VEILEDER

Nr. 1/2019

Sikkerhet mot kvikkleireskred

Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper



Veileder nr. 1/2019

Sikkerhet mot kvikkleireskred : vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper

Utgitt av:	Norges vassdrags- og energidirektorat
Redaktører:	Toril Wiig, Stein-Are Strand og Ellen Davis Haugen
Forsidefoto:	Kvikkleireskred i Lyngen, 3.9.2010 Foto: Andrea Taurisano
Figurer:	NGI v/Tim Gregory
ISBN:	978-82-410-2091-9
ISSN:	1501-0678

Sammendrag: 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 utdyper byggteknisk forskrift (TEK17) og NVEs retningslinjer "Flaum- og skredfare i arealplanar".

Emneord: Kvikkleire, sprøbruddegenskaper, sprøbruddmateriale, kvikkleireskred, områdeskred, områdestabilitet

Spørsmål og svar om NVE Veileder 1/2019:
https://www.nve.no/om-nve/spoer-nve/om-kvikkleire/spoersmaal-og-svar-om-kvikkleireveilederen/

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 22 95 95 95
E-post: nve@nve.no
Internett: www.nve.no

desember, 2020

Innhold

Forord **3**

1 Formål og virkemåte **4**

2 Områdeskred **5**

2.1 Jordarter med sprøbruddegenskaper 7
2.2 Hvor finner vi jordarter med sprøbruddegenskaper? 8
2.3 Hva utløser skred? 10
2.4 Skredmekanismer i sprøbruddmateriale 12
2.4.1 Retrogressive skred 12
2.4.2 Rotasjonsskred 14
2.4.3 Flakskred 15
2.5 Nedbør og klimaendringer 15
2.6 Kartlegging av fareområder 16
2.7 Behov for utredning av skredfare 17
2.8 Aktsomhet i strandsonen 18

3 Hvordan oppnå tilstrekkelig sikkerhet mot områdeskred 19

3.1 Krav til geoteknisk kompetanse 19
3.2 Prosedyre for utredning av områdeskredfare 19
3.3 Sikkerhet mot områdeskred 24
3.3.1 Valg av tiltakskategori 24
3.3.2 Sikkerhetsprinsipp 25
3.3.3 Sikkerhetskrav for tiltakskategori K0 26
3.3.4 Sikkerhetskrav for tiltakskategori K1 26
3.3.5 Sikkerhetskrav for tiltakskategori K2 26
3.3.6 Sikkerhetskrav for tiltakskategori K3 og K4 27
3.3.7 Skråninger utenfor influensområdet til tiltaket 28
3.4 Detaljeringsnivå i arealplaner og byggesak 30
3.4.1 Utredning tilpasset kommuneplanens arealdel 31
3.4.2 Utredning tilpasset områdereguleringsplaner 32
3.4.3 Utredning tilpasset detaljreguleringsplaner 33
3.4.4 Utredning tilpasset byggesak 34

4 Soneutredning 35

4.1 Generelt 35
4.2 Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og potensielt løsneområde 36
4.3 Befaring 37
4.4 Gjennomføring av grunnundersøkelser 37
4.5 Aktuelle skredmekanismer og avgrensing av løsneområde 38
4.5.1 Metodikk for vurdering av skredmekanisme 38
4.5.2 Avgrensning av løsneområde for retrogressive skred 40
4.5.3 Løsneområde for rotasjonsskred og flakskred 41
4.5.4 Endring av eksisterende løsneområder 42
4.6 Avgrensning av utløpsområde 43

4.7 Klassifisering av faresone 44
4.8 Stabilitetsberegninger 44
4.9 Kvalitetssikring av soneutredninger 45
4.10 Dokumentasjon og innmelding av soner 46
5 Stabilitetsberegninger 47
5.1 Analysemetoder (hva skal beregnes) 47
5.2 Lagdeling og laster 47
5.3 Jordparametere 48
5.3.1 Kvalitet 48
5.3.2 Skjærfasthet 48
5.3.3 Effekt av sprøbrudd 49
5.4 Beregningsmetodikk 51
5.5 Dokumentasjon 53
6 Planlegging av bygge- og sikringstiltak i faresoner 54
6.1 Generelle hensyn 54
6.1.1 Miljø- og landskapspåvirkning 54
6.1.2 Anleggsdrift 54
6.1.3 Prosjektering, kontroll og oppfølging av stabiliserende tiltak 55
6.2 Sikring mot skred – stabiliserende tiltak 55
6.2.1 Erosjonssikring 55
6.2.2 Topografiske tiltak 57
6.2.3 Grunnforsterkning ved kalksementstabilisering 58
6.2.4 Grunnforsterkning ved saltstabilisering 58
6.3 Byggetiltak i faresoner som er utredet og ev. sikret 58
7 Grunnundersøkelser 59
7.1 Generelt 59
7.2 Omfang av undersøkelser 59
7.2.1 Grunnlag for avgrensing av faresone 60
7.2.2 Grunnlag for stabilitetsberegninger 62
7.2.3 Grunnlag for detaljprosjektering av sikringstiltak 63
7.3 Kvalitet på grunnundersøkelser 64
7.4 Rapportering av grunnundersøkelser 64
8 Terminologi 65
9 Referanser 69
Vedlegg 1: Innhold i rapport for vurdering av områdestabilitet 74
Vedlegg 2: Gjennomføring av K0-tiltak uten forverring 76

Forord

Norges vassdrags og- og energidirektorat (NVE) har det overordnede ansvaret for statlige forvaltningsoppgaver innen forebygging av flom- og skredulykker. NVE bidrar blant annet med rådgivning i forbindelse med arealplanlegging og utarbeidelse av faglige veiledere.

Skred i kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper har ofte store konsekvenser. Slike skred kan ha stort omfang, medføre skader på bebyggelse og infrastruktur og være til fare for liv og helse. Jordarter med sprøbruddegenskaper finner vi spesielt i områder under marin grense. Her er det ofte mye eksisterende bebyggelse, og dette er også attraktive områder for videre utvikling og utbygging.

Denne veilederen er en revidert utgave av veilederen *«Sikkerhet mot kvikkleireskred – vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre sprøbruddegenskaper»*, utgitt av NVE og sist revidert i 2014. Den første veilederen for vurdering av fare for områdeskred, ble utgitt av NVE i 2007.

Justeringene i denne veilederen er basert på ny kunnskap fra programmet «Naturfare – infrastruktur, flom og skred» (NIFS), et samarbeid mellom Bane NOR (tidligere Jernbaneverket), Statens Vegvesen og NVE. I tillegg er det lagt vekt på at prosedyre og metodikk skal være så enkel og oversiktlig som mulig. I mange tilfeller kan tilstrekkelige avklaringer gjøres ved enkle vurderinger som ikke krever spesiell fagkompetanse. Veilederen er allikevel ingen oppskriftsbok som alle kan følge, da det er helt nødvendig med formell geoteknisk kompetanse og erfaring for å kunne gjøre fullstendige utredninger av faresoner for kvikkleireskred (kvikkleiresoner).

Arbeidet med revisjonen er utført i tett samarbeid med en ekstern arbeidsgruppe med representanter fra det geotekniske fagmiljøet i Norges Geotekniske Institutt (NGI), Multiconsult og Rambøll. Det er i tillegg avholdt orienterings- og koordineringsmøter med Bane NOR, Statens Vegvesen og Standard Norge for nivellering av sikkerhetsprinsipper mellom de ulike regelverk og standarder. Vi har også fått nyttige innspill og kommentarer fra Norges geologiske undersøkelse (NGU) og faggruppe Geoteknikk ved Norges teknisk-naturvitenskaplige universitet (NTNU), samt fra ulike fagmiljøer internt i NVE.

Veilederen har vært på åpen høring vinteren 2019. NVE mottok mange gode innspill som har bidratt til å gjøre sluttproduktet enda bedre. Tusen takk til alle som bidro til dette.

Oslo, desember 2020





Anne Britt Leifseth

Avdelingsdirektør

Ann-Kristin Larsen

Fungerende Seksjonssjef

1 Formål og virkemåte

Formålet med denne veilederen er å gi en metodikk for geotekniske utredninger og dokumentasjon av tilfredsstillende sikkerhet mot områdeskred i kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper, som oppfyller krav til sikker byggegrunn som gitt i plan- og bygningsloven (pbl) § 28-1. Veilederen utdyper byggteknisk forskrift (TEK17 § 7-3) med tilhørende veiledning og NVEs retningslinjer 2/2011 «Flaum- og skredfare i arealplanar» (1).

Veilederen gjelder i områder under marin grense der det planlegges tiltak og hvor det kan være mulighet for enten å forårsake områdeskred, eller at skred som kan utløses i tilstøtende områder kan komme til å berøre tiltaket. Veilederen kan også benyttes for vurdering av sikkerhet for eksisterende bebyggelse, og ved planlegging og gjennomføring av eventuelle sikringstiltak for denne. For selve byggverket blir tilfredsstillende konstruksjonssikkerhet ivaretatt dersom prosjektering skjer i samsvar med gjeldende norske standarder, ref. TEK17 § 10-2. Inngrep i slakere terreng enn kriteriene angitt i prosedyren i kap. 3.2, kan også medføre områdeskred, men fanges ikke opp av denne veilederen. For eksempel gjelder dette flakskred som følge av store oppfyllinger. Slike problemstillinger må ivaretas av geoteknisk prosjektering, ref. TEK17 § 10-2.

Veilederen er primært rettet mot utredningsbehovet i arealplaner og byggesaker. Kravene i plan- og bygningsloven § 28-1 gjelder for alle tiltak som er omfattet av loven, jf. § 1-6 annet ledd og kapittel 20 om søknadsplikt og tillatelse. Selv om tiltaket ikke er søknadspliktig, må kravene i § 28-1 likevel følges for tiltak som er omfattet av loven, jf. pbl § 20-5 siste ledd. Veilederen kan også benyttes for å dokumentere tilstrekkelig sikkerhet mot områdeskred for tiltak som ikke er faller inn under plan- og bygningsloven. Målgruppen for veilederen er både geoteknisk fagkyndige og andre som er involvert i kommunale arealplan- og byggesaker.

Veilederen gir ikke en utfyllende beskrivelse av hvordan områder med skredfare skal innarbeides i kommune- eller reguleringsplaner i form av hensynssoner og planbestemmelser. Det gis eksempler på mulige planbestemmelser i kap. 3.4, ellers er dette nærmere beskrevet i NVEs retningslinjer «Flaum- og skredfare i arealplanar» (1).

Det legges til grunn at jordarter med sprøbruddegenskaper er definert ved å ha omrørt skjærfasthet, $c_{u,r} \leq$ 1,27 kPa iht. ISO 17892-6:2017 (2), det vil si $c_{u,r} \leq 2$ kPa iht. NS8015 (3).

Det understrekes at mindre skred og utglidninger forekommer både i leirterreng og i terreng med andre jordarter som følge av dårlig skråningsstabilitet, for eksempel på grunn av erosjon eller menneskelige inngrep. Utstrekningen av slike utglidninger begrenser seg normalt til den aktuelle skråningen, mens et områdeskred i jordarter med sprøbruddegenskaper vil strekke seg betydelig lengre enn dette. Veilederen er ikke primært myntet på utredning av stabilitet i leirskråninger hvor det ikke forekommer sprøbruddmateriale, men sikkerhets- og utredningsprinsippene i veilederen kan også benyttes for vurdering av stabilitet i slike jordarter.

2 Områdeskred

Områdeskred brukes som samlebegrep for skred i kvikkleire (kvikkleireskred) og andre jordarter med sprøbruddegenskaper. Det som kjennetegner områdeskred er at en relativt liten hendelse, som f.eks. en liten utglidning langs en bekk eller utfylling på toppen av en skråning, kan utvikle seg til et skred som omfatter et stort område. Områdeskred kan bli svært omfattende dersom skredmassene får fritt utløp. Et områdeskred kan utvikle seg både sideveis og bakover eller framover fra der overbelastningen skjer.

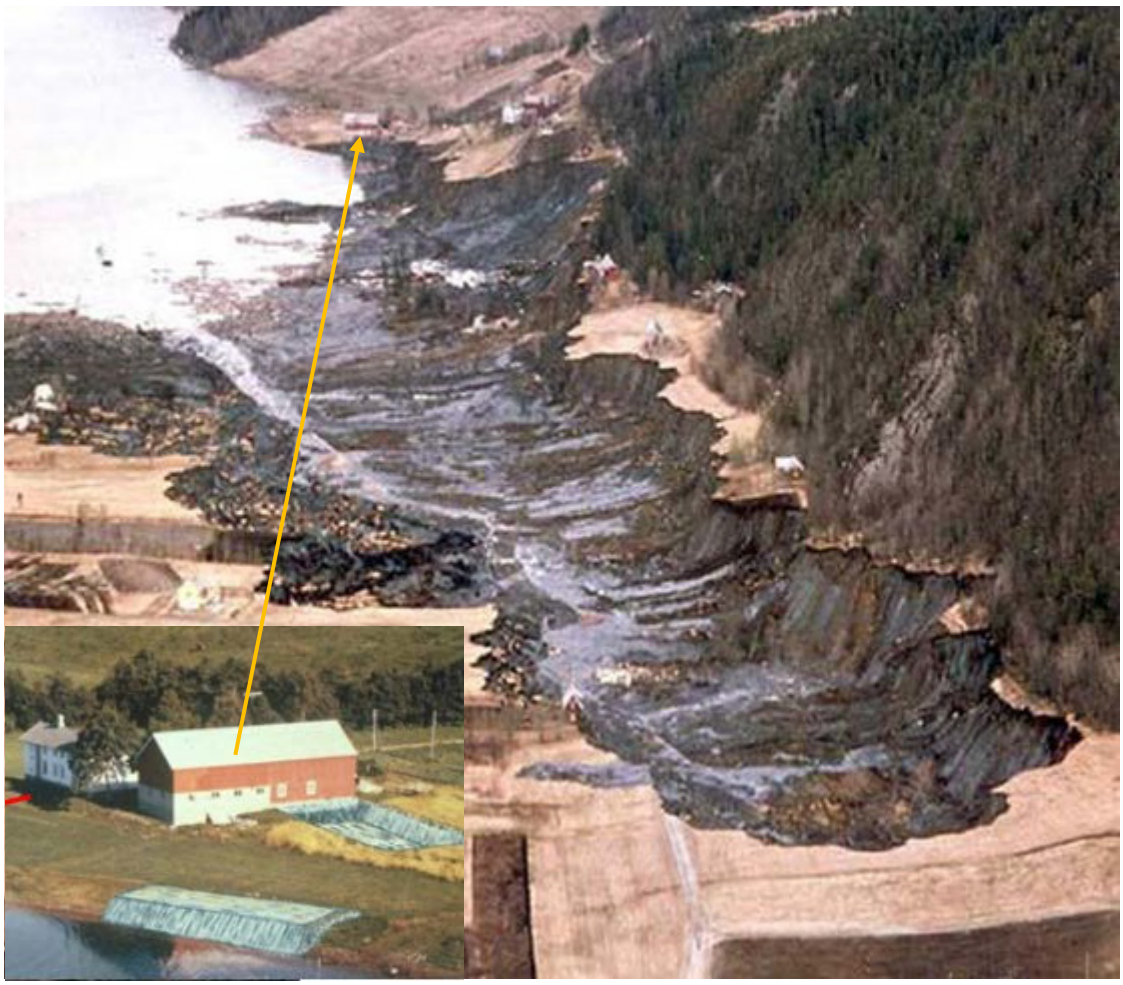
Dokumentasjon av sikkerhet mot områdeskred omtales ofte som dokumentasjon av tilstrekkelig områdestabilitet. Dette omfatter identifisering av mulig fare (aktsomhetsområder), og inkluderer ofte videre utredninger og beregning av stabilitet for analyser av reell fare. Beregninger av stabilitet angir skråningers margin mot brudd og robusthet med tanke på planlagte eller uforutsette fremtidige endringer i belastning av terrenget.

Et brudd i en skråning skjer som følge av en overbelastning. Det vil si at jorda påføres en belastning, utover den belastningssituasjonen den normalt er utsatt for, som medfører at jordas styrke (skjærfasthet) overskrides. En slik overbelastning kan typisk skyldes at man graver for dypt eller for bratt, at masser flyttes på eller at det fylles opp for høyt. En overbelastning kan også skyldes naturlige prosesser som erosjon og høyt poretrykk. Intensive nedbørshendelser kan fremskynde de naturlige prosessene som overflateskred og erosjon. I leirterreng vil det ofte skje utglidninger som følge av lokale overbelastninger. I noen tilfeller kan slike mindre skred virke som utløsende faktor (initialskred) for større områdeskred.



Figur 2.1 Områdeskred utløst av erosjon i en kvikkleiresone på Byneset i Trondheim i 2012. Foto: NVE

Kvikkleireskred er en type områdeskred. Rissaskredet i 1978 er et av de mest kjente kvikkleireskredene, se Figur 2.2. Masser som var gravd ut for å gi plass til et tilbygg, ble lagt ut som en fylling i strandsonen til innsjøen Botnen. Fyllingen medførte en lokal overbelastning, og dette initialskredet forplantet seg sideveis og bakover og utviklet seg til et områdeskred. Det meste av skredmassene havnet i innsjøen, og utstrekningen av disse (utløpsområdet) fremgår ikke av bildet. Rissaskredet ble filmet av to amatørfotografer. Filmen som dokumenterer hendelsen (4), gir et godt innblikk i hvordan et initialskred kan utvikle seg til et områdeskred når det er kvikkleire i grunnen.

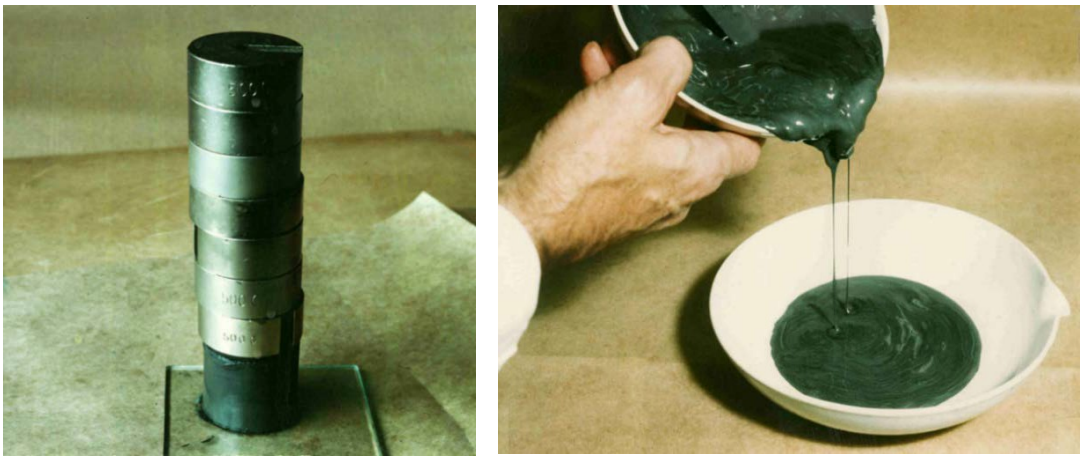


Figur 2.2 Rissaskredet 1978. Skredets utbredelse kommer frem av det store bildet. Innfelt bilde viser utgraving og oppfyllingen som forårsaket initialskredet, illustrert av Kjell Karlsrud, NGI. Foto: Adresseavisen

2.1 Jordarter med sprøbruddegenskaper

Jordarter med sprøbruddegenskaper (sprøbruddmateriale) er i geoteknisk sammenheng definert som jordarter som utviser en sprø oppførsel på grunn av at de mister mye av sin styrke (skjærfasthet) ved overbelastning. Denne egenskapen medfører at brudd i slike materialer gir en plutselig kollaps uten særlig forvarsel. Sprøbruddmateriale, som i utgangspunktet kan ha en betydelig skjærfasthet, kan bli nærmest flytende når det overbelastes. Kvikkleire er det mest ekstreme eksemplet på slike materialer.

En overbelastning av sprøbruddmateriale vil medføre brudd i det aktuelle området, det vil si i et punkt i grunnen. Dette medfører at lastene i dette punktet må overføres til naboområdene/nabopunktene. Dersom disse også går til brudd, vil bruddet forplante seg videre til neste materialpunkt, videre til neste osv. Dette kalles et progressivt brudd, analogt fallende dominobrikker. Når det har utviklet seg en kontinuerlig bruddsone, vil en skalk eller et større flak kunne gli ut. Et progressivt brudd gir en rask bruddutvikling som kan forplante seg langt. Hvor langt avhenger av flere faktorer, blant annet hvor flytende massene blir etter brudd, hvordan lagdelingen i skråningen er og hvordan terrengforholdene er i området.

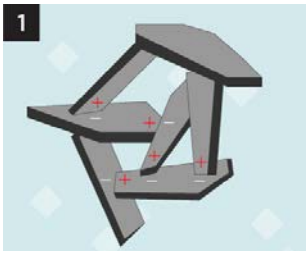


Figur 2.3 Illustrasjon av forskjellen i kvikkleiras egenskaper før og etter en overbelastning. Før brudd kan kvikkleira bære relativt stor last og etter brudd blir leira flytende (Foto: NGI).

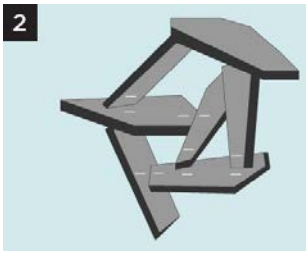
2.2 Hvor finner vi jordarter med sprøbruddegenskaper?

Jordarter med sprøbruddegenskaper finner vi først og fremst i områder med marine avsetninger, og det er skred i slike jordarter som beskrives og omhandles av denne veilederen. Løst lagret sand og silt i elve- og deltaavsetninger kan også utvise sprøbruddoppførsel, se kap. 2.8.

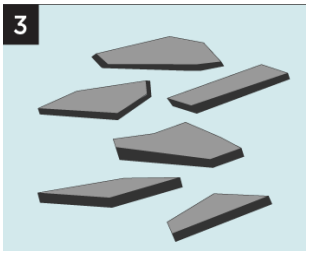
Under siste istid førte breene med seg store mengder slam i smeltevann som ble avsatt i datidens fjord og hav. De minste partiklene ble fraktet lengst ut fra land og avsatt på sjøbunnen som tykke leiravsetninger. Slik leire kalles marin leire. Illustrasjonene nedenfor (basert på Reite et al (5)) viser hvordan kvikkleire dannes.



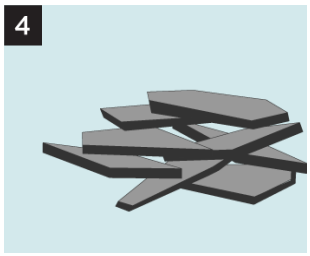
De flakformede leirpartiklene i den marine leira danner en åpen «korthusstruktur», hvor det er saltholdig porevann i hulrommet mellom partiklene. Som følge av saltet, oppstår tiltrekkende krefter mellom leirpartiklenes kanter og flater. Disse bindingskreftene medfører at korn-strukturen er stabil. Den åpne strukturen mellom leirpartiklene gir stort porevolum og fører til at marin leire ofte har høyt vanninnhold.



Over tid kan saltet i porevannet til den marine leira bli vasket ut av ferskt grunnvann som strømmer gjennom leira, se Figur 2.4. Bindingskreftene mellom leirpartiklene blir på denne måten svekket, og leire med sprøbruddegenskaper (inkl. kvikkleire) blir dannet. Det kan også oppstå leire med sprøbruddegenskaper i marin leire som ligger under dagens havnivå på grunn av grunnvannsstrømning i berg og langs vannførende lag av løsmasser. Prøvetaking langs kysten av Norge, har påvist kvikkleire minst 100 m utenfor dagens strandlinje (6).

