke sannsynligheten og konsekvensene, og hvilke konsekvenser hendelsen vil få innen konsekvensklassene Liv og Helse, Stabilitet og Materielle verdier.
4. Identifisere tiltak for å redusere risiko og sårbarhet
5. Dokumentere analysen og hvordan den påvirker planforslaget

Trinn nummer fire i ROS-analysen dreier seg om å identifisere tiltak for å redusere risiko og sårbarhet. Dette gjøres på bakgrunn av risiko- og sårbarhetsvurderingen. Aktuelle tiltak kan både være nye tiltak og forbedringer av eksisterende tiltak. Det kan også være tiltak for å etablere ny kunnskap. Tiltakene kan påvirke sannsynligheten, årsakene, sårbarheten, konsekvensene eller usikkerheten ved de uønskede hendelsene. I arealplanleggingen kan et tiltak også være å prioritere mellom ulike områder for utbygging i kommuneplanens arealdel, vurdere den foreslåtte lokaliseringen i planområdet, og vurdere om arealet er egnet til det utbyggingsformålet som planmyndigheten vil legge til rette for.

Kommunens plan for å styrke samfunnssikkerheten på bakgrunn av helhetlig ROS beskrives i plan for oppfølging. Planen bør inneholde langsiktige mål, strategier og prioriterte tiltak. (DSB, 2018). De prioriterte tiltakene fra helhetlig ROS skal være synliggjort og besluttet i kommunens plan for oppfølging av denne. Det anbefales at de prioriterte tiltakene fra planen tas inn i kommunens styringssystemer etter plan- og bygningsloven, slik lovens intensjon er, jf. § 3 b i *Forskrift til kommunal beredskapsplikt*. Spesielt gjelder dette for kommunal planstrategi, kommuneplanens samfunnsdel med handlingsdel og kommuneplanens arealdel (DSB, 2015).

For å sørge for at tiltak blir fulgt opp i planforslaget vil det være hensiktsmessig å koble aktuelle tiltak til verktøy i PBL (hensynssoner, bestemmelser og arealformål). Et eksempel kan være at det stilles krav om sikring før utbyggingen kan gjennomføres. Når det er avdekket fare for naturpåkjenninger i kommuneplanens arealdel, kan et tiltak være å sette hensynssone i kart og gi bestemmelser om å følge opp krav til sikkerhet mot naturpåkjenninger (DSB, 2017). Forslag til tiltak fra analyseskjemaene kan sammenstilles, med en beskrivelse av hvordan tiltakene kan redusere risiko og sårbarhet, og hvordan de kan følges

opp med ulike planverktøy. PBL inneholder planverktøy som kommunene kan benytte. Eksempelvis kan kommunen:

- avvise planforslaget (PBL § 12-11)
- angi arealformål. Arealformål viser hovedtrekkene i arealbruken.
- vise hensynssoner med tilhørende bestemmelser. *Hensynssoner* viser hensyn og restriksjoner i arealbruken i kommuneplanens arealdel.
- gi bestemmelser. Bestemmelser til hensynssoner og arealformål kan gis både til kommuneplanens arealdel og til reguleringsplaner. I kommuneplanens arealdel kan kommunen i tillegg gi generelle bestemmelser uavhengig av arealformål.

2.1.4 Ansvar og roller ved utbygging i potensielt skredutsatte områder

Kommunen har både som planmyndighet og bygningsmyndighet et ansvar for å bidra til at det kun bygges i områder som er tilstrekkelig sikre mot naturfarer. Dette skal ivaretas både i kommuneplan, i reguleringsplan og i den enkelte byggesak.

Hovedansvaret for å utrede om det foreligger tilstrekkelig sikkerhet for utbygging, ligger imidlertid til den som fremmer arealplan eller byggesøknad. Normalt ligger derfor ansvaret for å utrede sikkerhet mot fare som følge av naturforhold til den som fremmer plan for utbygging eller søknad om tiltak (DIBK, 2008).

Byggesaksbehandlingen tar utgangspunkt i tiltakshavers byggeinitiativ, og det er utbygger som må utrede og bekrefte at det foreligger tilstrekkelig sikkerhet mot natur- og miljøforhold i søknaden. Utbyggersiden må opplyse saken tilstrekkelig og dokumentere at tiltaket det søkes om er innenfor regelverket.

Tiltakshaver har i utgangspunktet fullt ansvar for oppfyllelse av alle relevante krav for sitt prosjekt. Det kan tas utgangspunkt i søknadstype når roller og ansvar skal beskrives.

2.2 Sivilbeskyttelsesloven

Det formelle navnet på Sivilbeskyttelsesloven er "Lov om kommunal beredskapsplikt, sivile beskyttelsestiltak og Sivilforsvaret". Lovens formål er å beskytte liv, helse, miljø, materielle verdier og kritisk infrastruktur ved bruk av ikke-militær makt når riket er i krig, når krig truer, når rikets selvstendighet eller sikkerhet er i fare, og **ved uønskede hendelser i fredstid**.

Sivilbeskyttelseslovens kapittel V, § 14 omhandler kommunal beredskapsplikt og krav til risiko og sårbarhetsanalyse:

§ 14. Kommunal beredskapsplikt – risiko- og sårbarhetsanalyse

Kommunen plikter å kartlegge hvilke uønskede hendelser som kan inntreffe i kommunen, vurdere sannsynligheten for at disse hendelsene inntreffer og hvordan de i så fall kan påvirke kommunen. Resultatet av dette arbeidet skal vurderes og sammenstilles i en helhetlig risiko- og sårbarhetsanalyse.

Risiko- og sårbarhetsanalysen skal legges til grunn for kommunens arbeid med samfunnssikkerhet og beredskap, herunder ved utarbeiding av planer etter lov 27. juni 2008 nr. 71 om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven).

Risiko- og sårbarhetsanalysen skal oppdateres i takt med revisjon av kommunedelplaner, jf. lov 27. juni 2008 nr. 71 om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven) § 11-4 første ledd, og for øvrig ved endringer i risiko- og sårbarhetsbildet. Departementet kan gi forskrifter med nærmere bestemmelser om gjennomføring av risiko- og sårbarhetsanalysen.

2.2.1 Forskrift om kommunal beredskapsplikt

Forskrift om kommunal beredskapsplikt har hjemmel i Sivilbeskyttelsesloven. Forskriften skal sikre at kommunen ivaretar befolkningens sikkerhet og trygghet. Kommunen skal jobbe systematisk og helhetlig med samfunnssikkerhetsarbeidet på tvers av sektorer i kommunen, med sikte på å **reducere risiko for tap av liv eller skade på helse, miljø og materielle verdier**.

Plikten omfatter kommunen som myndighet innenfor sitt geografiske område, som virksomhet og som pådriver overfor andre aktører. Kommunen skal gjennomføre en helhetlig risiko- og sårbarhetsanalyse, **herunder kartlegge, systematisere og vurdere sannsynligheten for uønskede hendelser som kan inntreffe i kommunen og hvordan disse kan påvirke kommunen**.

Den helhetlige risiko- og sårbarhetsanalysen skal forankres i kommunestyret. Kommunen skal påse at relevante offentlige og private aktører inviteres med i arbeidet med utarbeidelse av risiko- og sårbarhetsanalysen. Der det avdekkes behov for videre detaljanalyser skal kommunen foreta ytterligere analyser eller oppfordre andre relevante aktører til å gjennomføre disse. Kommunen skal stimulere relevante aktører til å iverksette forebyggende og skadebegrensende tiltak.

Analysen skal som et minimum omfatte:

- a) **eksisterende og fremtidige risiko- og sårbarhetsfaktorer i kommunen.**
- b) risiko og sårbarhet utenfor kommunens geografiske område som kan ha betydning for kommunen.
- c) hvordan ulike risiko- og sårbarhetsfaktorer kan påvirke hverandre.
- d) særlige utfordringer knyttet til kritiske samfunnsfunksjoner og tap av kritisk infrastruktur.
- e) kommunens evne til å opprettholde sin virksomhet når den utsettes for en uønsket hendelse og evnen til å gjenoppta sin virksomhet etter at hendelsen har inntruffet.
- f) behovet for befolkningsvarsling og evakuering.

Kommunen skal være forberedt på å håndtere uønskede hendelser, og skal med utgangspunkt i den helhetlige risiko- og sårbarhetsanalysen utarbeide en overordnet beredskapsplan, som samordner og integrerer øvrige beredskapsplaner i kommunen.

2.2.2 Helhetlig risiko- og sårbarhetsanalyse i kommunen

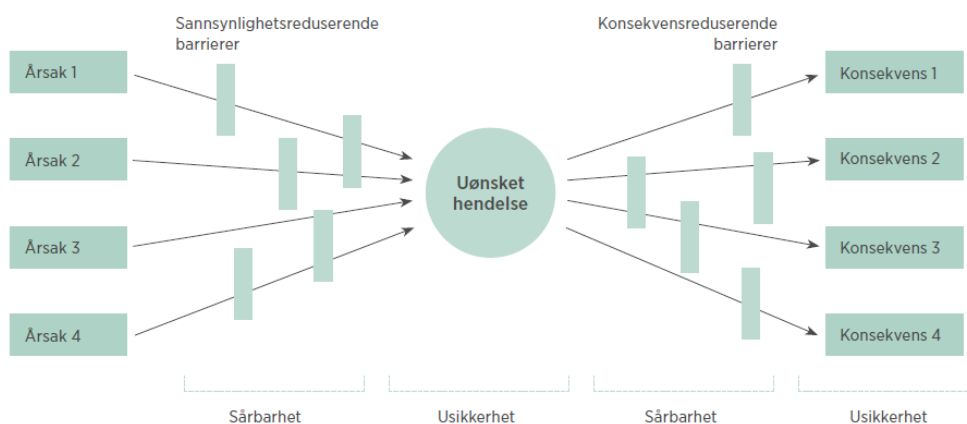
Sivilbeskyttelsesloven stiller krav til kommunen om **helhetlig ROS**. Dette gjelder hele kommunen, og utgjør et grunnlag for kommunens arbeid med samfunnssikkerhet og beredskap, også ved utarbeiding av planer etter plan- og bygningsloven. Veileder for helhetlig risiko- og sårbarhetsanalyse i kommunen, DSB (2014), gir retningslinjer for planlegging, gjennomføring og oppfølging av helhetlig ROS og beskriver metodikk.

DSB (2014) beskriver hovedtrinnene i en helhetlig ROS som:

- Planlegging og forarbeid
- Gjennomføring
- Oppfølging i kommunen

Gjennomføring av ROS analyser gjøres som en scenariobasert risikovurdering. En viktig del av dette arbeidet er å **identifisere uønskede hendelser, dvs. hendelser som kan gi negative konsekvenser innen samfunnsverdiene liv og helse, stabilitet, natur og miljø og materielle verdier**. Viktige deler av en risiko- og sårbarhetsanalyse kan illustreres i et såkalt sløyfediagram, se Figur 1. I midten av figuren er en uønsket hendelse. Til venstre for denne vises mulige årsaker som kan føre til at den uønskede hendelsen inntreffer. Her er det også listet tiltak for å hindre at den uønskede hendelsen inntreffer (sannsynlighetsreducerende

tiltak). Til høyre for den uønskede hendelsen vises mulige konsekvenser for ulike verdier som liv og helse, stabilitet, miljø og materielle verdier. Her finner vi også tiltak for å redusere konsekvensene (konsekvensreducerende tiltak). Eksempler i DSB (2014) omfatter scenarier med skred som uønsket hendelse.



Figur 1 Sløyfediagram for illustrasjon av innhold i ROS analyse (DSB; 2014).

