



Jernbaneverket



Statens vegvesen

Naturfareprosjektet: Delprosjekt 1 Naturskadestrategi Sammenligning av risikoaksept- kriterier for skred og flom

26
2014



R
A
P
P
O
R
T

Naturfareprosjektet: Delprosjekt 1 Naturskadestrategi

Sammenligning av risikoakseptkriterier for skred og flom

Norges vassdrags- og energidirektorat i et samarbeid med Statens vegvesen og
Jernbaneverket

2014

Rapport nr. 26/2014

Sammenligning av risikoakseptkriterier for skred og flom.

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat i et samarbeid med Statens vegvesen og Jernbaneverket

Utarbeidet av: Norges Geotekniske Institutt (NGI)

Forfatter: Unni M. K. Eidsvig

Dato: Mars, 2014

Opplag:

ISBN: 978-82-410-0962-4

Foto: Norfilm

Sammendrag:

Rapporten er en oppfølging av konklusjoner fra diskusjonsmøtet om risikoakseptkriterier, holdt 2013-06-13. Den gir en oversikt over akseptkriterier for skred og flom som allerede er definert eller som praktiseres i Norge. Byggeteknisk forskrift TEK 10 gir sikkerhetskrav i forhold til skred og flom for byggverk og gjelder også for offentlige vei- og jernbaneanlegg. Statens vegvesen har utviklet egne risikoakseptkriterier for skredhendelser på vei. Jernbaneverket har overordnede risikoakseptkriterier. NVE spesifiserer veiledende sikkerhetskrav ved dimensjonering av sikringstiltak for eksisterende bebyggelse. Disse blir sammenliknet, og det gjøres en vurdering av om de er enhetlige. Spesielt studeres om det er samsvar mellom kriteriene i TEK 10 og Statens vegvesens forslag til risikoakseptkriterier for skredhendelser på vei. Studiet viser at det er godt samsvar mellom disse kriteriene. Det finnes imidlertid scenarier (brede skred mot vei med ÅDT opp til 4000) som kan aksepteres i Statens vegvesens modell, men som medfører en høyere risiko enn det som kan aksepteres i TEK 10.

For materielle skader forårsaket av flom er det gjort en sammenligning mellom kriteriene i TEK 10 og dimensjoneringskriterier for veghøyde og drenerings-systemet definert av Statens vegvesen. Dimensjoneringskriteriene benyttet av Statens vegvesen er bare delvis i tråd med kravene i TEK 10.

Emneord:

risiko, akseptkriterier i Norge, skred, flom

Forord

NIFS-prosjektet er et felles satsningsområde mellom Jernbaneverket, Norges vassdrags- og energidirektorat og Statens vegvesen.

Prosjektperioden er definert som 2012 – 2015. Planlagt budsjett på 42 millioner i perioden.

Stort fokus på intern kompetanse og faglig utvikling bidrar i tillegg med anslagsvis 30 årsverk fra etatene i samme periode. Prosjektet er allerede i leveransefasen, 7 delprosjekter er etablert, og opp i mot 100 medarbeidere i de tre etatene er involvert i større eller mindre grad.



Rapport / Report

Sammenligning av risikoakseptkriterier for skred og flom

Utredning for Naturfareprogrammet (NIFS)

20130800-01-R
11. mars 2014
Rev. nr.: 1

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGL.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGL.



Prosjekt

Prosjekt: Utredning for Naturfareprogrammet (NIFS)
Dokumenttittel: Sammenligning av risikoakseptkriterier for skred og flom
Dokumentnr.: 20130800-01-R
Dato: 16. desember 2013
Rev. nr./rev. dato: 1 / 11. mars 2014

Hovedkontor:
Pb. 3930 Ullevål Stadion
0806 Oslo

Avd Trondheim:
Pb. 1230 Sluppen
7462 Trondheim

T 22 02 30 00
F 22 23 04 48

Kontonr 5096 05 01281
Org. nr 958 254 318 MVA

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: NVE/NIFS
Kontaktperson: Hallvard Berg og Gordana Petkovic
Kontraktreferanse: E-post datert 4. oktober 2013 fra NIFS v/H. Berg

For NGI

Prosjektleder: Unni M. K. Eidsvig
Utarbeidet av: Unni M. K. Eidsvig
Kontrollert av: Vidar Kveldsvik

Sammendrag

NIFS, delprosjekt 1, ønsker å følge opp konklusjoner fra sin temadag om risikoakseptkriterier, holdt 2013-06-13. Denne rapporten gir en oversikt over akseptkriterier for skred og flom som allerede er definert eller som praktiseres i Norge. Byggteknisk forskrift TEK 10 gir sikkerhetskrav i forhold til skred og flom for byggverk og gjelder også for offentlige vei- og jernbaneanlegg. Statens vegvesen har lagt frem et forslag til risikoakseptkriterier for skredhendelser på vei. Jernbaneverket har overordnede risikoakseptkriterier. NVE spesifiserer veiledende sikkerhetskrav ved dimensjonering av sikringstiltak for eksisterende bebyggelse. Disse blir sammenliknet, og det gjøres en vurdering av om de er enhetlige. Spesielt studeres om det er samsvar mellom kriteriene i TEK 10 og Statens vegvesens's forslag til risikoakseptkriterier for skredhendelser på vei. Studiet viser at det er godt samsvar mellom disse kriteriene. Det finnes imidlertid scenarier (brede skred mot vei med ÅDT opp

Sammendrag (forts.)



Dokumentnr.: 20130800-01-R

Dato: 2013-12-16

Rev. nr.: 0

Side: 4

til 4000) som kan aksepteres i Statens vegvesens modell, men som medfører en høyere risiko enn det som kan aksepteres i TEK 10.

For materielle skader forårsaket av flom finnes det ikke tilsvarende kriterier, men det er gjort sammenlikninger med dimensjoneringskriterier for vei høyde og drenerings-systemet definert av Statens vegvesen. Dimensjoneringskriteriene benyttet av Statens vegvesen er bare delvis i tråd med kravene i TEK 10.

Innhold

1	Innledning	6
2	Akseptkriterier for bebyggelse og infrastruktur	6
2.1	Akseptkriterier i TEK 10	6
2.2	Dimensjoneringskriterier i NVE	10
2.3	Akseptkriterier og dimensjoneringskriterier i SVV	10
2.4	Akseptkriterier og dimensjoneringskriterier i JBV	15
2.5	Andre akseptkriterier mot storulykker	16
3	Sammenlikning av akseptabel risiko mht. personrisiko	17
3.1	Sammenlikning av akseptable sannsynligheter for treff av skred, ny bebyggelse	17
3.2	Sammenlikning av individuell risiko	22
4	Sammenlikning av kriterier for materiell skade og økonomiske tap forårsaket av flom	27
5	Konklusjon	28
6	Referanser	29

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

Fra Meld. St. 15: Skred innebærer brå og voldsomme prosesser med stor fare for tap av liv og helse for de som rammes. Det er derfor nødvendig å ha strenge sikkerhetskrav knyttet til skredfare. Flommer tar i norsk sammenheng sjelden liv, men kan påføre store materielle skader, og i noen tilfeller også miljømessige ødeleggelser. Kravene til sikkerhet må balanseres mot hensynet til fortsatt mulighet for samfunnsutvikling i deler av landet med krevende topografi og/eller vanskelige grunnforhold. Dersom kriterier for individuell risiko for skred og flom skal defineres, må man ta i betraktning at disse farene er en av mange farer vi omgis av.

Det er viktig at flom- og skredrisiko håndteres enhetlig på tvers av sektorer. Det kan ut fra dette vurderes å utvikle enhetlige akseptkriterier som tilpasses for bruk i den enkelte sektor. Slike kriterier vil være til hjelp i prioriteringen av risikoreducerende tiltak, men iverksetting av tiltak må like fullt avgjøres ut fra samfunnsøkonomiske nytte-/kostnadsvurderinger.

Denne rapporten gir:

- En oversikt /sammenligning av akseptkriterier for flom og skred som allerede er definert eller som praktiseres (i Norge) for bebyggelse og infrastruktur. Det ses på kriterier både for nybygging og eksisterende bygg/ infrastruktur.
- Det gjøres en sammenlikning mellom kriteriene og vurdering i hvilken grad eksisterende akseptkriterier er ”enhetlige”, ref Meld St 15 kap 5.1.

Sammenlikning av akseptabel risiko gjøres både for personrisiko og for materielle skader.

Dette arbeidet er et bidrag til NIFS, Delprosjekt 1: Naturskadestrategi. NIFS står for "Naturfare - Infrastruktur - Flom – Skred" og prosjektet er et felles satsningsområde mellom Jernbaneverket, Norges vassdrags- og energidirektorat og Statens vegvesen.

2 Akseptkriterier for bebyggelse og infrastruktur

2.1 Akseptkriterier i TEK 10

Byggteknisk forskrift – TEK10 gir sikkerhetskrav i forhold til naturfare (TEK10 § 7-1,2,3 og 4), og 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 (Tabell 1 og 2).

Flom

Byggverk hvor konsekvensen av en flom er særlig stor, skal ikke plasseres i flomutsatt område.

I flomutsatt område skal byggverk plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom slik at største nominelle årlige sannsynlighet i Tabell 1 ikke overskrides. I de tilfeller hvor det er fare for liv fastsettes sikkerhetsklasse som for skred

Tabell 1 Sikkerhetsklasser og største nominell årlig sannsynlighet for byggverk i flomutsatt område

Sikkerhetsklasse for flom	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
F1	liten	1/20
F2	middels	1/200
F3	stor	1/1000

Hva sikkerhetsklassene for skred omfatter er angitt i Veiledning om tekniske krav til byggverk:

Byggverk hvor konsekvensen av en flom er særlig stor omfatter byggverk som har nasjonal eller regional betydning for beredskap og krisehåndtering, slik som region-sykehus, regionale/nasjonale beredskapsinstitusjoner o.l. Kravet gjelder videre byggverk for virksomheter som omfattes av storulykkeforskriften, dvs. virksomheter med anlegg der det fremstilles, brukes, håndteres eller lagres farlige stoffer. Kravet i denne bestemmelsen kan bare tilfredsstilles ved å plassere byggverket flomsikkert, dvs. at det ikke er en løsning å sikre eller tilpasse tiltaket slik at det tåler oversvømmelse. Bakgrunnen er at de spesielle tiltakene som denne bestemmelsen er myntet på må fungere også under flom, eller at flomskader kan gi livsfarlig forurensning.