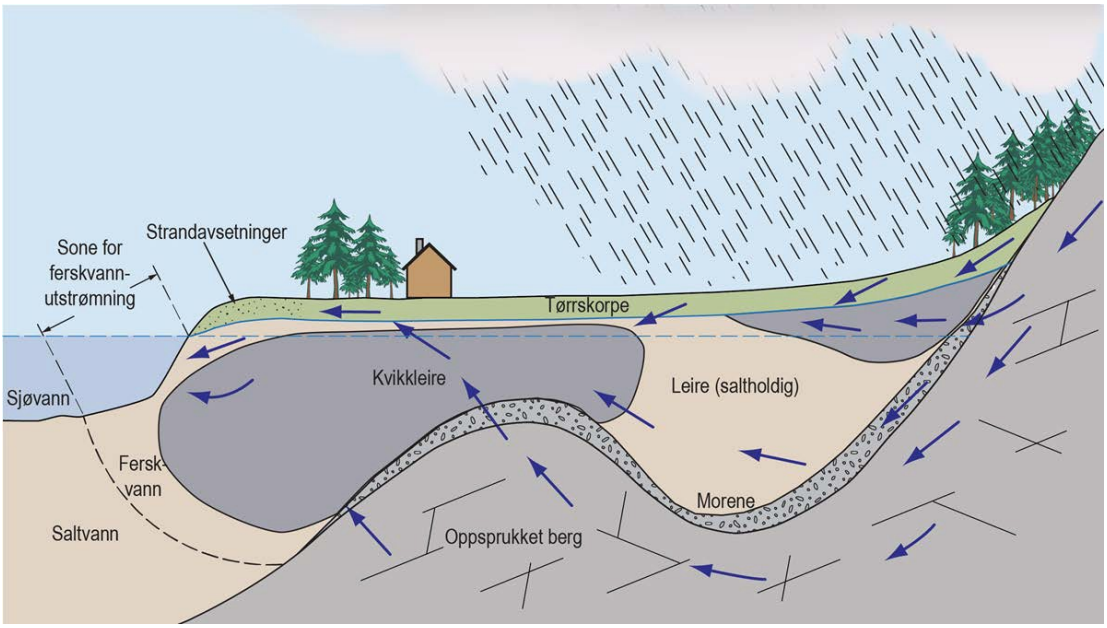


Når leire med sprøbruddegenskaper (inkl. kvikkleire) overbelastes, kollapser kornstrukturen slik at det blir overskudd av vann. Leirpartiklene flyter da i porevannet sitt, og fremstår som en tyntflytende leirsuppe.



Når skredmassene avsettes etter skred får leira en tettere og mer stabil kornstruktur, og vil dermed ikke ha samme sprøbruddegenskaper som den hadde før brudd.

Leirpartikler avsatt i ferskvann får ikke en tilsvarende korthusstruktur, og ferskvannsleirene har derfor heller ikke de samme sprøbruddegenskapene som utvasket marin leire.



Figur 2.4 Illustrasjon etter NIFS-rapport 26/2013 (6) som viser hvordan ferskvann som over tid strømmer gjennom marin leire, kan medføre utvasking av salt i leira.

Etter istiden har landet hevet seg, og det som tidligere var marin leire på fjordbunnen har blitt fruktbare arealer på land. Under landhevingen ble landskapet erodert av elver, bekker og bølger. I noen områder ble det avsatt grovere materialer av varierende tykkelse over de marine leirene. Erosjonsprosesser har utløst skred og det er fremdeles mulig å se spor i landskapet etter store forhistoriske skred som også må ha involvert kvikkleire. Disse langsomme prosessene har vært med på å forme landskapet slik det er i dag.

Grensen for hvor høyt vi finner landområder som tidligere har ligget under havnivå, kalles marin grense. Marin grense representerer det høyeste nivået havet stod rett etter siste istid. Nivå for marin grense varierer etter hvor du er i landet. På Østlandet finner vi marin grense cirka 220 meter over dagens havnivå, mens den i Troms ligger cirka 90 meter over dagens havnivå. Kvikkleireforekomster finner vi bare under marin grense. NGU-kartet Løsmasser og marin grense (7) angir hvor vi finner marin grense i Norge, og eventuelle usikkerheter knyttet til fastsettingen av denne.

NGU-kartet viser også løsmassetyper og løsmassenes fordeling (kvartærgeologiske kart). Marin leire finnes innenfor løsmassetypen «Hav- og fjordavsetninger», men ofte ligger det marin leire også under andre løsmassetyper. Typisk vil elve- og breelvavsetninger kunne ligge over marine leirer, men også andre løsmassetyper som for eksempel myr eller morene kan ligge som et dekke over marin leire. I utbygde områder skal man være oppmerksom på at det kan ligge fyllmasser over marin leire. Ut mot sjøen vil det ofte være marin leire under marine strandavsetninger. Det er derfor viktig å ha tilstrekkelig kunnskap om løsmasseavsetningene (kvartærgeologi) i et område når man skal vurdere hvor det kan forekomme kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper.

Det må utføres geotekniske grunnundersøkelser med prøvetaking for sikker påvising av sprøbruddmateriale.

2.3 Hva utløser skred?

Skred i sprøbruddmateriale er enten forårsaket av naturlige prosesser eller utløst på grunn av menneskelige inngrep.

Tidligere dominerte naturlige utløsende årsaker som erosjon i elver og bekker. Det finnes fremdeles eksempler på skred som utløses som følge av erosjon, for eksempel var skredene på Byneset i Trondheim i 2012 (Figur 2.1) og Jonsrud i Vefsn i 2020 (Figur 2.7) utløst av erosjon.

Overflateskred (Figur 2.5) kan også medføre redusert stabilitet i en kvikkleireskråning, men disse vil ofte ha begrenset omfang og konsekvens fordi de er relativt grunne. Utløsende årsak for overflateskred er vanligvis knyttet til nedbør som medfører vannmetning i de øvre lag. Menneskelig inngrep i form av at overflatevann/drensvann blir sluppet ut i toppen av skråninger, mindre utfyllinger/hageavfall i skråningstopp eller økte og mer konsentrerte vannmengder på grunn opparbeiding av tette flater er eksempler på medvirkende årsaker til overflateskred.



Figur 2.5 Overflateskred i leire som følge av høy nedbørintensitet. Foto: Ellen Davis Haugen, NVE

Erfaring viser at menneskelige inngrep i form av anleggsarbeider oftere enn før er årsaken til skred i sprøbruddmaterialer (8). Eksempler på inngrep som har utløst skred er utfylling i topp av skråning, graving i skråningsfot eller større masseforflytninger f.eks. ved bakkeplanering. Skredet ved Skjeggestad bru på E18 i Vestfold i 2015 er et eksempel på skred utløst av anleggsarbeider, se Figur 2.6 og NVE-rapport 49/2015 (9). Flere skredhendelser i strandsonen har i de siste årene vært utløst av anleggsarbeid, ofte som følge av at svake lag ikke har blitt oppdaget og tatt hensyn til.

Det har forekommet at sprengningsarbeider har forårsaket skred. For eksempel var dette tilfelle i Kattmarka i Namsos i 2009, hvor en del av berget ble skutt ut i leira med en slik kraft at leira ble overbelastet (10). Rystelser fra trafikk vil ikke kunne utløse skred, men ved anleggsarbeider må man være spesielt oppmerksom på virkninger fra sprengning og komprimering. Jordskjelv er ikke kjent å være direkte utløsningsårsak for kvikkleireskred i Norge i nyere tid. Det antas at historiske skred kan være utløst i forbindelse med jordskjelv.

Helt avgjørende for å redusere antall skredhendelser i sprøbruddmaterialer er å unngå å utløse initialskredene, enten de er menneskeskapte eller naturlig utløste. I forbindelse med planlegging og gjennomføring av byggetiltak er det derfor viktig å avklare hvilke type hendelser og tilleggsbelastning som kan utløse skred, og hvilke tiltak og forholdsregler som eventuelt må iverksettes for å unngå dette. Som forebygging av naturlig utløste skred vil sikring mot erosjon og håndtering av overflatevann være viktig.

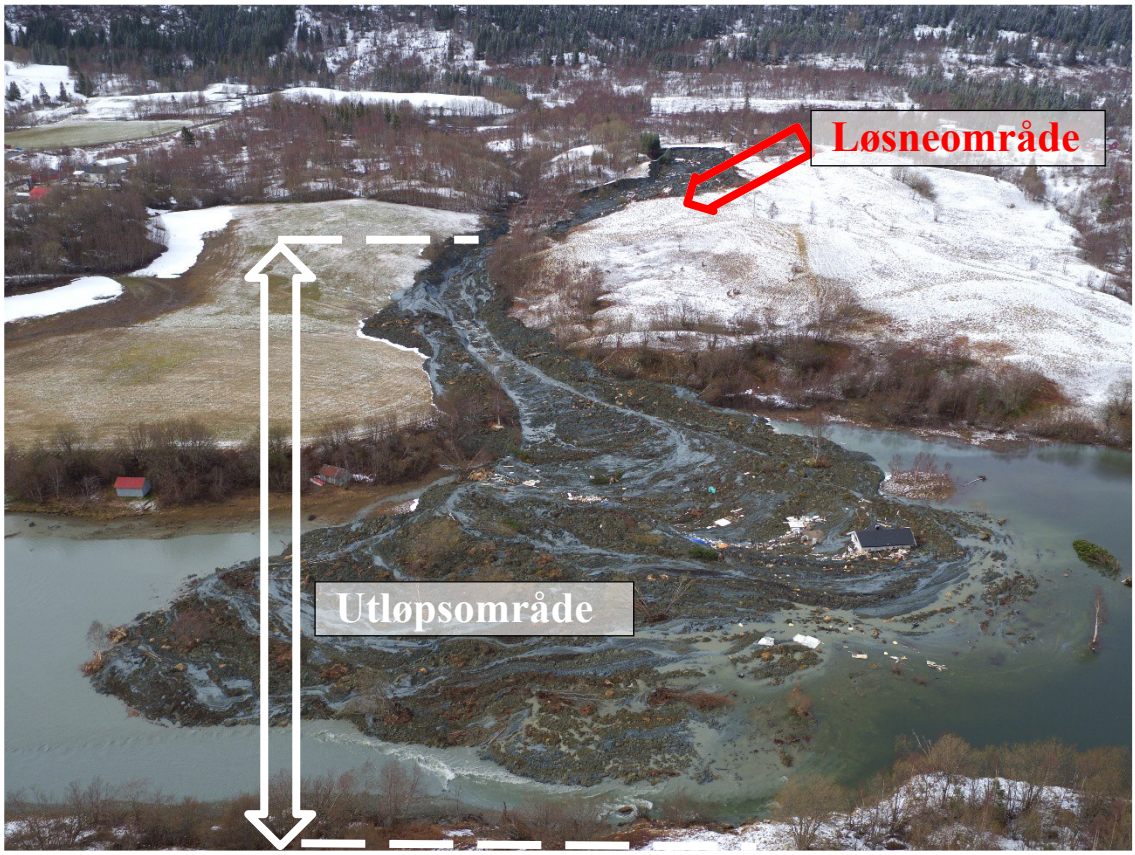


Figur 2.6 Skredet ved Skjeggestad bru på E18 i Vestfold utløst av fyllingsarbeider. Foto: Dronebilde, Orbiton

2.4 Skredmekanismer i sprøbruddmateriale

Alle skred er unike i form og forløp, og består ofte av en kombinasjon av ulike skredmekanismer. Jordartens egenskaper, lagtykkelser, terrengformasjoner og terrenghelning er av betydning for hvor store områder som kan bli omfattet av et skred. Ved vurdering av omfang av skred, skilles det mellom løsneområder og utløpsområder. Det arealet hvor skredmassene glir ut fra når et skred inntreffer kalles løsneområder. Det arealet hvor skredmassene avsettes kalles utløpsområder. Figur 2.7 viser løsne- og utløpsområdet for skredet ved Jonsrud i Vefsn 2020. I praksis ser man ofte at disse områdene overlapper hverandre, da det ofte avsettes skredmasser også i løsneområdet.

For nærmere beskrivelse av hvordan vurdere aktuelle skredmekanismer i sprøbruddmateriale, vises det til kap. 4.5.



Figur 2.7 Skredet ved Jonsrud i Vefsn 2020, rød pil peker på løsneområdet og hvit pil angir utløpsområdet til skredet. Foto: Dronebilde, Scanflight.

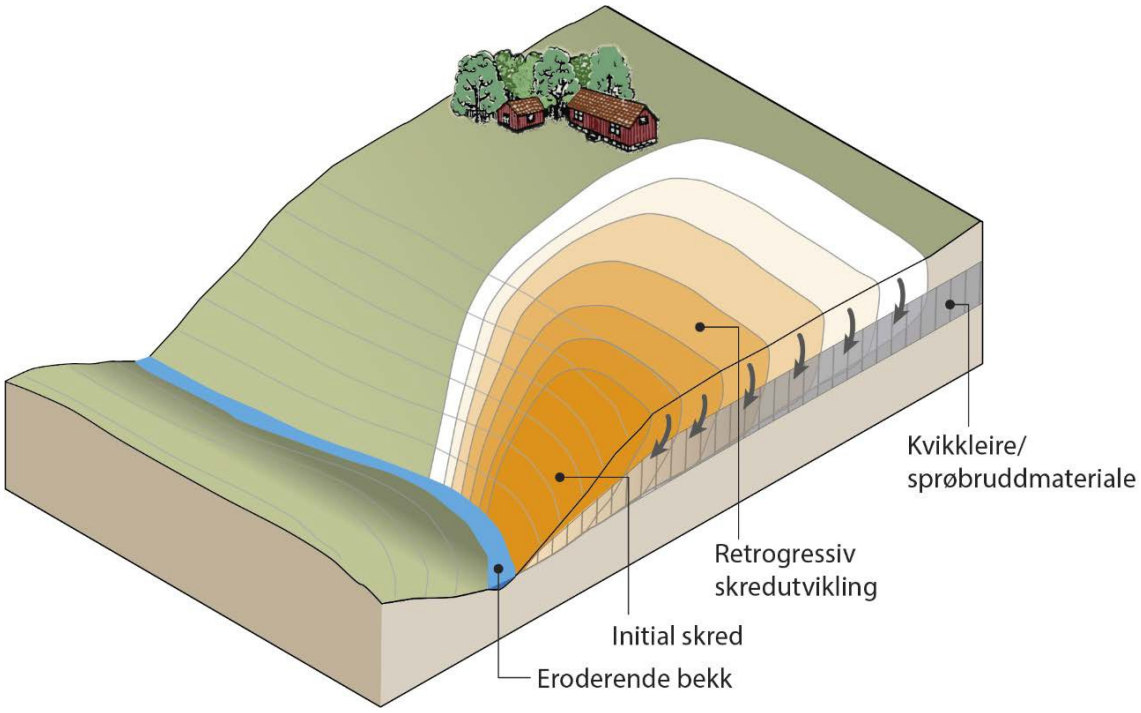
2.4.1 Retrogressive skred

Retrogressive (bakovergripende) skred er kanskje den mest kjente skredmekanismen i kvikkleire. Flere av de store, kjente kvikkleireskredene har vært retrogressive skred som har hatt store løsne- og utløpsområder. Skredet i Rissa i 1978 utviklet seg så langt som 1,5 km bakover fra der det startet.

Et retrogressivt skred starter med et initialskred i en skråning, for eksempel som følge av erosjon, graving eller fylling. Skredet utvikler seg videre bakover eller sideveis i skalker som vist i Figur 2.8. Hver enkelt skalk løsner som et resultat av at støtten nedenfor er fjernet, skredmassene blir omrørt og strømmer ut av

skredgropen. Prosessen etterlater en ustabil og bratt skråning, og skredmekanismen fortsetter til en stabil bakkant står igjen, eller at det ikke er mer kvikkleire/sprøbruddmateriale igjen.

Retrogressive skred kan utvikle seg til en pæreformet/flaskehalsformet skredgrop. Kvikkleireskredet i Lyngen i 2010 er et eksempel på et retrogressivt skred som ble utløst av et initialskred grunnet utfylling nede ved vannkanten, se Figur 2.9.



Figur 2.8 Prinsipp for hvordan et retrogressivt skred utvikler seg bakover fra et initialskred i skråningsfoten.



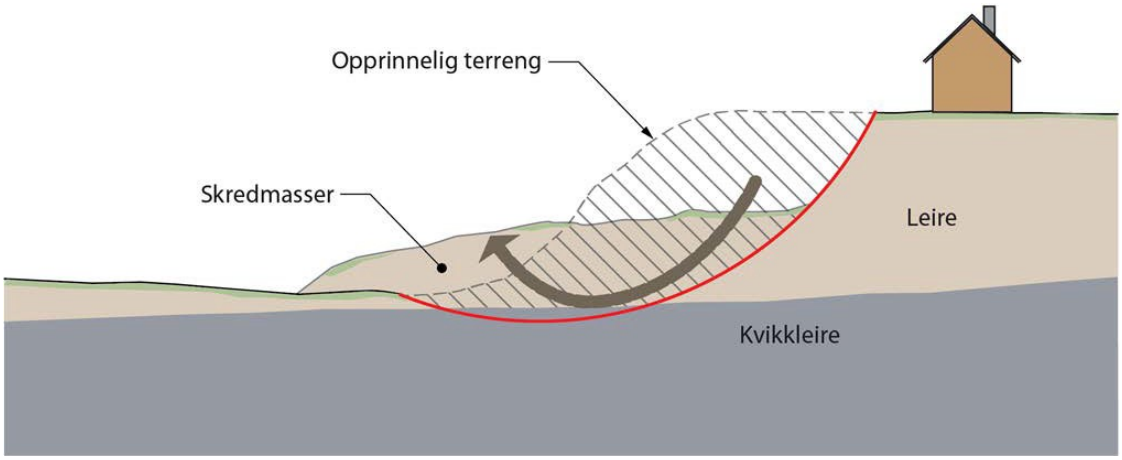
Figur 2.9 Kvikkleireskredet i Lyngen 2010 som utviklet seg retrogressivt fra et initialskred i strandsonen, Foto: Andrea Taurisano, NVE

2.4.2 Rotasjonsskred

Rotasjonsskred kan inntreffe i alle leirjordarter, ikke bare i sprøbruddmateriale. Typisk for rotasjonsskred er at skredmassene beveger seg mer eller mindre i ett stykke og viser en tydelig rotasjon. Dette vises som en nedsynkning av skråningstoppen og heving i bunnen av skråningen, se Figur 2.10. Den bakre skredkanten ligger ofte rett bak skråningstoppen, men det finnes eksempler på rotasjonsskred av betydelig størrelse hvor skredkanten ligger et godt stykke bak skråningstoppen.

Rotasjonsskred begrenses av størrelsen (høyden) på skråningen skredet går i. På grunn av lagdeling og terrengforhold får ikke alltid skredmassene fritt utløp, noe som vil begrense skredet fra videre retrogresjon. I de tilfellene skredene utvikler seg videre, betegnes det første rotasjonsskredet som et initialskred.

Tosbotnskredet i april 2016 (11), er et eksempel på et stort rotasjonsskred i en skråning med kvikkleire i dybden. Skredet ble utløst på grunn av økt grunnvannstrykk (poretrykk), se Figur 2.11.



Figur 2.10 Prinsippskisse som viser rotasjonsskred.

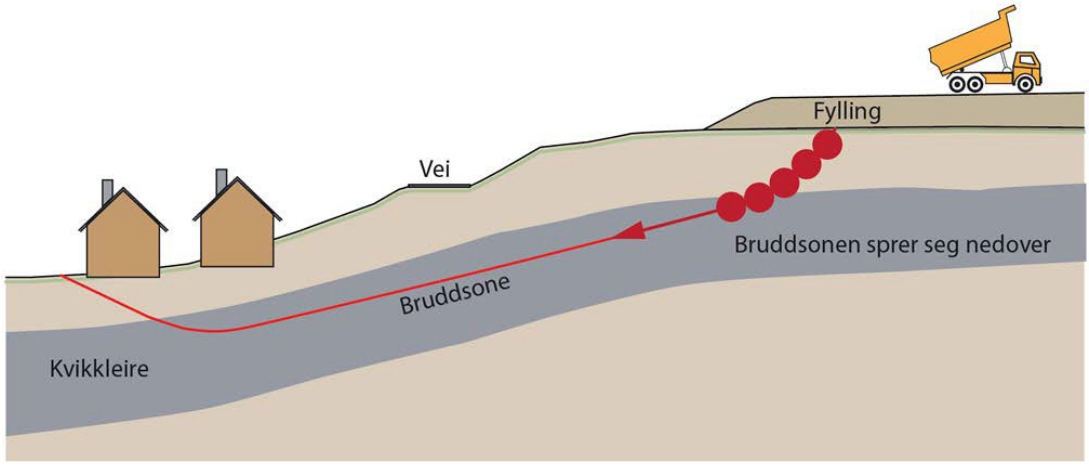


Figur 2.11: Rotasjonsskred i Tosbotn 2016. Foto: Fredrik Høgaas, NGU

2.4.3 Flakskred

Flakskred brukes som betegnelse på skred når et større flak glir ut i en bevegelse. Flakskred inntreffer i relativt slakt terreng, gjerne der man har tynne overflateparallelle lag av kvikkleire eller andre svake lag i grunnen. Flakskred kan utløses av en overbelastning enten i forkant av skråningen eller i bakkant av skråningen. Overbelastningen medfører en progressiv bruddutvikling langs det svake laget, se Figur 2.12. Flakskred benevnes hhv. bakoverrettede flakskred og fremoverrettede flakskred avhengig av hvilken vei bruddsonen forplanter seg.

Dersom utstrekningen av det svake laget er stor og skråningen er høy eller langstrakt, kan løsne- og utløpsområdet for flakskred bli store. Fremoverrettede flakskred blir oftest utløst av oppfylling i eller på toppen av en skråning. Skredet i Vestfossen i 1984 (12) og skredet i Smårød i Sverige i 2006 (13), var begge flakskred.



Figur 2.12 Illustrasjon av progressiv fremoverrettet bruddutvikling hvor bruddet starter i bakkant av flaket.

2.5 Nedbør og klimaendringer

Statistisk sett blir det flere skredhendelser ved oftere og kraftigere nedbør. Skredhyppigheten øker ved store, intense nedbørsmengder og i forbindelse med snøsmelting og vårløsning. For områdeskred er det ikke en slik tydelig sammenheng (14). Kvikkleire dannes ved utvasking av saltet i leiras porevann. Dette er en prosess som tar lang tid - hundre til tusenvis av år - på grunn av at leira er så tett. Det vil derfor ikke plutselig bli mer kvikkleire av flere kraftige regnskyll. Man kan likevel, indirekte, få flere områdeskred ved hyppigere nedbør med økt intensitet, fordi nedbøren fører til metning av de øvre jordlagene og større vannføring i elver og bekker. Dette kan igjen forårsake mer erosjon og flere overflateskred og rotasjonsskred.

Dersom stabiliteten i en skråning i utgangspunktet er lav, slik at skråningen har liten eller ingen robusthet for tilleggsbelastninger, kan økt nedbør, stor snøsmelting og/eller fjære sjø være tilstrekkelig til at skred utløses naturlig. I de fleste tilfeller skal det ytterligere påvirkninger til for utløsning av skred.

2.6 Kartlegging av fareområder

Det aller viktigste man kan gjøre for å unngå kvikkleireskred, er først og fremst å skaffe seg rede på hvor kvikkleira ligger og dernest å informere alle det angår, om hvordan man unngår å utløse skred.

Professor Lars Grande, NTNU

I etterkant av Rissaskredet i 1978, ble det startet opp en nasjonal kartlegging for å identifisere områder som kunne være utsatt for store kvikkleireskred. Bakgrunnen for denne oversiktskartleggingen var ønske om å kartlegge hvilke områder som kunne være skredutsatt slik at man kunne gjøre riktige prioriteringer når det gjelder sikring mot erosjon og dermed reduksjon av fare. I tillegg ville det gi kommuner og tiltakshavere et viktig verktøy ved planlegging for ny bebyggelse og infrastruktur. Metodikken som ble utviklet var tilpasset områder som i utgangspunktet hadde de største mektighetene av marine leirer, i første omgang Trøndelag og Østlandsområdet, altså der man anså at potensialet for store kvikkleireforekomster var størst (15). Oversiktskartleggingen har pågått i mange år og faresoner for kvikkleireskred, som er registrert gjennom dette arbeidet, er tilgjengelig for alle gjennom NVEs «Temakart Kvikkleire» (16). Faresoner for kvikkleireskred blir også ofte kalt kvikkleiresoner, eller bare faresoner.

Det er viktig å være oppmerksom på at oversiktskartleggingen ikke har hatt til hensikt å identifisere alle områder hvor det finnes sprøbruddmateriale, men man har konsentrert seg om å identifisere områdene hvor det kan gå større skred. Lenge var det bare områder større enn 10 mål som ble registrert som faresoner. Mange steder langs kysten er det ikke foretatt slik oversiktskartlegging, og langs elver er sjelden elvedybden tatt med i vurderingene. Dette betyr at det finnes forekomster av sprøbruddmateriale også utenfor de registrerte faresonene, og at det må utvises aktsomhet også utenfor disse så lenge man befinner seg under marin grense. Dette gjelder også i områder hvor det er utført kartlegging. De registrerte faresonene friskmelder *ikke* områdene utenfor. I arealplanleggingen vil disse kartene derfor ikke kunne brukes som eneste grunnlag for en vurdering av fare for områdeskred.

Det blir gjennomført begrenset omfang av grunnundersøkelser i forbindelse med oversiktskartleggingen, og det må derfor oftest gjøres supplerende undersøkelser i forbindelse med areal- og byggeplanlegging. Tilgang til informasjon fra geotekniske grunnundersøkelser er viktig for å kunne fastslå hvilke jordarter som er i grunnen og hvilke mekaniske egenskaper disse har. I forbindelse med byggetiltak i områder hvor det kan være fare for skred, er det derfor viktig å gjøre tilstrekkelig med undersøkelser slik at det kan avklares om området virkelig er utsatt for skredfare eller ikke. I noen tilfeller finnes det resultater fra gamle grunnundersøkelser som, sammen med nye undersøkelser, kan benyttes til disse vurderingene. Data fra grunnundersøkelser samles i Nasjonal database for grunnundersøkelser (NADAG), som finnes i NGUs kartkatalog (7). Det er viktig at alle som utfører grunnundersøkelser bidrar til å rapportere inn sine resultater i denne databasen, slik at kunnskap om grunnforhold gjøres tilgjengelig.