For hver av de uønskede hendelsene gjøres en beskrivelse av:

- hendelsesforløpet
- årsaker
- identifiserte eksisterende tiltak
- sannsynlighet
- sårbarhet
- konsekvenser
- behov for befolkningsvarsling og evakuering
- usikkerhet
- styrbarhet
- forslag til nye tiltak og forbedring av eksisterende tiltak
- overførbarhet

Samtlige av disse punktene dokumenteres i et eget analyseskjema. For vurdering av sannsynligheter og konsekvens benyttes inndeling i sannsynlighets- og konsekvenskategorier.

I arbeidet med risiko- og sårbarhetsvurderingen kan det avdekkes **behov for nye tiltak og for forbedring av eksisterende tiltak**. DSB (2014) anbefaler at prosjektgruppen lager et forslag til plan for oppfølging. Planen bør inneholde forslag til målsettinger og strategier for et helhetlig og systematisk arbeid med samfunnssikkerhet og beredskap. Oppfølging av ROS-analysen omfatter også integrering av samfunnssikkerhet og beredskap i planer og prosesser etter plan- og bygningsloven, som kan involvere ulike etater:

- Plan- og bygningssetaten (f.eks. oppfølging av naturfarer og klimaendringer i arbeidet med kommunal planstrategi og i arealplanleggingen, gjennomføring av skredsikringstiltak i samarbeid med geotekniske fagkyndige, revisjon av reguleringsplaner)
- Teknisk etat (f.eks. rense stikkrenner og kulverter, forsterke rutiner for gravemelding i skredutsatte områder)

2.3 Lov om sikring mot naturskade - naturskadeloven

Naturskadeloven § 24 gir kommunene hjemmel til å kreve utgifter til sikringstiltak mot naturskader refundert. Det samme gjelder den som har utført slike tiltak etter godkjenning av kommunen og som er eier eller fester av eiendom som er truet av naturskade.

2.4 Lov om erstatning for naturskader – naturskadeerstatningsloven

Den statlige erstatningsordningen for naturskader har til formål å yte erstatning etter en naturulykke slik at skadelidte kan fortsette sin virksomhet. Det ytes erstatning etter denne loven for naturskade på fast eiendom og løsøre i Norge. Det ytes ikke erstatning dersom det er adgang til å forsikre seg mot skaden ved en alminnelig forsikringsordning, eller dersom skadelidte faktisk får dekket skaden av en forsikring.

2.5 Lov om naturskadeforsikring

Lov om naturskadeforsikring § 1 fastsetter at ting i Norge som er forsikret mot brannskade, er også forsikret mot naturskade, dersom skaden på vedkommende ting ikke dekkes av annen forsikring. Med naturskade forstås skade som direkte skyldes naturulykke, så som skred, storm, flom, stormflo, jordskjelv eller vulkanutbrudd.

2.6 Instruks om utredning av statlige tiltak

Instruks om utredning av statlige tiltak (utredningsinstruksen) setter krav til gjennomføring av samfunnsøkonomisk analyse for utredning av tiltak som forventes å gi vesentlige nytte- eller kostnadsvirkninger, herunder vesentlige budsjettmessige virkninger for staten. Instruksen har til hensikt å sikre godt grunnlag for beslutninger om statlige tiltak, som for eksempel reformer, regelendringer og investeringer. Instruksen gjelder for utarbeiding av beslutningsgrunnlag for statlige tiltak som utføres i eller på oppdrag for statlige forvaltningsorganer, dvs. departementene og deres underliggende virksomheter. For mindre tiltak er det tilstrekkelig med en minimumsanalyse eller en forenklet analyse. Finansdepartementets rundskriv R109 fastsetter prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser (Det kongelige finansdepartement; 2014).

Utredningsinstruksen stiller krav om at seks grunnleggende spørsmål skal besvares ved utredning av statlige tiltak (DFØ, 2018b). De seks spørsmålene er:

1. Hva er problemet, og hva vil vi oppnå?
2. Hvilke tiltak er relevante?
3. Hvilke prinsipielle spørsmål reiser tiltakene?
4. Hva er de positive og negative virkningene av tiltakene, hvor varige er de, og hvem blir berørt?
5. Hvilket tiltak anbefales, og hvorfor?
6. Hva er forutsetningene for en vellykket gjennomføring?

Et viktig prinsipp er at jo større tiltakets virkninger er, desto grundigere skal de seks spørsmålene besvares. Dette innebærer at tiltak av mindre omfang kan utredes enklere og mer kortfattet enn større tiltak.

NVE prioriterer bistand til sikringstiltak ut fra samfunnsøkonomiske nytte-kostnadsanalyser, som er i tråd med utredningsinstruksen.

2.6.1 Nytte-kostnadsvurdering i Norge

Nytte-kostnadsanalyser i Norge er en del av den samfunnsøkonomiske analysen som innebærer systematisk avveining av nytte målt ved betalingsvillighet og kostnader vurdert som alternativkostnad som et prosjekt vil medføre (NTNU; 2013). Analysen skal finne frem til ulike offentlige tiltak som kan bidra til å løse et samfunnsproblem, og synliggjøre hvilke

virksomheter vil føre til for ulike grupper i samfunnet. Virkningene skal tallfestes og verdsettes så langt det er mulig, hensiktsmessig og faglig forsvarlig. Tiltakenes samfunnsøkonomiske lønnsomhet skal vurderes, og usikkerheten ved hvert tiltak skal belyses. Analysen gir beslutningstaker et solid beslutningsgrunnlag for å prioritere mellom ulike tiltak. Nytte-kostnadsanalysen er en del av beslutningsgrunnlaget og gjør det mulig å rangere tiltak ut i fra lønnsomhet. Dersom betalingsvilligheten for alle tiltakets nyttevirksomheter er større enn summen av kostnadene, defineres tiltaket som samfunnsøkonomisk lønnsomt.

Alternativer til nytte-kostnadsanalyser er:

- Kostnadseffektivitetsanalyse, som innebærer å rangere tiltak etter kostnader og finne det tiltaket som vil realisere et ønsket mål til lavest kostnad.
- Kostnadsvirkningsanalyser, som beregner kostnadene ved tiltakene på vanlig måte, mens nyttevirksomheter beskrives best mulig, men ikke i kroner eller på en felles skala. Kostnadsvirkningsanalyser gir ikke grunnlag for å rangere tiltakene etter samfunnsøkonomisk lønnsomhet, men gir likevel verdifull informasjon for beslutningstakerne.

En nytte-kostnadsanalyse av tiltak inkluderer beregninger av:

1. Eksponering (fastboende, reisende, trafikkmengder, etc.). For beregning av eksponering bør det tas hensyn til både utviklingen av eksponeringen over tid (f.eks. forventet endring i trafikkmengder over tid) og endring av eksponering som følge av tiltaket.
2. Kostnader forbundet med tiltaket (Investeringskostnader, vedlikeholdskostnader, ikke-prissatte kostnader/ulempner)
3. Nytte forbundet med tiltaket (risikoreduksjon, reisetidsbesparelser, ikke-prissatte gevinster). For beregning av nytte bør det ideelt sett vurderes endring av farefrekvens (her skredfare) over tid, f.eks. som følge av klimaendringer eller menneskeskapte endringer i dreneringsforholdene

Kostnader og nytte opptrer på ulike tidspunkt og må beregnes til felles referanseverdi. Som oftest omregnes alle prissatte virkninger til den verdien de vil ha i starten av tiltakets levetid, dvs. nåverdberegninger. Beregningene gjøres vha. en fastsatt kalkulasjonsrente.

Kalkulasjonsrenten uttrykker blant annet samfunnets tidspreferanse, det vil si hvordan konsum «i dag» vurderes i forhold til konsum «i morgen».

For å fastsette verdien av kostnader og nytte fastsettes prinsipper for beregninger av (Det kongelige Finansdepartement; 2014):

- Markedspriser.
- Realprisjustering (justering for at noen priser kan forventes å utvikle seg forskjellig fra konsumprisindeksen)
- Avledede kalkulasjonspriser. Priser som ikke lar seg observere (som miljøverdier, helseverdier og tidsverdier) kan beregnes gjennom estimerte betalingsvilligheter.
- Verdien av tid. (Ulike beregninger for arbeidstid og fritid.) Av praktiske hensyn benyttes ofte nasjonale gjennomsnitt.
- Verdien av liv og helse. Det er fastsatt en verdi for et statistisk liv.
- Verdien av miljøgoder. Verdsetting av helse- og dødelighetsendringer, kombinert med dose-resepsjonssammenhenger mellom utslipp, konsentrasjonsnivåer og helsevirkninger.
- Ikke-prissatte virkninger. Hvis mulig bør disse beskrives kvantitativt, ellers bør de beskrives best mulig kvalitativt, slik at de kan inngå som en del av beslutningsgrunnlaget.

Det kongelige Finansdepartement (2014) beskriver også fastsettelse av kalkulasjonsrente, fastsettelse av analyseperiode og levetid og verdien av tiltaket etter utløpet av analyseperioden (restverdi). Prinsippene er videre utdypet i DFØ (2018b).

2.7 Standarder

2.7.1 NS 5814 Krav til risikovurderinger

Standarden NS 5814:2008 Krav til risikovurdering omhandler krav til risikovurderinger, og er et hjelpemiddel for å kunne ta beslutninger om tiltak eller valg av løsninger for å forebygge risiko.

Standarden stiller krav til de elementene som kan inngå i en slik prosess. Standarden gir også en beskrivelse av risikovurderingens plass i risikostyring og av faktorer som påvirker planlegging og gjennomføringen av risikovurderinger, for eksempel rammebetingelser og etablering av risikoakseptkriterier.

Risikovurderinger gjennomføres ved å planlegge aktiviteter eller tiltak både ved etablering og ved endringer av eksisterende virksomhet. Uavhengig av formålet er det viktig at risikovurderingen tilpasses i tid slik at resultatet foreligger før beslutninger skal tas. NS 5814 er en generell standard rettet mot fag, bransjer og næringer som ikke har egne standarder for risikovurderinger.

2.7.2 ISO 31000: Risikostyring

ISO 31000 gir veiledning om hvordan organisasjoner kan integrere risikobasert beslutnings-taking i styring, planlegging, ledelse, rapportering, policy, verdier og kultur. Det er et åpent, prinsippbasert system, som betyr at det er mulig for organisasjonen å anvende prinsippene i standarden i forhold til egen kontekst. ISO 31000 kan brukes av alle organisasjoner, uavhengig av type, størrelse, aktivitet og lokalisering, og standarden er beregnet for alle typer risiko og kan brukes av alle som håndterer risiko, ikke bare de som er profesjonelle aktører innen risikostyringsfaget.

2.8 NVEs rolle i skredrisikoreduksjon

NVE har det overordnede ansvaret for statlige forvaltningsoppgaver innen forebygging av flom- og skredulykker. Målet med det statlige engasjementet er å skape tryggere lokalsamfunn og økt samfunnssikkerhet ved å redusere risikoen ved skredulykker. NVEs oppgave er å bistå kommunene og samfunnet for øvrig med kompetanse og ressurser innen forebygging av skader som følge av skredulykker innenfor følgende fem tiltakstyper:

- Kartlegging og informasjon om fareområder
- Rettleiding og oppfølging av arealplanlegging og arealdisponering
- Bistand i form av kompetanse/finansiering/planlegging og gjennomføring av sikringstiltak mot skred
- Overvåking og varsling av skredfare
- Skredfaglig hjelp i beredskaps- og krisesituasjoner.