Sikkerhetsklasse F1 gjelder tiltak der oversvømmelse har liten konsekvens. Dette omfatter byggverk med lite personopphold og små økonomiske eller andre samfunns-messige konsekvenser, f.eks. garasjer og lagerbygninger uten fast bemanning.

Sikkerhetsklasse F2 gjelder tiltak der oversvømmelse har middels konsekvens. Dette omfatter de fleste byggverk beregnet for personopphold, f.eks. boliger, industri, kontor, fritidsboliger, driftsbygninger i landbruket som ikke inngår i sikkerhetsklasse F1, skoler og barnehager. De økonomiske konsekvensene ved skader på byggverket kan være store, men kritiske samfunnsfunksjoner settes ikke ut av spill. I deler av flomutsatte områder kan det være større fare enn ellers. I flomutsatte områder der det under flom vil være stor dybde eller sterk strøm (dybden er større enn 2 m og der produktet av dybde og vannhastighet (i m/s) er større enn $2 \text{ m}^2 / \text{s}$) bør det være samme sikkerhetsnivå som sikkerhetsklasse F3.

Sikkerhetsklasse F3 gjelder tiltak der oversvømmelse har stor konsekvens. Dette omfatter byggverk for sårbare samfunnsfunksjoner og byggverk der oversvømmelse kan gi stor forurensning i omgivelsene, eksempelvis:

- byggverk for særlig sårbare grupper av befolkningen, f.eks. sykehjem og lignende

- byggverk som skal fungere i lokale beredskapssituasjoner, f.eks. sykehus, brannvesen, politistasjoner, sivilforsvarsanlegg og infrastruktur av stor samfunnsmessig betydning.
- avfallsdeponier der oversvømmelse kan gi forurensningsfare.

Sikkerhetskravene i Tabell 1 kan oppnås enten ved å plassere byggverket utenfor flomutsatt område, ved å sikre det mot oversvømmelse eller ved å dimensjonere og konstruere byggverket slik at det tåler belastningene og skader unngås. Der det er praktisk mulig bør en plassere byggverket utenfor området som oversvømmes ved flom med det aktuelle gjentaksintervallet.

Skred

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

Hva de sikkerhetsklassene for skred omfatter er angitt i Veiledning om tekniske krav til byggverk:

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 storulykkeforskriften, 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 skredulykker, 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 mindre garasjer, båtnaust, boder, lagerskur med lite personopphold og mindre brygger for sport og fritid.

Sikkerhetsklasse S2 omfatter tiltak der et skred vil føre til middels konsekvenser. Dette kan eksempelvis være byggverk der det normalt oppholder seg anslagsvis maksimum 10 personer og/eller der det er middels økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Eksempler på byggverk som kan inngå i denne sikkerhetsklassen er enebolig, tomannsbolig, fritidsbolig med inntil to boenheter, små bygg for næringsdrift, mindre driftsbygninger i landbruket, samt mindre kaier 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, for eksempel byggverk der det normalt oppholder seg anslagsvis over 10 personer og/eller der det er store økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Eksempler på byggverk som kan inngå i denne sikkerhetsklassen er eneboliger i kjede/rekkehus med tre enheter eller mer, boligblokker, brakkerigger, næringsbygg, større driftsbygninger, skoler, barnehager, lokale beredskapsinstitusjoner, overnattingssteder og publikumsbygg. 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.

2.1.1 TEK10 og infrastruktur

Offentlige veg- og jernbaneanlegg er underlagt plan- og bygningslovens § 29-5 Tekniske krav, som er hjemmel for TEK 10. TEK10 gjelder også for offentlige veganlegg og jernbaneanlegg. (Kilde: DiBks presentasjon på risikoakseptdagen) Det følger av pbl. § 29-5 at ethvert tiltak skal prosjekteres og utføres slik at det ferdige tiltaket oppfyller krav til sikkerhet, helse, miljø og energi, og slik at vern av liv og materielle verdier ivaretas (Veiledning om tekniske krav til byggverk; Kapittel 7. Sikkerhet mot naturpåkjenninger.) Bestemmelsens tredje ledd understreker viktigheten av å ta hensyn til lokale klimaforhold.

Per i dag er det imidlertid ingen retningsgivende eksempler for infrastruktur i veiledningen til TEK 10. Det må derfor vurderes nærmere hvordan sikkerhetsklassene skal forstås. Aksept- og dimensjoneringskriterier som gjelder spesifikt i SVV og JBV blir gjennomgått i kapittel 2.3 og 2.4 og sammenliknet med TEK 10 i kapittel 3 og 4.

2.2 Dimensjoneringskriterier i NVE

Ved dimensjonering av sikringstiltak for ny utbygging gjelder sikkerhetsnivåene i TEK og NVEs Retningslinjer for planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag. For dimensjonering av sikringstiltak for eksisterende bebyggelse som NVE gir bistand til er disse sikkerhetsnivåene veiledende. Valg av sikkerhetsnivå ved dimensjonering skal vurderes konkret på grunnlag av:

- Kost-nytte analyser:
 - Ved dimensjonering av sikringstiltak mot alle typer naturskader skal en vurdere kostnadene ved sikringen i forhold til verdiene av det som sikres, herunder verdien av trygghet for liv og helse. I vurderingen skal en ta med muligheter til/kostnader ved kondemnering/flytting av utsatt bebyggelse som alternativ til sikringstiltak.
 - Dimensjonering som gir høyest nytte i forhold til kostnadene (beregnet kost/nyttefaktor sammen med en vurdering av ikke prissatte konsekvenser) skal normalt velges for Sikringstiltak mot flom, erosjon og isgang. Det skal legges vekt på hensynet til vassdragsmiljøet. Også kostnader ved fremtidig drift og vedlikehold skal være med i vurderingen. For flomverk skal nytte/kostvurderingen også omfatte en vurdering av risikoen ved overtopping og brudd på konstruksjonen, herunder fare for tap av menneskeliv.
- Sikringstiltak mot skred og skredlignende flomhendelser med stor fare for tap av menneskeliv skal i utgangspunktet dimensjoneres slik at sannsynligheten for tap av menneskeliv og vesentlige materielle verdier reduseres til under 1/300. For sikring av bygninger med viktige samfunnsfunksjoner eller mange personer som sykehus, sykehjem, skoler o.l. bør sannsynligheten reduseres til under 1/1000. Tiltakene skal ikke dimensjoneres med sikte på å beskytte mot skredmasser som bare vil gi mindre skader uten nevneverdig fare for menneskeliv (skredmasser med lavt trykk).

2.3 Akseptkriterier og dimensjoneringskriterier i SVV

2.3.1 Akseptkriterier for skred mot vei




Statens vegvesen har lagt frem et forslag til risikoakseptkriterier for skredhendelser på veg. Risikoakseptkriteriene omfatter alle tiltak på og lang veg som krever byggeplan/reguleringsplan. Dette gjelder bygging av ny veg, ombygging av veg og sikring av eksisterende veg. Akseptkriteriene kan også være en veileder med hensyn på behov for skredsikringstiltak langs eksisterende veg (Statens vegvesen 2012).

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

Skredfrekvensen skal omfatte den sammenlagte frekvensen av steinsprang, snø-, flom-, is- og jordskred som har potensiale til å stenge hele veibanen og/eller medføre alvorlige ulykker. For snø-, flom- og jordskred vil dette tilsvare minst 10m³ skred-

masser på veg. Isskred og steinsprang inkluderes selv ved mindre volum. Stein- og fjellskred har per definisjon store nok volum til å stenge hele vegbanen og eller medføre alvorlige ulykker. Kvikkleireskred omfattes ikke av akseptkriteriene, men håndteres av Håndbok 016.

Akseptkriteriene defineres ved hjelp av en risikomatrix med sannsynlighetsklasser i den ene dimensjonen og ÅDT i den andre dimensjonen. Risikomatriksen definerer en øvre grense for risikoen (grense mot uakseptabel risiko) og en nedre grense (grense mot akseptabel risiko). I området mellom akseptabel og uakseptable risiko bør risikoen reduseres så mye som praktisk rimelig, dette området betegnes som tolererbar. Som regel vil det være en kost-nytte analyse som avgjør hva som oppfattes som praktisk rimelig, dvs. om risikoreducerende tiltak skal implementeres. Akseptabel risiko er markert med grønne felter, uakseptabel risiko er markert med røde felter, mens tolererbar risiko er markert med gule felter. De foreslåtte akseptkriteriene er vis i Figur 1.

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

Figur 1 Risikomatrix for skred på en vegstrekning. Akseptnivået er angitt ved fargekoden, som beskrevet i figuren. Enhetsstrekningen er 1 km.

2.3.2 Dimensjoneringskriterier for flom

For flom er ikke akseptkriteriene definert eksplisitt i form av en beskrivelse av hvor ofte det tolereres at en vei utsettes for flom. Men det finnes dimensjoneringskriterier, som kan betraktes som en form for implisitte akseptkriterier. Dimensjoneringskriteriene er spesifisert både i krav til byggehøyde og krav til dreneringssystemet:

Fra Håndbok 017:

Linjepålegg (byggehøyde) bestemmes med utgangspunkt i beregnede vannstander for 200-års flom og i tillegg en sikkerhetsmargin. I tilfeller der konsekvenser av høy flomvannstand er spesielt store (bl.a. manglende omkjøringsmuligheter) kan det være aktuelt å benytte lengre returperiode. Disse valg skal gjøres i samråd med NVE.

Håndbok 018:

Normalt legges 200 års gjentaksintervall til grunn for dimensjonerende flom ved permanente anlegg. For viktige veger uten reell omkjøringsmulighet kan høyere gjentaksintervall være aktuelt. For veger med mindre viktighet kan det benyttes 50 års gjentaksintervall. Ved midlertidige arbeider kan mindre gjentaksintervall benyttes, og det kan også tas sesonghensyn.