NVEs «Temakart Kvikkleire» (16) viser status for alle registrerte faresoner. Noen av sonene kan være utredet og også sikret i forbindelse med tidligere tiltak i områdene. Kunnskapen om de ulike sonene er derfor svært forskjellig. Informasjon om kunnskapsnivået om faresonene og aktuelle grunnforhold kan finnes i faktaark og via pekere fra temakartet til relevante rapporter. Det er viktig at ny kunnskap om faresonene meldes inn, slik at oppdatert informasjon om skredfare gjøres tilgjengelig.

2.7 Behov for utredning av skredfare

I forbindelse med arealplanlegging, byggesaksbehandling, gjennomføring av byggetiltak og masseflytting skal det dokumenteres sikker byggegrunn iht. plan- og bygningsloven (pbl) § 28-1 og kap. 7 i byggteknisk forskrift (TEK17).

I noen tilfeller kan enkle vurderinger dokumentere at det ikke er fare for at områdeskred kan berøre planområdet, mens i andre tilfeller må det omfattende utredninger og analyser til for å kunne dokumentere tilsvarende. Det er utviklet en stegvis prosedyre, se kap. 3.2, som skal benyttes ved vurdering og utredning av fare for områdeskred. Den første delen av prosedyren, steg 1-3, bidrar til å indentifisere eventuelle aktsomhetsområder for områdeskred basert på tilgjengelig kunnskap. Den andre delen av prosedyren, steg 4-11, beskriver hvordan utredning av fare (soneutredning) skal utføres når det allerede finnes registrerte kvikkleiresoner i området, eller når det ikke kan utelukkes fare for områdeskred etter gjennomgang av prosedyrens første del.

De registrerte faresonene er klassifisert med faregrad og konsekvensklasse, som sammen gir sonens risikoklasse (15). Faregrad er et uttrykk for sannsynligheten for skred, mens konsekvensen angir følgene av et eventuelt skred. Risikoklasse legges til grunn for NVEs prioritering av hvilke faresoner som bør utredes videre for behov for sikring, uavhengig av om det planlegges byggetiltak i disse eller ikke. Det er faregrad (ikke risikoklasse) som har betydning for krav til utredning og sikkerhetsnivå, og som skal legges til grunn for byggetiltak i faresonen.

Krav til detaljeringsgrad og kvalitet på fareutredninger vil være forskjellig på ulike plannivå og i byggesak. Dette vil også avhenge av planformål og type byggverk som planen omfatter. Hva som skal bygges avgjør hvilken tiltakskategori (TEK17 § 7-3) tiltaket plasseres i. Det er sonens faregrad sammen med tiltakskategori som gir føringer for nødvendig utredning og sikkerhetsnivå, se kap. 3.3. For dokumentasjon av tilstrekkelig sikkerhet mot områdeskred må det utføres stabilitetsanalyser, som viser at kravet til sikkerhet er oppfylt. Stabilitetsanalysene skal dokumentere både langtidsstabilitet og korttidsstabilitet. Langtidsstabiliteten sier noe om en situasjon der det ikke forventes å skje noen lastendringer (f.eks. i en naturlig skråning hvor det ikke gjøres inngrep), og beregnes ved en drenert analyse (effektivspenningsanalyse som gir sikkerhetsfaktor $F_{c\varphi}$). Korttidsstabiliteten sier noe om hva skråningen vil kunne tåle av raske lastendringer før den går til brudd (f.eks. som følge av utgraving eller oppfylling), og beregnes ved en udrenert analyse (totalspenningsanalyse som gir sikkerhetsfaktor, F_{cu}).

Omfang av nødvendig utredning og stabilitetsanalyser, vil blant annet avhenge av tiltakets beliggenhet i forhold til faresonens angitte utstrekning og avgrensning, og topografien i området, se kap. 4. Vedlegg 1 viser hva en rapport for vurdering av områdestabiliteten skal inneholde.

Dersom vurderinger og utredning dokumenterer at det er grunn til å endre på avgrensning eller klassifisering av den opprinnelige faresonen, meldes dette inn til NVE for oppdatering av databasen og tilhørende temakart.

2.8 Aktsomhet i strandsonen

Skred i sjø og strandsone er i all hovedsak utløst pga. menneskelig aktivitet. Skredene som utløses kan utvikle seg videre inn på land når det er sprøbruddmaterialer på land. Skred kan også få stor utstrekning sideveis i sjø og kan spre seg svært langt fra initialskredet, og kan derfor også berøre områder på land relativt langt fra startpunktet. I tillegg kan skredmasser som flyter langt utover på tilnærmet flat sjøbunn, forårsake brudd i viktig infrastruktur som rør og kabler på sjøbunnen.

Skred i sjø kan utløses i alle typer løsmasser, men der det finnes kvikkleire eller andre jordarter med sprøbruddegenskaper i strandsonen kan skredet bli svært omfattende. I tillegg til må det rettes spesiell oppmerksomhet mot lagdelte delta- og elveavsetninger av silt og finsand, og eventuelle tynne leirlag i slike avsetninger. Spesielt viktig er det å avdekke om der er svake lag som kan medføre at lokale brudd i sedimentene kan medføre områdeskred.

Vannmettet løst lagret sand og silt kan ha sprø bruddoppførsel. Overbelastning av kornstrukturen i slike materialer kan forårsake et skred som kan spre seg over et større område. Slike skred omtales ofte som flyteskred. Det har gått flere skred i strandsonen som følge av denne oppførselen, for eksempel startet skredet i Nord-Statland i 2014 som et flyteskred som utviklet seg videre i kvikkleire (17).

Det kan være svært vanskelig å forutse konsekvensene av en lokal overbelastning i sjø. Det må derfor alltid gjøres grunnundersøkelser og geoteknisk detaljprosjektering for å vurdere skredfare og stabilitet for tiltak i strandsonen.

Se NVE-faktaark 4/2020 (18) for mer om skredfare i strandsonen. Prosedyren i kap. 3.2 i denne veilederen fanger ikke opp fare for skred i elve- og deltaavsetninger.



Figur 2.13 Juni 2020 gikk et stort kvikkleireskred i strandsonen ved Kråknes, Alta kommune. Foto: Anders Bjordal, NVE

3 Hvordan oppnå tilstrekkelig sikkerhet mot områdeskred

3.1 Krav til geoteknisk kompetanse

Ved tiltak i områder med mulig forekomst av kvikkleire eller andre jordarter med sprøbruddegenskaper er det særlig viktig med kvalitet på vurderinger og beregninger, og behov for kontroll og oppfølging av anleggsarbeider. Foretak som gjennomfører utredning og kvalitetssikring iht. denne veilederen må ha fagansvarlige med formell kompetanse innen fagområdet geoteknikk, samt dokumentert erfaring fra utredning iht. NVEs veileder «Sikkerhet mot kvikkleireskred» og prosjektering av tiltak i områder med sprøbruddmateriale i grunnen. Med formell kompetanse menes ingeniørutdanning med fordypning (tilsvarende MSc) i geoteknikk. Det bør kreves at ansvarlig foretak fremviser referanseprosjekter. Fagansvarlig i prosjektet må ha minimum 5 års erfaring som geotekniker, og må kunne fremvise relevante referanseprosjekter.

3.2 Prosedyre for utredning av områdeskredfare

Tabell 3.1 viser en stegvis prosedyre for hvordan utrede fare for områdeskred. Prosedyren kan grovt sett deles i to hoveddeler; Del 1, som omfatter steg 1-3, for innledende vurderinger og avgrensing av aktsomhetsområder for områdeskredfare, og del 2, som omfatter steg 4-11, for utredning av faresoner med tilhørende dokumentasjon. Steg 4-11, med tilhørende kvalitetssikring, krever geoteknisk kompetanse iht. kap. 3.1. Steg 5-11 er utdypet i kap. 4 Soneutredning.

Sikker byggegrunn (pbl § 28-1) mht. fare for områdeskred, avklares gjennom prosedyren og dokumenteres iht. det steget hvor avklaringen skjer. Prosedyren er utarbeidet med hensyn til områdeskred i marin leire. Sikkerhet mot områdeskred i andre løsmasser må vurderes og dokumenteres ved geoteknisk prosjektering. For alle tiltak i strandsonen, spesielt ved utfylling, må det alltid gjøres grunnundersøkelser og stabilitetsvurderinger, se NVE-faktaark 4/2020 Skred i strandsonen (18).

Forslag til leveranser:

> Steg 1-3: Notat eller en rapport som oppsummerer de vurderingene som er gjort, som et vedlegg til ROS-analysen for planen/tiltaket (pbl § 4-3). Ligger tiltaket over marin grense vil en enkel forklaring i f.eks. ROS-analysen være tilstrekkelig.
>
> Steg 4-11: Geoteknisk notat(er) eller rapport(er) som dokumentasjon. Dette inkluderer alle grunnundersøkelser som vurderingene bygger på.

For arealplaner vil plannivå og planens formål avgjøre om det er aktuelt med leveranser fra ulike faser av utredningen, se Tabell 3.4 og kap. 3.4 som gir en anbefaling til detaljering av utredning på hvert plannivå.

Tabell 3.1 Prosedyre for utredning av områdeskredfare

		Prosedyre for utredning av områdeskredfare
DEL 1: AKTSOMHETSOMRÅDER	1	**Undersøk om det finnes registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området** Oversikt over registrerte kvikkleiresoner finnes på NVEs temakart Kvikkleire (16). NB - skredfare er ikke avklart selv om byggeområdet ligger utenfor registrerte kvikkleiresoner eller det ikke er registrerte kvikkleiresoner i området. ***Dersom planlagte tiltak ligger innenfor en registrert faresone (kvikkleiresone) fortsettes prosedyren fra steg 4. Ellers fortsetter prosedyren i neste punkt.***
	2	**Avgrens områder med mulig marin leire** Areal under marin grense kan brukes som et generelt aktsomhetsområde for områdeskred. Marin grense vises i NVEs temakart Kvikkleire (16). I områder hvor det er gjort detaljert løsmassekartlegging, kan NGUs kart «Mulighet for marin leire» (MML) brukes som grunnlag for et mer nøyaktig aktsomhetsområde for hvor det kan finnes kvikkleire/sprøbruddmateriale. Områdeskred kan oppstå i områder med sammenhengende marin leire. Disse områdene vises som aktsomhetsområder i NVEs temakart Kvikkleire[1]. Ved påvist berg i dagen eller grunt til berg (< 2 m), er det ikke fare for at det vil utløses områdeskred. Det må også vurderes om det er mulig marin leire høyere opp i terrenget – slik at planområdet kan bli truffet av et skred som løsner derfra. (Terreng som kan inngå i utløpsområdet for et skred kan avgrenses til 3 x løsneområdets lengde målt fra nedre kant av løsneområdet). ***Dersom planlagte tiltak ligger over marin grense, er de ikke utsatt for områdeskredfare. Dersom planlagte tiltak ligger innenfor områder med mulig marin leire eller ligger nedenfor områder med mulig marin leire, må det gjennomføres videre utredning iht. prosedyren.***

[1] Lokale/tynne forekomster marin leire er ikke tatt med i aktsomhetskartet, og blir dermed ikke markert. Aktsomhetskartet avhenger av kvaliteten på løsmassekartet. Det kan ikke benyttes til å vurdere fundamenteringsforhold. Les mer om usikkerhetene knyttet til MML-kartet her: https://www.ngu.no/emne/usikkerheter-ved-bruk-av-marin-leire.

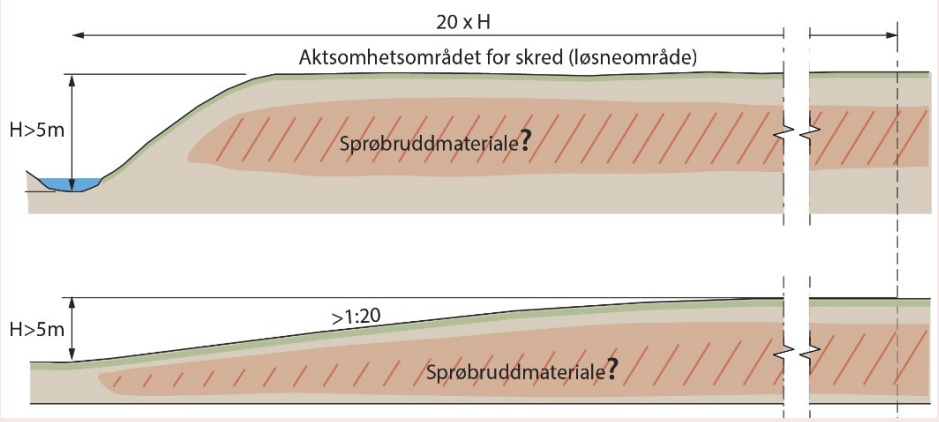
3

Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred.
Følgende terrengkriterier legges til grunn for å tegne aktsomhetsområder:

a) Terreng som kan inngå i løsneområdet for et skred:

- Total skråningshøyde (i løsmasser) over 5 meter, *eller*
- Jevnt hellende terreng brattere enn 1:20 og høydeforskjell over 5 meter

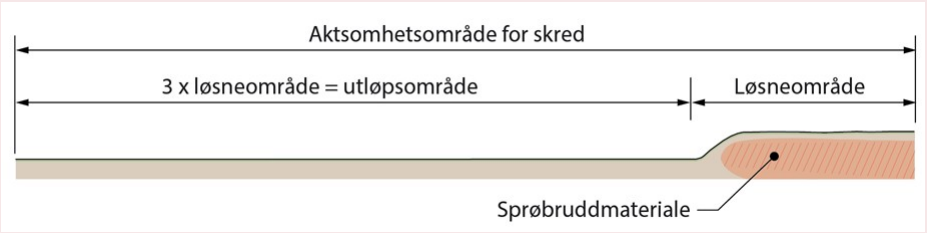
Aktsomhetsområder ligger innenfor 20 x skråningshøyden, H, målt fra bunn av skråning (ravinebunn, bunn av elv eller marbakke i sjø (inntil 25 m.u.h.)).



Figur 3.1 Aktsomhetsområde for løsneområde

b) Terreng som kan inngå i utløpsområdet for et skred:

- 3 x lengden til løsneområdets lengde. Løsneområdet er enten en eksisterende faresone (steg 1) eller et aktsomhetsområde (steg 3a), *eller*
- Utløpssone som allerede er kartlagt (som er vist i NVEs temakart Kvikkleire (16))



Figur 3.2 Aktsomhetsområde for skred som inkluderer utløpsområde

Kriteriene a) og b) benyttes for å tegne opp aktsomhetsområder for områdeskred. En geotekniker kan gjøre en mer nøyaktig avgrensning av faresonen, dette inngår i prosedyrens del 2.

Terrengkriteriene viser at også terreng som er helt flatt kan være utsatt for områdeskred. Derfor er det også nødvendig å vurdere hvilke skåninger et skred kan starte i utenfor eiendommen eller plangrensen.

Dersom planlagte tiltak ligger i terreng som er innenfor et aktsomhetsområde, må det utredes videre av geotekniker iht. prosedyrens punkt 4-11.

DEL 2: UTREDNING AV FARESONER

4	**Bestem tiltakskategori** Tiltakskategori bestemmes ut fra konsekvens for tiltaket ved skred, se kap.3.3.1. Videre utredning avhenger av tiltakskategorien. Omfang av utredningen tilpasses plannivå, se kap. 3.4. ***For tiltakskategori K3-K4 må det utredes videre iht. denne prosedyren. For tiltakskategori K0-K2 må sikkerhet mot områdeskred dokumenteres iht. kravene i kap. 3.3.3 til 3.3.5.***
5	**Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løsneområde** Tidligere grunnundersøkelser/geotekniske vurderinger, samt detaljerte kart gir grunnlag for å identifisere kritiske skråninger hvor skred kan initieres og eventuelt utvikle seg til områdeskred. Potensielle løsneområder for områdeskred med lengde L = 15H tegnes som grunnlag for befaring, grunnundersøkelser og stabilitetsberegninger. Avgrensningen av tidligere registrerte soner må verifiseres iht. dagens kartgrunnlag, inkludert dybder under vann. Se kap. 4.2 Eksisterende grunnundersøkelser kan vise at det ikke er sprøbruddmateriale i grunnen, og dermed dokumentere at det ikke er områdeskredfare. ***Dersom planlagt tiltak ligger innenfor et mulig løsne- eller utløpsområde, må det utredes videre iht. denne prosedyren.***
6	**Befaring** Befaring er nødvendig for å få oversikt over forhold som topografi, erosjon, berg i dagen, tidligere inngrep og annet som kan ha betydning for avgrensning av løsneområdet skissert i steg 5 og for planlegging av grunnundersøkelser. I noen tilfeller vil geotekniker ved befaring kunne avkrefte muligheten for områdeskred, men ofte vil det være behov for supplerende grunnundersøkelser for å avklare dette. Se kap. 4.3. ***Dersom planlagt tiltak ligger innenfor et mulig løsne- eller utløpsområde, må det utredes videre iht. denne prosedyren.***
7	**Gjennomfør grunnundersøkelser** Det må gjennomføres geotekniske grunnundersøkelser der det ikke finnes tilstrekkelig data fra tidligere utførte undersøkelser. Grunnundersøkelser utføres for å kartlegge forekomst av kvikkleire/sprøbruddmateriale som grunnlag for soneavgrensning, faregradsklassifisering og ev. videre stabilitetsberegning. Se kap. 4.4. Innledende grunnundersøkelser bør gjennomføres så tidlig som mulig i planprosessen. Da avklarer man tidlig behovet for videre undersøkelser og utredninger. Økt omfang av grunnundersøkelser vil medføre mindre usikkerhet i vurderingene. Innledende grunnundersøkelser vil i noen tilfeller kunne avkrefte at det er sprøbruddmateriale i området. ***Dersom det er påvist/antatt sprøbruddmateriale i de mulige løsneområdene som kan berøre tiltaket, må det utredes videre iht. denne prosedyren.***

		Prosedyre for utredning av områdeskredfare
DEL 2: UTREDNING AV FARESONER	8	**Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løsne- og utløpsområder** Aktuelle skredmekanismer i sprøbruddmateriale er bl.a. avhengig av terrengforhold, sprøbruddmaterialets beliggenhet og leiras omrørte fasthet. Metodikk for bestemmelse av aktuell skredmekanisme og nærmere avgrensning av løsneområdet er beskrevet i kap. 4.5. Utløpsområdets utstrekning er avhengig av aktuell skredmekanisme, løsneområdets størrelse og terrengforholdene i utløpsområdet. Hvordan avgrense utløpsområder er nærmere beskrevet i kap. 4.6. ***Dersom tiltaksområdet ligger innenfor et løsne- eller utløpsområde, må det utføres videre utredning iht. denne prosedyren.***
	9	**Klassifiser faresoner** Faresoner klassifiseres med faregrad og konsekvens som beskrevet i kap. 4.7. Utløpsområdene får samme faregrad som løsneområdet. Konsekvens klassifiseres samlet for sonens løsne- og utløpsområde. For tidligere klassifiserte faresoner skal klassifiseringen (faregrad og konsekvens) vurderes på nytt. ***Beregnet faregrad avgjør sikkerhetskrav, se Tabell 3.3. Tilfredsstillende sikkerhet dokumenteres iht. punkt 10 i prosedyren.***
	10	**Dokumentér tilfredsstillende sikkerhet** Stabilitetsberegninger gjennomføres og sikkerhet dokumenteres, i hht sikkerhetskravene i kap. 3.3. Hvis sikkerheten er for lav, skal mulige sikringstiltak vurderes for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet. Stabilitetsberegninger skal gjennomføres som beskrevet i kap. 4.8 og kap. 5. Føringer for detaljprosjektering, kontroll av prosjektering og utførelseskontroll skal beskrives. Om nødvendig skal det utarbeides krav til rekkefølge av bygge- og anleggstiltak, f.eks. i form av rekkefølgebestemmelser og faseplaner. I arealplaner må nødvendige føringer fremgå av planbestemmelsene. ***Soneutredning inkludert beregning av dagens stabilitet og stabilitet med ev. sikringstiltak for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet dokumenteres. Vurderinger skal kvalitetssikres av uavhengig foretak.***
	11	**Meld inn faresoner og grunnundersøkelser** Grunnundersøkelser meldes inn til NADAG (7). Nye faresoner (kvikkleiresoner) eller endringer på eksisterende faresoner meldes inn gjennom NVEs innmeldingsløsning, https://kvikkleiresoner.nve.no (19). Utredninger av områdeskredfare knyttet til faresonene meldes også inn der. Se kap. 4.10 ***Sikkerhet mot områdeskred er avklart når det foreligger dokumentasjon iht. denne prosedyren.***

3.3 Sikkerhet mot områdeskred

Kravene til sikkerhet tilfredsstiller *plan- og bygningslovens (pbl), § 28-1 Byggegrunn, miljøforhold mv*, og *Forskrift om tekniske krav til byggverk (TEK17), andre del – Naturpåkjenninger, uteareal og ytre miljø – Kap. 7. Sikkerhet mot naturpåkjenninger, § 7-3 Sikkerhet mot skred.*

Sikkerhetskravene gjelder for alle tiltak i områder med fare for områdeskred. Kravene til sikkerhet gjelder om det planlagte tiltaket ligger i eller nær en skråning og kan bli berørt av løsneområdet til et skred, eller om tiltaket ligger i utløpsområdet for et skred. For selve byggverket blir tilfredsstillende konstruksjonssikkerhet ivaretatt dersom prosjektering skjer i samsvar med gjeldende norske standarder, jf. TEK17 § 10-2.

Sikkerhetskravene kan også legges til grunn for tiltak som ikke er underlagt plan- og bygningsloven.

3.3.1 Valg av tiltakskategori

Tiltakskategori (TEK17 § 7-3) fastsettes ut fra konsekvens for tiltaket ved skred, jf. Tabell 3.2. For alle tiltakskategorier blir sikkerhet for omgivelsene ivaretatt av sikkerhetsprinsippene og sikkerhetskrav gitt i kap. 3.3.2 - 3.3.6. Tiltak som medfører tilflytting av mennesker, skal alltid plasseres i tiltakskategori K3 eller K4.

Det er viktig at tiltakshaver og planmyndighet, med bistand fra geotekniker, vurderer tiltakskategori for hvert enkelt tilfelle. Det kan være tiltak som bør vurderes i en høyere tiltakskategori enn det som fremgår av tabell 3.2. For eksempel bør større massedeponier vurderes iht. krav i tiltakskategori K3 og ikke etter kravene i K2. Fastsettelse av tiltakskategori skal alltid begrunnes.

For infrastrukturtiltak som ledninger og kraftlinjer kan tiltakskategori vurderes ut fra konsekvensen av et skred i form av sårbarhet ved utfall. For valg av tiltakskategori for vei og bane vises det til aktørenes egne regelverk: for eksempel Statens vegvesen Håndbok V220 (20) og BaneNORs tekniske regelverk (21).

Tabell 3.2 Tiltakskategori med eksempler på type tiltak

Tiltaks-kategori	Type tiltak
K0	**Små tiltak som medfører svært begrensede terrenginngrep. Lite personopphold. Ingen tilflytting av personer** Garasjer, naust, tilbygg/påbygg til eksisterende bebyggelse, frittstående uthus, redskapsbod, landbruk- og skogsveger
K1	**Tiltak av begrenset størrelse. Lite personopphold. Ingen tilflytting av personer** Mindre driftsbygninger i landbruket, lagerbygg av begrenset verdi, lokale VA-anlegg, private og kommunale veger, mindre parkeringsanlegg og trafikksikkerhetstiltak (G/S-veg, midtdeler)
K2	**Tiltak som kun innebærer terrengendring; utgraving, opp- og utfylling og masseflytting** Massedeponier, komposteringsanlegg, bakkeplanering/nydyrking, massetak, andre massefyllinger
K3	**Tiltak som medfører tilflytting av personer med inntil to boenheter, større byggverk med begrenset personopphold eller tiltak med stor verdi** Bolighus/fritidsbolig med inntil to boenheter, større driftsbygninger i landbruket, lagerbygg med større verdi, mindre nærings- og industribygg, mindre utendørs publikumsanlegg, større VA-anlegg
K4	**Tiltak som medfører større tilflytting/personopphold, samt tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner** Bolighus/fritidsboliger med mer enn to boenheter, sykehjem, sykehus, skoler, barnehager, idrettshaller, utendørs publikumsanlegg og nærings- og industribygg

3.3.2 Sikkerhetsprinsipp

Hovedformålet er å unngå at tiltak utløser områdeskred eller at tiltaket blir rammet av områdeskred som utløses annet sted.

Sikkerhet mot områdeskred skal alltid dokumenteres. Kravet til sikkerhet avhenger av tiltakskategori, faregrad og tiltakets påvirkning av skråningenes stabilitet.