Gjennomføring av sikringstiltak i NVEs regi innebærer at kommunene må dekke en distriktsandel som normalt utgjør 20 prosent og at kommunen skal føre tilsyn med anleggene. Bistand kan enten gis i form av et økonomisk tilskudd der kommunen selv tar på seg oppgavene med utredning, planlegging og gjennomføring, eller som bistand der NVE tar på seg dette arbeidet på vegne av kommunen. Naturskadeloven § 24 gir kommunene hjemmel til å kreve utgifter til sikringstiltak refundert av de som eier eller fester eiendom innenfor det området sikringstiltaket beskytter. Den lokale medvirkningen til forebyggende tiltak er viktig. Vedlikeholdsansvaret ligger på de som har nytte av tiltaket og blir stående som eiere av dem. Distriktsandel kreves ikke for krisetiltak for avverging av overhengende fare i forbindelse med en hendelse (Det kongelige olje- og energi departement; 2012).

2.9 Kriterier for risikoaksept og dimensjonering mot skred i Norge

2.9.1 Ny bebyggelse

Krav om sikkerhet mot naturpåkjenninger er gitt i Plan og Bygningsloven og Byggteknisk forskrift (TEK 17), se 2.1 og 2.1.1. Byggteknisk forskrift TEK 17 gir sikkerhetskrav i forhold til skred og flom for byggverk og gjelder også for offentlige vei- og jernbaneanlegg. Statens vegvesen har i tillegg risikoakseptkriterier for skredhendelser på vei. Jernbaneverket har overordnede risikoakseptkriterier. NIFS (2014) oppsummerer kriterier for risikoaksept og for dimensjonering mot naturpåkjenninger i Norge.

2.9.2 Eksisterende bebyggelse

Det finnes ingen lovfestet plikt til sikring mot naturskade for eiere av fast eiendom. De har heller ikke rettskrav på bistand til sikring fra det offentlige. Dette skyldes antakelig at det for eksisterende bebyggelse ikke finnes noen lovfestede krav til sikkerhet mot flom- og skredskader, slik det gjør for nybygg i plan- og bygningsloven med tilhørende forskrifter. Kommunene har hjemmel til å nedlegge bygge- og deleforbud med bakgrunn i naturfare, men det finnes ingen regler som gjør det forbudt for folk å bo eller oppholde seg i områder med flom- eller skredrisiko, med unntak av tilfeller der politiet har pålagt evakuering med hjemmel i politiloven § 7 andre ledd. Det finnes følgelig ingen regler som gir krav om gjennomføring av sikringstiltak som en forutsetning for fortsatt beboelse eller opphold i områder med risiko for naturskader (Det kongelige olje- og energi departement; 2012).

Naturskadeloven § 20 første ledd lyder: «*Kommunen plikter å treffe forholdsregler mot naturskader slik som bestemt i plan- og bygningsloven §§ 11–8 tredje ledd bokstav a og 28–1, samt ved nødvendige sikringstiltak.*» Bestemmelsens ordlyd er knapp og henviser i stor grad til kommunens plikter etter plan- og bygningsloven. Formuleringen «*samt ved nødvendige sikringstiltak*» indikerer at kommunen har et ansvar for å treffe forholdsregler mot naturskader også på eksisterende bebyggelse. Hvor langt dette ansvaret går, er imidlertid uklart. Forarbeidene gir begrenset grunnlag for tolking av bestemmelsen, men det er neppe grunnlag for å slutte at kommunen skal ha en juridisk plikt til å gjennomføre sikringstiltak for egen regning i alle tilfeller der flom- eller skredfare blir avdekket. Det ville innebære en urimelig stor økonomisk byrde for mange kommuner. Etter sivilbeskyttelsesloven har kommunene en generell beredskapsplikt, men loven pålegger ikke kommunen plikt til å iverksette tiltak av forebyggende karakter. Av forskrift om kommunal beredskapsplikt § 2 femte ledd, følger at kommunen skal stimulere relevante aktører til å iverksette forebyggende og skadebegrensende tiltak (Det kongelige olje- og energi departement; 2012).

3 Nytte-kostnadsverktøy for skredrisikohåndtering

3.1 Innhold i nytte-kostnadsanalyse for skredsikringstiltak

En nytte-kostnadsanalyse for skredsikringstiltak beregner alle kostnader og nytteverdier av tiltaket. Nytte er knyttet til risikoreduksjon som følge av tiltaket og eventuelt andre positive virkninger av tiltaket. Kostnader omfatter kostnader knyttet til tiltaket og eventuelt andre negative virkninger med tiltaket.

Tabell 4 viser kategorier av nytte og kostnader for sikringstiltak.

Tabell 4 Kategorier av nytte og kostnader for sikringstiltak (Pfurtscheller og Kleewein, 2011).

Nytte	Kostnader
Forhindrede skader på: <ul style="list-style-type: none"> • Liv og helse, • Bygninger og innbo, • Produksjonsanlegg, • Infrastruktur og offentlige eiendeler, • Kjøretøy og utstyr, • Miljø, • Kulturelle eiendeler, • Endrede bruksforhold 	<ul style="list-style-type: none"> • Planlegging og prosjektering, • Forskning og utvikling, • Kjøp og salg av fast eiendom, • Bygge- og etableringskostnader, • Drift og vedlikehold • Investering og re-investering, • Visuell forringelse av landskapet

Virkninger kan videre kategoriseres som direkte og indirekte, samt prissatte og ikke-prissatte, Tabell 5.

Tabell 5 Skade/konsekvenskategori (tilpasset fra Pfurtscheller og Kleewein, 2011).

	Prissatte	Ikke-prissatte
Direkte	<ul style="list-style-type: none"> • Materielle skader på bygninger, kjøretøy, utstyr og infrastruktur 	<ul style="list-style-type: none"> • Sårede og drepte personer • Økologiske skader • Tap av kulturminner
Indirekte	<ul style="list-style-type: none"> • Produksjonsavbrudd • Trafikkavbrudd • Andre økonomiske tap, som følge av manglende tilgang på infrastruktur • Redning og opprydding 	<ul style="list-style-type: none"> • Psykiske skader • Økt sårbarhet • Tap av tilgang på tjenester

Nytte-kostnadsanalyser av skredsikring kan benyttes med ulike formål:

- For prioritering mellom ulike skredutsatte lokasjoner og vurdering av kostnadseffektivitet. Hvor er risikoen og behovet for sikringstiltak størst? Er sikringsløsningen kostnadseffektiv for en gitt lokalitet, dvs. er nyttene større enn kostnadene?
- For dimensjonering og valg av sikringstiltak: Hvilke(t) sikringstiltak/hvilke dimensjoner av valgt sikringstiltak gir mest risikoreduksjon per investert krone?

Stegene i en nytte-kostnadsanalyse følger stegene i en samfunnsøkonomisk analyse, som vist i Figur 2. Her besvares de seks spørsmålene i Utredningsinstruksen (som beskrevet i kapittel 2.6). Virkninger er en felles betegnelse på nytte og kostnader, der positive virkninger kan kategoriseres som nytte, mens negative virkninger kan kategoriseres som kostnader.



Figur 2 Flyttdiagram for gjennomføring av en samfunnsøkonomisk analyse og en forenklet analyse (DFØ; 2018b).

3.2 Nytte-kostnads verktøy i Norge

3.2.1 NVEs nytte-kostnads verktøy

NVE gir bistand til utredning, planlegging og gjennomføring av sikringstiltak for å sikre eksisterende bosetninger mot skade fra flom, erosjon og skred. Tiltakene blir prioritert ut fra samfunnsøkonomiske nytte-kostnadsanalyser i tillegg til risikovurdering. Forholdet til klimaendringer inngår i vurderingsgrunnlaget både ved prioritering, planlegging og dimensjonering. Med endringer i klima øker behovet for sikring mot skred i bratt terreng og sikring mot flommer i bratte vassdrag i Norge (Hanssen-Bauer et al.; 2015).

Sikringstiltak er fysiske tiltak som enten skal beskytte bebyggelse mot skredmasser og flomvann, hindre erosjon eller redusere sannsynligheten for at skred utløses. Dersom kostnadene ved sikring vil være urimelig høye i forhold til verdien av bebyggelse som sikres, kan det i særlige tilfeller gis tilskudd til riving og flytting av fareutsatt boligbebyggelse.

Verktøyet dekker følgende hendelsestyper (NVE; 2016):

- Flom
- Flomskred
- Steinsprang
- Stein- og jordskred
- Leirskred
- Snøskred
- Sørpeskred
- Erosjon

Verktøyet er et frittstående Excel-system, med underliggende ark som fylles ut etter en spesifisert arbeidsflyt. Verktøyet inneholder standardverdier for boliger når det gjelder areal, oppholdstid og antall personer, men disse kan endres ved behov. I verktøyet skilles det mellom tre hovedkategorier av hendelser (NVE; 2016):

- Engangshendelser. Dette er hendelser som bare kan inntreffe én gang på en gitt lokalitet, for eksempel leirskred, eller en enkelt fjellblokk som kan rase ut. Kategorien er også aktuell for situasjoner hvor det at en hendelse inntreffer sterkt reduserer sannsynligheten for at den kan inntreffe igjen, for eksempel jordskred.
- Gjentatte hendelser («sykliske hendelser»). Dette er hendelser hvor sannsynligheten er uavhengig av at hendelsen har inntruffet tidligere, og hvor det er en sammenheng mellom sannsynlighet og skade. Eksempler er flom, flomskred, snøskred.
- Gjentatte engangshendelser («syklisk engangshendelse»). Dette er hendelser hvor sannsynligheten er uavhengig av at hendelsen har inntruffet tidligere, men hvor det ikke er en klar sammenheng mellom sannsynlighet og skade – eller ikke er mulig å etablere en slik sammenheng. Eksempler er gjentatt vassdragserosjon.

3.2.1.1 *Nytte av tiltak*

Elementer som inngår i nytteberegningene er reduserte tap forårsaket av:

- Skade på bygninger
- Sannsynlighet for tap av liv
- Avlingsskade for landbruksareal
- Totalskade på landbruksareal
- Skade på parker
- Skade på infrastruktur; veier, jernbane og distribusjonsnett for strøm
- Omkjøringer ved veistenging
- Skade på parkerte biler
- Mobilisering og skaderedusering (fast prosentsats)
- Rydding av totalskadet bygning (fast sats)
- Husleie i renovering- og nybyggingsperiode

Ikke-prissatte konsekvenser omfatter gruppene:

- Landskapsbilde
- Friluftsliv
- Kulturmiljø
- Næringsliv og lokalsamfunn
- Naturmangfold
- Annet

Verktøyet ble primært bygd for prissatte konsekvenser. I utgangspunktet dekket verktøyet bare ikke-prissatte konsekvenser deskriptivt, men det støtter poenggivning av ikke-prissatte konsekvenser. Det utføres imidlertid ikke noen sammenstilling av prissatte- og ikke prissatte konsekvenser.

Verdisetting av skade og dermed nytte er i størst mulig grad basert på enhetspriser og standardverdier. Prinsippet er gjennomgående:

1. Det er estimert en gjenanskaffelsesverdi pr objekttype – denne prisreguleres automatisk.
2. Det er estimert en skade/sårbarhetsfaktor for de forskjellige hendelsestypene på skalaen 0-1, der 0 innebærer ingen skade og 1 innebærer totalskade, evt. sikker død.
3. For noen hendelsestyper, for eksempel steinsprang, er det aktuelt å angi en treffsannsynlighet, på skalaen 0-1. Dette må gis som inngangsdata.

Når hendelsen inntreffer er altså skade beregnet som produktet av gjenanskaffelsesverdi, sårbarhetsfaktor og treffsannsynlighet.