Disse kravene er oppsummert i Tabell 3 nedenfor.

Tabell 3 Returperiode for flom ved dimensjonering av byggehøyde for vei, fra Håndbok 017 og 018.

Beskrivelse av vegen	Returperiode for flom
Veg med omkjøringsmulighet	200 år (+ sikkerhetsmargin for byggehøyde)
Veg uten omkjøringsmulighet	Høyere enn 200 år
Veg med mindre viktighet	50 år

Ved dimensjonering av avvannings-, drenerings- og sikringssystemer velges returperiode for nedbør etter Tabell 4 nedenfor.

Tabell 4 Returperiode for nedbør ved dimensjonering av veg- og dreneringselement, fra Håndbok 018

Veg-/dreneringselement	Valg av returperiode for nedbør ¹⁾	
	Veg med omkjøringsmuligheter	Veg uten omkjøringsmuligheter
Rister, sluk, overvannsledning, terrenggrøfter – LANGS VEIEN	50 år	100 år
Kulvert, innløp, utløp, nedføringsrenne – PÅ TVERS AV VEIEN	100 år	200 år
Sikring av nye eller justerte elve- eller bekkeløp	100 år	200 år

- 1) I områder hvor overvann fra veg skal tilknyttes kommunale/lokale overvannssystemer skal kommunale/lokale dimensjoneringsregler følges.
- 2) NVE skal kontaktes ved endring av vassdrag.

Dimensjonerende returperioder varierer altså fra 50 år til mer enn 200 år. Det dimensjoneres for kortere returperioder for nedbør enn for byggehøyde.

Dimensjonerende vannmengder varierer med avrenningsegenskapene til nedbørfeltet. Ved dimensjonering bør det foretas undersøkelser om det foreligger utbyggingplaner som det må tas hensyn til i dimensjoneringen av overvannsanlegget.

I vegprosjekter blir ofte større og mindre bekker berørt og må legges om eller føres i rør over en strekning. Nedslagsfeltene har varierende størrelse, opp mot 10 km² eller enda større. Det er ofte problematisk å bestemme dimensjonerende vannføring i slike vassdrag fordi det er store usikkerheter i alle ledd i beregningsgrunnlaget. For å øke sikkerheten ved valg av dimensjonerende vannføring bør det benyttes flere metoder.

Registrering av vannføring i det aktuelle vassdraget vil være til god hjelp for å "kalibrere" vassdraget mot andre vassdrag hvor det foreligger målinger over lengre tid. Derved er det mulig å utnytte statistiske data fra det målte vassdraget til å få sikrere bestemmelse av vannføring ved en ønsket returperiode.

Måling av korttidsnedbør som kan sammenholdes med målt nedbør i nedbørstasjoner i nærheten kan sammen med vannføringsmåling være en annen metode å sammenlikne opptredende vannføring mot statistiske nedbørdata. For store felt baseres flomberegning på målte vassføringer og statistiske metoder i flomfrekvensanalyser. Ved behov for flomberegninger for større nedslagsfelt anbefales å kontakte NVE's nærmeste distriktskontor eller andre med hydrologisk kompetanse (rådgivende ingeniører mv).

Økt nedbør avrenning i forhold til dagens dimensjoneringsgrunnlag på grunn av klimavariasjon bør vurderes. For hvert prosjekt må det tas et standpunkt til hva klimafaktoren skal være. Klimafaktoren kan ha verdier fra 1,0 og oppover.

Klimafaktorer for tekniske installasjoner som har en forventet teknisk levetid på 100 år er 1,3 for 10 år returperiode for nedbør og 1,4 for 100 år returperiode for nedbør. Enkelte kommuner har tatt et aktivt valg om klimastrategi som bør legges til grunn ved valg av klimafaktor for det aktuelle prosjektet.

2.3.3 Kost-nytte analyser i SVV

Kilde for dette kapittelet: Kjerkreit(2013).

Statens vegvesen (SVV) har en formalisert metode for konsekvensanalyser (HB140) samt et eget beregningsprogram for kostnads-nytteanalyser, som heter "EFFEKT". Vegtiltak fører med seg mange fordeler og ulemper og det er mange alternative tiltak som må prioriteres opp mot hverandre eller mot andre typer tiltak i SVV. Kost-nytte analyser er en systematisk vurdering av alle relevante fordeler og ulemper målt i kroner som et tiltak vil føre til for samfunnet:

- Nytte: positive for samfunnet
- Kostnader: negative for samfunnet.

Måling av individenes nytte av et tiltak gjøres med utgangspunkt i økonomisk velferdsteori der følgende begreper står sentralt:

- Betalingsvillighet
- Generaliserte kostnader
- Konsumentoverskudd

Det vil være en rekke prissatte og ikke-prissatte virkninger av et tiltak; her sees det spesielt på:

- Tids- og kjørekostnader
- Investeringskostnader
- Drifts- og vedlikeholdskostnader
- Ulykkeskostnader

Infrastrukturtiltak har lang levetid og konsekvenser av tiltakene må sees i et langsiktig perspektiv. Nytte og kostnader kan inntreffe på forskjellige tidspunkt. Analyseperioden for infrastruktur er 40 år regnet fra åpningsåret (anbefalt i NOU 2012:16 Samfunnsøkonomiske analyser). For investeringstiltak der nytter og kostnader oppstår på ulike tidspunkt omregnes de årlige nytter og kostnader til verdien slik vi vurderer det i dag; dette kalles nåverdi prinsippet. Beregning av nåverdi av fremtidige verdier kalles ned-diskontering, En fremtidig verdi X om n år har i dag verdien:

$$\frac{X}{(1+r)^n}$$

Der r er den årlige kalkulasjons renten. Kalkulasjonsrenten er svært viktig for resultatene og er satt til 4% (NOU 2012:16 Samfunnsøkonomiske analyser). Når det er begrenset med midler skal prosjekter rangeres etter netto nytte pr budsjettkrone over det offentlige budsjett.

Reisetid verdsettes til det den alternativt kunne vært anvendt til. Tidskostnader (kr/persontime) er gitt i Tabell 5. Ulykkeskostnader er gitt i Tabell 6.

Tabell 5 Tidskostnader (kr/person/time)

Tid	Reisehensikt	Personbil	Buss	Tog
Korte reiser	Tjeneste	380	380	380
	Til/fra arbeid	90	60	60
	Fritid	77	46	46
Lange reiser	Tjeneste	380	380	380
	Til/fra arbeid	200	103	156
	Fritid	146	73	92

Tabell 6 Ulykkeskostnader

Skadegrad	Kostnader (i 2009 kr)
Drept	30 220 000
Meget alvorlig	22 930 000
Alvorlig	8 140 000
Lettere	614 000
Materiell	51 100

2.4 Akseptkriterier og dimensjoneringskriterier i JBV

2.4.1 Generelle akseptkriterier

Jernbaneverket har tre typer kriterier knyttet til risiko, som alle alltid skal være oppfylt, Jernbaneverket (2013):

1. Kriterium for samfunnsrisiko, som er en øvre grense for hva Jernbaneverket aksepterer av risiko totalt for jernbanenettet i Norge. Grensen er, på bakgrunn av historiske ulykkes data, satt til 11 drepte per år for jernbanenettet i Norge.
2. Kriterier for individuell risiko, som skal sikre at enkeltpersoner ikke eksponeres for uforholdsmessig høy risiko.
 - For reisende og andre berørte er kriteriet for det mest eksponerte individet 10^{-4} (sannsynlighet for død per år)
 - For lokfører og banepersonalet er kriteriet på mindre enn 12,5 forventet antall drepte per 100 millioner eksponerte timer.
3. ALARP (As Low As Reasonably Practicable)-kriterium, som innebærer at alle tiltak som er praktisk gjennomførbare, skal gjennomføres. Tiltak som koster mindre enn 20 MNOK per menneskeliv spart, ansees med rimelighet å kunne iverksettes.

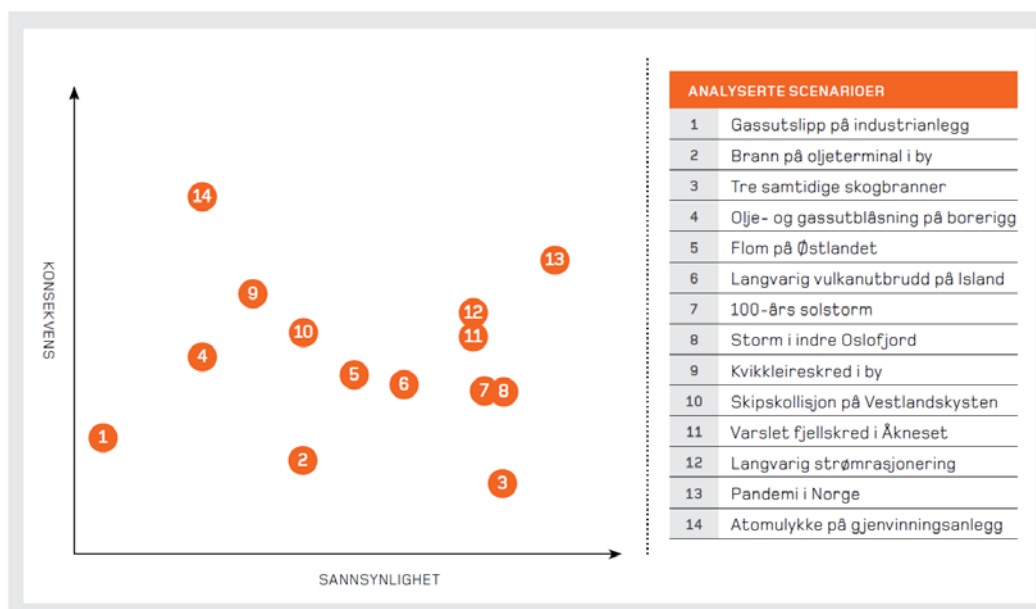
Disse kriteriene kommer i tillegg til andre krav som forskriftskrav og interne krav. Disse kriteriene gjelder generelt, dvs. ikke bare for flom og skred.