Tiltak som forverrer stabiliteten, skal alltid ha absolutt sikkerhetsfaktor og det skal tas hensyn til sprøbruddeffekt. For tiltak som ikke forverrer skråningens stabilitet kreves det i utgangspunktet også absolutt sikkerhetsfaktor, men for noen skråninger i faresonens løsneområde kan beregnet sikkerhet før planlagte tiltak ligge under kravene til absolutt sikkerhetsfaktor. Forbedring av stabilitet opp til absolutt sikkerfaktor i disse er ikke alltid teknisk gjennomførbart eller kan få uforholdsmessige konsekvenser. I slike tilfeller kan tiltak planlegges og gjennomføres slik at det oppnås uendret eller økt stabilitet av skråningen sammenlignet med slik forholdene i skråningen var før utbygging, jf. kravene til sikkerhet kap. 3.3.3-3.3.6. Det forutsettes at stabiliteten aldri forverres i forhold til opprinnelig tilstand, og at alle faktorer som kan utløse brudd eller skred unngås. Alle vurderinger knyttet til valg av sikkerhetsnivå må dokumenteres.

3.3.3 Sikkerhetskrav for tiltakskategori K0

Krav til sikkerhet oppfylles hvis det kan dokumenteres at tiltaket ikke forverrer stabiliteten. Dette kan oppnås ved å følge anbefalingene i vedlegg 2.

Hvis tiltaket forverrer stabiliteten skal det kreves absolutt sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1{,}40 * f_s$ og $F_{c\varphi} \geq 1{,}25$, hvor f_s er sprøhetsforholdet som korrigerer for sprøbruddeffekt i de udrenerte beregningene, se kap. 5.3.3.

Det er ikke behov for soneutredning.

Hvis tiltaket kan gjennomføres iht. vedlegg 2 er det ikke behov for geotekniker. Ved usikkerhet om tiltaket kan gjennomføres iht. vedlegg 2 og/eller om tiltaket forverrer stabiliteten, skal vurderinger og utarbeidelse av dokumentasjon gjennomføres av geotekniker. Se kap. 3.1 for krav til kompetanse. Kvalitetssikring gjennomføres internt i ansvarlig foretak.

3.3.4 Sikkerhetskrav for tiltakskategori K1

Krav til sikkerhet oppfylles hvis tiltaket ikke forverrer stabiliteten. Erosjon som kan utløse skred som kan ramme tiltaket må forebygges.

Det skal gjøres en vurdering av alle relevante løsne- og utløpsområder med tanke på skråninger hvor erosjon kan utløse skred, se kap. 4. For vurdering av erosjon, se NVE Ekstern rapport 9/2020 (15).

Hvis tiltaket forverrer stabiliteten skal det kreves absolutt sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1{,}40 * f_s$ og $F_{c\varphi} \geq 1{,}25$, hvor f_s er sprøhetsforholdet som korrigerer for sprøbruddeffekt i de udrenerte beregningene, se kap. 5.3.3.

Vurderinger og utarbeidelse av dokumentasjon skal gjennomføres av foretak med geoteknisk kompetanse som angitt i kap. 3.1. Kvalitetssikring gjennomføres internt i foretaket.

3.3.5 Sikkerhetskrav for tiltakskategori K2

Krav til sikkerhet oppfylles hvis tiltaket ikke forverrer stabiliteten.

Hvis tiltaket forverrer stabiliteten skal det kreves absolutt sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1{,}40 * f_s$ og $F_{c\varphi} \geq 1{,}25$, hvor f_s er sprøhetsforholdet som korrigerer for sprøbruddeffekt i de udrenerte beregningene, se kap. 5.3.3.

Det er ikke krav til soneutredning eller erosjonssikring.

Vurderinger og utarbeidelse av dokumentasjon skal gjennomføres av foretak med geoteknisk kompetanse som angitt i kap. 3.1. Kvalitetssikring gjennomføres internt i foretaket.

3.3.6 Sikkerhetskrav for tiltakskategori K3 og K4

Faresonen(e) som kan berøre tiltaket må avgrenses og utredes for områdeskredfare, iht. kap. 4 Soneutredning. Krav til utredning gjelder også hvis tiltaket ligger i et utløpsområde. Erosjon som kan utløse skred som kan ramme tiltaket må forebygges. For vurdering av erosjon, se NVE Ekstern rapport 9/2020 (15). For tiltakskategori K3 ved lav faregrad er kravene til sikkerhet lik som for tiltakskategori K1, kap. 3.3.4.

Hvis tiltaket forverrer stabiliteten skal det kreves absolutt sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1{,}40*fs$ og $F_{c\varphi} \geq 1{,}25$, hvor f_s er sprøhetsforholdet som korrigerer for sprøbruddeffekt i de udrenerte beregningene, se kap. 5.3.3.

For tiltak som ikke forverrer stabiliteten er kravet til sikkerhet $F_{cu} \geq 1{,}40$ og $F_{c\varphi} \geq 1{,}25$. Ved lavere sikkerhet må F_{cu} og $F_{c\varphi}$ økes prosentvis iht. Tabell 3.3 og Figur 3.3.

For skråninger i faresonen som ligger utenfor influensområdet til tiltaket, gjelder krav til sikkerhet $F_{c\varphi} \geq 1.25$, samt krav til robusthet $F_{cu} \geq 1.20$. Ved lavere sikkerhet og/eller robusthet skal $F_{c\varphi}$ og F_{cu} økes prosentvis iht. Tabell 3.3 og Figur 3.3. Kriteriene for hva som kan regnes som skråninger utenfor influensområdet til tiltaket fremgår av kap. 3.3.7.

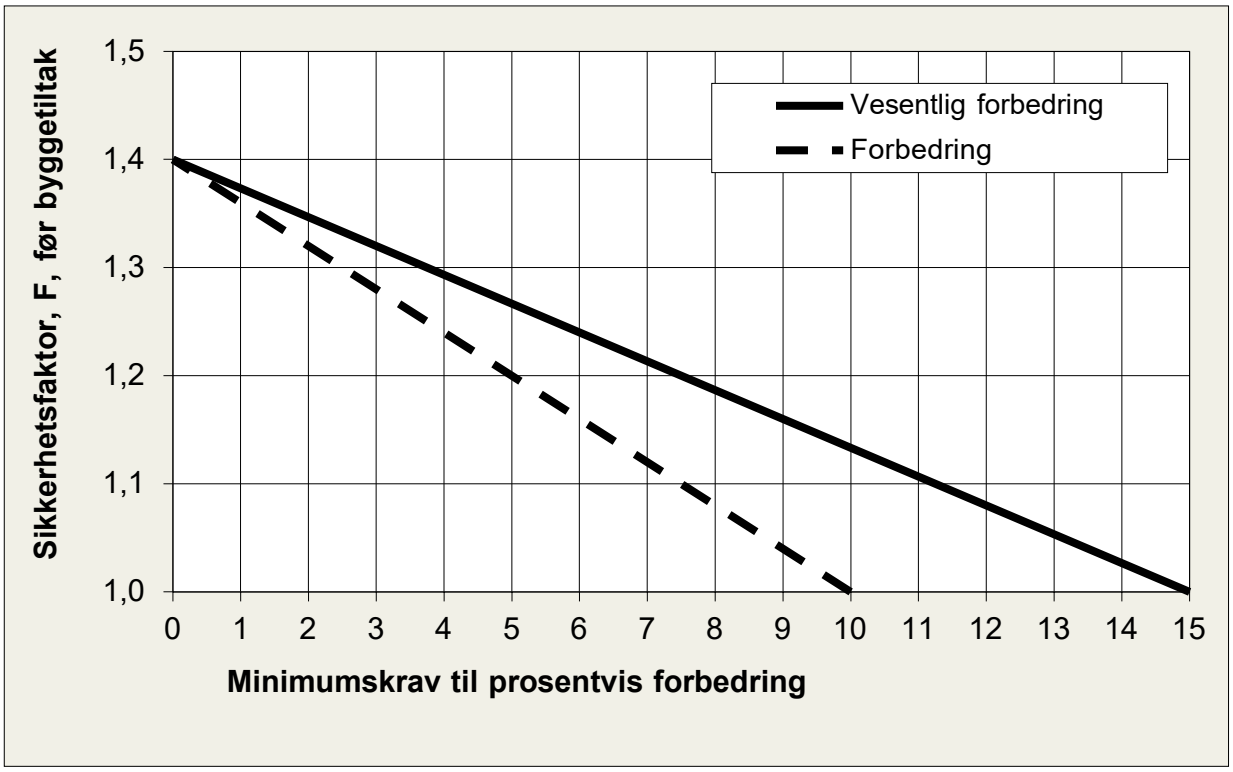
Prosentvis forbedring kan bare oppnås ved bruk av topografiske endringer og/eller ved bruk av lette masser. Dersom man velger å bedre områdets stabilitet ved grunnforsterkning, må en oppnå sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1{,}40$ og $F_{c\varphi} \geq 1{,}25$ etter at sikringstiltaket er utført.

Kravet til prosentvis forbedring gjelder for alle skredmekanismer som kan berøre tiltaket, og gjelder for alle potensielle glideflater som før tiltak har lavere sikkerhet enn kravet. Ved særlig stor kompleksitet, spesielt ugunstige grunnforhold, utfordrende topografi og stor konsekvens bør større forbedring vurderes. Se for øvrig kap. 5.4 vedrørende beregningsmetodikk for prosentvis forbedring.

Vurderinger og utarbeidelse av dokumentasjon skal gjennomføres av foretak med geoteknisk kompetanse som angitt i kap. 3.1. Kvalitetssikring gjennomføres av uavhengig foretak (også for K3 lav faregrad).

Tabell 3.3 Krav til forbedring av sikkerhetsfaktor

Tiltakskategori	Lav faregrad	Middels faregrad	Høy faregrad
K3	Ikke forverring	Forbedring	
K4	Forbedring		Vesentlig forbedring



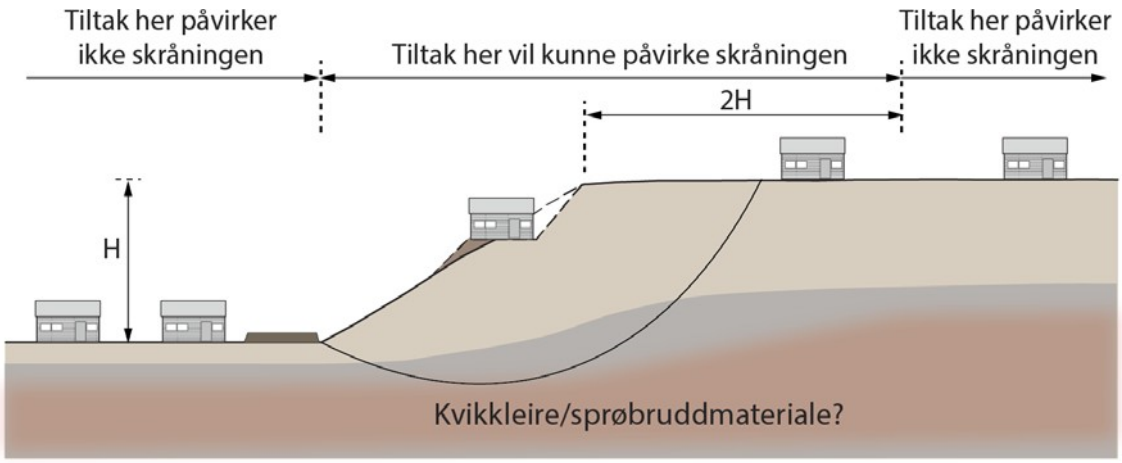
Figur 3.3 Krav til prosentvis forbedring av sikkerhetsfaktor, F_{cu} og $F_{c\varphi}$.

3.3.7 Skråninger utenfor influensområdet til tiltaket

Kravene til sikkerhet kan differensieres avhengig av hvor tiltaket ligger i faresonen. Bakgrunnen for at veilederen åpner for denne differensieringen er arbeidet som ble gjort i forbindelse med NIFS rapport 15/2016 (22). Rapporten anbefaler at en skråning vurderes som upåvirket av tiltaket så lenge det ikke bygges i eller nært skråningen, det vil si at skråningen ligger utenfor influensområdet til tiltaket. Skråningens sikkerhet kan da vurderes på grunnlag av langtidsstabilitet, samt robusthet mot mindre uforutsette spenningsendringer. Hvis tiltaket ligger i skråningen eller nær skåningstopp, kan ikke dette prinsippet benyttes.

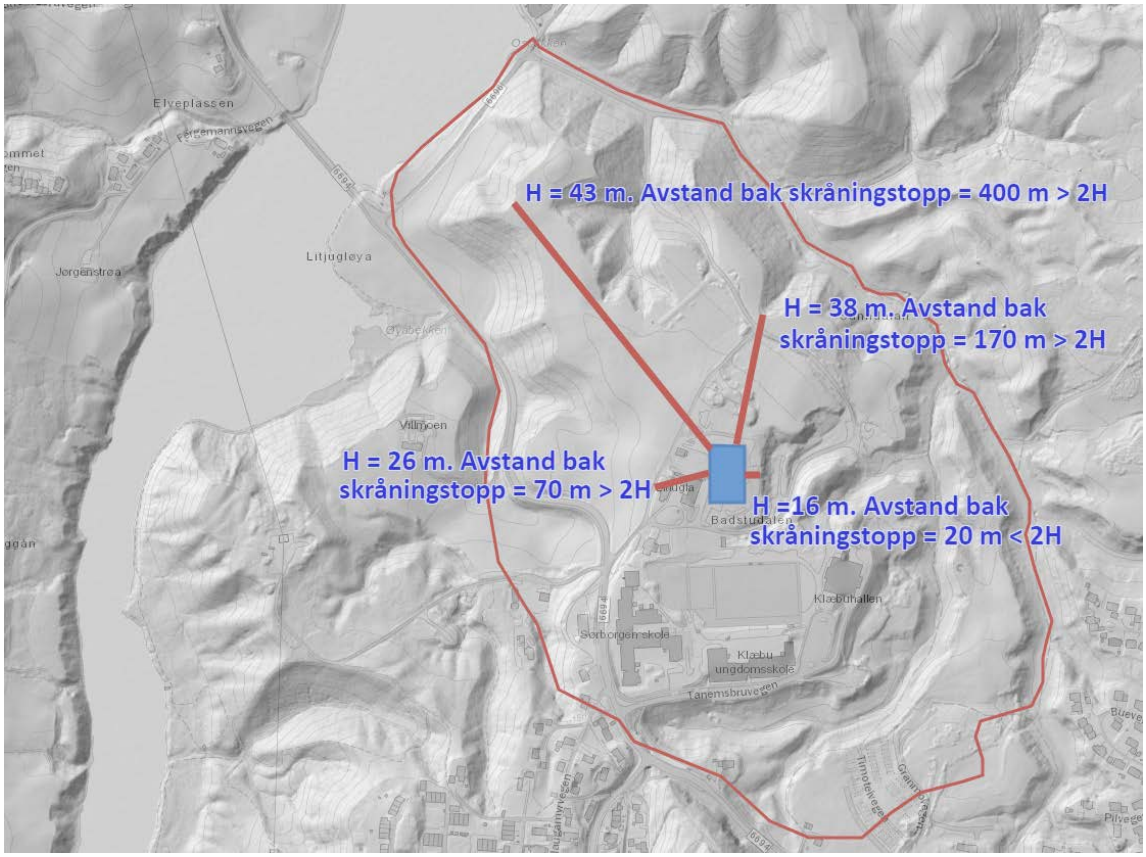
I denne veilederen legges det til grunn at en skråning er utenfor influensområdet til tiltaket dersom tiltaket ligger i avstand større enn 2H bak fra skråningstopp (i ravine- og platåterreng), hvor H er total høydeforskjell av skråningen, se Figur 3.4. Tiltak som ligger mer enn 2H bak skråningstopp vil ikke kunne initiere et fremoverprogressivt skred dersom bæreevnen ellers er tilstrekkelig. Hvis tiltaket ligger foran foten (i utløpsområdet) av skråningen, ligger skråningen utenfor influensområdet til tiltaket dersom stabiliteten ikke forverres pga. f.eks. graving eller peleramming.

Se kap. 4.8 for beskrivelse av stabilitetsberegninger med effektivspenningsanalyse.



Figur 3.4 Terrengsnitt som viser prinsipp for når en skråning kan vurderes upåvirket av tiltaket (utenfor tiltakets influensområde).

Figur 3.5 viser et eksempel på hvilke skråninger i en faresone som kan påvirkes av det aktuelle tiltaket, og hvilke som ikke kan påvirkes fordi de ligger mer enn 2H fra tiltaksområdet. For tiltaket som vist i midten av løsneområdet er det bare den nærmeste skråningen (H =16 m) som ligger nærmere enn 2H fra tiltaket (20 m).



Figur 3.5 Eksempel på vurdering av influensområdet til tiltaket (blå firkant) i løsneområdet for en kvikkleiresone (rødt omriss). Skråninger mer enn 2H unna vurderes å ligge utenfor influensområdet til tiltaket, mens skråninger nærmere enn 2H ligger innenfor influensområdet.

3.4 Detaljeringsnivå i arealplaner og byggesak

Avhengig av plannivå, kan det være aktuelt med leveranser fra ulike steg av prosedyren i kap. 3.2. Mulige leveranser er angitt i delkapitlene 3.4.1-3.4.4. Tabell 3.4 gir en anbefaling til detaljeringsnivå for vurderinger på ulike plannivå.

NVE veileder 2/2017 (23) klargjør hvilke forventninger og krav kommunen har innenfor NVEs saksområder i arealplanlegging, og hva som gir grunnlag for innsigelse ved offentlig ettersyn. Dersom tiltaket skal realiseres direkte med hjemmel i områderegulering må utredningene tas på dette plannivået. Fullstendig utredning må senest utføres på siste plannivå, jf. KMDs Rundskriv H-5/18 (24). I byggesaker hvor fare ikke er utredet på tidligere plannivå, må utredning i henhold til hele prosedyren gjennomføres ved byggesak

Geotekniske forutsetninger for prosjektering og gjennomføring av tiltaket må fremgå av planbestemmelsene.

Tabell 3.4 Anbefalt detaljeringsnivå for vurderinger på ulike plannivå. For byggesaker hvor det ikke er gjort utredning, må utredning iht. alle stegene i prosedyren gjøres. Steg merket X må utføres, mens steg merket (x) kan vurderes utsatt til neste plannivå dersom det er hensiktsmessig; utredningskrav må da tas inn i bestemmelsene til det gjeldende plannivået.

	Steg i prosedyren	Anbefalt detaljeringsnivå for arealplaner	Kommuneplan	Områderegulering	Detaljregulering
AKTSOMHETS-OMRÅDER	1	Undersøk om det finnes registrerte faresoner (kvikkleiresoner) i området	X	X	X
	2	Avgrens områder med mulig marin leire	X	X	X
	3	Avgrens områder med terreng som kan være utsatt for områdeskred	(x)	X	X
UTREDNING AV FARESONER	4	Bestem tiltakskategori	(x)	X	X
	5	Gjennomgang av grunnlag	(x)	(x)	X
	6	Befaring		(x)	X
	7	Gjennomfør grunnundersøkelser		(x)	X
	8	Vurder aktuelle skredmekanismer og avgrens løsne- og utløpsområder		(x)	X
	9	Klassifiser faresoner		(x)	X
	10	Dokumentér tilfredsstillende sikkerhet		(x)	X
	11	Meld inn faresoner og grunnundersøkelser		(x)	X

3.4.1 Utredning tilpasset kommuneplanens arealdel

Ved offentlig ettersyn av kommuneplanens arealdel skal fare for områdeskred være vurdert i henhold til kravene i plan- og bygningsloven §§ 4-2 og 4-3. For at dette skal være oppfylt på kommuneplannivå bør kjente faresoner (kvikkleiresoner) avmerkes som hensynssone og det anbefales at det tas inn en generell bestemmelse om at alle områder under marin grense må utredes for skredfare på senere plannivå.

Faresoner som er kartlagt gjennom den nasjonale oversiktskartleggingen av kvikkleireskredfare (kap. 2.6) eller faresoner som er identifisert i forbindelse med tidligere bygge- og anleggstiltak, bør avmerkes som hensynssoner på plankartet (jf. pbl § 11-8 a). Hensynssonene må gis tilhørende bestemmelser med krav om mer detaljert utredning i forbindelse med reguleringsplaner og byggesaker. Kommunen kan avmerke alle områder under marin grense som hensynssone fare (jf. pbl § 11-8 a). Alternativt kan det tas inn en generell bestemmelse om at alle områder under marin grense må utredes for skredfare på senere plannivå. Det er viktig at områder med mulig fare for skred (aktsomhetsområder) blir identifisert på dette plannivået iht. anbefalingene i NVEs retningslinjer 2/2011 (1). Kommunen må bruke denne kunnskapen til å styre videre utvikling og utbygging i kommunen. Videre må det legges føringer for nærmere utredning og ivaretakelse av skredfaren på lavere plannivå og i byggesak.

Kommunen kan velge å utrede hele eller deler av kommunens arealer mer detaljert på kommuneplannivå dersom kommunen mener at det er særlig viktig å få avklart sikkerheten og gjennomførbarheten for enkelte områder. Økt grad av nøyaktighet vil som regel redusere aktsomhetsområdenes utstrekning. Ved å gjennomføre første del (steg 1-3) av prosedyren i kap. 3.2, kan man i enkelte tilfeller tidlig konkludere at planlagte byggeområder vil ligge utenfor fare for områdeskred. I slike områder er det ikke nødvendig med videre utredning. Konklusjonen skal begrunnes og dokumenteres.

NVE anbefaler at kommunen får hjelp av en geoteknisk fagkyndig til å vurdere behovet for nærmere utredning av skredsikkerhet. For viktige offentlige utbyggingsområder som for eksempel sykehjem, skoler, beredskapsinstitusjoner osv., kan det være aktuelt å gjennomføre samme utredninger som er beskrevet for detaljreguleringsplaner på overordnet plannivå (kommuneplan/kommunedelplannivå, ev. områderegulering). En mer nøyaktig vurdering, der fare for områdeskred utredes av en geotekniker (steg 4-11 i prosedyren), vil gi et langt bedre grunnlag for farevurdering og arealstyring.

Forslag til bestemmelser i kommuneplanens arealdel:

Generell bestemmelse i kommuneplanen: For alle planer og tiltak under marin grense skal faren for områdeskred vurderes i henhold til krav i pbl § 28-1 og TEK17 § 7-3 med veiledning, herunder NVEs veileder 1/2019.

Bestemmelse til hensynssone for kartlagte faresoner: Ved utarbeiding av reguleringsplan og byggesak innenfor hensynssonen må det dokumenteres tilstrekkelig sikkerhet mot områdeskred, jf. krav i TEK17 § 7-3 med veiledning. Sikkerhet mot områdeskred utredes i samsvar med NVEs veileder 1/2019.

3.4.2 Utredning tilpasset områdereguleringsplaner

Ved offentlig ettersyn av områdereguleringsplan skal fare for områdeskred være vurdert i henhold til kravene i plan- og bygningsloven § 4-3. For områdeplaner der det er krav om videre detaljplanlegging må som minimum kjente kvikkleiresoner (faresoner) avmerkes som hensynssone og det må knyttes bestemmelser til disse som ivaretar forholdet til skredfare ved senere plannivå. Det må også knyttes bestemmelser til områder under marin grense. For områder der det åpnes for direkte utbygging fra områdereguleringsplanen må det gjøres tilsvarende utredninger som på detaljreguleringsplannivå.

For planlagte byggeområder som ligger under marin grense anbefales det at det gjøres en mer nøyaktig utredning på dette plannivået: Ved å gjennomføre den første delen (steg 1-3) av prosedyren i kap. 3.2, kan det i enkelte tilfeller tidlig konkluderes med at planlagte byggeområder vil ligge utenfor områder med fare for områdeskred. I slike områder er det ikke nødvendig med videre utredning. Konklusjonen skal grunngis og dokumenteres.

Dersom første del av prosedyren tilsier at det kan være fare for områdeskred for de planlagte byggeområdene, så må dette utredes nærmere. For områder der det åpnes for direkte utbygging i områdereguleringsplanen, må faren for områdeskred utredes på dette plannivået. Dersom det er krav om detaljreguleringsplan for disse områdene, må det knyttes en bestemmelse til at disse områdene utredes på detaljreguleringsnivå iht. del 2 av prosedyren (steg 4-11 Soneutredning).

Forslag til bestemmelser i områdereguleringsplan:

Ved offentlig ettersyn av detaljreguleringsplan skal reell fare for områdeskred være avklart i henhold til kravene i pbl § 4-3. For at dette skal være oppfylt på detaljreguleringsplannivå, må kravene i pbl § 28-1 og § 29-5, TEK17 kap. 7 og NVEs veileder 1/2019 legges til grunn for utredning av skredfare.