For gjentatte hendelser angis det et sannsynlighetsnivå (gjentakintervall) for begynnende skade, og skadeomfanget ved to gjentakintervall – det høyeste fortrinnsvis nær sikringsnivået. For de to andre hendelseskategoriene angis skadeomfanget bare for det antatte gjentakintervallet for hendelsen. Naturlig nok vil hendelser kategorisert som «engangshendelser» gi et mindre skadepotensial enn om det er kategoriser som «gjentatte engangshendelser». De to beregningsmetodene vil imidlertid konvergere for hendelser med gjentakintervall vesentlig større enn planleggingsperioden.

3.2.1.2 Beregning av restrisiko

De færreste sikringstiltak gir 100 % sikkerhet. Restrisikoen er lettest å beregne ved flomvoller, hvor det sikres opp til et gitt nivå, og flommer over dette nivået gir skade, som i verktøyet antas å være den samme som uten tiltak. Tilsvarende gjøres ved tiltak hvor det kan angis et dimensjonerende sikringsnivå, og hvor det kan beregnes en skade-sannsynlighetsfordeling. Da antas det at tiltaket sikrer 100% opp til dimensjonerende nivå. For hendelser med større gjentakintervall (og følgelig større intensitet) enn det tiltaket er prosjektert for, antas det at skaden er som uten sikringstiltak. Dette er ikke nødvendigvis helt riktig, ettersom skredsikring kan ha en viss avbøtende effekt også ved hendelser som er større enn den dimensjonerende. Det er imidlertid mulig å velge et alternativ som tillater en gradvis økende skadefunksjon etter tiltak, som en alternativ skadefunksjon.

For engangshendelser og gjentatte engangshendelser håndteres restrisiko ved at det antas samme konsekvens med sikringstiltak hvis hendelsen inntreffer, men sannsynlighet for at hendelsen inntreffer justeres ned.

3.2.1.3 Kostnader

De kostnadene som er identifisert i verktøyet er

- Planleggingskostnader
- Byggekostnader
- Driftskostnader (pr år)
- Vedlikeholdskostnader (pr.år)

De to siste er antatt jevnt fordelt over beregningsperioden, og kapitalisert til nåverdi med kalkulasjonsrenten. Kalkulasjonsrenten er den renten eller avkastningen man å få av en investering

3.2.1.4 Håndtering av usikkerhet og endringer over tid

Både sannsynligheten for at en hendelse inntreffer, og sårbarhet og skadeomfang når hendelsen inntreffer, er forbundet med betydelig usikkerhet. En vanlig måte å håndtere dette på er å legge en usikkerhetsrelatert risikofaktor på kalkulasjonsrenten. Jo høyere usikkerhet, jo høyere kalkulasjonsrente. Det er i tillegg lagt inn en følsomhetsanalyse for avvik i hendelsessannsynligheten, for to alternativer:

- Sannsynligheten for hendelsen er gjennomgående overvurdert 100 %. Det vil si at det som er antatt å være for eksempel en 200-års hendelse (årlig sannsynlighet $1/200=0.005$) i virkeligheten er en 400-års hendelse (årlig sannsynlighet $1/400=0.0025$).
- Sannsynligheten for hendelsen er gjennomgående undervurdert med 50 %. Det vil si at det som er antatt å være en 200-års hendelse (årlig sannsynlighet $1/200=0.005$) i virkeligheten er en 100-års hendelse (årlig sannsynlighet $1/100=0.01$).

Endringer over tid

Verktøyet er hovedsakelig statisk. Det benyttes konstante sannsynligheter over planleggingshorisonten.

3.2.2 SVV's nytte-kostnadsverktøy med skredmodul

SVV benytter programvaren EFFEKT som er et verktøy for nytte-kostnadsanalyser av veg- og trafikktiltak. Beregningsprinsipper og metodikk er direkte knyttet til Statens vegvesens Håndbok V712 (tidligere håndbok 140) om konsekvensanalyser, slik at EFFEKT utgjør hovedverktøydelen av denne. Det beregnes totale kostnader for eksisterende situasjon (0-alternativet) og planlagt situasjon for de aller fleste konsekvenser. Nyten regnes som endringen i kostnader mellom planlagt situasjon og alternativ 0 (eksisterende situasjon).

Skredmodulen i EFFEKT ser på konsekvenser av en veistengning som følge av skred. Slik kan man blant annet anslå trafikantenes kostnader ved omkjøring, hvordan belastningen vil bli på det alternative veinettet og utgiftene for å reparere skadene. Skredprogrammet lager en sammenligning av dagens situasjon mot en alternativ situasjon med tiltak (Egge; 2015).

Resultatene brukes til å svare på:

- Hvilke sikringstiltak er mest lønnsomme på en enkelt skredutsatt strekning.
- Hvilke skredutsatte veistreknings bør prioriteres først.

De aktuelle skredene er inndelt i følgende typer avhengig av hvilke materialer skredmassene hovedsakelig består av

- jord- og løsmasseskred
- steinsprang og fjellskred
- snø- og sørpeskred
- isskred

Skred og skredfare langs trafikkerte veger kan forårsake ulykker, resultere i vegstenginger og opprydningsarbeider. Skredmodulen inneholder derfor:

- Ulykkesrisiko på skredutsatte vegstreknings (som omfatter sannsynlighet for treff på kjøretøy fra primærskred og naboskred og ulykkeskostnader)
- Ulemper for trafikanter som utsettes for uforberedte vegstenginger (ventekostnader og kostnader ved å endre reiserute)
- Negativ nytte for trafikantene av vegstenging (negativ nytte mens vegen er stengt og antall timer med vegstenging per år)
- Drift og vedlikehold

3.2.2.1 Aktører

Nytte og kostnader kan tilfalle ulike aktører. Tabell 6 oppsummerer kostnadskomponenter/-virkninger for ulike aktører.

Tabell 6 Aktører og kostnadskomponenter (Straume and Bertelsen; 2016).

Aktør/gruppe	Kostnadskomponent/virkninger
Trafikanter og reisende	Kjøretøykostnader Utlegg Tidskostnader Endring i forbrukeroverskudd Drivstoffkostnader Ulempekostnader v. vei/fergestengning Helsevirkninger for gående og syklende Utrygghetskostnader for gående og syklende
Operatører	Driftskostnader Inntekter Overføringer
Myndigheter	Investeringskostnader Drifts- og vedlikeholdskostnader

Aktør/gruppe	Kostnadskomponent/virkninger
	Overføringer Avgifter/skatteinntekter
Tredjepart/samfunnet forøvrig	Ulykkeskostnader Støy og luftforurensing Andre kostnader Gjenverdi Skatteutgifter

3.2.2.2 *Nytte av tiltak*

Nytte av tiltak består i risikoreduksjon og reduserte ulemper, dvs. reduksjon i sannsynlighet av vegstenging forårsaket av skred eller skredfare, forhindring av isolasjon av samfunn og reduksjon av risiko for trafikantene.

Skred som treffer en veg kan forårsake både personskader og materielle skader. Når skredfaren vurderes som spesielt stor, kan det derfor være aktuelt å stenge vegen. Dette betegnes som preventiv vegstenging. I andre tilfeller kommer et skred mer eller mindre overraskende, og kan forårsake både skader og etterfølgende stengning av vegen. Dette betegnes som en uforberedt vegstenging.

Reduserte ulemper består i:

- Redusert ulykkesrisiko på skredutsatte vegstrekninger (som omfatter redusert sannsynlighet for treff på kjøretøy fra primærskred og naboskred og dermed reduserte ulykkeskostnader)
- Reduserte ulemper for trafikanter som utsettes for uforberedte vegstenginger
- Redusert negativ nytte for trafikantene av vegstenging (reduksjon i antall timer med vegstenging per år)

Forholdene på en skredutsatt strekning kan deles inn i flere faser:

1. Normalsituasjonen der hele det aktuelle vegnettet er i full funksjon.
2. Preventiv vegstenging på grunn av skredfare.
3. Akuttfasen når et uventet skred inntreffer på veg som er åpen for trafikk.
4. Responstiden der trafikantene henvises til sikre oppholdssteder og enten venter til vegen gjenåpnes, returnerer til utgangspunktet eller velger en alternativ transportrute.
5. Stengingsfasen der trafikantene er informert om vegstengingen og innretter seg ved å velge andre transportløsninger.
6. Gjenåpningsfasen med reetablering av normalsituasjonen.

Langs skredutsatte vegstrekninger kan utrygghet blant trafikantene i en del tilfelle føre til at reisevirksomheten blir en annen enn i normalsituasjonen, selv i perioder der vegen er åpen for trafikk. Utrygghet kan blant annet medføre at folk reiser sjeldnere enn de ville gjort med en sikrere veg. Det finnes foreløpig ikke gode nok kunnskaper om virkninger og verdsetting av utrygghet til å kunne implementere dette i beregningsmetodikken. For en del trafikanter vil det finnes omkjøringsmuligheter når en vegstrekning blir midlertidig stengt.

Beregning av ulykkesrisiko

En skredutsatt veglenke (i EFFEKT) kan omfatte flere skredløp og partier med ulik skredfare. Ulykkesrisikoen på en skredutsatt vegstrekning er bestemt av sannsynligheten for at et tilfeldig kjøretøy skal bli tatt av et skred, og konsekvensene dersom dette skjer (SVV; 2015):

Ulykkesrisiko = Sannsynligheten for at det skal inntreffe en ulykke * Konsekvensene dersom en ulykke inntreffer

Skredmodulen beregner sannsynligheten både for å bli tatt av et primærskred, og sannsynligheten for å bli tatt av et naboskred som utløses etter at det har gått et primærskred. Alle kjøretøy som trafikkerer en skredutsatt vegstrekning, er i utgangspunktet eksponert for eventuelle skred. Kjørefarten har betydning for hvor lenge et kjøretøy oppholder seg i nedslagsfeltet for et primærskred. Etter at det har gått et primærskred, kan ankomende kjøretøy bli stående i nedslagsfeltet for eventuelle naboskred. Tettheten av skredenes nedslagsfelt vil være avgjørende for sannsynligheten for å bli tatt av et naboskred.

Sannsynligheten for at et tilfeldig kjøretøy skal befinne seg i nedslagsfeltet for et primærskred beregnes som en funksjon av skredsannsynligheten i den gitte skredbanen, berørt veglengde for skred, kjørefart på vegen og kjøretøyenes stopplengde (SVV; 2015).

Et kjøretøy som blir stoppet av et primærskred som inngår i en naboskredgruppe, vil være i faresonen dersom et naboskred blir utløst i responstiden. Responstiden skal gjenspeile tiden som må påregnes fra et primærskred har gått, til alle trafikanter i området har kommet seg i sikkerhet og øvrige trafikanter er varslet om vegstengingen. Beregninger av ulykkesrisiko gjøres for alle kombinasjoner av primærskred og naboskred i den aktuelle naboskredgruppen. Det vil generelt være større fare for naboskredulykker dess tettere det er mellom naboskredene.

Beregning av kostnader av vegstenging

Trafikanter som blir hindret i å fullføre sine reiser som forutsatt på grunn av skred, må enten finne en annen kjørerute, vente til veien åpner eller gi opp reisen. Kostnader for tiden dette tar inkluderes i nytte-kostnadsanalysene. Tidskostnader beregnes ved hjelp av enhetskostnader, som vist i Tabell 7–Tabell 9.