2.4.2 Dimensjoneringskriterier for flom

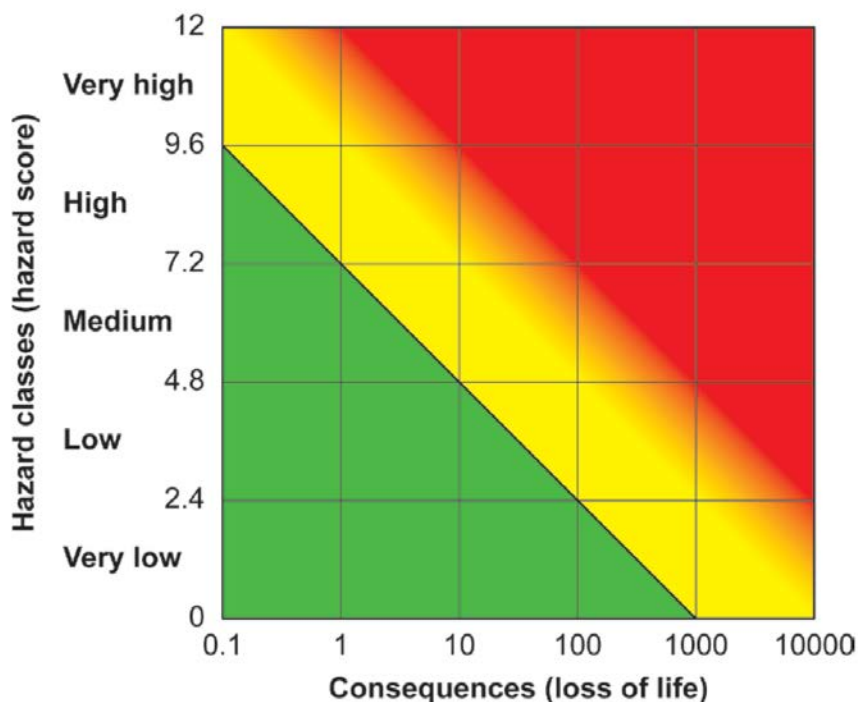
For dimensjoneringsberegninger av stikkrenner og øvrig dreneringsanlegg legges til grunn 200 års gjentakintervall, samt et påslag i form av en klimafaktor på 20 %. Klimafaktoren benyttes for å ta høyde for at både intensiteten og frekvensen av intense nedbørsepisoder øker i årene fremover på grunn av klimaendringer.

2.5 Andre kriterier for storulykker

I tillegg til krav til individuell risiko kan det være aktuelt med et krav til sikkerhet i forhold til stor-ulykker. Et alternativ er å benytte F-N kurver, dvs. kurver som illustrerer frekvens (F) og konsekvens av hendelser i form av antall dødsfall (N). Frekvens av hendelser som forårsaker minst N dødsfall fremstilles som en funksjon av N i et dobbeltlogaritmisk koordinatsystem. En viktig del av F-N kurven som akseptkriterium er å angi hvilken skala den skal gjelde for. En F-N kurve kan gjelde i en sone rundt et potensielt farlig industrianlegg eller en potensielt skredfarlig skråning, eller per km vei eller tunnel for infrastruktur. En F-N kurve kan også defineres for større områder. I Norge er det ikke definert akseptkriterier på nasjonalt plan, men en risiko rangering kan benyttes for å identifisere og sammenlikne de største truslene. Eksempler er vist for nasjonalt risikobilde i Figur 2 og for risikoklassifisering for store fjellskred i Figur 3.



Figur 2 Risiko rangering av 14 potensielle katastrofer som kan ramme det norske samfunnet, DSB (2013).



Figur 3 Risikoklassifiseringsmatrise for oppfølging med overvåkning og videre undersøkelser av ustabile fjellskråninger i Norge: grønn = lav risiko, gul = moderat risiko og rød = høy risiko. Overgangssonen mellom moderat og høy risiko er angitt som gul til rød gradient, Hermanns(2012).

3 Sammenlikning av akseptabel risiko mht. personrisiko

Kriteriene i kapittel 2.1 – 2.4 er formulert på ulike måter. For å vurdere om de er enhetlige må det utredes et felles grunnlag for sammenlikning.

Det er her valgt to måter å sammenlikne kravene til sikkerhet mot skred angitt i Tabell 2 fra TEK 10 med akseptkriterier fra infrastruktur i Figur 1:

- Sammenlikning av beregnede akseptable sannsynligheter for treff på kjøretøy som vist i Figur 1 med akseptabel sannsynlighet for treff på bygning med personopphold som vist i Tabell 2.
- Sammenlikning av akseptable verdier for individuell risiko beregnet for den mest eksponerte personen. Med individuell risiko i denne sammenhengen menes sannsynligheten for at et individ mister livet som følge av faren i løpet av ett år.

3.1 Sammenlikning av akseptable sannsynligheter for treff av skred, ny bebyggelse

Sannsynlighetskravene i TEK 10 inkluderer gjennom sikkerhetsklassene eksponering på en implisitt måte: dels antall som normalt oppholder seg i bygningen og dels hvor ofte det er personopphold i bygningen. Det tolereres en høyere sannsynlighet for byggverk der det normalt ikke oppholder seg personer (S1). Det

tolereres også en høyere sannsynlighet for uteareal knyttet til bygninger omfattet av S2, med den begrunnelse at eksponeringstiden for personer og dermed faren for liv og helse normalt vil være vesentlig lavere utenfor bygningene. Det tolereres en lavere sannsynlighet for bygninger der det normalt oppholder seg mange mennesker. For personbiler vil det mest relevant å benytte klasse S2. For busser kan det være mer relevant å sammenlikne med kravene for S3, da denne konsekvensklassen inkluderer bygninger der det normalt oppholder seg mange mennesker.

Sannsynligheten for treff på kjøretøy beregnes på følgende måte (Fell et al. 2005 og modifisert fra Kristensen et al., 2003):

$$S = \frac{N_d L f}{24 \cdot 1000 \cdot v}$$

N_d er antall biler per døgn (=ÅDT), L = dimensjonerende bredde i meter f er antall skred per år og v = kjørehastigheten i km/t.

Dimensjonerende bredde vil enten være bredden på skredet eller gjennomsnittlig lengde på kjøretøyene, avhengig av hvilken verdi som er størst. For skred med flere sekunders varighet tas også stopplengden, l , inn i den dimensjonerende bredden ($L+l$). Dimensjonerende bredde vil enten være bredden på skredet eller gjennomsnittlig lengde på kjøretøyene, avhengig av hvilken verdi som er størst. For skred med flere sekunders varighet tas også stopplengden, l , inn i den dimensjonerende bredden ($L+l$). Men i analysene her er dimensjonerende bredde for enkelhets skyld satt lik skredbredden eller kjøretøylengden.

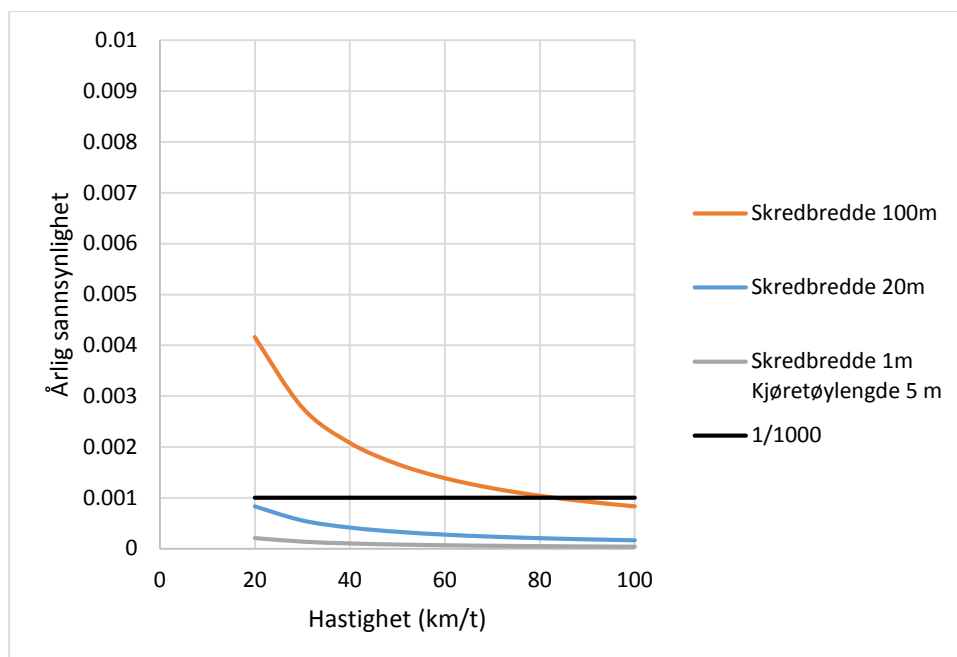
Av parameterne som inngår i denne formelen inneholder akseptkriteriene til Statens vegvesen årsdøgntrafikk (ÅDT) og skredfrekvens Figur 1 angir årlig sannsynlighet som per definisjon ikke kan være større enn 1, mens formelen opererer med antall skred per år som kan være større enn 1. Figur 1 angir ikke dimensjonerende lengde og hastighet. De videre analyser vil derfor se på hvordan treffsannsynligheten varierer med lengde og hastighet for ÅDT og f som er angitt i Figur 1.