3.4.3 Utredning tilpasset detaljreguleringsplaner

Ved offentlig ettersyn av detaljreguleringsplan skal reell fare for områdeskred være avklart i henhold til kravene i plan- og bygningsloven § 4-3. For at dette skal være oppfylt på detaljreguleringsplannivå, må kravene i pbl § 28-1 og § 29-5, byggteknisk forskrift kap. 7 og NVEs veileder 1/2019 legges til grunn for utredning av skredfare.

Omfang og detaljeringsgrad for utredninger i forbindelse med detaljregulering er bl.a. avhengig av reguleringsformål, hvilke tiltakskategorier planen omfatter og planområdets beliggenhet med hensyn til aktsomhetsområder og faresoner. Ved å følge steg 1-3 i prosedyren i kap. 3.2, kan en tidlig konkludere om planlagte byggeområder vil ligge utenfor fare for områdeskred (f.eks. over marin grense, utenfor områder med marine leire, lokalisering av berg og annen dokumentert god byggegrunn). I slike områder er det ikke nødvendig med videre utredning. Konklusjonen skal grunngis og dokumenteres.

Behov for og omfang av videre utredning av skredfare er avhengig av hvilken tiltakskategori tiltaket tilhører, se kap. 3.3.1. De fleste detaljreguleringsplaner vil være i tiltakskategori K3-K4, hvor geotekniker må utrede fare i tråd med prosedyren beskrevet i kap. 3.2, steg 4-11. For disse kategoriene avgjør sonens faregrad hva som er sikkerhetskravene og anbefalt krav til uavhengig kvalitetssikring, som er gitt i kap. 3.3.3-3.3.6. Erosjon som kan utløse skred som kan ramme tiltaket må forebygges for tiltakskategori K1, K3 og K4. Eventuelle nødvendige sikringstiltak i og utenfor planområdet må utredes, slik at en kan dokumentere at det planlagte tiltaket vil oppnå tilfredsstillende sikkerhet mot områdeskred. Dette kan medføre at planområdet må utvides. Sikringstiltakene må kunne gjennomføres uten å redusere sikkerheten i området.

Det bør forutsettes at geotekniker utarbeider en plan som viser hvordan ev. stabiliserende tiltak kan utføres *før* selve tiltaket. Det er viktig at stabiliteten ikke forverres i byggeprosessen, eller at det dokumenteres at arbeidene kan utføres på skredsikker måte. Detaljprosjektering følges opp i byggefasen. For særlig kompliserte eller viktige planer anbefales det at det gis krav til utførelse og nødvendige faseplaner og rekkefølgeplaner med ev. arbeidsbeskrivelse. Dette vil gi grunnlag for videre geoteknisk prosjektering og kontroll i forbindelse med byggesaken.

Kommunen må etter dette selv vurdere om planen er gjennomførbar, herunder vurdere om de økonomiske og miljømessige konsekvensene av aktuelle sikringstiltak vil være akseptable. I NVEs retningslinjer *«Flaum og skredfare i arealplanar»* (1) er det beskrevet hvordan aktsomhetsområder og faresoner med tilhørende krav til nødvendige sikringstiltak bør innarbeides i reguleringsplaner.

Forslag til bestemmelser i detaljreguleringsplan:

- Sikringstiltak for å ivareta sikkerhet mot skred jf. TEK17 med veiledning, skal gjennomføres før igangsettelse av øvrige utbyggingsarbeider.

- Anbefalinger i geoteknisk notat/rapport skal følges opp i detaljprosjektering og utførelse (eventuelle forutsetninger fra geotekniske rapporter bør tas direkte inn i bestemmelsene)

- Sikkerhet mot skred skal ivaretas for alle faser av utbyggingen. Herunder skal fagområdet geoteknikk belegges med ansvar ifb. detaljprosjekteringen (iht. byggesaksforskriften, SAK10), og tiltaksklasse skal velges ut fra prosjektets vanskelighetsgrad og konsekvens.

3.4.4 Utredning tilpasset byggesak

I byggesak skal tilstrekkelig sikkerhet mot områdeskred være oppfylt i henhold til kravene i plan- og bygningsloven § 28-1, § 29-5 og byggteknisk forskrift kap. 7. Hvordan kravene kan oppfylles med hensyn til fare for kvikkleireskred, er nærmere beskrevet i NVEs veileder 1/2019. Kommunen må kreve at tilstrekkelig sikkerhet er dokumentert før det gis bygge- eller deletillatelse. Hvis ikke tilstrekkelig sikkerhet er dokumentert i søknaden, må kommunen avslå søknaden med hjemmel i pbl § 28-1 eller etterspørre ytterligere dokumentasjon på at sikkerheten er ivaretatt. Tilstrekkelig sikkerhet kan eventuelt oppnås gjennom sikringstiltak. Disse må i så fall prosjekteres og dokumenteres før søknaden kan behandles.

Tiltakshaver har ansvaret for å fremskaffe nødvendig dokumentasjon på at byggegrunnen har tilstrekkelig sikkerhet mot fare eller vesentlig ulempe iht. byggesaksforskriften (SAK10) § 5-4 tredje ledd bokstav g. Dersom utredning av fare for områdeskred ikke er utført i forbindelse med reguleringsplan, må dette gjøres på byggesaksnivå. For områdeskredfare oppfylles dokumentasjonskravet ved å følge stegene i prosedyren i kap. 3.2. Først må det undersøkes om tiltaket ligger innenfor aktsomhetsområder iht. steg 1-3 i prosedyren. For tiltakskategorier K0-K2 er det ikke nødvendig med soneutredning iht. steg 4-11 i prosedyren, men tiltaket må ikke ha negativ påvirkning på stabiliteten og erosjon som kan utløse skred som kan ramme tiltaket må forebygges, se kap. 3.3.3-3.3.5.

For tiltak i tiltakskategori K3-K4 som ligger innenfor aktsomhetsområder, må det gjøres en soneutredning ved å følge steg 4-11 i prosedyren for å dokumentere tilstrekkelig sikkerhet. Eventuelle sikringstiltak må prosjekteres før søknaden kan behandles av kommunen. Soneutredningen skal kvalitetssikres av uavhengig foretak, se kap. 4.9.

I byggesaken må ansvarlig søker i tillegg påse at området vil ha tilfredsstillende sikkerhet mot skred i alle faser av utbyggingen, slik at stabiliteten ikke på noe tidspunkt blir forverret. Hvis sikkerhetsfaktoren er mindre enn kravene i kap. 3.3.6, må nødvendige sikringstiltak gjennomføres før selve byggverk påbegynnes. Ansvarlig prosjekterende for fagområde geoteknikk skal utarbeide plan for gjennomføringen som ivaretar dette. Planen skal omfatte nødvendige faseplaner og rekkefølgeplaner med ev. spesiell arbeidsbeskrivelse. For prosjektering av geoteknikk i tiltaksklasse 2 og 3 er det krav om obligatorisk uavhengig kontroll iht. SAK10. Tiltak i faresoner skal i utgangspunktet plasseres i tiltaksklasse 2 eller 3 for fagområdet geoteknikk etter SAK10 § 9-4. For tiltak som ikke påvirker stabiliteten kan det etter faglig begrunnelse velges lavere klassifisering.

Det bemerkes at tiltakshavers ansvar for å ivareta sikkerhet mot områdeskred gjelder også tiltak (bygging, graving, fylling, boring eller sprenging) som er unntatt søknadsplikt etter pbl § 20-1.

Kommunen kan be om manglende opplysninger eller avvise søknaden hvis opplysningene ikke er tilfredsstillende, jf. SAK 10 § 5-4 første ledd. Kommunen kan sette vilkår i rammetillatelsen, jf. pbl § 28-1 annet ledd, se eksempel under.

Forslag til vilkår i rammetillatelsen hvis det er behov for sikringstiltak:

- Det vil ikke bli gitt igangsettingstillatelse for arbeider utover selve sikringstiltaket før tilstrekkelig sikkerhet er oppnådd.

- Det vil ikke bli gitt midlertidig brukstillatelse før nødvendige erosjonssikringstiltak er gjennomført.

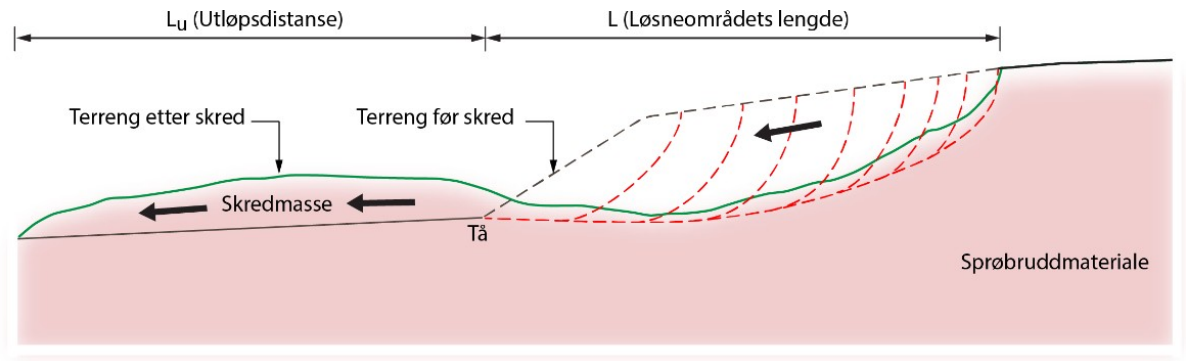
4 Soneutredning

4.1 Generelt

Som grunnlag for å vurdere fare for områdeskred må det gjøres en soneutredning når man gjennom steg 1-3 i prosedyren i kap. 3.2 har avklart at det kan være skredfare. Kap. 4 beskriver det som inngår i en soneutredning, og utdyper stegene 4-11 i prosedyren.

Ved tiltak i strandsonen må man være oppmerksom på at skred initiert i sjø kan forplante seg innover land der det er sammenhengende sprøbruddmateriale. Faresoner i strandsonen skal vurderes på samme måte som faresoner på land, men topografi i sjøen må tas med i betraktningen. For nærmere beskrivelse av skredfare i strandsonen og hvordan slike skred kan initieres, se NVE-faktaark 4/2020 (18).

En faresone for områdeskred skal vise største antatt utbredelse av et områdeskred, dvs. den må inkludere både løsne- og utløpsområder (Figur 4.1). Både størrelsen på løsneområdet og utløpsområdet avhenger av hvilke skredmekanismer som kan oppstå i kritisk(e) skråning(er). Derfor er identifisering og vurdering av kritiske skråninger og aktuelle skredmekanismer første steg i en soneutredning.



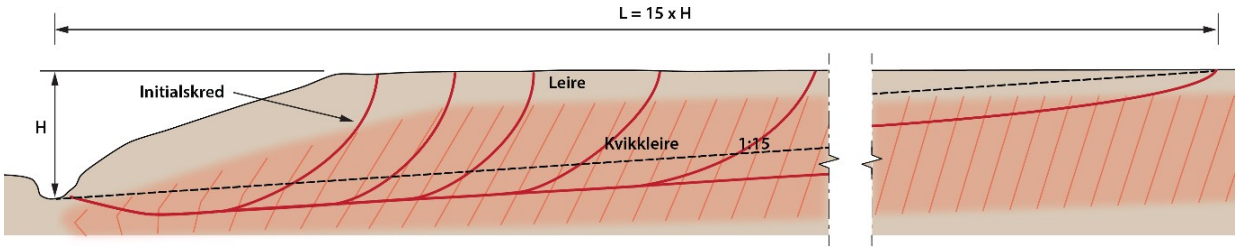
Figur 4.1 Illustrasjon av løsneområdets lengde og utløpsdistanse

4.2 Gjennomgang av grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og potensielt løsneområde

Ved utredning av fare for områdeskred er det viktig å identifisere hvilke skråninger som kan være kritiske for stabiliteten i området. Dette gjelder for de skråningene som det bygges i eller nært, men også for de skråningene hvor et initialskred kan utløses og utvikle seg bakover/sidevegs til et større skred som kan ramme tiltaket. Kritiske skråninger hvor det kan gå skred som medfører utløp mot tiltaket må også identifiseres.

Vurdering av topografi med bruk av detaljert kartgrunnlag er sentralt når kritiske skråninger skal identifiseres. Hvor er de bratteste og høyeste skråningene? Hvor er det topografiske hindringer i terrenget som kan være av betydning for skredutbredelse, f.eks. berg i dagen eller raviner? Hvordan er dybdeforhold ut i elv eller sjø? Detaljerte terrengformer kan studeres ved hjelp av laserdata fra Kartverket (www.hoydedata.no) (25). Data fra sjøbunnskartlegging er også tilgjengelig i deler av landet fra bla. Sjøkartverket, Norges geologiske undersøkelse (NGU) og Havforskningsinstituttet (HI) som leverer offentlige kartdata til portalen Mareano (26). Flyfoto kan også være et nyttig hjelpemiddel.

Det må i utgangspunktet forutsettes at det vil kunne gå et stort retrogressivt skred, og potensielt størst mulig løsneområde tegnes med utgangspunkt i de kritiske skråningene som er identifisert i gjennomgangen av topografi. Studier av en del historiske skred viser at de aller fleste retrogressive skredene vil stoppe når lengden på løsneområdet bakover i forhold til skråningsfoten, L = 15H (27), se Figur 4.2. Skråningshøyden, H er definert som høyden av kritisk skråning målt fra skråningsfot, bekke- eller elvebunn eller bunn av marbakken, se også metodikk for oversiktkartlegging i NVE Ekstern rapport 9/2020 (15). Metodikken beskriver også hvordan soner avgrenses mot sjø. Faresonene fra oversiktskartleggingen er tegnet opp basert på dette kriteriet, men avgrensningen av de tidligere registrerte sonene må verifiseres iht. dagens kartgrunnlag, og inkludere dybder under vann. Det vil i noen tilfeller være behov for å justere sonegrensene eller dele opp sonene.



Figur 4.2. Avgrensing av maksimalt løsneområde for et retrogressivt skred. Løsneområdets lengde, L = 15H.

Eksisterende datagrunnlag kan i noen tilfeller dokumentere at det ikke finnes sprøbruddmateriale (28) i den delen av faresonen som er relevant for tiltaket. Tidligere utførte grunnundersøkelser og skredfare-vurderinger kan være tilgjengelig i eller i nærheten av tiltaksområder. NADAG gir oversikt over innmeldte grunnundersøkelser. Brønnboringsdatabasen GRANADA kan også gi nyttig informasjon. Begge disse databasene finnes i NGUs kartkatalog (7). Det foreligger også diverse geotekniske rapporter hos ulike aktører. Det bør derfor rettes en forespørsel til konsulenter og andre offentlige aktører som kan ha relevant informasjon/rapporter.

Det opptegnede løsneområde kan justeres hvor det er dokumentert ikke sprøbruddmateriale, forutsatt at det er tilstrekkelig grunnundersøkelser for en helhetlig grensejustering, se kap. 4.5.4. Løsneområdet gir nå et godt grunnlag for å planlegge befaring, videre grunnundersøkelser og plassering av beregningssnitt. Beregningssnitt plasseres i de kritiske skråningene hvor det antas at det er lavest sikkerhet. Et slik snitt betegnes ofte som et kritisk snitt.

4.3 Befaring

Befaring er nødvendig for å få oversikt over lokale forhold som har betydning for avgrensning av faresoner og for planlegging av grunnundersøkelser. Før befaringen er det viktig å ha skissert løsneområdet (kap. 4.2), plassering av planlagte beregningssnitt og ønskede borpunkt.

Erosjonsforhold som kan ha betydning for skredfaren skal kartlegges. Dette har to hensikter, som grunnlag for faregradsklassifisering og som grunnlag for å vurdere behov for erosjonssikring. For klassifisering av erosjon, se NVE Ekstern rapport 9/2020: «Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred - Metodebeskrivelse» (15).

Observasjoner som bør gjøres på befaringen og som må dokumenteres er bl.a.:

- Finnes det berg i dagen?
- Er det terrengforhold som er av betydning for skredutbredelse?
- Er det noe som tyder på at området er overkonsolidert?
- Er det langgrunt eller brådypt i strandsonen?
- Er det pågående erosjon i elver og bekker som kan utløse skred?
- Er det topografi/nærliggende høydedrag som kan medføre poreovertrykk?
- Er det brønner/oppkommer i området?
- Har det tidligere vært utført inngrep som kan ha betydning for stabiliteten?
- Vurder mulig adkomst for borerigg.

På bakgrunn av observasjonene vurderes på nytt hva som er kritiske skråninger, og avgrensning av løsneområdet oppdateres. Dette kan eventuelt medføre endret plassering av beregningssnitt og borpunkt.

4.4 Gjennomføring av grunnundersøkelser

Basert på det skisserte løsneområdet utarbeides borplan for gjennomføring av nødvendige grunnundersøkelser. Omfang av og type grunnundersøkelser som skal gjennomføres i forbindelse med utredning av fare for områdeskred er beskrevet i kap. 7.

Grunnundersøkelsene skal gi grunnlag for å bestemme løsmassenes lagdeling, grunnlag for vurdering av aktuelle skredmekanismer og mer presis avgrensning av faresonen (løsne- og utløpsområde) (kap. 4.5), inngangsparametere til faregradsevalueringen (kap. 4.7) og parametere til stabilitetsberegninger (kap. 5). Det er derfor viktig at grunnundersøkelsesprogrammet er gjennomtenkt for å dekke alle disse behovene.

4.5 Aktuelle skredmekanismer og avgrensing av løsneområde

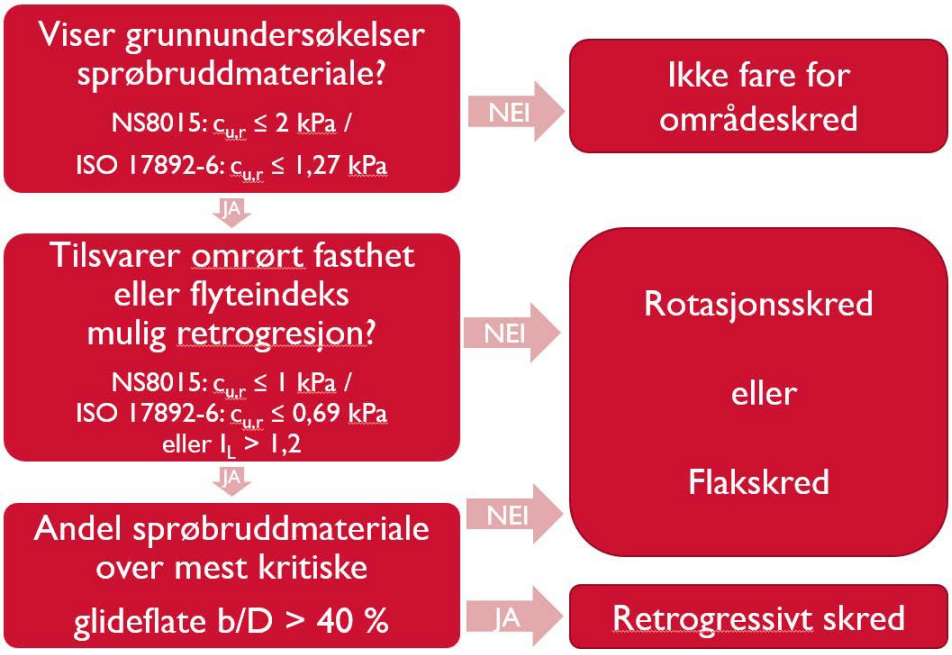
4.5.1 Metodikk for vurdering av skredmekanisme

Skredmekanisme er avgjørende for størrelsen på løsne- og utløpsområdet: Vil et initialskred utløse et retrogressivt skred, eller vil det kunne gå et flakskred eller rotasjonsskred? Skred utløst i strandsonen kan initiere alle disse skredmekanismene. I noen faresoner kan ulike skredmekanismer være aktuelle i ulike skråninger. Da er det nødvendig å kombinere vurderinger i flere skråninger for å avgrense et potensielt løsneområde. Løsneområdene må alltid trekkes ned til bunnen av skråningen, og inkludere hele den kritiske glideflaten.

Vurdering av aktuell skredmekanisme forutsetter informasjon om:

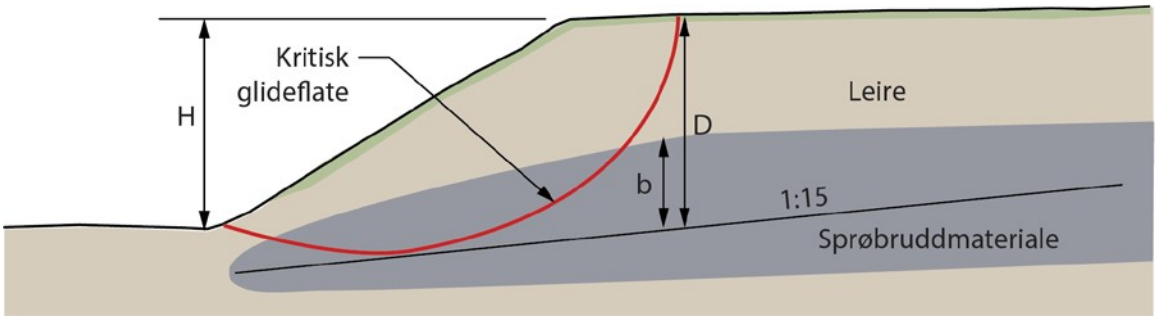
- Løsmassetype og lagdeling
- Sprøbruddmaterialets omrørte fasthet, $c_{u,r}$ og flyteindeks, I_L (bestemt fra laboratorieundersøkelser på opptatte prøver)
- Sprøbruddmaterialets beliggenhet i profil (dybde, mektighet og utstrekning)
- Andel sprøbruddmateriale over den mest kritiske glideflaten (initialskredet): b/D, hvor b er dybden av sprøbruddmateriale i forhold til dybden D av glideflata under terreng, se Figur 4.4 til Figur 4.6.
- Terrengforhold i området
- Ev. tidligere skred i området

Når tilstrekkelig informasjon om grunnforhold og topografi er tilgjengelig, kan vurdering av aktuell skredmekanisme utføres etter flytskjemaet i Figur 4.3. Det forutsettes at kritiske snitt er identifisert og at vurderingene gjøres for alle disse. Kriteriene i flytskjemaet i Figur 4.3 er hentet fra en sammenstilling av data fra over 40 historiske skred, hvor retrogressive skred er definert som skred hvor lengden av løsneområdet, L > 100 m. Datagrunnlaget finnes bl.a. i NIFS-rapport 21/2013 (29). Kriteriene er utarbeidet NIFS-rapport 38/2013 (30), ved Thakur et al (31) og i NIFS-rapport 14/2016 (32).



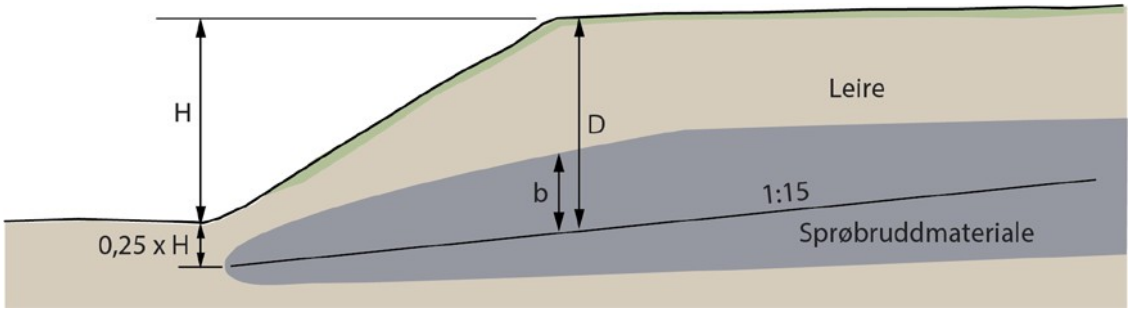
Figur 4.3 Flytskjema for vurdering av aktuell skredmekanisme

Andel sprøbruddmateriale over kritisk glideflate (b/D) i platå- eller ravineterreng
Stabilitetsanalyser utføres for å definere en kritisk glideflate. 1:15-linjen tegnes som en tangent til den kritiske glideflaten og videre oppover i skråningen. Andelen sprøbruddmateriale (b/D) bestemmes i bakkant av kritisk glideflate, se Figur 4.4.



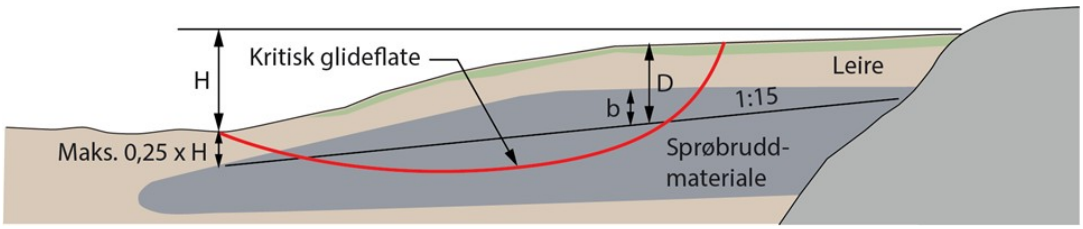
Figur 4.4 Prinsipp for vurdering av b/D (andel sprøbruddmateriale over den mest kritiske glideflate) for en typisk ravine- eller platåskråning

I tilfeller hvor den beregnede kritiske glideflaten er dyp eller når det ikke er utført stabilitetsberegninger, settes starten på 1:15-linjen til 0,25·H under foten av skråningen (H er total høyden av skråningen). Andel sprøbruddmateriale (b/D) bestemmes under toppen av skråningen, se Figur 4.5.