Enhetspriser som brukes i Norge er basert på alternativverdiprinsippet, dvs. en ressurs verdsettes til verdien ved beste alternative anvendelse, og er i henhold til veileder om samfunnsøkonomiske analyser fra Finansdepartementet. Videre er verdiene fremkommet gjennom verdsettelsesstudier gjennomført av forskingsmiljøer i Norge og er kvalitetssikret av utenlandske forskere gjennom referansegrupper ved slike studier (NTNU, 2013).

Tabell 7 Tidsverdier for bil, tog, buss og fly for reiser over 200 km(2016-kr) (SVV håndbok V712, Ostli m.fl. 2015)

Reisehensikt	Lett bil (kr/persontime)	Tog (kr/persontime)	Buss (kr/persontime)	Fly (kr/persontime)
Tjenestereise	449	449	449	526
Til og fra arbeid	217	197	94	340
Fritid	169	96	97	213

Tabell 8 Tidsverdier for bil, tog, buss og fly for reiser mellom 70 km og 200 km(2016-kr) (SVV håndbok V712, Ostli m.fl. 2015)

Reisehensikt	Lett bil (kr/persontime)	Tog (kr/persontime)	Buss (kr/persontime)
Tjenestereise	449	449	449
Til og fra arbeid	217	197	94
Fritid	169	125	79

Tabell 9 Tidsverdier for bil, tog, buss og fly for reiser under 70 km (2016-kr) (SVV håndbok V712, Ostli m.fl. 2015)

Reisehensikt	Gående (kr/persontime)	Syklende (kr/persontime)	Lett bil (kr/persontime)	Buss/Bane/trikk (kr/persontime)
Tjenestereise	172	154	449	449
Til og fra arbeid	172	154	100	70
Fritid	172	154	85	64

Ikke-prissatte konsekvenser

I tillegg til de prissatte konsekvensene som kvantifiseres i nytte-kostnadsanalysen, skal den samfunnsøkonomiske analysen også inneholde en vurdering av ikke-prissatte konsekvenser. De ikke-prissatte konsekvensene er inndelt i fem fagtema:

- Landskapsbilde/bybilde
- Nærmiljø og friluftsliv
- Naturmiljø
- Kulturmiljø
- Naturressurser

Tre begreper står sentralt når det gjelder vurdering og analyse av ikke-prissatte konsekvenser; verdi, omfang og konsekvens. Med verdi menes en vurdering av hvor verdifullt et område eller miljø er. Med omfang menes en vurdering av hvilke endringer prosjektet antas å medføre for de ulike miljøene eller områdene, og graden av denne endringen. Med konsekvens menes en avveining mellom de fordeler og ulemper et definert prosjekt vil medføre i forhold til alternativ 0. Det er utarbeidet egne kriterier for fastsettelse av verdi og omfang innenfor hvert av de fem fagtemaene.

For goder det ikke eksisterer markeder for, som fritid og fravær av støy, luftforurensning og ulykkesrisiko, finnes det ulike teknikker for å fastsette (avsløre) folks betalingsvillighet for godet. Tradisjonelt er det studert hvordan folk enten aksepterer en ulempe for å spare penger eller hva de er villige til å betale for å oppnå en fordel. Et eksempel er at noen utsetter seg for økt risiko ved å gå på rødt lys for å spare tid. I engelsk litteratur faller slike metoder inn under begrepet "revealed preferences" (avslørte preferanser). Det finnes også metoder hvor en ved direkte eller indirekte spørsmål får folk til å angi betalingsvilligheten for goder som er til fordel for en selv eller for samfunnet. Slike metoder kalles "stated preferences" (uttrykte preferanser).

3.2.2.3 Kostnader av tiltak

Kostnader omfatter investeringskostnader og kostnader for drift og vedlikehold. Sistnevnte omfatter kostnader for istandsetting etter skred og vedlikehold av skredinstallasjoner. Årlig kostnad for istandsetting etter skredhendelser beregnes med grunnlag i gitt skredfrekvens (antall skred pr år), og summeres for alle skredpartier. Årlig kostnad for skredinstallasjoner beregnes som summen av kostnader pr år for alle skred-installasjoner.

Beregnete kostnader for analyseperioden inngår i samlede kostnader for drift og vedlikehold i verktøyet.

3.2.2.4 Håndtering av usikkerheter og endringer over tid

Usikkerhet i de prissatte konsekvenser vil opptre i alle ledd i analysen gjennom

- enhetspriser for tid, ulykker og miljø
- kostnadsanslag for tiltaket
- anslag for trafikkutvikling
- anslag for tiltakets virkning for hastighet, kjørekostnad, rutevalg og ulykker
- anslag for miljøpåvirkninger (støy, luftforurensning og klima)

Som en tilnærming til å synliggjøre usikkerheten i de prissatte konsekvensene er det i HåndbokV712 lagt opp til følsomhetsanalyser av et fåtall faktorer. En følsomhetsanalyse viser hvordan beregningsresultatet påvirkes av endringer i en eller flere av inngangsdataene. På grunn av flere gjennomregninger og kompleksiteten i beregningene, bør følsomhetsanalysen gjennomføres i EFFEKT. Sentrale variabler som kostnadsoverslag på anlegget og årlig trafikkvekst bør, som et minimum, inngå i en følsomhetsanalyse. Det er etablert en beregningsgang i EFFEKT for å gjennomføre en følsomhetsanalyse på disse variablene. I de tilfeller effekter av tiltakene er svært usikre, bør en trekke disse inn i følsomhetsanalysen. Enhetspriser for trafikantenes tidsverdi, ulykkeskostnader, kjøretøykostnader, støy, luftforurensning og ulempeskostnader er omforente priser transportetatene imellom. Disse bør derfor ikke varieres i følsomhetsanalysen.

Endringer over tid

Anslag for trafikkutvikling over tid inngår.

3.2.3 Bane NORs nytte-kostnadsanalyser

Bane Nor benytter følgende rammeverk for Nytt-kostnadsanalyser (JBV, 2015):

1. Kartlegging av problem, formål og alternativer
2. Fastsettelse av beregningsforutsetninger
3. Kartlegging av virkninger
4. Verdsetting av virkninger
5. Beskrivelse av risiko og usikkerhet
6. Samlet fremstilling
7. Etterundersøkelse

Jernbaneverket utviklet verktøyet Merklin for nytte-kostnadsanalyser i henhold til rammeverket ovenfor. Verktøyet har blitt videreutviklet og byttet navn til SAGA. Siden hverken Merklin eller SAGA er tilpasset vurderinger av skredsikring, blir verktøyet her kun gjennomgått på et overordnet nivå. Det blir sett på hvilke aktører og nytte- og kostnads-kategorier som benyttes (Tabell 10) og hvilke virkninger som prissettes (Tabell 11).

Tabell 10 Oversikt over aktører og virkninger i Bane Nors nytte-kostnadsanalyser (JBV; 2015)

Aktør/gruppe	Virkninger for hver aktørgruppe, som kan inngå i en nytte-kostnadsanalyse
Trafikanter	<ul style="list-style-type: none"> • Reisetid • Tilbringertid • Ventetid • Køkostnader • Forsinkelsestid • Komfort (på stasjoner eller på toget) • Ulykkeskostnader • Billettpris • Helsekostnader <p>Fra Håndbok V712:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Distanseavhengige kjørekostnader • Andre utgifter for trafikantene • Tidsavhengige kostnader • Ulempeskostnader i ferjesamband • Helsevirkninger for gående og syklende • Utrygghetskostnader for gående og syklende
Operatører	<ul style="list-style-type: none"> • Inntekter • Driftskostnader • Kapitalkostnader • Offentlig kjøp
Offentlige organer	<ul style="list-style-type: none"> • Investeringskostnader • Drifts- og vedlikeholdskostnader infrastruktur • Avgifter • Offentlig kjøp
Samfunnet for øvrig	<ul style="list-style-type: none"> • Ulykkeskostnader • Lokal og regional luftforurensing • Utslipp av klimagasser • Naturinngrep • Støy • Barriereeffekter • Regionale virkninger • Produktivitet • Bokvalitet • Arbeidstilbud • Arealbruk • Priser på tjenester, varer, arbeidskraft

Tabell 11 Innholdet i nytte-kostnadsanalysene (JBV; 2015).

Prissettes	Prissettes delvis	Prissettes ikke
Investeringskostnader Driftskostnader Vedlikeholdskostnader Reisetid, tilbringertid, ventetid Ulykkeskostnader	Punktlighet Miljøkonsekvenser Køkostnader Komfort Arealbruk	Helse Byutvikling Regional utvikling Barriereeffekter

3.3 Nytte-kostnadsverktøy i utlandet

3.3.1 Sveits: EconoMe

En ny forskrift for tilskudd til risikoreducerende tiltak mot naturkatastrofer i Sveits krever at prosjekter med et investeringsomfang på over 1 million CHF må kunne dokumenteres å være kostnadseffektive. Det er utviklet et sett med online beregningsverktøy for dette formålet: EconoMe, EconoMe-Light og EconoMe-Develop. Disse kan benyttes for risikovurderinger av naturfarer og nytte-kostnads analyser av tiltak for ulike detaljeringsgrader i vurderingene og i input fra brukeren.

Verktøyet har vært i drift siden 2008 og kan brukes av autoriserte brukere (for eksempel eksperter fra ingeniørfirmaer) som er involvert i planlegging av tiltak subsidiert av kantonale

og føderale ressurser. Hovedsakelig brukes det for prioritering av tiltak ved det føderale Miljøkontoret, FOEN / BAFU (Bründl et al., 2009). Det spesifikke verktøyet bruker predefinerte scenarier (EconoMe) eller brukerdefinerte scenarier (EconoMe-Develop) for farene skred, flommer, flomskred, steinsprang, jordskred, storm, hagl, hetebølge og jordskjelv.

Verktøyet gir en beregning av eksponering, konsekvens og risikoanalyse med og uten tiltak (Bründl, 2012). Risikovurderingen er basert på intensitetskart av de undersøkte prosessene for ulike scenarier (dvs. 30-, 100- og 300-års returperiode). Disse genereres utenfor EconoMe. Arbeidsgangen består av følgende steg:

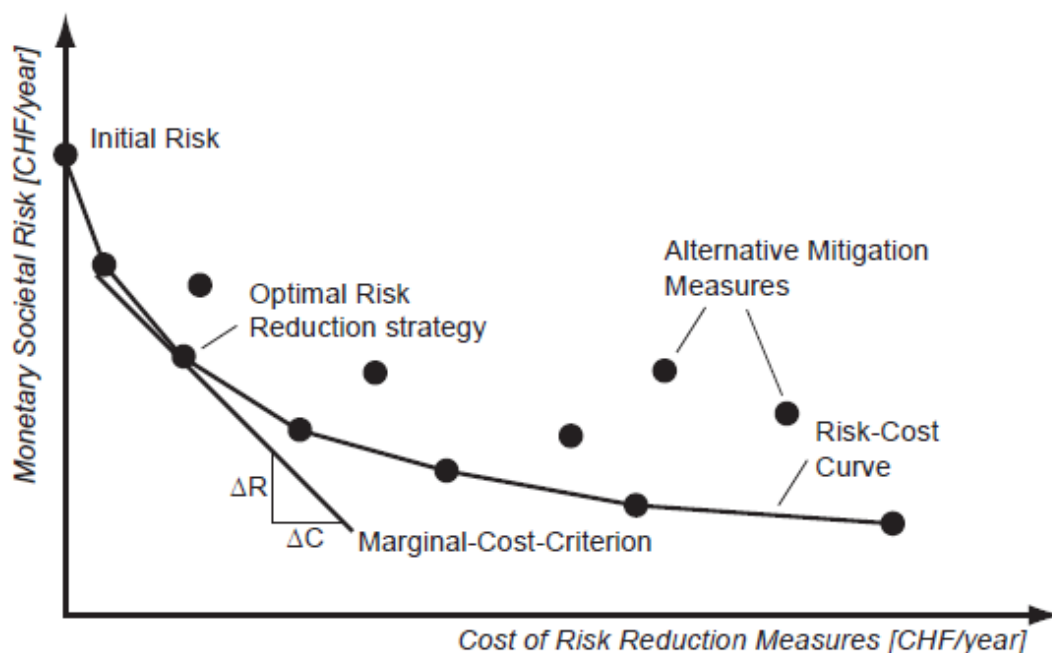
- Initialisering av prosjektet
- Beskrivelse av området
- Fare analyse og definisjon av scenarier
- Bestemmelse av skadepotensialet
- Konsekvensanalyse før tiltak
- Beregning av individuell risiko før tiltak
- Definisjon av tiltak
- Konsekvensanalyse etter tiltak
- Beregning av individuell risiko etter tiltak
- Sammenlikning av risikoreduksjon og kostnader og ferdigstillelse av vurderingen

For grovvurderinger benyttes EconoMe-Light, som består av følgende trinn:

- Generell informasjon for beregningene: Prosess, tiltak og scenarier
- Skadepotensiale i beregningsområdet: Ved hjelp av intensitetskartene og eventuelt andre tilgjengelige dokumenter, beregnes hele skadepotensialet i det registrerte beregningsområdet.
- Konsekvensanalyse: Her registreres de berørte objektene per scenario på grunnlag av intensitetskartene med og uten de planlagte tiltak.
- Evaluering: Forventet omfang av skade per hendelse, kollektiv risiko, individuell dødsrisiko og nytte / kostnadsforhold bestemmes automatisk.