I TEK 10 er grensen mellom akseptabel og uakseptabel sannsynlighet gitt som en verdi, mens det i metoden til Statens vegvesens er gitt et område der risikoen er tolererbar, dvs. aksept avhenger av skredintensitet og kost-nytte analyse og besluttes på regionledernivå. Her studeres øvre grense av akseptabel risiko (grønt) i risikomatrissen i Figur 1. Under denne grensen vil risikoen uten videre undersøkelser være akseptabel. Øvre grense av akseptabel risiko (grønt) er representert av årlig skred-sannsynlighet og årsdøgntrafikk som vist i Tabell 7:

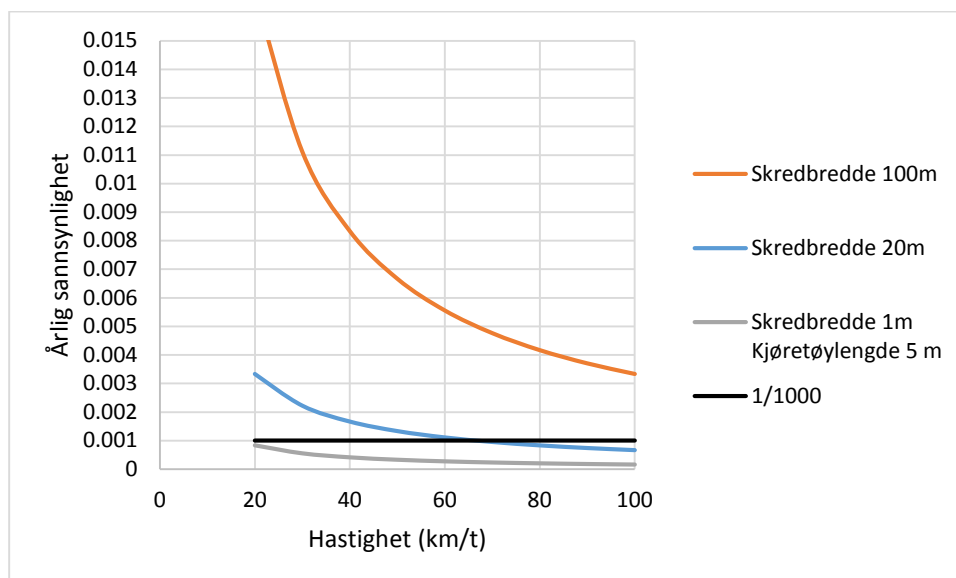
Tabell 7 Maksimal trafikkmengde og årlig skredsannsynlighet, øvre grense for akseptabel risiko (grønt) i SVV modell

Trafikkmengde inntil	Årlig skredsannsynlighet	Produktet av trafikkmengde og skredsannsynlighet
200	0,1	20
500	0,05	25
4000	0,02	80
8000	0,01	80

Siden trafikkmengde og årlig skredsannsynlighet alltid inngår som et produkt, er det ikke nødvendig å analysere alle kombinasjoner av trafikkmengde og årlig skredsannsynlighet, men spennvidden gitt ved dette produktet kan analyseres. Tabell 7 viser at spennvidden i produktet av trafikkmengde og skredsannsynlighet varierer fra 20 til 80. Treffsannsynligheten for disse tilfellene er vist i Figur 4, Figur 5 og i Tabell 9. Kurvene viser treff på personbil og er sammenliknet med kravet til nominell sannsynlighet til S2 i TEK 10, 1/1000 per år.



Figur 4 Årlig sannsynlighet for treff på kjøretøy for ulike dimensjonerende bredder og ulike hastigheter og trafikkmengde \times skredsannsynlighet = 20 (Øvre grense av akseptabel risiko, for ÅDT < 200).



Figur 5 Årlig sannsynlighet for treff på kjøretøy for ulike dimensjonerende bredder og ulike hastigheter, trafikkmengde x skredfrekvens = 80 (Øvre grense av akseptabel risiko for $\text{ÅDT} > 1500$).

Figur 4 viser at sannsynligheten for treff på kjøretøy er mindre eller lik 1/1000 per år for følgende tilfeller:

- Skredbredde mindre eller lik 20 m, alle hastigheter.
- Skredbredde 100 m, hastigheter over 80 km/t.

Figur 5 viser at sannsynligheten for treff på kjøretøy er mindre eller lik 1/1000 per år for følgende tilfeller:

- Skredbredde 1 m og kjøretøylengde 5 m, alle hastigheter.
- Skredbredde 20 m, hastigheter over 60 km/t.

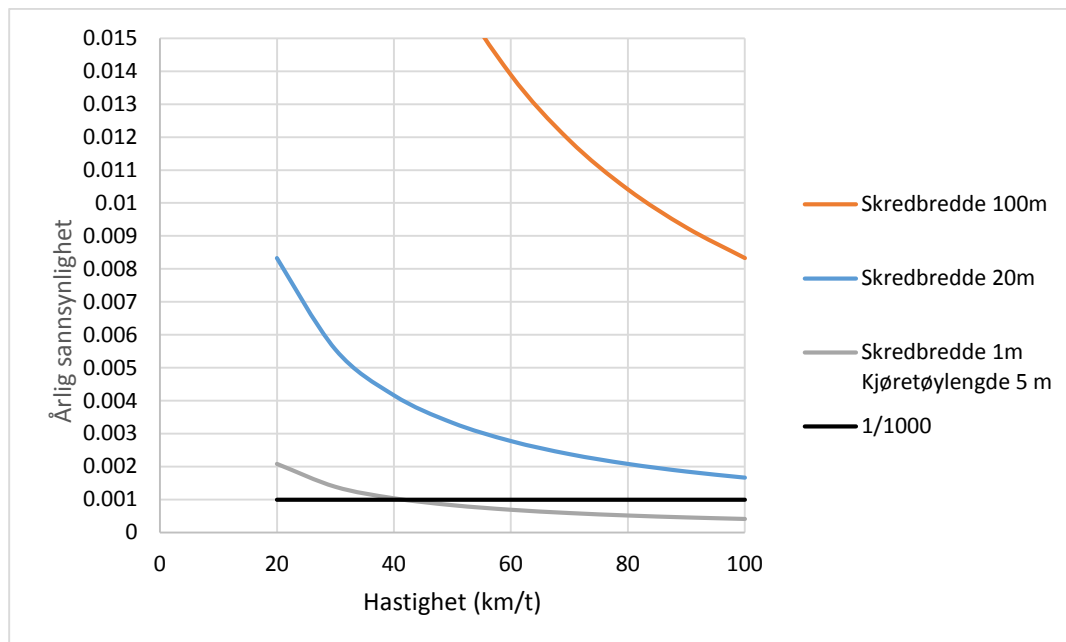
For skredbredde 100 m ligger sannsynligheten over 1/1000 for alle hastigheter.

Det er også interessant å undersøke øvre grense av tolerabel risiko, dvs. grensen mellom gult og rødt i Figur 1, siden dette representerer den høyeste risikoen som kan bli akseptert. Produktene av trafikkmengde og skredsannsynlighet for øvre grenser av tolerabel risiko er gitt i Tabell 8.

Tabell 8 Trafikkmengde og årlig skredsannsynlighet, øvre grense av tolerabel risiko (gult) i SVV modell

Trafikkmengde inntil	Årlig skredsannsynlighet	Produktet av trafikkmengde og skredssannsynlighet
200	0,5	100
500	0,2	100
1500	0,1	150
4000	0,05	200
8000	0,02	160

Den høyeste verdi av produktet mellom trafikkmengde og skredsannsynlighet fås ved $\text{ÅDT} = 4000$ og årlig skredsannsynlighet lik 0,05. Dette tilfellet er vist i Figur 6.



Figur 6 Årlig sannsynlighet for treff på kjøretøy for ulike dimensjonerende lengder og ulike hastigheter, trafikkmengde \times skredfrekvens = 200 (Øvre grense av akseptabel risiko).

I Figur 6 ligger sannsynligheten for treff på kjøretøy under 1/1000 kun for skred med bredde 1 m og hastigheter over 40 km/t, dvs. i praksis kun for små steinsprang.

Tabell 9 Høyeste tillatte sannsynlighet for treff av skred etter TEK10 og beregnet fra SVV for øvre grense av akseptabel risiko og øvre grense av tolerabel risiko.

	TEK 10	SVV (ved 70 km/t)		
	S2	Skredbredde 1 m (kjøretøylengde 5 m)	Skredbredde 20 m	Skredbredde 100 m
Høyeste tillatte sannsynlighet for treff på bygning/kjøretøy, øvre grense akseptabel risiko (angitt i $10^{-3}/\text{år}$)	1	0,060* - 0,24**	0,24* - 0,95**	1,2* - 4,8**
Høyeste tillatte sannsynlighet for treff på bygning/kjøretøy, øvre grense tolerabel risiko (angitt i $10^{-3}/\text{år}$)	1	0,24** - 0,60***	0,95** - 2,4***	4,8** - 11,9***

*Trafikkmengde \times skredsannsynlighet = 20, tilsvarende for eksempel $\text{ÅDT} = 200$ og årlig skredsannsynlighet = 0,1

**Trafikkmengde \times skredfrekvens = 80, tilsvarende for eksempel $\text{ÅDT} = 4000$ årlig skredsannsynlighet = 0,02

***Trafikkmengde \times skredfrekvens = 200, tilsvarende for eksempel $\text{ÅDT} = 4000$ og årlig skredsannsynlighet = 0,05

Tabell 9 viser at beregnede sannsynligheter for treff for øvre grense av akseptabel risiko ligger innenfor eller nært kravene i TEK 10, S2, med unntak for forekomst av 100 m bredt skred mot vei med ÅDT på 4000. Dette kan teoretisk aksepteres i SVV's modell i Figur 1, men ikke i TEK 10.

Beregnete treffsannsynligheter for øvre grense av tolerabel risiko ligger innenfor kravene i TEK 10 for skredbredde på 1 m, inntil 2-3 ganger høyere enn TEK 10 for skredbredde på 20 m og betydelig høyere enn TEK 10 for skredbredde på 100 m. For tolerabel risiko vil aksept avhenge av skredintensitet og kost-nytte analyse. Tiltak mot skred med potensielt stor bredde skal derfor bli vurdert.

For busser kan det være aktuelt å benytte sikkerhetsklasse 3 i TEK 10, dvs. det kreves en lavere sannsynlighet enn 1/5000 per år. Hvis andelen busser utgjør 1 % av en viss ÅDT, må alle beregnede treffsannsynligheter divideres med 100. Da vil treffsannsynligheter for busser ligge under kravet for S3.

3.2 Sammenlikning av individuell risiko

For å se på den maksimale individuelle risikoen for person i bygning eller i kjøretøy, må det gjøres en vurdering for den mest eksponerte personen.