Figur 4.5. Prinsipp for vurdering av b/D (andel sprøbruddmateriale over den mest kritiske glideflate) ved dype glideflater eller i skråninger hvor det ikke er utført stabilitetsberegninger.

Andel sprøbruddmateriale over kritisk glideflate (b/D) i jevnt hellende terreng
Stabilitetsanalyser må utføres for å identifisere en kritisk glideflate. Basert på resultater fra stabilitetsanalyser, tegnes 1:15-linjen som en tangent til den kritiske glideflate og videre bakover i skråningen. Det største b/D-forholdet over 1:15-linja benyttes. I tilfeller hvor den kritiske glideflaten er dyp, settes starten av 1:15-linja til en maksimal dybde på 0,25·H målt fra der hvor glideflaten kommer ut nede i skråningen, og 1:15-linja tegnes som en sekant til glideflaten, som vist på Figur 4.6.

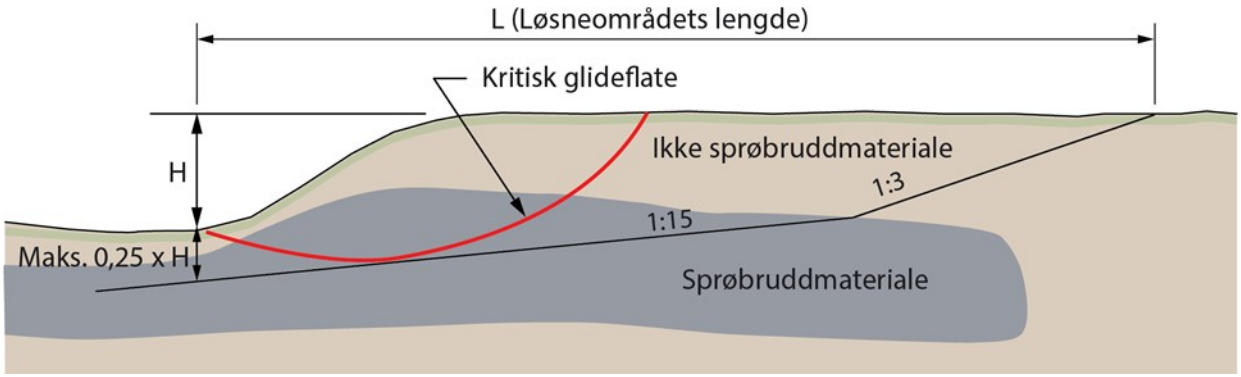


Figur 4.6. Prinsipp for vurdering av b/D (andel sprøbruddmateriale ovenfor den mest kritiske glideflate) for typisk jevnt hellende terreng uten definert bunn av skråning.

4.5.2 Avgrensning av løsneområde for retrogressive skred

Når kriteriene gitt i flytskjemaet i Figur 4.3 tilsier fare for retrogressivt skred og topografien muliggjør utstrømming av skredmassene, må lengden på løsneområdet opprettholdes lik L = 15H. Dette vil være en konservativ antagelse for tilfeller hvor det usammenhengende eller dyptliggende sprøbruddmateriale bakover i profilet. Nedenfor beskrives to metoder for opptegning av løsneområde for retrogressive skred i slike tilfeller. Metodene kan ikke brukes uten god oversikt over de geotekniske forholdene og bruk av geoteknisk skjønn. Valg av metode må begrunnes.

NGI-metoden: Det har blitt praktisert (av bl.a. NGI (33)) å trekke 1:15-linja fra bunn av kritiske glideflate og bakover i sprøbruddmaterialet til den skjærer ut av dette. Derfra og opp til terreng legges glideflate med helning 1:3, se Figur 4.7. Denne metodikken krever at kritisk glideflate for et initialskred blir beregnet. Dersom kritisk glideflate er dypere enn 0,25H under skråningsfoten er den mindre relevant som et initialskred, og metoden foreslår derfor at 1:15-linja starter maksimalt 0,25H under skråningsfoten.



Figur 4.7 Vurdering av løsneområde for retrogressive skred som tar hensyn til lagdeling (NGI-metoden)

NIFS-metoden: Gjennom NIFS-prosjektet ble det utviklet en empirisk metode for vurdering av løsneområdet for områdeskred. Metoden er basert på en rekke geometriske og geotekniske parametere og fra analyser av historiske hendelser. En forutsetning for å benytte NIFS-metoden er at det er gjennomført stabilitetsberegninger for de kritiske snittene som skal vurderes. Input fra disse beregningene gir grunnlag for å vurdere L/H-forholdet for løsneområdet. For detaljert informasjon om denne metoden henvises det til NIFS-rapport 14/2016 (32).

Metodene som beskrevet over gir i utgangspunktet kun utbredelsen av skredet bakover fra initialskredet (utbredelse normalt på høydekotene). Ved avgrensning av løsneområde er det også nødvendig å vurdere sideveis utbredelse av et eventuelt skred (utbredelse langs høydekotene). Langs bredden av vassdrag/sjø er dette veldig relevant. Det finnes noen eksempler på skred med veldig stor bredde, både i Norge og i Nord-Amerika, hvor bredden av skredets løsneområde er større enn lengden.

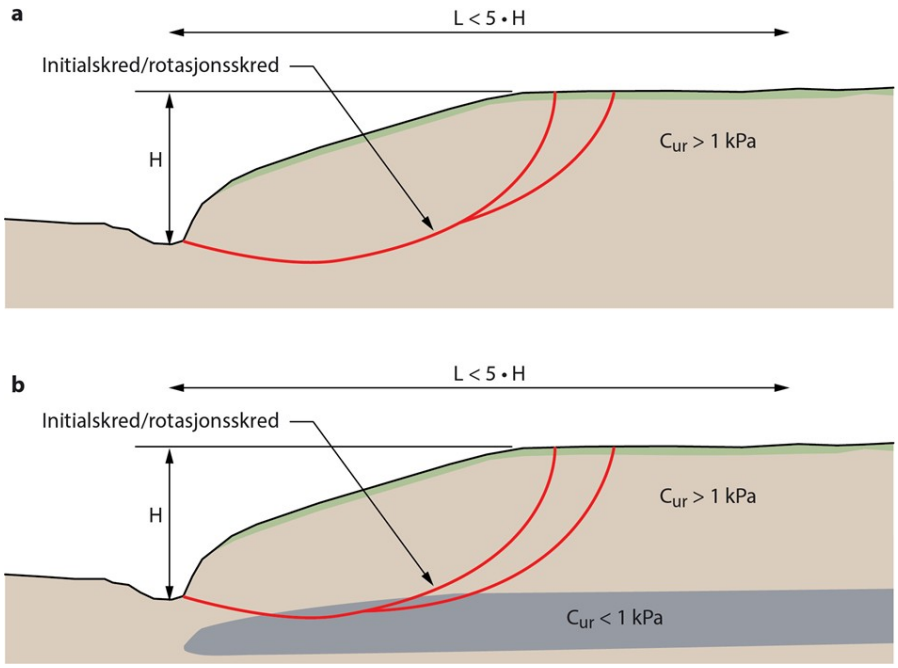
For å estimere sideveis utbredelse av et skred er det anbefalt å gjøre en samlet vurdering av terreng- og grunnforhold. Ved homogene forhold langs vassdrag/sjø kan dette medføre svært brede faresoner. I teorien er utbredelsen ubegrenset for en uendelig lang skråning med jevn topografi og homogene grunnforhold. I praksis vil sideveis utbredelse stoppe opp pga. topografiske begrensninger, som f.eks. raviner, lavere skråningshøyde, overgang til slakere terreng. Likedan kan begrenset utstrekning av kvikkleire, varierende sensitivitet, endret lagdeling, berg i dagen og menneskelige inngrep stoppe videre utvikling av skred.

4.5.3 Løsneområde for rotasjonsskred og flakskred

Når kriteriet i flytskjema i Figur 4.3 tilsier fare for rotasjonsskred eller flakskred, vil aktuell mekanisme avhenge av løsmassenes lagdeling og terrengforhold i utløpsområdet. Er avsetningen lagdelt eller homogen? Vil skredmassene gli ut i åpent terreng, trang ravine eller i større elv/innsjø?

Rotasjonsskred

Studier av historiske hendelser viser at rotasjonsskred i leire i Norge som regel vil ha L/H < 5 (32). Dette forholdet kan brukes for å avgrense løsneområde når det er fare for rotasjonskred (Figur 4.8). De aller fleste rotasjonsskred i Norge vil ende med et løsneområde som er mindre enn 100 m. Dersom topografien ved skredporten medfører oppstuving av skredmasser som hindrer videre utløp, kan rotasjonsskred være relevant skredmekanisme også når det er mer enn 40% sprøbruddmateriale over den kritiske glideflate.



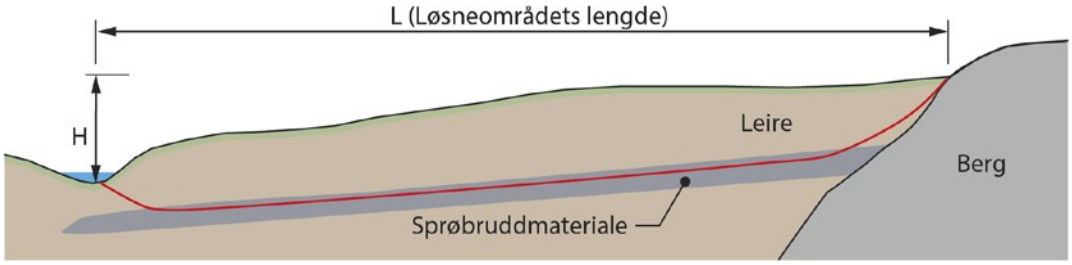
Figur 4.8 Prinsipp for avgrensning av løsneområdet for et rotasjonskred i a) homogen leire og b) når det er mindre enn 40% sprøbruddmateriale over kritisk glideflate.

Flakskred

Flakskred kan forekomme når det er svake lag i grunnen, parallelt med terreng. Terrenget er gjerne jevnt hellende, og skredmassene har mulighet for å gli ut i åpent terreng. Typisk for flakskred er at en første overbelastning medfører en progressiv bruddutvikling i det svake laget, som kan være et kvikkleirelag. Bruddet utvikler seg inntil glideflaten er fullstendig mobilisert, og hele laget over glideflaten glir ut som et tilnærmet sammenhengende flak, se Figur 4.9. Det skilles mellom fremover- og bakoverrettede flakskred. Ved fremoverrettede flakskred, skjer overbelastningen i bakkant av skråningen (eller bak på flaket), og bruddutviklingen forplanter seg fremover langs det svake laget. Ved bakoverrettede flakskred skjer den første overbelastningen i foten av skråningen, for eksempel på grunn av erosjon eller graving, og bruddsonen sprer seg bakover i det svake laget. For opptegning av løsneområdet for flakskred er det

anbefalt å benytte topografiske variasjoner (for eksempel en ravine) samt resultater fra grunnundersøkelser. Resultater fra stabilitetsberegningene vil være til god hjelp når løsneområdet skal bestemmes.

Flakskred kan oppstå i svært slakt terreng, og er relevant skredmekanisme å vurdere ved terrengbelastninger. Geoteknisk detaljprosjektering med bl.a. bæreevnebetraktninger og stabilitetsberegning i svake lag er nødvendig for å avklare fare for flakskred.



Figur 4.9 Skisse som viser mulighet for et typisk flakskred langs et svakt lag som kan gli ut som et tilnærmet sammenhengende stykke.

4.5.4 Endring av eksisterende løsneområder

Ved planlegging av tiltak innenfor en faresone som allerede er registrert, kan grunnundersøkelser vise at det ikke er sprøbruddmateriale i like stor utstrekning som antatt for den opprinnelige registrerte faresonen. En reduksjon av sonens utstrekning krever en helhetlig vurdering som ikke nødvendigvis bare er knyttet til grunnundersøkelser på én eiendom/ planområde. Det må vurderes hvilken utstrekning sprøbruddmaterialet ellers i sonen kan ha, og om et skred som initieres utenfor, allikevel kan ramme tiltaket.

En reduksjon eller en utvidelse av en eksisterende sone skal følge topografiens naturlige avgrensning. Endringen dokumenteres og meldes inn til NVE iht. kap. 4.10.

4.6 Avgrensning av utløpsområde

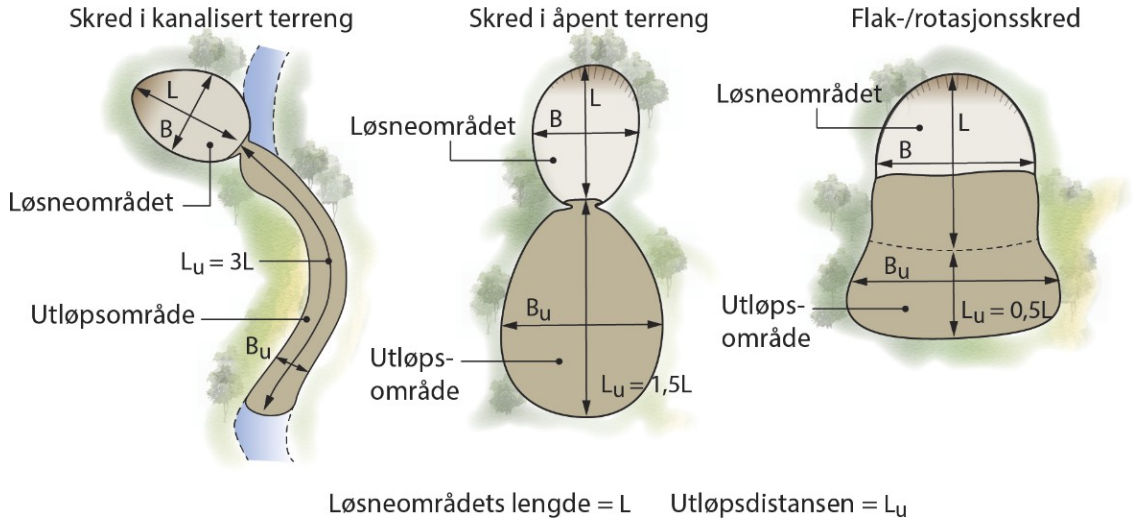
Studier av historiske kvikkleireskred viser at utløpsdistanse avhenger av skredmekanisme og størrelsen på løsneområdet. Når lengden på løsneområdet er bestemt i henhold til kap. 4.5, kan lengden på utløpet for et områdeskred bestemmes basert på empiriske relasjoner i NIFS-rapport 14/2016 (32). Lengden av utløpsområdet regnes fra foten av skråningen som er kritisk for det aktuelle løsneområdet.

Lengden av utløpsområdet, L_u, som funksjon av lengden på løsneområdet, L:

- Retrogressive skred i kanalisert terreng: $L_u = 3L$
- Retrogressive skred i åpent terreng: $L_u = 1{,}5L$
- Flakskred eller rotasjonsskred: $L_u = 0{,}5L$

Disse empiriske relasjonene for utløp gir maksimal lengde for hvor langt skredmassene vil gå i en retning. Det må vurderes hvor stor bredde og mektighet skredmassene vil ha slik at man får avgrenset en utløpssone. Volumbetraktninger vil være sentrale i en slik vurdering, både for løsneområdet og utløpsområdet. For et retrogressivt skred vil skredmassene kunne dekke et stort areal nedstrøms løsneområdet. For flakskred og rotasjonskred vil en stor del av skredmassene bli liggende igjen i skredgropa. Erfaring fra historiske skredhendelser (29), viser at bredden på utløpsområdet (B_u) er omtrent lik bredden på løsneområdet (B) når utløpet er i åpent terreng (dvs. $B_u \approx B$), se Figur 4.10.

De empiriske relasjonene skal gi et konservativt anslag på området som kan få skade som følge av utløpet av et skred. Størrelsen på utløpsområder kan ved behov vurderes nærmere ved detaljert modellering.



Figur 4.10. Sammenheng mellom løsneområdets lengde, L, og utløpsdistansen, L_u (34)

4.7 Klassifisering av faresone

Løsne- og utløpsområdet for et potensielt områdeskred utgjør til sammen faresonen. Ved en soneutredning skal faresonen klassifiseres med faregrad, konsekvensklasse og risikoklasse iht. metoden beskrevet i kap. 4 i NVE Ekstern rapport 9/2020 «Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred - Metodebeskrivelse» (15). Faregrad skal bestemmes for det mest kritiske snittet i løsneområdet. Utløpsområdet får samme faregrad som løsneområdet. Konsekvens skal vurderes samlet for løsne- og utløpsområde. Ved utredning av sikkerhet mot områdeskred for ny bebyggelse, gir faregrad sammen med tiltakskategori føringer for krav til sikkerhet. Det er faregrad før utbygging som skal legges til grunn for vurdering av sikkerhetsnivå, dette betyr at det er mulig å gjennomføre sikringstiltak som medfører at faregrad senkes før utbygging.

For tidligere klassifiserte faresoner skal klassifiseringen (faregrad og konsekvens) vurderes på nytt. Situasjonen kan ha endret seg pga. f.eks. utførte inngrep, data fra nye kart/grunnundersøkelser, sonegrensene kan være endret eller utløp lagt til. Klassifiseringsskjema i NVEs innmeldingsløsning kan benyttes (19).

4.8 Stabilitetsberegninger

For å dokumentere tilstrekkelig sikkerhet iht. krav i TEK17 (se kap. 3.3), må det gjennomføres stabilitetsberegninger av de skråningene som er vurdert som kritiske.

Når tiltaket ligger i en registrert faresone (løsne- eller utløpsområde), må geotekniker vurdere hvilke deler av faresonen som kan utgjøre en fare for tiltaket. Dersom det kan dokumenteres at skred som utløses andre steder i faresonen ikke kan medføre konsekvenser for det aktuelle tiltaket, holder det å dokumentere tilstrekkelig sikkerhet for den delen av faresonen som er relevant for tiltaket.

Stabilitetsberegninger må gjennomføres for alle aktuelle skredmekanismer, se kap. 4.5. Ofte er det behov for å gjennomføre stabilitetsberegninger for å bestemme hvilke mekanismer som er relevante. Det må også vurderes hvorvidt et overflateskred vil kunne påvirke sprøbruddmateriale og dermed kunne initiere områdeskred.

Det skal gjøres stabilitetsberegninger både for korttidsstabilitet (udrenert beregning ved totalspenningsanalyse, F_{cu}) og langtidsstabilitet (drenert beregning ved effektivspenningsanalyse, $F_{c\varphi.}$). Dette fordi leiras skjærfasthet er tidsavhengig og dermed avhengig av lastendringens hastighet. De to analysemetodene gir ofte vesensforskjell i resultat. Beregning av langtidsstabilitet kan utføres for en stasjonær situasjon der det ikke forventes å skje noen lastendringer. Mens en beregning av korttidsstabilitet viser hva skråningen kan tåle av raske lastendringer, for eksempel ved utgraving eller oppfylling før den går til brudd, og forteller noe om skråningens robusthet eller bæreevne.

Skråninger som ligger utenfor influensområdet til tiltaket (se kap. 3.3.7) kan vurderes på grunnlag av langtidsstabilitet (drenert beregning ved effektivspenningsanalyse), i tillegg til et krav til robusthet mot mindre uforutsette spenningsendringer. I NIFS-rapport 15/2016 (22) benevnes slike skråninger som «naturlige skråninger», og defineres der: «*Naturlige skråninger […] omfatter både jomfruelige, ubebygde skråninger, og naturlige skråninger med eksisterende bebyggelse/inngrep (skjæring/fylling), såfremt tilstanden er ferdig konsolidert/uten pågående spenningsendringer av betydning*.»

NIFS-rapport 15/2016 (22) beskriver hvordan sikkerhet for skråninger hvor stabiliteten ikke blir påvirket av byggetiltak skal vurderes:

Effektivspenningsanalyse kan benyttes for å beregne en skråningsikkerhet, under følgende forutsetninger (vurdert av geotekniker):

- *Skråningen er i en permanent, dvs. tilnærmet stasjonær spenningstilstand innenfor poretrykkets naturlige variasjon med årstider, herunder også medregnet påregnelig/erfaringsmessig virkning fra langvarig nedbør* (se kap. 5.3.2 og 7.2.2)
- *Poretrykksfordelingen er godt undersøkt i skråningen og at det tas hensyn til variasjoner som nevnt ovenfor* (se kap. 7.2.2)
- *Det ikke er erosjon som forverrer stabiliteten i skråningen, eller at skråningen er erosjonssikret (erosjon som potensielt kan medføre fare for udrenerte spenningsendringer, dvs. at fare for undergraving/utglidning i skråningen på forhånd forbygges/erosjonssikres). Det forutsettes at sikringstiltaket ikke endrer spenningstilstanden negativt.*
- *Lagdeling, effektive styrkeparametere og tyngdetetthet er tilfredsstillende bestemt* iht. kap. 5 og 7.
- *Totalspenningsanalyse dokumenterer tilstrekkelig robusthet mot uforutsette situasjoner* ($F_{cu} \geq 1.20$ iht. kap. 3.3.6)

Hvis stabilitetsberegningene viser at det ikke er tilstrekkelig sikkerhet mot skred, må det planlegges tiltak som forbedrer sikkerheten. Ved for lav sikkerhet for en udrenert situasjon vil normalt reduksjon av høydeforskjell være mest effektivt for å øke sikkerheten. Dette kan løses enten ved motfylling, avlastning av skråningstopp eller en kombinasjon av disse. Ved for lav sikkerhet for drenerte beregninger vil utslaking av skråningshelning og/eller dreneringstiltak være mest effektivt. Metoder for å bedre sikkerheten er nærmere beskrevet i kap. 6.2 Sikring mot skred – stabiliserende tiltak. Det er viktig å avklare så tidlig som mulig at foreslåtte sikringstiltak er gjennomførbare.

Soner med tilstrekkelig stabilitet skal også avgrenses og meldes inn, se kap. 4.10.

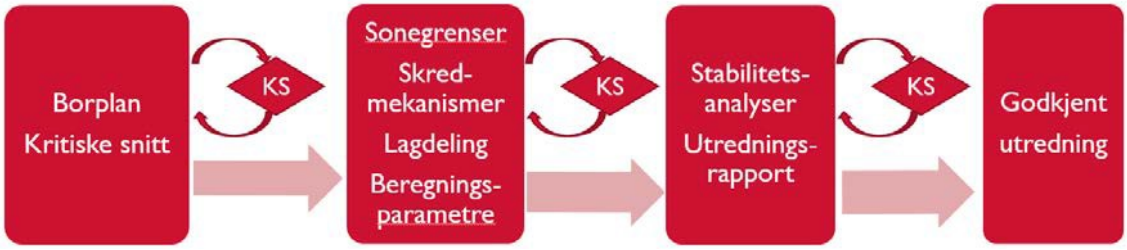
Kap. 5 beskriver mer i detalj hvordan stabilitetsberegninger skal utføres.

4.9 Kvalitetssikring av soneutredninger

Krav om ansvarsrett ved byggesøknader for prosjektering, utførelse og kontroll er gitt i plan- og bygningsloven (pbl) og saksbehandlingsforskriften (SAK10). Krav til kvalitetssikring i denne veilederen (kap. 3.3) erstatter ikke kravene i pbl og SAK10, men er gitt for å sikre tilstrekkelig faglig kvalitet på vurdering av områdestabilitet i forbindelse med arealplanlegging og byggesøknader. Kvalitetssikringen skal også sikre at alle relevante problemstillinger er håndtert og dokumentere at utredninger er i samsvar med denne veilederen.

Gjennomført kvalitetssikring skal beskrives og dokumenteres. Den uavhengige kvalitetssikringen kan benytte *Vedlegg 1: Innhold i rapport for vurdering av områdestabilitet* som et utgangspunkt for hva som skal kvalitetssikres.

Omfang av kvalitetssikringen vil avhenge av prosjektets størrelse og kompleksitet. Generelt anbefales en trinnvis gjennomføring med delleveranser, som vist i flytdiagrammet i Figur 4.13.



Figur 4.11 Flytdiagram som viser eksempel på trinnvis kvalitetssikring gjennom en soneutredning

Foretak som gjennomfører kvalitetssikring skal ikke gjennomføre egen utredning, men være uavhengig rådgiver for tiltakshaver for å sikre at utredningen har tilstrekkelig kvalitet. Den geotekniske konsulenten som gjennomfører utredningen, har ansvar for å følge opp innspill fra den uavhengige kvalitetssikringen og står ansvarlig for det endelige produktet. Ved uenigheter tas dette opp med tiltakshaver og planmyndighet. Kommunen bør ikke godkjenne planer eller byggesøknader hvor utredning av områdeskredfare ikke er kvalitetssikret i samsvar med anbefalingene i denne veilederen.