For brukerdefinerte scenarier benyttes EconoMe-Develop som støtter tilpasning til spesielle forhold for risikovurderinger for nesten alle typer naturlige farer. Verktøyet tillater import av datatabeller (sårbarhet av objekter, verdi av objekter) og import av resultater fra GIS-analyser. Denne funksjonen effektiviserer gjennomføring av detaljerte risikoanalyser. Siden beregningsfaktorer (for eksempel sårbarhet) i risikoanalyser er justerbare, kan det analyseres hvordan usikkerhet i inputvariablene innvirker på sluttresultatene.

Verktøyet kan brukes både for å vurdere lønnsomheten av et enkelt tiltak og for å optimalisere valg av tiltak. Figur 3 viser risikoreduksjonen som følge av tiltakene som en funksjon av deres årlige kostnader. Den økonomisk optimale kombinasjonen av tiltak vil være det punktet der risikoreduksjonen er like stor som kostnadsøkningen. Tangenten til dette punktet er illustrert i Figur 3.



Figur 3 Optimalisering av valg av tiltak ved bruk av grensekostnadskriterie. (Bründl et al.; 2009).

I praksis vil imidlertid optimaliseringen bestå i sammenlikning av nytte-kostnadsforhold for ulike sikringsalternativer. De beregnede nytte-kostnadsforholdene avhenger av antagelser og parametere i risikovurderingen og estimert effektivitet av tiltakene i analysen. Se eksempel på resultater av slike analyser i Figur 4.

alternative	risk reduction		costs CHF/y	benefit / cost ratio
	CHF/y	% of initial risk		
1: check dams	29'000	34	65'000	0.45
2: bank stabilisation	22'000	26	25'000	0.88
3: medium-sized retention basin	63'000	73	55'000	1.15
4: local protection	20'000	23	15'000	1.33
5: maximum-sized retention basin	80'000	93	65'000	1.23
6: combination of 3 and 4	66'000	77	65'000	1.02

Figur 4 Eksempel på vurdering av risikoreduksjon og kostnader for 6 ulike fysiske sikringstiltak (Bründl et al.; 2009).

3.3.1.1 Nytte av tiltak

Nytte av tiltak består av risikoreduksjon mht.:

- Skade på bygninger, kjøretøy og andre materielle skader
- Personskade og tap av liv
- Skade på transportlinjer
- Skade på landbruk, skog og grøntanlegg

Egenskaper for de eksponerte objektene som er relevante for potensielt skadeomfang spesifiseres i verktøyet. Dette vil typisk være beliggenhet, bruksmønster (f.eks. antall personer per bygning), størrelse/lengde og verdi.

Indirekte konsekvenser er knyttet til driftsavbrudd av:

- Transportlinjer;
- Energiforsyning;
- Telekommunikasjon;
- Kommersielle og industrielle selskaper med vanlige leveringsforpliktelser;
- Steder med kun en tilkomstvei
- Landbruk.

Alvorlighet av konsekvensene bestemmes ut fra varighet av driftsavbruddet og enhetspris (per tidsenhet) av et slikt avbrudd

Sammenstilling av prissatte og ikke-prissatte konsekvenser

Alle størrelser gjøres om til kostnader eller antall dødsfall. Verktøyet inneholder også en fastsatt verdi per forhindre dødsfall, slik at samtlige kostnader kan gjøres om til en pengeverdi.

3.3.1.2 Kostnad av tiltak

Kostnadene fremstilles som årlig kostnad for tiltaket. Disse er en funksjon av drifts-kostnader, vedlikeholdskostnader, reparasjonskostnader, avskrivningskostnad, rentekostnad, investeringsbeløp, rentesats, levetid for tiltaket og restverdi for tiltaket etter antatt levetid.

3.3.1.3 Beregning av restrisiko

Restrisiko beregnes gjennom oppdaterte intensitetsberegninger. Beregning av intensitet gjøres utenfor EconoMe. For å kvantifisere risikoreduksjonen må risikoanalysen for både situasjonen med og uten tiltak utføres. Avhengig av tiltaket blir enten tilpassede hendessscenarier og intensitetskart opprettet eller nye eksponeringssituasjoner utformet og konsekvensene etter tiltak bestemt.»

3.3.1.4 Håndtering av usikkerheter

Usikkerhet i sannsynlighet, skadeomfang og kostnader er nevnt i veiledningen til verktøyet, men inngår ikke eksplisitt. I EconoMe-Develop er beregningsfaktorer (for eksempel sårbarhet) i risikoanalysene justerbare, og det kan analyseres hvordan usikkerhet i inputvariablene innvirker på sluttresultatene. Bründl et al. (2009) foreslår å integrere konfidensintervaller for nytte-kostnadsforholdet, som gjenspeiler usikkerheten i input dataene (f.eks. sårbarhet av bygninger, mortalitetsrate for personer).

3.3.2 Nytte-kostnadsanalyser i Østerrike

I Østerrike er det lovfestet å gjennomføre nytte-kostnadsanalyser for tiltak med kostnader over 1 million Euro. For prosjekter med lavere kostnader anbefales en standardisert nytteanalyse. Dette gjelder, også for sikringsprosjekter mot steinsprang, steinskred og jordskred samt for sikring mot snøskred.

Som grunnlag for objektiv prioritering av tiltak, ble det av Østerrikske myndigheter (BLFUW) utstedt retningslinjer for prioritering av skredsikringstiltak. I tillegg til retningslinjene er det utarbeidet verktøy for gjennomføring av nytte-kostnadsanalyser. Verktøyet er frittstående Excel-system, med underliggende ark som fylles ut etter en spesifisert arbeidsflyt.

3.3.2.1 Nytte av tiltak

Generelt kan nytte av tiltak deles inn i følgende hovedgrupper (BLFUW; 2006):

- Økonomiske fordeler
- Sosiale fordeler
- Økologiske fordeler
- Fordeler for regional utvikling

Nytten kan videre deles inn i prissatt og ikke-prissatt nytte. Grunnlaget for verdsettingen av nytte er verdien av forhindrede skader. Dette kan være kostnad ved reparasjon eller ombygging etter skade.

Detaljert, prissatt nytte:

Prissatt nytte er knyttet til forhindrede skader (med tilhørende indirekte konsekvenser) på:

- Bygninger (inkludert inventar og utendørsanlegg)
- Jordbruk og skogbruk eller annet landbruk
- Vann- og avløpsanlegg
- Trafikkanlegg
- Forsynings- og avhendingsanlegg
- Turistfasiliteter

I tillegg kan nytte også være knyttet til forhindrede tap for næringslivet, samt i handel og tjenestesektoren og forhindrede akutthåndteringskostnader i forbindelse med skade på offentlig eiendom.

Detaljert, ikke-prissatt nytte

Ikke-prissatt nytte omfatter:

- Beskyttelse av menneskeliv
- Forhindre økt risikopotensial, bærekraftig beskyttelse
- Sikring av livskvalitet, trygghetsfølelse
- Sikring av mobilitet og tilgjengelighet på omsorg og offentlige tjenester
- Beskyttelse av natur-, landskaps- og kulturmidler

Sammenstilling av prissatte og ikke-prissatte konsekvenser

Det defineres en vektingsfaktor G , som uttrykker de ikke-prissatte nyttene som en tilleggs andel til de prissatte nyttene. Faktoren beregnes fra et vektet poengsystem for rangering av nyttene.

3.3.2.2 Kostnader av tiltak

Kostnadene deles inn i:

- Produksjonskostnader (byggekostnader, utredningskostnader, generelle kostnader),
- Driftskostnader
- Vedlikeholdskostnader
- Fornyelseskostnader

3.3.2.3 Beregning av restrisiko

Verktøyet inkluderer ikke beregning av restrisiko.

3.3.2.4 Håndtering av usikkerheter og endringer over tid

Endringer over tid av faktorene som inngår i analysene er nevnt i beskrivelsen av verktøyet, men input parameterne er statiske.

3.4 Andre verktøy for prioritering av tiltak

I tillegg til nytte-kostnadsverktøyene gjennomgått i foregående kapitler, finnes det også andre verktøy for prioritering av tiltak. Disse skisseres kort nedenfor.

3.4.1 SVVs semi-kvantitative modell for prioritering av sikringstiltak

Prioriteringsmodellen er en poengbasert modell, basert på relevante parametere for skredhendelser på veg og for viktige konsekvenser av skred. Det gis poeng til hver parameter ut fra verdi og eksplisitte poengkriterier i modellen. Videre vektes de ulike parametere ut fra viktighet. Vektingen er gitt i modellen. Modellen omfatter ikke kostnader for sikring av de ulike skredpunktene.

Parameterne er:

- Trafikkmengde, ÅDT
- Skredfaktor: skredbredde x skredfrekvens
- Omkjøringstid
- Stengingsfrekvens; stenging pga. skred som sperrer veien totalt (ikke delvis stenging)
- Antall stenginger per år på grunn av skredfare
- Naboskred (når skred har sperret vegen og trafikanter må vente i nærliggende skredområder)
- Vegtype: riksveg eller ikke riksveg.

3.4.2 Verktøyet LaRiMiT

LaRiMiT er en ny nettbasert plattform utviklet i Klima 2050, som gir anbefalinger for hvilke tiltak som er egnet for forskjellige typer skred, tilgjengelig på <https://www.larimit.com/>.