Maksimal individuell risiko for person i bygning: Den individuelle risikoen beregnes for person som bor i bygning som ligger rett utenfor 1000 års skredet og som alltid er hjemme. Sannsynligheten for at personen i bygningen omkommer vil være lavere enn 1/1000, men hvor mye lavere vil avhenge av bygningens robusthet og intensiteten på skredet. Skred med sannsynlighet nær 1/1000 vil ha lav intensitet på grensen for 1000års skredet. Skred med høy intensitet vil nå lengre enn 1000 års grensen og vil dermed ha lavere returperiode.

Maksimal individuell sannsynlighet for person i bil: Den individuelle risikoen beregnes for person som passerer flest skredutsatte km veistrekning per dag med høy skredsannsynlighet; både i form av antall passeringer og i form av antall km med skredfare. For store skred vil både sannsynligheten for treff øke, men også sannsynligheten for å omkomme når treff inntreffer.

Noen typiske sårbarhetsverdier, dvs. sannsynligheten for å omkomme hvis kjøretøy eller bygning med personopphold blir truffet, er gitt i Tabell 10.

Tabell 10 Sårbarhet for personer i kjøretøy og i bygninger (Glade 2004).

	Verbal beskrivelse av materiell ødeleggelse	Sårbarhet* (Sannsynlighet for å omkomme)	Verbal beskrivelse sannsynlighet for å omkomme
Kjøretøy	Kjøretøyet er begravet/knust	0,9 – 1	Dødsfall
	Kjøretøyet er ødelagt/skadet	0 – 0,3	Høy sannsynlighet for å overleve
Bygning	Bygningskollaps	0,9 – 1	Dødsfall
	Bygningen er fylt av skredmasser og personen er begravet	0,8 – 1	Dødsfall er svært sannsynlig
	Det er skredmasser i bygningen, men personen er ikke begravet	0 – 0,5	Høy sannsynlighet for å overleve
	Skredmasser støter på bygningen, men trenger ikke inn i denne	0 – 0,1	Tilnærmet neglisjerbar fare for å omkomme

*Sårbarhetsverdiene vil være representative for løsmasseskred og snøskred. For steinsprang, som støter på eller når inn i kjøretøy og bygninger, vil generell sårbarheten være lavere på grunn av mindre totalt skredvolum og dermed lavere sannsynlighet for treff på mennesker. Lavere sårbarhetsverdier for steinsprang enn for løsmasse- og snøskred benyttes for eksempel i Heinemann et al. (1999).

Ved lik treffsannsynlighet, vil sannsynligheten for å omkomme som regel være lavere for person i bygning plassert rett utenfor 1000 års skred grensen enn for person i kjøretøy, fordi:

- Sikkerheten for personer i bygninger er ivaretatt gjennom plassering rett utenfor potensielle skreds 1000 års utløp; skred med høy intensitet ved en bygning rett utenfor 1000 års grensen vil ha betydelig lengre returperiode enn 1000år. Sikkerheten for personer i biler er ivaretatt, hovedsakelig gjennom kort eksponeringstid for de utsatte elementene. Intensiteten kan være høy hvis kjøretøy blir truffet av skred.
- Lavere intensitet gir lavere sannsynligheten for å omkomme, jf. Tabell 10.

I det videre er det benyttet følgende sannsynligheter for å omkomme:

- 1 for treff på kjøretøy (Øvre sårbarhetsverdi tilsvarende "Kjøretøyet er begravet" er benyttet)
- 0,1 for treff på bygninger (Øvre sårbarhetsverdi for "skredmasser støter på bygningen")

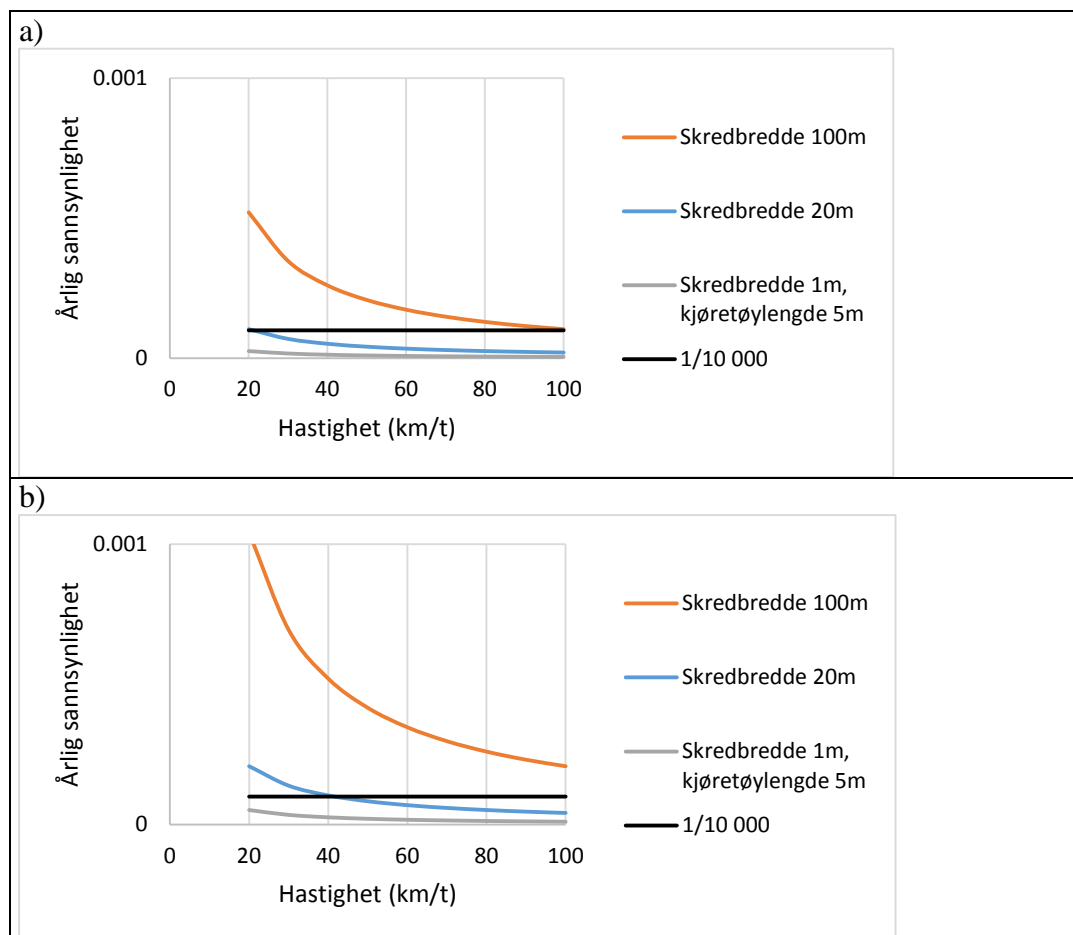
Da blir den høyeste tillatte individuelle risikoen for personer i bygninger 10^{-4} /år og den høyeste tillatte individuelle risikoen for person i kjøretøy blir den samme som treffsannsynligheten for den mest utsatte personen.

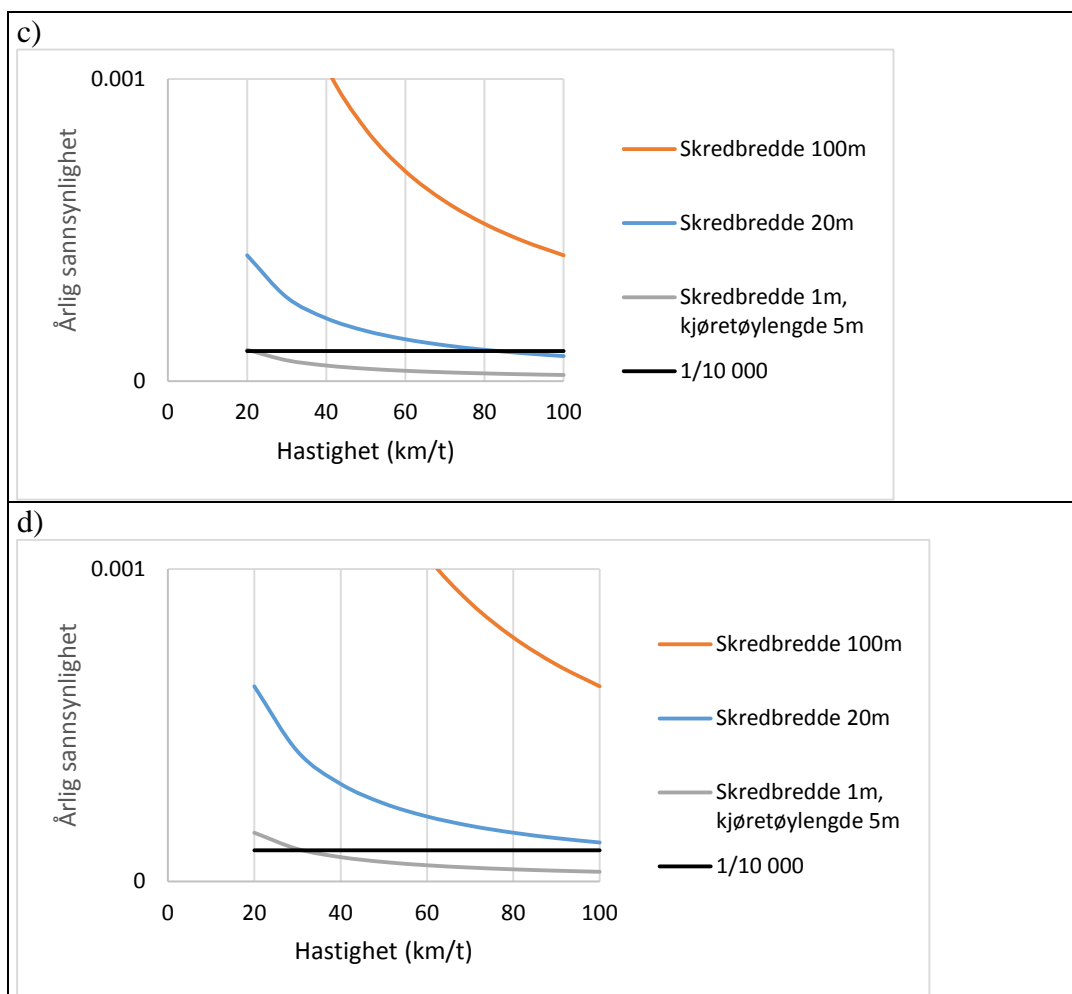
Det er vanskelig å gi et anslag på hvor mange kilometer skredutsatt vei den mest utsatte personen passerer og hvor mange ganger per dag. I stedet gjøres noen talleksempel i Tabell 11.