Alle leveranser skal kvalitetssikres internt før oversendelse til uavhengig kvalitetssikring.

4.10 Dokumentasjon og innmelding av soner

Forslag til innhold i en fullstendig soneutredning er gitt i Vedlegg 1: Innhold i rapport for vurdering av områdestabilitet. Konklusjonene fra den geotekniske vurderingsrapporten må kunne brukes i konkrete planbestemmelser og vilkår i byggesak.

Alle nye og reviderte faresoner rapporteres inn til NVE for å oppdatere NVEs karttjenester. NVE ber om at rapportering av soneutredninger gjøres ved å bruke NVEs digitale innmeldingsløsning for kvikkleiresoner (19). Innmeldingsløsningen benytter Altinn som innloggingsportal og finnes som skjema NVE-0037 "Innmelding av kvikkleiresoner". For å melde inn soner må man rapportere på vegne av et foretak.

Ved å bruke innmeldingsløsningen blir den nye eller reviderte faresonen, med tilhørende klassifisering og dokumentasjon, publisert på NVEs karttjenester. Informasjonen blir på denne måten gjort tilgjengelig for alle.

Følgende meldes inn:

- Løsne- og utløpsområder (som polygon i Shapefil evt. manuelt tegne dette i innmeldingsløsningen)
- Rapport med fullstendig soneutredning i pdf-format (se forslag til innhold i vedlegg 1)
- Datarapporter fra grunnundersøkelsene
- Rapport fra uavhengig kvalitetssikring

Grunnundersøkelser rapporteres inn til NADAG - Nasjonal database for grunnundersøkelser (7), se også kap. 7.4.

5 Stabilitetsberegninger

5.1 Analysemetoder (hva skal beregnes)

Sikkerheten mot utglidning av en skråning skal bestemmes både for dagens situasjon, og situasjonen under og etter tiltak. Dette skal dokumenteres i kritiske snitt i faresonen for alle skredmekanismer som er vurdert aktuelle i henhold til kap. 4.5. Ved vurdering av sikkerhet mot skred i strandsonen vises det også til NVE-faktaark 4/2020 Skred i strandsonen (18).

Kravet til sikkerhetsfaktor for langtidsstabilitet, $F_{c\varphi}$ forholder seg til en ren *effektivspenningsanalyse* hvor alle lag modelleres med effektivspenningsparameterne a og φ, alternativt c' og φ.

Kravet til sikkerhetsfaktor for korttidsstabilitet, F_{cu} forholder seg til en *udrenert analyse* hvor de jordlag som viser en grad av sprøbruddoppførsel modelleres med udrenert fasthet, og andre materialer modelleres med effektivspenningsparametere, se kap. 5.3.2.

Overflateglidninger er vanlig i bratte skråninger og i forbindelse med langvarig nedbør. Skråninger brattere enn 1:2,5 kan normalt være utsatt for overflateskred. Grunnvannstand og poretrykk i skråningen har stor betydning for stabiliteten av skråningen. Dersom det er vannførende lag ut mot skråningen, så kan dette også initiere et overflateskred. Utfylling i topp (hageavfall o.l.) eller graving i foten kan medføre utglidning. Det gjøres normalt ingen spesifikke beregninger for overflateglidninger da beregningsforutsetningene er usikre. Dersom overflateglidninger anses kritisk for områdestabiliteten må det gjøres tiltak, f.eks. drenering.

Kravene til sikkerhet er gitt i kap. 3.3.

5.2 Lagdeling og laster

Lagdelingen i beregningsprofilet skal skille mellom materialer med vesentlig ulik fasthet og bruddoppførsel. Særlig er det viktig å fange opp mulig svake lag som kan være styrende for kritisk skredmekanisme. Ved lagpakker med tette skiftninger må det vurderes om et samlet lag med gjennomsnittlige parametere er mest representativt.

Det benyttes ikke snølaster eller generelle terrenglaster i forbindelse med stabilitetsanalyser. Ved laster fra f.eks. fyllinger, bygg, trafikk og anleggsvirksomhet benyttes relevant regelverk med tanke på last og lastfaktor (f.eks. Eurokode 1 (35), Statens vegvesens Håndbok N200 (36), Bane NORs tekniske regelverk (21)). Kompensert fundamentering, eventuelt i kombinasjon med lette masser kan benyttes for å oppnå tilstrekkelig stabilitet. Trafikk- og anleggslast benyttes ikke hvis de har gunstig virkning, men skal alltid tas med om de er ugunstige. Vær spesielt oppmerksom på vibrasjoners innvirkning på omgivelsene og spesielt på virkninger fra sprengning og komprimeringsarbeid NIFS rapport 16/2016 (37) og NS 8141-3 (38).

Nivåer av fritt vann skal velges som det antatt mest ugunstige som vil kunne oppstå. Langs kysten benyttes lavvann med 20 års gjentaksintervall eller laveste observerte vannstand avhengig av hva som er mest ugunstig, www.sehavniva.no. I innsjø eller elv benyttes laveste observerte vannstand. I reservoar benyttes laveste regulerte vannstand (LRV), men i tillegg må det vurderes om situasjon med fullstendig nedtapping bør kontrolleres.

I tørrskorpelaget må det vurderes hvorvidt man kan ha vannfylte sprekker.

Det har ikke vært vanlig å inkludere jordskjelvlaster i vurdering av områdestabilitet. For byggetiltak som senere skal detaljprosjekteres og dimensjoneres for jordskjelvlaster i henhold til Eurokode 8 Del 1 (39) og Del 5 (40), bør det allikevel så tidlig som mulig vurderes om jordskjelvlast vil kunne påvirke områdeskredfare negativt slik at kravene til sikkerhet som beskrevet i kap. 3.3 ikke kan oppfylles. For detaljer om hvordan jordskjelvberegningene utføres, vises til Statens vegvesens rapport 604 (41).

5.3 Jordparametere

5.3.1 Kvalitet

Ved valg av skjærfasthet skal kvalitet av felt- og laboratorieundersøkelser tas hensyn til. Dersom det ikke oppnås kvalitetsklasse/anvendelsesklasse 1 iht. kap. 7.3 skal det tas hensyn til usikkerheten dette representerer, og valg av fasthetsparametere skal begrunnes spesifikt.

5.3.2 Skjærfasthet

Drenerte effektivspenningsanalyser

For effektivspenningsanalysen må drenert skjærfasthet bestemmes for alle jordlag. For rene friksjonsmaterialer og til dels for mellomjordarter (sand/silt) gjøres valg av drenerte parametere som regel på grunnlag av erfaringstall for tilsvarende jordarter eller ved tolkning av CPTU-sonderinger. Tørrskorpelaget og forvitringssonen modelleres som et drenert aφ-materiale, enten man ser på drenert eller udrenert tilstand. I leirige jordarter velges drenerte fasthetsparametere på grunnlag av treaksialforsøk, jf. NIFS-rapport 77/2014 (42). Det anbefales å utføre flere forsøk i forskjellige dybder for å kunne ta ut representative parametere for ulike dybder og spenningsnivå, samt for få et grunnlag for valg av kombinasjonen mellom a og φ. I tørrskorpe benyttes ofte parameterne $\phi = 30°$ og $a = 0$ dersom det ikke utføres avanserte forsøk. Dette antas konservativt og tar høyde for mulig oppsprekking i tørrskorpelaget.

Analysen baseres på en tenkt stasjonær tilstand med utjevnede poretrykk. Det skal tas hensyn til årstidsvariasjoner og eventuelle effekter av langtidsnedbør. Ved krevende hydrogeologiske forhold med f.eks. lagdeling og oppstikkende berg kan det i spesielle tilfeller være nyttig å etablere en hydrogeologisk modell for å kunne forstå sammenhengen mellom nedbør, infiltrasjon, strømningsmønster og poretrykksvariasjoner (43).

Udrenerte (kombinerte) totalspenningsanalyser

I udrenert analyse modelleres friksjonsmaterialer og faste leirmaterialer med drenerte parametere. Parametere bestemmes som for drenerte analyser. Med faste leirmaterialer menes f.eks. tørrskorpeleire og forvitret leire nær overflaten, rekonsolidert leire etter skred og i noen tilfeller sterkt overkonsoliderte leirer. Det meste av annen leire med intakt struktur viser en grad av sprøbruddoppførsel, jf. NIFS-rapport 88/2014 (44), og skal i disse analysene modelleres med udrenert fasthet. Udrenert aktiv fasthet, c_{uA}, bestemmes i hovedsak på grunnlag av udrenerte treaksforsøk og/eller in-situ metoder. Iht. NIFS-rapport 77/2014 (42), skal karakteristisk c_{uA}-profil velges som mest sannsynlig opptredende (beste estimat) aktive udrenerte skjærfasthet som funksjon av dybden, basert på tilgjengelige og relevante måle- og erfaringsdata. For utfyllende informasjon om valg av karakteristisk c_{uA}-profil vises til NIFS-rapporten.

Det skal tas hensyn til leirens anisotropiforhold, iht. til NIFS-rapport 14/2014 (45). Det skal ikke foretas noen reduksjon av fasthet for å ta høyde for sprøbruddeffekt, ref. kap. 5.3.3.

Dersom planlagte terrengendringer vil medføre en vesentlig reduksjon i effektivspenningsnivået over tid, skal dette tas hensyn til ved valg av udrenert skjærfasthet. Som grunnlag for vurdering av effekt kan følgende overslagsformel på grunnlag av SHANSEP benyttes, NIFS-rapport 77/2014 (42):

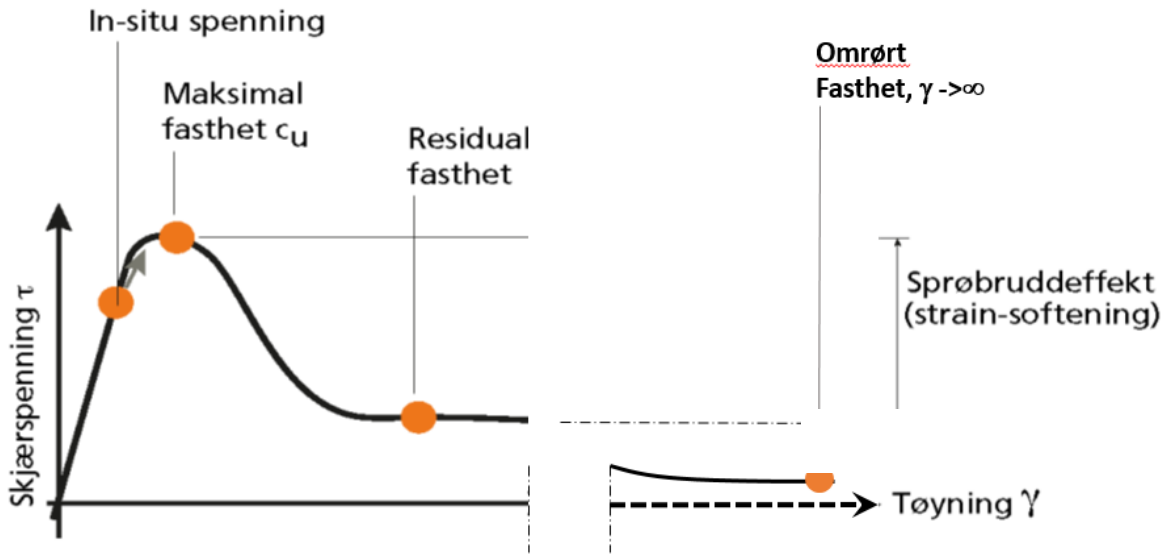
$$c_{u,etter} = \frac{c_{u,før}}{(\frac{\sigma'_{v,før}}{\sigma'_{v,etter}})^{1-m}}$$

- hvor $c_{u,\ etter}$ er udrenert fasthet etter avlastning
- $c_{u,\ før}$ er udrenert fasthet før avlastning
- $\sigma'_{v,etter}$ er vertikal effektivspenning etter avlastning og utligning av poretrykk
- $\sigma'_{v,før}$ er vertikal effektivspenning før avlastning
- m er eksponenten i Shansep-formelen (46)

Ved behov for tidlige overslagsberegninger, uten at grunnlag foreligger, kan det benyttes erfaringsverdier og empiriske minimumsverdier for skjærfasthet, f.eks. fra Statens vegvesen Håndbok V220 (20) og (47).

5.3.3 Effekt av sprøbrudd

Sprøbruddmaterialer, herunder kvikkleire, er i geoteknisk sammenheng definert som løsmasser (leire og silt) som utviser en utpreget sprøbruddoppførsel, dvs. en betydelig reduksjon i fasthet ved tøyninger ut over tøyning ved maksimal fasthet, se Figur 5.1.



Figur 5.1 Skjærspenning som funksjon av tøyning for et sprøbruddmateriale.

Figur 5.1 viser hvordan skjærspenningen i sprøbruddmaterialet endrer seg ved en tenkt pålastning fra opprinnelig spenningstilstand i jorda (in-situ spenning), til maksimal fasthet, cu. Ved pålastning utover maksimal fasthet mister sprøbruddmaterialet brått skjærfasthet. Ved ytterligere tøyning minker skjærfastheten til den tilslutt når den residuale fastheten, $c_{u,r}$. Omrørt fasthet måles på fullstendig omrørt materiale, det vil si ved tilnærmet uendelig tøyning. Sprøbruddmateriale er i denne veilederen definert som jordmaterialer med omrørt skjærfasthet $c_{u,r} \leq 2$ kPa iht. NS8015 (3), det vil si $c_{u,r} \leq 1{,}27$ kPa iht. ISO 17892-6:2017 (2).

Når et tiltak medfører forverring av stabiliteten av en skråning med sprøbruddmateriale, skal det ved udrenert analyse tas hensyn til effekt av sprøbrudd. Brudd i sprø materialer skiller seg vesentlig fra brudd i plastiske materialer, og dermed er det også ulike teoretiske løsninger (48). Dagens praksis er at stabilitetsberegninger oftest gjøres med en grenselikevektsanalyse basert på en perfekt plastisk jordmodell som antar lik mobilisering langs hele bruddflata. NIFS-rapport 88/2014 (44) viser at grenselikevektsanalysen kan overvurdere sikkerheten mot brudd opp mot 20 – 30% sammenlignet med en avansert jordmodell som hensyntar sprøbruddoppførsel (strain-softening). Når det utføres beregninger med grenselikvektsmetoden eller FEM som ikke tar hensyn til sprøbrudd, må beregnet sikkerhetsfaktor korrigeres dersom tiltaket innebærer en forverring av stabilitet. Slik korreksjon foretas ved bruk av sprøhetsforholdet, f_s definert ved:

$$F_{c,u;sprø} = F_{c,u}/f_s$$

hvor

$F_{cu;sprø}$ - Sikkerhetsfaktor for et sprøtt brudd ($F_{cu;sprø} \geq 1{,}4$, jf. krav i kap. 3.3)

$F_{c,u}$ - Sikkerhetsfaktor for et perfekt plastisk brudd (grenselikevektsmetoden)

f_s - Sprøhetsforholdet = 1,15

Vedr. korreksjon for sprøbrudd er det verdt å merke seg følgende:

- Metoden innebærer en endring fra tidligere veiledere hvor korreksjonen ble lagt på reduksjon av aktiv skjærfasthet i lag med sprøbruddmateriale. Ved denne endringen skal det ikke gjøres noen reduksjon av skjærfastheter i selve beregningen, mens det i stedet gjøres en reduksjon av resulterende sikkerhetsfaktor.
- Korreksjonen foretas for hele glideflaten selv om kun deler av den passerer eller tangerer sprøbruddmateriale.
- Det skal ikke foretas korreksjon ved forbedret eller uendret stabilitet (dvs. ikke for skråninger som ligger utenfor influensområdet til tiltaket, og ikke når planlagt tiltak kan bygges kompensert).
- Korreksjonen skal foretas uavhengig av prøvekvalitet. Det vil være et stort potensial for besparelser ved å gjennomføre undersøkelser med god kvalitet for å optimalisere/redusere behov for sikringstiltak

For utfyllende informasjon om effekt av sprøbrudd henvises det til NIFS-rapport 88/2014 (44).

5.4 Beregningsmetodikk

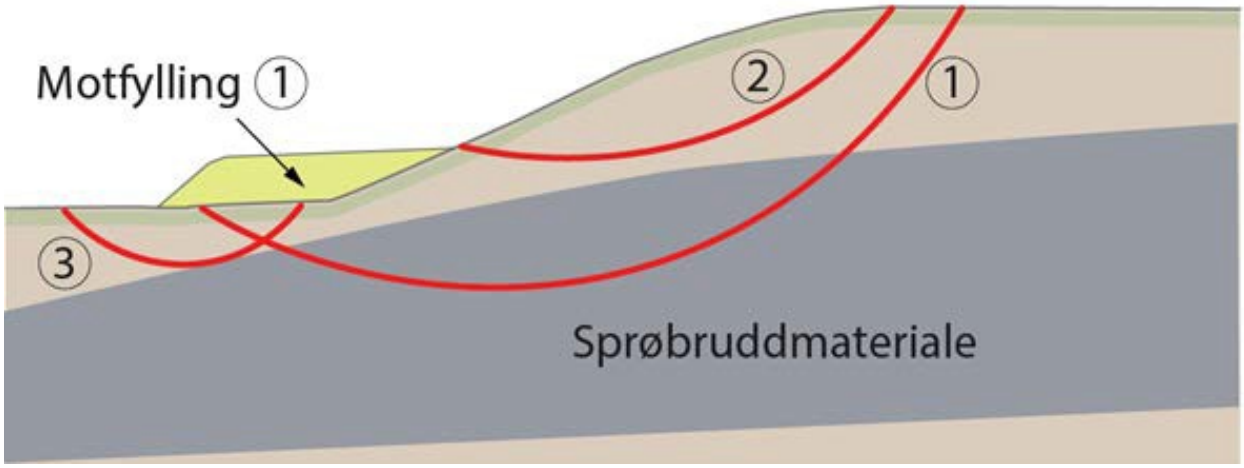
Stabilitetsberegninger skal foretas ved en metode som tilfredsstiller horisontal-, vertikal- og momentlikevekt. Aktuell programvare benytter enten grenselikevektsmetoden eller elementmetode (FEM). FEM er godt egnet til å analysere kritisk skredmekanisme, særlig dersom det benyttes avanserte materialmodeller som tar hensyn til sprøbrudd, for eksempel Plaxis. Det vil ofte være behov for å beregne flere mulige glideflater og sammenligne sikkerhet for samme flate før og etter tiltak, jf. prinsippet om prosentvis forbedring. Grenselikevektsmetoden egner seg godt til slik dokumentasjon. Programvaren må ha mulighet til å beregne både sirkulærsylindriske og sammensatte flater, for eksempel tilfredsstiller GeoSuite Stability dette.

Valg av grensebetingelser og inngangsparametere for analysen må gjøres på grunnlag av en vurdering av hvilke skredmekanismer som anses relevante under de gitte grunn- og belastningsforhold. Herav defineres de mest sannsynlige utløsningsårsaker og skredmekanismer, se kap. 4.5. Sammensatte glideflater bør kontrolleres der det er gjennomgående svake lag. Dersom sikkerhetsfaktor (F_{cu} eller $F_{c\varphi}$) før utbygging blir under 1,0 må forutsetningene revurderes og nye beregninger utføres slik at sikkerhetsfaktor før utbygging blir tilnærmet lik 1,0. Det kan f.eks. dreie seg om geometrieffekter som ikke er tatt hensyn til. Det første som bør vurderes er om benyttet terrengprofil er representativt for beregningen. Eller at fastheten er undervurdert i ett eller flere lag. Slik revurdering må ikke benyttes ukritisk for andre beregningssnitt.

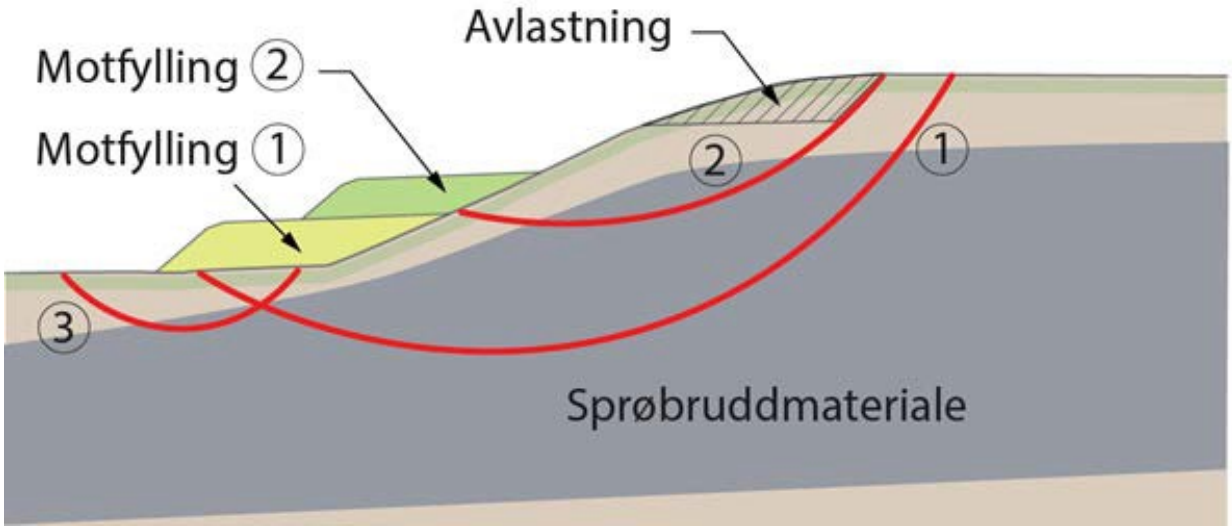
Beregning av selve retrogresjonen etter initialskredet gjøres normalt ikke da vurdering av maksimal utbredelse utføres iht. kap. 4.5.

Ved beregninger i plan tilstand bør (dvs. en skråning som antas å ha lik geometri i uendelig utstrekning til begge sider) bør det gjøres en vurdering av hvor stor lengde langs skråningen beregningen er representativ for. Dersom parallelle naboprofiler har vesentlig høyere sikkerhetsfaktor, kan det være grunnlag for å ta hensyn til geometrieffekter. Slike forhold kan oppstå i ulike terrengformer (f.eks. lokalt høydedrag eller i enden av et terrengsøkk). I denne sammenheng er det viktig å være klar over at eventuelle geometrifaktorer i benyttet programvare ikke nødvendigvis gjelder for alle geometriske forhold. For eksempel kan det være lite sidefriksjon å hente hvis profilet går over et lokalt høydepunkt. I slike tilfeller kan det f.eks. benyttes et midlere representativt profil. Det må ikke benyttes 3D-effekter dersom også naboprofil har anstrengt stabilitet. Generelt bør det utvises forsiktighet ved bruk av geometrieffekter.

Ved bruk av prinsippet om prosentvis forbedring sammenlignes kritisk glideflate før sikring med samme glideflate etter sikring. Ny kritisk glideflate etter sikring må også ha tilfredsstillende stabilitet, se Figur 5.2 og Figur 5.3. Det er viktig at sikringstiltak blir utformet på en slik måte at det oppnås ønsket stabiliserende effekt på de glideflatene som er kritiske. Geometri og lagdeling (beliggenhet av sprøbruddmateriale) er av stor betydning i den sammenheng. Glideflater som får redusert stabilitet som følge av sikringstiltaket skal tilfredsstille kravet $F_{c,u} \geq 1{,}4 * f_s$.



Figur 5.2 Bruk av prinsippet prosentvis forbedring når sprøbruddmateriale ligger dypt i skråningen: Kritisk glideflate (1) før tiltak forbedres med motfylling. Kritisk glideflate (2) etter tiltak har beregningsmessig stabilitet over kravet til absolutt sikkerhetsfaktor, eller det vurderes at den ikke vil initiere områdeskred (den overbelaster ikke sprøbruddmaterialet). Bæreevne (3) for motfylling må oppfylle kravet til absolutt sikkerhetsfaktor $F_{c,u} \geq 1,4*f_s$. Stabiliteten må dokumenteres for de angitte glideflatene i figuren



Figur 5.3 Bruk av prinsippet prosentvis forbedring når sprøbruddmateriale ligger høyt i skråningen: Kritisk glideflate (1) før tiltak forbedres med motfylling nr.1. Dette medfører ny kritisk glideflate (2) som vurderes også å kunne initiere områdeskred. Dersom glideflate (2) ikke oppfyller krav til absolutt sikkerhetsfaktor må den forbedres med motfylling og/eller avlastning. Bæreevne (3) for motfyllingen(e) må oppfylle kravet til absolutt sikkerhetsfaktor $F_{c,u} \geq 1,4*f_s$. Stabiliteten må dokumenteres for de angitte glideflatene i figuren

5.5 Dokumentasjon

Stabilitetsberegningene skal dokumenteres ved at terreng, lagdeling, materialparametere og beregningsresultater fremstilles på en oversiktlig måte. Det vil ofte være hensiktsmessig at stabilitetsberegningene dokumenteres med tegninger som inneholder all vesentlig informasjon, slik som liste over materialparametere, dokumentasjon av skjærfasthetsprofiler med påført skala og benyttet poretrykksfordeling (profiler og grunnvannsnivå). Lagdeling og terreng skal fremgå tydelig, og kotehøyde/nivå på terreng og lag i grunnen må være påført tegningen. Tegningens skala skal komme frem, og det anbefales at det benyttes samme skala på vertikal- og horisontalaksen. I tilfeller hvor resultater fra stabilitetsberegninger i flere faser presenteres på samme tegning så må dette fremgå tydelig. Det er viktig at geoteknikeren er bevisst på at stabilitetsberegningene skal være enkle å kontrollere, og i tillegg til det ovennevnte må derfor all dokumentasjonen (både tekst og tegning) være lesbar.