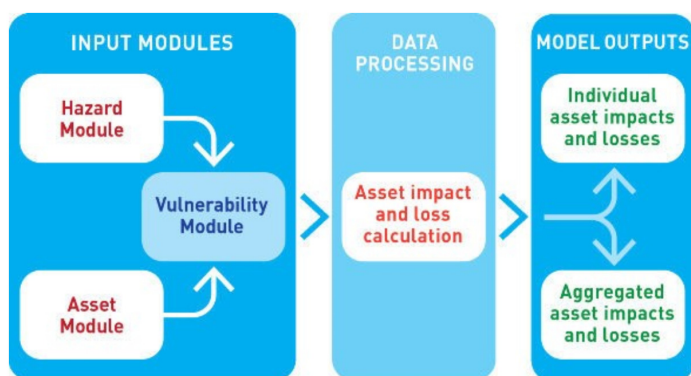
Valg av sikringstiltak er en kompleks prosess som avhenger av både omfang og karakteristikk av skredhendelsen og potensiell innvirkning på fysiske, økonomiske, miljømessige, kulturelle og sosiale verdier. Brukeren må kunne gi noen data om mulig hendelse slik som type skred, forventet fart, volum, mulige konsekvenser osv. Ut fra disse opplysningene presenteres en rangert liste med aktuelle sikringstiltak. Rangeringen gjøres på bakgrunn av en algoritme som inneholder

- et sett med kriterier
- vektorer som definerer betydningen av hvert kriterium i den samlede avgjørelsen
- score for hvert alternativ

3.4.3 RiskScape fra New Zealand

RiskScape er et program for estimering av konsekvenser av naturfarer. Dokumentasjon og brukermanual for verktøyet er gitt i form av en wiki:

<https://wiki.riskscape.org.nz/index.php/Overview>. RiskScape benyttes i beslutningsprosesser for å redusere risiko og som hjelp til beredskapsplanlegging. Programvaren er utviklet for å bistå organisasjoner og forskere med å estimere virkninger og tap fra naturfarer. Verktøyene i RiskScape gjør at brukerne enkelt kan importere naturlige risikomodeller og eiendelsbeholdninger til programvaren som f.eks. GIS lag. Hver simulering bruker fire lag: eksponerte objekter, risiko, aggregering og sårbarhet. Dataene representeres som raster eller vektor data. Konsekvensene kan estimeres for mange forskjellige kombinasjoner av naturfarer og eksponerte objekter. RiskScape kan tilpasses for bruk overalt i verden.



Figur 5 Rammeverket for RiskScape.

4 Konklusjoner og videre forsknings- og innovasjonsaktiviteter

4.1 Sammenlikning mellom verktøy

Verktøyene er på overordnet nivå basert på felles rammeverk for risikovurderinger og prinsipper for nytte-kostnadsanalyser. Med unntak av BaneNors verktøy (Merklin/SAGA) kan samtlige av verktøyene benyttes for prioritering mellom ulike skredutsatte lokasjoner og vurdering av kostnadseffektivitet. Det sveitsiske verktøyet EconoMe er også velegnet for optimalisering av sikringsløsninger. For å gjennomføre slike analyser kreves det imidlertid simulering av scenariene og beregning av intensitet, som gjøres utenfor EconoMe.

Hvilke nytte- og kostnadskategorier som omfattes, varierer imidlertid en del mellom verktøyene, i alle fall på et detaljert nivå. Det vil naturlig bli ulikt fokus på nytte ved analyser av tiltak som skal beskytte infrastruktur og tiltak som skal beskytte bebyggelse. I analysene i EFFEKT (som omhandler sikring av skredutsatt veg) er det fokus på ulykker og indirekte konsekvenser og mindre på materielle skader forårsaket av skred. For beskyttelse av bebyggelse er hovedfokus på ulykker og materielle skader. En oppsummering av nytte- og kostnadskategorier for verktøyene er gjort i Tabell 12.

Samtlige av verktøyene (med unntak av Merklin/SAGA) krever input i form av returperiode eller sannsynlighet for skred. Videre input til modellene går på beskrivelse av antall, robusthet og verdi av eksponerte objekter og kostnader knyttet til indirekte konsekvenser. For disse beskrivelsene krever verktøyene ulik grad av detaljering av input. Verktøyene inneholder sårbarhetsmodeller som benyttes for beregning av konsekvenser av skredhendelser.

Gjennomgangen av verktøyene viser ulike metoder for sammenstilling av prissatte og ikke-prissatt nytte:

- Semi-kvantitativ beskrivelse av de ikke-prissatt nytte. Sammenstilling mellom prissatte og ikke-prissatte konsekvenser gjøres da skjønnsmessig.
- Vektningsfaktor for ikke-prissatt nytte, som angis som en andel av prissatt nytte.
- Brukeren må spesifisere verdien av ikke-prissatt nytte.
- Ingen eksplisitte rutiner for beregning av ikke-prissatt nytte.

Det er også ulike strategier for håndtering av restrisiko i verktøyene. EconoMe legger opp til at restrisiko beregnes gjennom simuleringer, som beregner intensiteten av skredhendelser før og etter sikringstiltak. Skadene skredet forårsaker beregnes ved hjelp av objektspesifikke skadefunksjoner, som relaterer skadegrad til intensitet. I NVEs verktøy benyttes forenklede metoder for beregning av restrisiko, der metodikken tilpasses avhengig av om det dreier seg

om gjentagende hendelser (beskrevet vha. returperiode), engangshendelser eller gjentatte engangshendelser.

Verktøyene har ulike strategier for håndtering av usikkerheter. NVEs verktøy inkluderer usikkerheter gjennom variasjon av kalkulasjonsrenten og gjør et konservativt følsomhetsstudie med økning i sannsynlighetene for scenariene. EFFEKT legger opp til følsomhetsanalyser av et fåtall faktorer, knyttet til kostnader og eksponering. Utover dette inkluderer ikke verktøyene eksplisitte håndtering av usikkerhet. NVEs verktøy, EconoMe og det østerrikske verktøyet opererer med statiske inputparametere og konstante faresannsynligheter over planleggingshorisonten. og oppfordrer heller til flere tidsdifferensierte analyser. EFFEKT inkluderer anslag for trafikkutvikling, mens øvrige input parametere er statiske. Tabell 13 oppsummerer resultatene av sammenlikningene.

Tabell 12 Kategorier av nytte og kostnader i de ulike verktøyene

Verktøy	Kostnadskategorier	Nytte kategorier	Ikke-prissatte konsekvenser
NVE	Planleggingskostnader Byggekostnader Driftskostnader (pr. år) Vedlikeholdskostnader (pr. år)	<u>Reduserte tap forårsaket av:</u> -Materielle skader på bygninger og kjøretøy -Tap av liv -Avlingsskade og totalskade for landbruksareal -Skade på parker -Skade på infrastruktur; veier, jernbane og distribusjonsnett for strøm -Kostnader for omkjøringer ved veistenging, mobilisering og skaderedusering (fast prosentsats), rydding av totalskadet bygning (fast sats), husleie i renovering- og nybyggingsperiode	Landskapsbilde Friluftsliv Kulturmiljø Næringsliv og lokalsamfunn Naturmangfold Annet
EFFEKT – skred-modulen	Sum kostnad pr år for alle skred-installasjoner inkl. drift og vedlikehold	<u>Reduserte ulemper:</u> -Ulykkesrisiko på skredutsatte vegstrekninger (som omfatter sannsynlighet for treff på kjøretøy fra primærskred og naboskred og ulykkeskostnader) -Ulemper for trafikanter som utsettes for uforberedte vegstenginger -Negativ nytte for trafikantene av vegstenging (negativ nytte mens vegen er stengt og antall timer med vegstenging per år)	Landskapsbilde/bybilde Nærmiljø og friluftsliv Naturmiljø Kulturmiljø Naturressurser
EconoMe	Kostnadene fremstilles som årlige kostnader for tiltaket som er en funksjon av driftskostnader, vedlikeholdskostnader, reparasjonskostnader, avskrivningskostnad, rentekostnad, investeringsbeløp, rentesats, levetid for tiltaket og restverdi for tiltaket etter antatt levetid.	<u>Risikoreduksjon mht.:</u> -Skade på bygninger, kjøretøy og andre materielle skader -Personskade og tap av liv -Skade på transportlinjer -Skade på landbruk, skog og grøntanlegg Indirekte konsekvenser knyttet til driftsavbrudd (bestemt ut fra enhetspris og varighet) av transportlinjer, energiforsyning, telekommunikasjon, kommersielle og industrielle selskaper med vanlige leveringsforpliktelser, landbruk	Alt gjøres om til kostnader eller antall dødsfall
Østerrisk verktøy	Produksjonskostnader (byggekostnader, utredningskostnader, generelle kostnader), driftskostnader, vedlikeholdskostnader, fornyelseskostnader	<u>Generelt:</u> -Økonomiske fordeler -Sosiale fordeler -Økologiske fordeler -Fordeler for regional utvikling <u>Detaljert:</u> -Beskyttelse av liv, bosetning, næringsliv, offentlige institusjoner, infrastruktur og forsyningsanlegg, jordbruk og skogbruk, trafikkanlegg, turistfasiliteter, natur, landskap og kulturelle eiendeler -Bedring av livskvalitetskvalitet og sikkerhetsfølelse -Sikring av mobilitet og tilgang på offentlige tjenester -Bærekraftig beskyttelse og hindring av økt risikopotensial.	Beskyttelse av menneskelivet Forhindre økt risikopotensial (mer bærekraftig beskyttelse) Sikring av livskvalitet (følelse av sikkerhet) Sikring av mobilitet (tilgjengelighet) og omsorg / offentlig anlegg Beskyttelse av natur, landskap og kulturelle eiendeler

Tabell 13 Sammenlikninger av verktøy

Verktøy	Sammenstilling mellom prissatt og ikke-prissatt nytte?	Beregning av restrisiko	Håndtering av usikkerhet	Statisk/dynamisk
NVE	Nei, men støtter poengsystem for ikke-prissatt nytte	Forenklet metode	Gjennom kalkulasjonsrenten. Forenklet følsomhetsanalyse: økning i sannsynligheten for scenariene med hhv 50% og 100%.	Hovedsakelig statisk Konstante sannsynligheter over planleggingshorisonten
EFFEKT	Delvis, verktøyet benytter kostnader for ulykker. Metoder for prissetting er nevnt, men inngår ikke eksplisitt i vurdering av skredsikringstiltak.	Nei	Det er lagt opp til følsomhetsanalyser av et fåtall faktorer. Det er beregningsgang i EFFEKT for å gjennomføre en følsomhetsanalyse på: Kostnadsoverslag på anlegget Årlig trafikkvekst (disse er minimum) Enhetspriser for trafikantenes tidsverdi, ulykkeskostnader, kjøretøykostnader, støy, luftforurensning og ulempekostnader er omforente priser transportetatene imellom.	Anslag for trafikkutvikling inngår
EconoMe	Ja, alt gjøres om til forhindrede kostnader eller dødsfall. Det opereres også med prissetting av dødsfall.	Ja, gjennom simulering av scenariet og beregning av intensiteter med tiltak	Usikkerhet i sannsynlighet, skadeomfang og kostnader nevnt, men ikke eksplisitt håndtert i verktøyet. EconoMe-Develop tillater import av brukernes datatabeller og kan derfor, gjennom variasjon av input dataene, benyttes for sensitivitetsanalyser.	Tidsdifferensierte risikovurderinger og eksponeringssituasjoner tillates: Endring i antall bygninger og spesielle objekter; Endringer i antall og lengde på trafikkveier (vei og jernbane); Modifisering av strømforsyning, telekommunikasjon, vann og avløpsrør-ledninger; Endrede trafikkmengder; Endring i antall gjennomsnittlige personer tilstede i bygninger og på veier; Tidsperspektiv på endringen
Østerriksk verktøy	Faktoren G (vektningsfaktor) som angis som en tilleggsandel til de prissatte nyttene	Nei	Nei	Endringer er nevnt i beskrivelsen av verktøyet, men input parametere er statiske