Tabell 11 Antall skredutsatte km som passerer hver dag

Antall ganger per dag	Antall skredutsatte km (med høyeste tillatte skredfrekvens) per tur	Antall skredutsatte km som passerer hver dag
2	2,5	5
2	5	10
4	5	20
6	5	30

Figur 7a - d viser den individuelle risikoen for en person som passerer 5, 10, 20 og 30 km skredutsatte km per dag.





Figur 7 Årlig individuell risiko for person som passerer a) 5 km, b) 10 km, c) 20 km, d) 30 km skredutsatt vei pr dag, med en årlig skredsannsynlighet på 0,5.

Resultatene er oppsummert i Tabell 12.

Tabell 12 Sammenlikning mellom krav til individuell risiko implisert av kravene i TEK10 og i SVVs risikoakseptmodell, øvre grense for akseptabel risiko og øvre grense for tolerabel risiko

	TEK 10	SVV (ved 70 km/t)		
	S2	Skredbredde 1m (kjøretøylengde 5 m)	Skredbredde 20 m	Skredbredde 100 m
Individuell risiko ved høyeste akseptable skredsannlighet, dvs. 1/10 per år (angitt i 10^{-4} /år)	1 (liten intensitet antas)	0,02* - 0,09**	0,060* - 0,36**	0,30* - 1,8**
Individuell risiko ved høyeste tolerable skredfrekvens, dvs. 0,5 per år (angitt i 10^{-4} /år)	1 (liten intensitet antas)	0,07* - 0,5**	0,30* - 1,8**	1,5* - 8,9**

*Passering av 5 skredutsatte km per dag

**Passering av 30 skredutsatte km per dag

Tabell 12 viser at den individuelle risikoen med ett unntak ligger under 10^{-4} per år for skredsannsynlighet 1/10 år tilsvarende øvre grense av akseptabel risiko i SVV's modell i Figur 1. Unntaket er ved passering av 30 skredutsatte km per dag med sannsynlighet 1/10 per år per km og skredbredde på 100 m. I dette tilfellet ligger den individuelle risikoen på $1,8 \cdot 10^{-4}$ per år, som fortsatt er i samme størrelsesorden som 10^{-4} per år. For skredsannsynlighet 0,5 per år, som representerer øvre grense av tolerabel risiko i Figur 1, ligger den individuelle risikoen under eller nær 10^{-4} per år. Unntaket er ved passering av flere enn 5 kilometer skredutsatt veg med potensielt 100 m brede skred. Siden denne skredsannsynligheten representerer øvre grense av tolerabel risiko, vil risikoaksept avhenge av skredintensitet og kost-nytte analyser. Veier med høy skredfrekvens og potensial for brede skred (med høy intensitet) vil bli fanget opp av risikoakseptkriteriene i Figur 1 og tiltak etter kost-nytte prinsipp påkreves.

Jernbaneverket har også krav til individuell risiko på maksimalt 10^{-4} /år for reisende og andre berørte. Dette kravet gjelder for alle typer ulykkeshendelser generelt; ikke bare knyttet til skred og flom. Også i Norsk offshoreindustri og i utlandet er 10^{-4} per år mye brukt som høyeste tillatte dødsrisiko for den mest eksponerte personen.

4 Sammenlikning av kriterier for materiell skade og økonomiske tap forårsaket av flom

Sammenlikning av akseptabel risiko for materielle skader og økonomiske tap gjøres her ved hjelp av sammenlikning av dimensjoneringskriterier. Ut over dette vil implementering av tiltak som begrenser materiell skade og økonomisk tap begrunnes gjennom kost-nytte analyser.

TEK10 definerer konsekvensklassen dels ut fra potensielt antall rammede og dels ut fra materielle skader. Den mest relevante klassen å sammenlikne med, vil være klasse F2. Klasse F2 omfatter de fleste byggverk beregnet for personopphold. De økonomiske konsekvensene ved skader på byggverket kan være store, men kritiske samfunnsfunksjoner settes ikke ut av spill. F2 kan være relevant sammenlikning, for veier der det er omkjøringsmuligheter og stengning av veien ikke fører til at viktige samfunnsfunksjoner settes ut av spill. For F2 aksepteres maksimalt en årlig sannsynlighet på 1/200, se Tabell 1. For infrastruktur av stor samfunnsmessig betydning og der det ikke er reelle omkjøringsmuligheter bør sikkerhetsklasse F3 benyttes, dvs. en årlig sannsynlighet på 1/1000.

Dimensjoneringskriteriene til Statens vegvesen (SVV) og Jernbaneverket (JBV) har følgende likheter og forskjeller med kriteriene i TEK 10:

- Kriteriene fra TEK 10 er formulert som krav, mens dimensjoneringskriteriene i SVV er formulert som en anbefaling: "Ut fra lokale forhold bør en kritisk vurdere valg av returperiode og nedbørintensitet ved utforming og dimensjonering av avvannings-, drenerings- og sikringssystemene." Dimensjoneringskriteriene i Tabell 4 er per element; det er ikke eksplisitte krav for hele dreneringssystemet.
- TEK 10 for flom, klasse F2 setter krav til største nominell sannsynlighet på 1/200 år. I dimensjoneringsanbefalingene i SVV benyttes 200 års returperiode for flom for dimensjonering av byggehøyde for vei, hvis veien har omkjøringsmuligheter. Hvis veien ikke har omkjøringsmuligheter benyttes en høyere returperiode. Hvis veien er av mindre viktighet benyttes returperiode på 50 år.
- Ved dimensjonering av dreneringssystemet benyttes returperioder på 200 år eller lavere.
 - JBV legger til grunn 200 års gjentaksintervall for nedbør (samt et klimafaktor påslag på 20 %) for dimensjoneringsberegninger av stikkrenner og øvrig dreneringsanlegg.
 - SVV benytter 50 - 100 års gjentaksintervall for nedbør (for henholdsvis veier med og uten omkjøringsmuligheter) ved dimensjonering av rister, sluk og overvannsledning langs veien. Det åpnes dermed implisitt for å akseptere høyere hyppighet av "flashfloods"/urbane flommer som kan føre til kortere tids stengning av vei. I TEK 10 er det ikke skilt på flomtype. Drenering på tvers av veien dimensjoneres for 100 - 200 års nedbør henholdsvis for veier med og uten omkjøringsmuligheter.

Ved spesifisering av sikkerhetsklasser for vei, kan det, i tillegg til byggehøyde være aktuelt å sette krav til dreneringssystemet, for eksempel krav til største årlige nominelle sannsynlighet for underkapasitet i dreneringssystemet.

5 Konklusjon

I Norge er det gitt kvantifiserte sikkerhetskrav for flom og skred for ny bebyggelse og infrastruktur:

- Byggeteknisk forskrift (TEK10) til plan- og bygningsloven setter krav til sikkerhet for flom og skred for nye bygg og anlegg. Kravene er differensiert etter sikkerhetsklasser som hovedsakelig er basert på eksponering: antall eksponerte og eksponeringstid. Dette gir en gradering av akseptabel risiko for nye bygg. For ny bebyggelse er det gjennom dette definert et absolutt skille mellom akseptabel og uakseptabel risiko.
- Statens vegvesen har lagt frem et forslag til risikoakseptkriterier for skredhendelser på vei for ulike typer vei/trafikkmengde. Disse risiko-akseptkriteriene omfatter alle tiltak på og langs vei som krever byggeplan-/reguleringsplan. Kriteriene definerer risikoen i tre akseptklasser: Akseptabel risiko, tolererbar risiko (der aksept avhenger av skredintensitet og kost-nytte analyse) og uakseptabel risiko. For flom finnes ikke tilsvarende eksplisitte akseptkriterier for vei, men kriteriene er formulert implisitt i form av dimensjoneringskriterier for flom og nedbør.
- Jernbaneverket har overordnede kvantitative risikoakseptkriterier, samt dimensjoneringskriterier for flom.
- En nasjonal modell for fjellskredrisiko har blitt utviklet i form av en risikoklassifiseringsmatrise for oppfølging med overvåkning og videre undersøkelser av ustabile fjellskråninger i Norge.

For eksisterende bygg og infrastruktur finnes ikke tilsvarende uttrykk for akseptabel risiko som i TEK10. NVEs praksis ved planlegging av sikringstiltak har i utgangspunktet vært å velge sikkerhetsnivå ut fra en kostnads-/nyttevurdering, men med noen normer for minimumsbedring av sikkerheten. Akseptkriteriene foreslått av Statens vegvesen kan være en veileder med hensyn på behov for skredsikringstiltak langs eksisterende vei.

En sammenlikning mellom akseptkriteriene i TEK 10 og i modellen til Statens Vegvesen (SVV) viser at det er få konflikter mellom disse kriteriene. Unntakene er:

- SVVs modell kan i teorien akseptere 100 m brede skred med årlig sannsynlighet 0,05 mot vei med ÅDT opp til 4000. Dette tilfellet vil gi en høyere treffsannsynlighet enn det TEK 10, S2 tillater.
- Høyere treffsannsynligheter i SVVs modell enn i TEK 10 kan forekomme for kombinasjoner av trafikkmengde og skredsannsynlighet som ligger i tolerabelt område og for skred som er bredere enn 20 m. Men i tolerabelt område vil aksept avhenge av skred intensitet og kost-nytte vurderinger. Brede skred vil dermed implisere behov for tiltak.