4.2 Forbedringspotensial og behov i eksisterende nytte-kostnadsverktøy

4.2.1 Beregning av restrisiko i sikrings tiltak

For å kunne sammenligne ulike sikringsalternativer for samme prosjekt er det avgjørende at restrisiko er forsvarlig håndtert, fordi den differensierer nytten av de forskjellige alternativene. Dersom restrisikoen er satt til null (eller identisk) for de vurderte tiltakene vil alltid det billigste alternativet komme mest gunstig ut. En strategi for beregning av restrisiko er gjennom oppdaterte simuleringer. Scenariene som ble modellert for å beregne 0-situasjonen benyttes også for å beregne risikoen etter sikringstiltak. Avhengig av tiltaket blir enten tilpassede hendelsesscenarier og intensitetskart opprettet eller nye eksponerings-situasjoner utformet og konsekvensene (og risiko) etter tiltak bestemt. Dimensjonering av scenarier for slike analyser kan imidlertid være krevende. Det vil også være andre feilmoduser enn underdimensjonering, som gjør at et tiltak ikke vil beskytte 100%. Problemer som må belyses i videre arbeid med restrisiko omfatter:

- Hvordan karakterisere designhendelsen mht. volum, massefart etc.
- Identifisere og beskrive feilmoduser for tiltak, f.eks.:
 - Overskridelse av designhendelse
 - Problemer med sikringstiltakets kapasitet ved påfølgende skredhendelser på grunn av
 - Manglende vedlikehold etter hendelser
 - Kort tid mellom hendelser
 - Brudd i sikringstiltaket pga. feil i beregning av designhendelse

Sentralt i arbeidet med konsekvensberegninger er bruk av sårbarhetsfunksjoner eller skadefunksjoner som relaterer skadegrad til intensitet. Disse kan også formuleres som "fragility functions", som angir sannsynligheten for ulike skadeomfang som funksjon av intensitet. Slike funksjoner er spesielt nyttige for kvantifisering av usikkerheter i konsekvensberegningene.

4.2.2 Håndtering av usikkerheter og endringer over tid i beregningene

Resultater av nytte-kostnadsforholdene avhenger av antagelser og parametere i risiko-vurderingen og estimert effektivitet av tiltakene i analysen. Disse størrelsene er imidlertid forbundet med stor grad av usikkerhet. Usikkerheter kan påvirke hvilke av sikringstiltakene som gir det beste nytte-kostnadsforholdene. Også variasjon over tid vil spille inn. Endringer over tid kan omfatte:

- Endring av farefrekvens
- Endret eksponering

Endring av farefrekvens (her skredfare) kan f.eks. skje som følge av klimaendringer eller menneskeskapte endringer i dreneringsforholdene.

For beregning av eksponering over tid må det tas hensyn til både mønstre i utviklingen av eksponeringen over tid (f.eks. forventet endring i trafikkmengder over tid, endring i bosettingsmønster) og endring av eksponering som følge av tiltaket. Implementering av tiltak kan gi økt eksponering pga. endret arealbruk etter sikring. Byggverk kan plasseres område der sannsynligheten for skred er større enn minstekravet i TEK17, forutsatt at det gjennomføres sikringstiltak som reduserer sannsynligheten for skred mot byggverket og tilhørende uteareal, til det nivået som er angitt i forskriften, eller ved å dimensjonere og konstruere byggverket slik at det tåler belastningene et skred kan medføre (DiBK; 2017).

For å inkludere usikkerheter og endringer over tid anbefales det derfor å gjøre følsomhetsanalyser, hvor usikkerhetene forbundet med nytte-kostnadsforholdet for hvert tiltak presenteres. Dette innebærer at de sentrale usikre variablene varieres i en følsomhetsanalyse for hvert tiltak.

4.2.3 Beregning av input til analysene

Flere av input parameterne til nytte-kostnadsverktøyene krever detaljerte beregninger, bl.a. av sannsynligheter og intensiteter for skred og av indirekte konsekvenser, både prissatte og ikke-prissatte. Farevurdering av skred omfattes av andre delarbeidspakker i WP 3 (WP3.1). Indirekte konsekvenser er knyttet til driftsavbrudd av infrastruktur som transportlinjer, vannforsyning, energiforsyning og kommunikasjonslinjer. Alvorlighet av konsekvensene bestemmes ut fra varighet av driftsavbruddet og enhetspris per tidsenhet av et slikt avbrudd. For å gjennomføre nytte-kostnadsanalyser må det derfor gjøres et arbeid med å beregne slike enhetspriser, i den grad det ikke allerede er gjort. For en del tilfeller vil det finnes standardverdier for norske forhold. Videre arbeid knyttet til verdsetting vil omfatte beregninger ved hjelp av betalingsvillighet. Verdsettingen baserer seg på befolkningens preferanser uttrykt som betalingsvillighet, dvs. hvordan befolkningen avveier virkningene mot andre goder som gir dem positiv eller negativ nytte. Videre arbeid med verdsetting av indirekte konsekvenser vil gjøres i samarbeid med WP 4.

5 Referanser

BLFUW(2006) Richtlinien für die Wirtschaftlichkeitsuntersuchung und Priorisierung von Massnahmen der Wildbach- und Lawinenverbauung gemäss §3 Abs. 2 Z 3 Wasserbauten-förderungsgesetz 1985, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Sektion Forstwesen, Wien, <http://www.forstnet.at/filemanager/download/33905/>, 2006.

Bründl, M., Romang, H.E., Bischof, N., Rheinberger, C.M. (2009) The risk concept and its application in natural hazard risk management in Switzerland. Nat. Hazards Earth Syst. Sci. 9, 801-813.

Bründl, M. (2012) Econo-Me-Develop - a software tool for assessing natural hazard risk and economic optimisation of mitigation measures. In: Proceedings, 2012 International Snow Science Workshop, Anchorage, Alaska, pp. 639-643.

DFØ (2018a) Veileder til utredningsinstruksen. Instruks om utredning av statlige tiltak. Direktoratet for økonomistyring, Oslo, 2018.

DFØ (2018b) Veileder i samfunnsøkonomiske analyser, tilgjengelig på <http://www.dfo.no/> Direktoratet for økonomistyring, Oslo, 2018.

DiBK (2017) Veiledning om tekniske krav til Byggverk. Veiledning til kapittel 7. Sikkerhet mot naturpåkjenninger. Direktoratet for byggkvalitet, 2017.

DIBK (2008) Utbygging i fareområder. Temaveileder DSB(2018) Veileder til forskrift om kommunal beredskapsplikt, DSB Tema, april 2018.

DSB(2017) Samfunnssikkerhet i kommunens arealplanlegging Metode for risiko- og sårbarhetsanalyse i planleggingen, DSB veileder, ISBN: 978-82-7768-421-5 (PDF), januar 2017.

DSB(2015) Klimahjelperen. En veileder i hvordan ivareta samfunnssikkerhet og klimatilpasning i planlegging etter plan- og bygningsloven, DSB Tema, 2015.

DSB(2014) Veileder til helhetlig risiko- og sårbarhetsanalyse i kommunen. DSB tema, ISBN: 978-82-7768-344-7, oktober 2014.

Det kongelige olje- og energi departement (2012) Meld. St. 15. Melding til Stortinget. Hvordan leve med farene – om flom og skred. Tilråding fra Olje- og energidepartementet og godkjent i statsråd 30. mars 2012.

Det kongelige finansdepartement (2014) Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser mv., Rundskriv R-109/14, Oslo 30. april 2014.

Egge, H. (2015) Tunnel eller fjellsikring, 21. mai 2015, <https://gemini.no/2015/05/tunnel-eller-fjellsikring/>

Hanssen-Bauer I., Førland E.J., Haddeland I., Hisdal H., Mayer S., Nesje A., Nilsen J.E.Ø., Sandven S., Sandø A.B., Sorteberg A. og Ådlandsvik B. (2015) Klima i Norge 2100. Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015, NCCS report no. 2/2015, ISSN nr. 2387-3027

Hauge, Å.L., Almås, A-J, Flyen, C (2016) Veiledere for klimatilpasning av bygninger og infrastruktur - oversikt og tematisk analyse. Klima 2050 Report 3. Oslo, 2016. ISBN 978-82-536-1518-9

JBV(2015) Samfunnsøkonomiske analyser for jernbanen, Metodehåndbok. 2015.

NIFS(2014) Sammenligning av risikoaksept-kriterier for skred og flom. Delprosjekt 1, Rapport nr. 26/2014.

NS 5814:2008 Krav til risikovurderinger, Standard Norge 2008

NS-ISO 31000:2009 Risikostyring - Prinsipper og retningslinjer, Standard Norge 2009

NS-ISO 31000:2018 (no) Risikostyring. Retningslinjer, Standard Norge 2018.

NTNU(2013) Planprosesser, beregningsverktøy og bruk av nytte-kostnadsanalyser i vegsektor. En sammenligning av praksis i Norge og Sverige, Concept rapport Nr 33, <https://www.ntnu.no/concept/>

NVE(2016) Nytte/kost-verktøy NKA-2016 v 1.20, Brukerveiledning.

NVE(2014) Sikkerhet mot skred i bratt terreng. Kartlegging av skredfare i arealplanlegging og byggesak. Veileder nr. 8 – 2014, Norges vassdrags- og energidirektorat 2014.

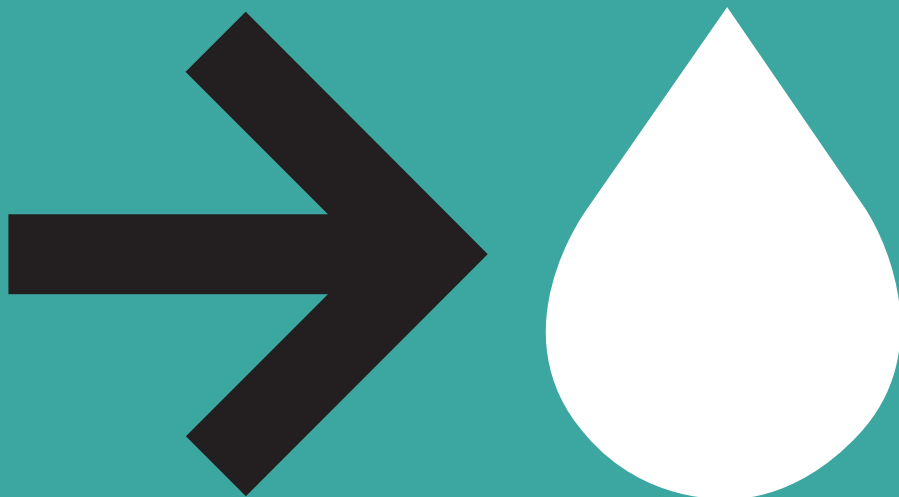
Pfurtscheller, C. og Kleewein, K. (2011): Sicherheit gegen Naturgefahren um jeden Preis? Ökonomische Schadens- und Kostenbewertung von alpinen Risiken, GW-Unterricht Nr. 121/2011.

SVV(2018) Konsekvensanalyser, V712 i Statens vegvesens håndbokserie, ISBN: 978-82-7207-718-0, Vegdirektoratet, februar 2018.

SVV(2015) Dokumentasjon av beregningsmoduler i EFFEKT 6.6, Statens vegvesens rapport Nr. 358, Februar 2015.

SVV(2011) Klima og transport. Ny prioriteringsmodell for rassikringsplanene, VD rapport Nr. 4, Vegdirektoratet, Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen, Geoteknikk og skred, Januar 2011.

Østli, V., A. H. Halse og M. Killi (2015): Verdsetting av tid, pålitelighet og komfort tilpasset NTM6. TØI-rapport 1389/2015. Transportøkonomisk institutt.



CONSORTIUM

Private sector



Public sector



Research & education