For individuell risiko er det kun skredsannsynligheter i tolerabelt område og brede skred som fører til individuelle risiko verdier som er høyere enn tilsvarende verdier beregnet fra TEK 10, dvs. 10^{-4} per år. Jernbaneverket opererer også med 10^{-4} per år som høyeste krav til individuell risiko.

For materielle skader forårsaket av flom finnes det ikke tilsvarende kriterier, men det er gjort sammenlikninger med dimensjoneringskriterier for vei høyde og drenerings-systemet definert av Statens vegvesen (SVV). Dimensjoneringskriteriene som benyttes i SVV er bare delvis i tråd med kravene i TEK 10. SVV benytter lavere returperioder for dimensjonering av dreneringssystemene og åpner dermed implisitt for å akseptere en høyere sannsynlighet for flom mot vei enn største tillatte nominelle sannsynlighet i TEK 10.

6 Referanser

DSB (2013) Nasjonalt risikobilde. Katastrofer som kan ramme det norske samfunnet. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, ISBN: 978-82-7768-308-9.

Fell R, Ho KKS, Lacasse S, Leroi E (2005) A Framework for landslide risk assessment and management, Proceedings of the international conference on landslide risk management, Vancouver, Canada, 31 Mai – 3 jui 2005.

Glade, T. (2004). Vulnerability Assessment in Landslide Risk Analysis. Die Erde (Beitrag zur Erdsystemforschung) 134: 121-138.

Sikkerhetshåndboken(2013) 3. juli 2013,

<http://www.jernbaneverket.no/PageFiles/25298/Sikkerhetsh%c3%a5ndboken%2010%207%202013.pdf>

Heinimann HR (1999) Risikoanalyse bei gravitativen Naturgefahren – Fallbeispiele und Daten. Umwelt-Materialien 107/I, Bern

Hermanns RL, Oppikofer T, Anda E, Blikra LH, Böhme M, Bunkholt H, Crosta GB, Dahle H, Devoli G, Fisher L, Jaboyedoff, Loew S, Sætre S, Molina FY (2012) Recommended hazard and risk classification system for large unstable rock slopes in Norway. NGU report no. 2012.029, available at <http://www.ngu.no/en-gb/hm/Publications/Reports/2012/2012-029/>

Håndbok 16, Geoteknikk i vegbygging, Juni 2010, tilgjengelig på: www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Handboker

Håndbok 017, Veg- og gateutforming, Oktober 2013, tilgjengelig på: www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Handboker

Håndbok 018, Vegbygging, Statens vegvesen Januar 2011, tilgjengelig på: www.vegvesen.no/Fag/Publikasjoner/Handboker



Kjerkreit A (2013): "Teoretisk grunnlag for samfunnsøkonomiske analyser", Kurs om skredmodulen i EFFEKT, Teknologidagene i Trondheim 24. Oktober 2013.11.21

Kristensen K, Harbitz C B, Harbitz A (2003). EU program CADZIE. Vegtrafikk og skred – Metoder for risikovurdering og risikohåndtering. NGI rapport 20001289-3.

Statens vegvesen (2012) v. Norem, H., Bjordal, H., Larsen, J. O. og Dahle, H.: "Forslag til risikoakseptkriterier for skredhendelser på veg", Notat til Randi Harnes, 27.9.2012

Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



Dokumentinformasjon/Document information													
Dokumenttittel/Document title Sammenligning av risikoakseptkriterier for skred og flom						Dokumentnr./Document No. 20130800-01-R							
Dokumenttype/Type of document Rapport/Report		Distribusjon/Distribution Begrenset/Limited				Dato/Date 16. desember 2013		Rev.nr.&dato/Rev.No.&date 1 /2014-02-11					
Oppdragsgiver/Client FoU program "Naturfare- Infrastruktur, flom og skred" (NIFS)													
Emneord/Keywords													
Stedfesting/Geographical information													
Land, fylke/Country, County						Havområde/Offshore area							
Kommune/Municipality						Felt navn/Field name							
Sted/Location						Sted/Location							
Kartblad/Map						Felt, blokknr./Field, Block No.							
UTM-koordinater/UTM-coordinates													
Dokumentkontroll/Document control													
Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001													
Rev./ Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision					Egen- kontroll/ Self review av/by:		Sidemanns- kontroll/ Colleague review av/by:		Uavhengig kontroll/ Independent review av/by:		Tverrfaglig kontroll/ Inter- disciplinary review av/by:	
0	Originaldokument					UKE		VK					
1	Revidert etter innspill fra NVE, JBV og SVV												
Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release					Dato/Date 16. desember 2013			Sign. Prosjektleder/Project Manager Unni M. K. Eidsvig					

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen geofagene. Vi utvikler optimale løsninger for samfunnet, og tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg.

Vi arbeider i følgende markeder: olje, gass og energi, bygg, anlegg og samferdsel, naturskade og miljøteknologi. NGI er en privat stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskap i Houston, Texas, USA.

NGI ble utnevnt til "Senter for fremragende forskning" (SFF) i 2002.

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting in the geosciences. NGI develops optimum solutions for society, and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the oil, gas and energy, building and construction, transportation, natural hazards and environment sectors. NGI is a private foundation with office and laboratory in Oslo, branch office in Trondheim and daughter company in Houston, Texas, USA.

NGI was awarded Centre of Excellence status in 2002.

www.ngi.no



Hovedkontor/Main office:
PO Box 3930 Ullevål Stadion
NO-0806 Oslo
Norway

Besøksadresse/Street address:
Sognsveien 72, NO-0855 Oslo

Avd Trondheim/Trondheim office:
PO Box 1230 Pirsenteret
NO-7462 Trondheim
Norway

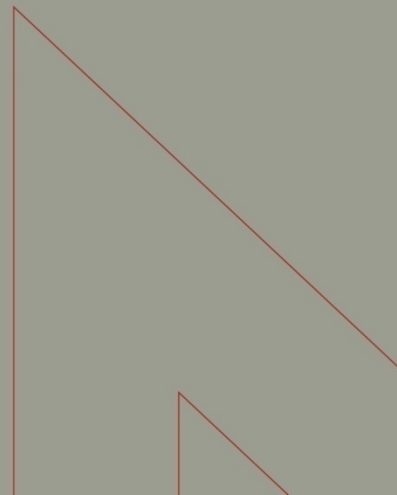
Besøksadresse/Street address:
Pirsenteret, Havnegata 9, NO-7010 Trondheim

T: (+47) 22 02 30 00
F: (+47) 22 23 04 48

ngi@ngi.no
www.ngi.no

Kontonr 5096 05 01281 / IBAN NO26 5096 0501 281
Org. nr./Company No.: 958 254 318 MVA

BSI EN ISO 9001
Sertifisert av/Certified by BSI, Reg. No. FS 32989



Utgitt i Rapportserien i 2014

- Nr. 1 Analyse av energibruk i forretningsbygg. Formålsdeling. Trender og drivere
- Nr. 2 Det høyspente distribusjonsnett. Innsamling av geografiske og tekniske komponentdata
- Nr. 3 Naturfareprosjektet Dp. 5 Flom og vann på avveie. Dimensjonerende korttidsnedbør for Telemark, Sørlandet og Vestlandet: Eirik Førland, Jostein Mamen, Karianne Ødemark, Hanne Heiberg, Steinar Myrabø
- Nr. 4 Naturfareprosjektet: Delprosjekt 7. Skred og flomsikring. Sikringstiltak mot skred og flom Befaring i Troms og Finnmark høst 2013
- Nr. 5 Kontrollstasjon: NVEs gjennomgang av elsertifikatordningen
- Nr. 6 New version (v.1.1.1) of the seNorge snow model and snow maps for Norway. Tuomo Saloranta
- Nr. 7 EBO Evaluering av modeller for klimajustering av energibruk
- Nr. 8 Erfaringer fra ekstremværet Hilde, november 2013
- Nr. 9 Erfaringer fra ekstremværet Ivar, desember 2013
- Nr. 10 Kvartalsrapport for kraftmarknaden. 4. kvartal 2013. Ellen Skaansar (red.)
- Nr. 11 Energibruksrapporten 2013
- Nr. 12 Fjernvarmens rolle i energisystemet
- Nr. 13 Naturfareprosjektet Dp. 5 Flom og vann på avveie. Karakterisering av flomregimer. Delprosjekt. 5.1.5
- Nr. 14 Naturfareprosjektet Dp. 6 Kvikkleire. En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktorer i prosjektering i norske leirer
- Nr. 15 Tilleggsrapport: Oppsummering av Energimyndighetens og NVEs gjennomgang av elsertifikatordningen
- Nr. 16 Flomberegning for Nesttunvassdraget (056.3Z). Thomas Væringstad
- Nr. 17 Årsrapport for tilsyn
- Nr. 18 Verktøyprosjektet - hydrologi 2010-2013. En oppsummering av aktiviteter og resultater. Erik Holmqvist (red.)
- Nr. 19 Flom og jordskred i Nordland og Trøndelag desember 2013. Elin Langsholt, Erik Holmqvist, Delia Welle Kejo
- Nr. 20 Vindkraft i produksjon i 2013
- Nr. 21 FoU-prosjekt 81072 Pilotstudie: Snøskredfarekartlegging med ATES (Avalanche Terrain Exposure Scale) Klassifisering av snøskredterreng for trygg ferdsel
- Nr. 22 Naturfareprosjektet: Delprosjekt 3.1. Hvordan beregne ekstremverdier for gitte gjentaksintervaller? Manual for å beregne returverdier av nedbør for ulike gjentaksintervaller (for ikke-statistikker)
- Nr. 23 Flomsonekart Delprosjekt Tuv. Kjartan Orvedal, Julio Pereira
- Nr. 24 Summary of the review of the electricity certificates system by the Swedish Energy Agency and the Norwegian Water Resources and Energy Directorate (NVE)
- Nr. 25 Landsomfattende mark- og grunnvannsnett. Drift og formidling 2011. Jonatan Haga Per Alve Glad
- Nr. 26 Naturfareprosjektet: Delprosjekt 1 Naturskadestrategi. Sammenligning av risikoakseptkriterier for skred og flom. Utredning for Naturfareprogrammet (NIFS)



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no