6 Planlegging av bygge- og sikringstiltak i faresoner

Det må tas spesielle hensyn ved planlegging og gjennomføring av byggetiltak og/eller sikringstiltak i faresoner med identifisert risiko for områdeskred. Dette kapittelet gir anbefalinger og råd om utredninger, prosjektering og gjennomføring av byggetiltak i faresoner. Det skilles mellom planlegging av nødvendige sikringstiltak for å forbedre sikkerheten eller redusere muligheten for skred (kap. 6.2), og planlegging av nye tiltak i faresoner som tidligere er utredet og eventuelt også sikret (kap. 6.3).

6.1 Generelle hensyn

Utredning av områdeskredfare kan konkludere med behov for erosjonssikring og stabiliserende tiltak for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet mot skred, jf. krav til sikkerhet, kap. 3.3. Utredningen skal da inkludere vurderinger og beskrivelse av aktuelle tiltak. Plan for anleggsgjennomføring, og føringer for videre prosjektering- og utførelseskontroll skal beskrives, inkludert behov for eventuell senere detaljprosjektering av stabiliserings- og anleggstiltak.

Det bør så tidlig som mulig avklares om sikringstiltaket er mulig å gjennomføre. Valg av sikringsmetode kan være av betydning for planens gjennomførbarhet. I områder med kvikkleire og andre sprøbruddmaterialer er det også ofte andre problemstillinger enn skredfare å ta hensyn til.

6.1.1 Miljø- og landskapspåvirkning

Ved planlegging og utførelse av sikringstiltak er det viktig å ta hensyn til hvordan miljøet og landskapet påvirkes. Både naturtyper på stedet og geologisk- og biologisk mangfold må ivaretas. Det bør velges sikringsmetoder og utarbeides arbeidsplaner som ivaretar de stedlige forholdene best mulig, og som i størst mulig grad gjør det mulig å gjenopprette forholdene i og langs vassdrag.

Det skal tungtveiende grunner til for å gjøre inngrep i raviner og vassdrag. Raviner er en truet naturtype, og det påhviler alle et spesielt ansvar med hensyn til forvaltning av naturverdiene i ravinene, jf. naturmangfoldloven (Lov om forvaltning av naturens mangfold). De naturlige erosjonsprosessene er viktige for å etablere og opprettholde de arter som lever i raviner og vassdrag. Det er derfor viktig at inngrep begrenses til de områdene der det er reell fare for områdeskred.

Det bør alltid utarbeides en arealplan som inkluderer sikringstiltak og vurderer konsekvensen av disse. Tiltak som kan medføre konsekvenser for allmenne interesser i eller langs vassdrag, kan kreve tillatelse etter vannressursloven (Lov om vassdrag og grunnvann). Bekkelukking er et eksempel på tiltak som får store konsekvenser for vassdraget og som sjelden tillates etter vassdragslovgivningen.

6.1.2 Anleggsdrift

Planlegging av anleggsdrift er særlig viktig ved gjennomføring av sikringstiltak i områder med kvikkleire/sprøbruddmateriale der det er dårlig stabilitet. Det må vies spesiell oppmerksomhet til, og utvises stor aktsomhet ved utførelse av f.eks. anleggsveier, riggområder, midlertidige massedeponier og kompensasjonsgraving ved erosjonsikring. Sikkerhet mot skred skal ivaretas i alle faser av anleggsarbeidet. Arbeider må planlegges slik at det hele tiden oppnås en uendret eller forbedret stabilitet i forhold til utgangspunktet. Ofte vil dette medføre behov for utarbeidelse av detaljerte faseplaner.

6.1.3 Prosjektering, kontroll og oppfølging av stabiliserende tiltak

Det må gjennomføres geoteknisk detaljprosjektering av stabiliserende tiltak. Dette inkluderer også andre tiltak i forbindelse med anleggsgjennomføringen, f.eks. anleggsveier, midlertidige massedeponier, riggområder og miljøtilpasning.

Stabiliserende tiltak i områder med kvikkleire/sprøbruddmateriale skal normalt plasseres i tiltaksklasse 2 eller 3 for fagområdet geoteknikk iht. SAK10 § 9-4, og klassifiseres i pålitelighetsklasse 2 eller 3. Det vil da være krav til uavhengig kontroll etter SAK10 og utvidet kontroll etter Eurokode 0 (49). Geoteknisk kategori skal bestemmes iht. Eurokode 7 (50).

Det skal utarbeides sjekklister og spesielle prosedyrer som ivaretar sikkerheten ved gjennomføring av tiltaket. Anleggskontroll skal planlegges og gjennomføres i det omfang som vurderes nødvendig ut fra kompleksitet og konsekvens, og iht. krav i Eurokode 7- del 1 kap. 4.

6.2 Sikring mot skred – stabiliserende tiltak

Valg av sikringstiltak må alltid vurderes ut fra tiltakets egnethet og oppnådd sikkerhet. I tillegg må det sikres at hensynet til naturmiljø og allmenne interesser i området blir ivaretatt. For prosjektering, utførelse og FDV (forvaltning, drift og vedlikehold) av sikringstiltak henvises det til Sikringshåndboka (51).

6.2.1 Erosjonssikring

Erosjonssikring gjennomføres for å hindre at vann (elv eller bekk) graver i en skråning slik at stabiliteten forverres og skred utløses. Elver og bekker i bunnen av skråningen kan grave seg inn i skråningsfot eller grave seg videre nedover i grunnen, så kalt bunnsekning. Dette vil forverre stabiliteten i et område med kvikkleire/sprøbruddmateriale. Slik stabilitetsforverrende erosjon må forebygges. Mindre bekker og vannsig i skråninger må i enkelte tilfeller sikres hvis de utgjør en fare for stabilitetsforholdene. Likedan må det rettes oppmerksomhet mot tiltak som tilfører vann til en skråning, som for eksempel ved tilførsel av overvann fra områdene på toppen av skråningen.



Figur 6.1 Erosjonssikring i Jørstadelva i Snåsa kommune i Trøndelag. Foto: Ida Eggen, NVE

Erosjonssikring bidrar til en konservering av stabilitetstilstanden, slik at sikkerheten ikke forverres eller skred utløses som følge av erosjon. Erosjonssikring vil normalt ikke forbedre sikkerheten i skråningen, med mindre det også fylles opp i bunn av skråningen.

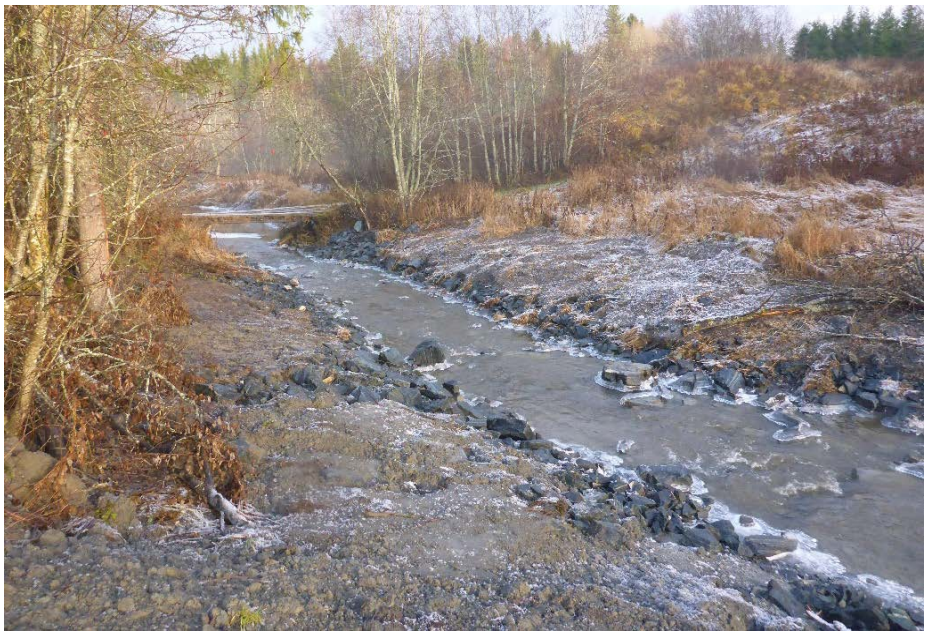
Sprengstein har tradisjonelt vært mest brukt til erosjonssikring av skråninger i kvikkleiresoner. For større elver vil det normalt være hensiktsmessig å gjennomføre sikringen kun på den siden av elva hvor erosjonen pågår (sidesikring). Erosjonssikring ett sted må ikke medføre økt erosjonsfare på motsatt bredd eller andre steder langs vassdraget. Figur 6.1 viser et eksempel på erosjonssikring i Jørstadelva i Snåsa kommune i Trøndelag.

For mindre elver og bekker (små vassdrag) er det normalt at hele elve- eller bekkeprofilet heves med en sprengsteinsfylling i bunn. I slike tilfeller vil man derfor også kunne oppnå en forbedring av stabiliteten. Over sprengsteinsfyllingen legges stedlige masser. I noen tilfeller kan det være behov for å flytte elve- eller bekkeleie noe. Der det er mulig bør bekken følge sitt opprinnelige løp og må ikke kanaliseres. Rette kanaler gir høyere vannhastighet. Økt vannhastighet er ugunstig både for livet i og langs vassdraget, og for erosjonsforholdene nedstrøms.

Sikring av små elver og bekker medfører ofte store endringer i naturforholdene langs vassdraget. For å ivareta og gjenopprette det biologiske mangfoldet er det viktig at bekken og elva får et variert og naturlig utseende etter at sikringsarbeidet er utført. For å tilrettelegge for gode oppvekstområder for fisk og bunndyr bør bekkene etter endt sikringsarbeid ha naturlige variasjoner i bredde, dybde og vannhastighet.

En lengre bekk gir mer vanndekt areal som gir rom for økt produksjon av fisk og bunndyr. Ved sikring av små vassdrag er det i tillegg viktig å ta hensyn til bunnsubstrat, ev. gytegrus, skjulmuligheter for fisk, kantvegetasjon og tidspunkt for anleggsgjennomføring. Tetteribber på tvers av vassdraget vil være nødvendig å etablere i de tilfellene elva eller bekken skal heves for at vannet skal komme opp til overflaten.

Både ved ensidig erosjonssikring og heving av hele bekkeløpet er det viktig at tiltaket gis en god miljøtilpasning. Figur 6.2 viser sikring i Litl-elva i Namdalseid kommune i Trøndelag.



Figur 6.2 Erosjonssikring av Litl-elva i Namdalseid i Trøndelag. Foto: Geir B. Hagen, NVE

6.2.2 Topografiske tiltak

Topografiske endringer er det vanligste tiltaket for å øke sikkerheten mot områdeskred. Disse endringene kan gjennomføres ved oppfylling i foten av en skråning (motfylling) eller ved avlastning av terreng på toppen av en skråning. Ofte vil det være hensiktsmessig med en kombinasjon av erosjonssikring, motfylling og avlastning. Dette gjøres f.eks. ved at toppen av skråningen senkes og slakes ut, samtidig som man legger en motfylling i bunnen av skråningen. Motfyllingen vil også kunne fungere som erosjonssikring mot bekk eller elv. Figur 6.3 og Figur 6.4 viser et sikringstiltak i en kvikkleiresone i Klæbu i Trøndelag hvor terrenget er senket på toppen av skråning, mens bekken er hevet og sikret mot erosjon.

Hvis overflatestabiliteten er dårlig, vil utslaking av skråningen være et aktuelt tiltak. Slike tiltak kombineres ofte med drenering. Det vil alltid være viktig å håndtere vannet i skråningen på en god måte.



Figur 6.3 Avlasting av skråningstopp i Klæbu i Trøndelag. Foto: Geir B. Hagen, NVE



Figur 6.4 Motfylling og hevet bekkebunn i Klæbu i Trøndelag. Foto: Geir B. Hagen, NVE

6.2.3 Grunnforsterkning ved kalksementstabilisering

Stabiliserende tiltak kan gjennomføres ved grunnforsterkning i form av kalksementstabilisering. En utfordring med metoden er at installasjonen av kalksement i grunnen kan medføre midlertidig reduksjon av stabiliteten, og vil derfor i mange tilfeller være uaktuell som sikringsmetode i naturlige skråninger. Kalksementstabilisering kan ikke benyttes for å oppnå prosentvis forbedring. Det kreves at det oppnås absolutt sikkerhetsfaktor $F_{cu} \geq 1{,}40$ og $F_{c\varphi} \geq 1{,}25$ når metoden benyttes. Krav til sikkerhetsfaktor må normalt oppnås før øvrige anleggsarbeider knyttet til tiltaket kan igangsettes. Spesiell oppfølging i anleggsperioden må påregnes, inkluderte spesielle anleggsprosedyrer og rekkefølgebestemmelser, ref. (52) og (53). Metoden er mye brukt i forbindelse med større samferdselstiltak.

6.2.4 Grunnforsterkning ved saltstabilisering

Stabilisering av kvikkleire ved hjelp av saltbrønner fylt med kaliumklorid (KCl) er en grunnforsterknings-metode som er under utvikling. Saltet vil ved diffusjon/migrasjon medføre en ionebytteprosess i leira som over tid føre til at leira rundt brønnene ikke lenger vil være kvikk, dvs. at den omrørte skjærfastheten økes. Det betyr at et initialskred ikke vil kunne utvikle seg videre til store retrogressive/bakovergripende skred. Metoden krever at man har tid til å vente på ønsket resultat. Det kan forventes økt omrørt skjærfasthet etter ca. 2 -3 år, avhengig av blant annet saltbrønnenes plassering, massenes permeabilitet og kvikkleiras beliggenhet og mektighet. Saltstabilisering kan være aktuelt i områder der det ikke er mulig å forbedre stabiliteten ved andre metoder. Det er påvist en liten økning også i den uomrørte fastheten av leira, men det er knyttet usikkerhet til den effekten. Metoden alene vil derfor ikke være egnet for de tilfeller hvor den beregningsmessige sikkerheten må økes for å oppnå krav til sikkerhet, ref. (54) og (55).

6.3 Byggetiltak i faresoner som er utredet og ev. sikret

For nye tiltak i faresoner som tidligere er utredet og vurdert som tilstrekkelig sikre mot skred, alternativt utredet og sikret, må det vurderes hvordan tiltaket kan gjennomføres med tilstrekkelig sikkerhet.

Små tiltak som tilbygg og mindre garasjer og lignende (K0) vil normalt ikke påvirke stabiliteten så lenge tiltaket ikke medfører graving eller fylling, og kan gjennomføres uten geoteknisk vurdering hvis de utføres iht. vedlegg 2.

For større tiltak (K1-K4) må tiltaket planlegges og prosjekteres på en slik måte at stabiliteten ikke forverres. Dette kan gjøres ved at det bygges tilstrekkelig langt unna kritiske skråninger (se kap. 3.3.7), eller at tiltaket gjennomføres med kompensert fundamentering. For skråninger med stabilitet høyere enn absolutt sikkerhetsfaktor gitt i kap. 3.3, kan det prosjekteres tiltak hvor stabiliteten reduseres, men ikke under kravet til absolutt sikkerhetsfaktor. Det forutsettes at alle tiltak innenfor en tidligere utredet og ev. sikret faresoner underlegges krav til prosjektering og kontroll iht. pbl/SAK10. Tiltak i faresoner skal i utgangspunktet plasseres i tiltaksklasse 2 eller 3 for fagområdet geoteknikk etter SAK10 § 9-4. For tiltak som ikke berører kvikkleire/sprøbruddmateriale eller påvirker områdestabiliteten kan det etter faglig begrunnelse velges lavere klassifisering.

Dersom utbygging i skredutsatt område skal skje i flere etapper og over en lengre periode (gjerne flere år), skal situasjonen før første utbyggingsetappe legges til grunn for «før-situasjonen» ved vurdering av prosentvis forbedring ved tiltak i senere utbyggingsetapper. Det må dokumenteres at tidligere utførte stabiliserende tiltak oppfyller kravene til prosentvis forbedring for aktuelle tiltak.

7 Grunnundersøkelser

7.1 Generelt

Grunnundersøkelser utført i forbindelse med vurdering av områdeskredfare er en trinnvis prosess hvor behov for informasjon, både i omfang og kvalitet, vil avhenge av nødvendig detaljeringsgrad. Formålet med grunnundersøkelsene er å kartlegge forekomst av kvikkleire/sprøbruddmateriale som grunnlag for soneavgrensning, faregradsklassifisering og ev. videre stabilitetsberegninger i kritiske snitt.

Manglende kunnskap om grunnforhold representerer en usikkerhet både i forhold til gjennomførbarhet og kostnader i et prosjekt. Denne usikkerheten kan reduseres ved at grunnundersøkelser utføres så tidlig som mulig i prosjektløpet. Videre vil økt omfang av en grunnundersøkelse gi redusert usikkerhet. Usikkerhet i prosjekteringsgrunnlaget medfører ofte behov for konservative antagelser. Dette kan igjen føre til økt omfang av sikringstiltak. En grundig grunnundersøkelse kan dermed anses som en investering for å redusere de totale prosjektkostnadene.

Metode for detektering av kvikkleire fra grunnundersøkelser er beskrevet i NIFS-rapport 126/2015 (56). Det henvises til denne rapporten for detaljerte beskrivelser av metoder og utførelse av disse, samt metodikk for tolkning av resultater med tanke på detektering av sprøbruddmateriale og nødvendig detaljeringsgrad. Se også NGF-melding 12 «Veiledning for detektering av sprøbruddmateriale» (28) og øvrige NGF-meldinger.

7.2 Omfang av undersøkelser

Omfang av en grunnundersøkelse må tilpasses de vurderingene som skal gjøres i aktuell planfase, se kap. 3.4. Ved detaljprosjektering av tiltak legger Eurokode 7, del 1 (kap. 3.2) opp til en todelt grunnundersøkelse; forundersøkelser (3.2.2) og prosjekteringsundersøkelser (3.2.3). Ved samtidig vurdering av områdestabilitet for en detaljprosjektering er det anbefalt at kravene til grunnundersøkelser for områdestabilitet, som beskrevet i denne veiledningen, dekkes gjennom det som beskrives som forundersøkelsene i Eurokode 7.

Dersom steg 1-6 i prosedyren i kap. 3.2 ikke kan utelukke skredfare, må det gjøres innledende grunnundersøkelser for å finne ut om det kan være sprøbruddmateriale på eiendommen/ i planområdet (steg 7 i prosedyren). De innledende grunnundersøkelsene plasseres i/rundt eiendommen/planområdet for å avklare om det er forekomst av sprøbruddmateriale i grunnen som medfører at tiltaket kan bli berørt av et områdeskred. For soner som grenser til vassdrag eller sjø må behov for flåteboring vurderes, se NVE-faktaark 4/2020 (18). Dersom topografien tilsier at tiltaket ligger i et mulig utløpsområde for et skred, må også tilhørende løsneområde undersøkes. Hvis de innledende undersøkelsene viser at det finnes kvikkleire/sprøbruddmateriale må fare for områdeskred utredes videre i henhold til prosedyren i kap. 3.2.

Inhomogene grunnforhold vil betinge mer detaljerte undersøkelser enn homogene forhold. Dette vil gjelde både for kartlegging av lagdeling og utstrekning av sprøbruddmateriale, for bestemmelse av fasthetsparametere og for måling av poretrykksforhold. Likeledes vil områder der de topografiske forholdene er varierende, betinge mer grunnundersøkelser enn områder med en ensartet topografi.

7.2.1 Grunnlag for avgrensing av faresone

Grunnundersøkelser må utføres for å kartlegge sprøbruddmateriale, både i utstrekning og dybden (lagdeling). Grunnundersøkelser også kan avdekke andre typer løsmasser, samt beliggenheten av berg under løsmassene. Begge deler vil ha betydning for vurdering av sonenes utbredelse og ved stabilitetsberegningene. Tilgjengelige kartdata og eksisterende grunnundersøkelser samles først for å få en overordnet oversikt og forståelse av området. Samlet gir dette et grunnlag for å avgrense en faresone.

Grunnundersøkelsene skal som et minimum inneholde et tilstrekkelig antall sonderinger, ev. støttet av geofysiske målinger. Det anbefales at det ved utarbeidelse av borplan tas høyde for at det er sprøbruddmateriale i hele det antatte løsneområdet, slik at det planlegges tilstrekkelig omfang av undersøkelser fra starten av. Et større antall sonderinger vil gi økt nøyaktighet på avgrensningen av løsneområdet. Det må fokuseres på kritiske snitt hvor det skal gjøres en vurdering av skredmekanismer (jf. kap. 4.5), og hvor det kan være behov for stabilitetsberegninger (se kap. 7.2.2). Hva som er kritiske snitt, avhenger av:

- Beliggenhet av sprøbruddmateriale i grunnen (dybde, mektighet og utstrekning)
- Skjærfasthet
- Poretrykksforhold
- Overkonsolideringsforhold

For vurdering av aktuell skredmekanisme kreves informasjon om sprøbruddmaterialets beliggenhet i profilet og materialets omrørte skjærfasthet. Det er derfor vesentlig at utførte grunnundersøkelser er dype nok og plassert slik at man har grunnlag for å utføre vurderingene som beskrevet i kap. 4. I utgangspunktet skal sonderinger gjennomføres minimum ned til en dybde som tilsvarer 1,5 x H under skråningstopp, der H er den totale skråningshøyden. Dersom grunnundersøkelsene viser at det er usammenhengende lommer eller tynt lag med sprøbruddmateriale, så vil dette ha betydning for hva som er aktuell skredmekanisme og løsneområde iht. metodikken kap. 4.5. Et mindre løsneområde vil igjen ha betydning for omfang av borpunkt, derfor er det viktig med kontinuerlig oppfølging av feltarbeidene og vurdering av behov for revisjon av borplanen.

Figur 7.1 viser eksempel på borplan for utredning av en kvikkleiresone med borpunkt plassert i faresonens antatte kritiske snitt og for avgrensning av potensielt løsneområde. Eventuelle eksisterende undersøkelser bør også legges inn i planen, samt forslag til geofysiske målinger for å kartlegge lagdelingen mellom borpunktene (2D resitivitetsmålinger (ERT) er representert med lilla linjer i figuren).

Sikker klassifisering av sprøbruddmateriale kan kun gjøres ved prøvetaking (28). Det bør tilstrebes å få opp uforstyrrede prøver av god kvalitet, men for å vurdere forekomst av sprøbruddmateriale er det ikke nødvendig med like god prøvekvalitet, da det kun er den omrørte skjærfastheten som vurderes. Type prøvetaker vurderes ut fra behovet for kvalitet.

Geofysiske målinger, som f.eks. 2D resistivitetsmålinger (ERT), kan være relevante for bestemmelse av lagdeling og dyp til berg i profil når det interpoleres mellom geotekniske sonderingspunkter. Spesielt i tilfeller hvor det er tvil om hvor, og hvordan, sprøbruddmateriale kiler ut i en skråning kan det være aktuelt å utføre slike målinger. I terreng som er vanskelig tilgjengelig med geoteknisk borerigg er denne metodikken også relevant, jf. NGU rapport 2010.048 (57).

Bestemmelse av poretrykksforhold gjøres primært for stabilitetsberegninger, men også for faregradsklassifisering, hvor poretrykksforhold måles i henhold til klassifiseringsmetodikken i NVE Ekstern rapport 9/2020 (15).

Ved kombinasjon av flere metoder bør det fortrinnsvis være et borpunkt som får status som «totalstasjon», dvs. at flere ulike sonderingsmetoder og undersøkelser utføres i samme punkt, se borpunkt 10 i Figur 7.1. Dette gir en mulighet for å korrelere informasjon om løsmassene mellom de ulike metodene og dermed gi et bedre tolkningsgrunnlag for nærliggende sonderinger. Prøvetaking med tilhørende laboratorieundersøkelser, samt poretrykksmålinger, bør sammen med relevante sonderinger inngå i en totalstasjon.



Figur 7.1 Eksempel på borplan for utredning av en kvikkleiresone (faresone) med fire antatt kritiske snitt (A, B, C og D) og to ERT-liner (lilla), 12 borpunkt plassert i og rundt sonen for å gi grunnlag både til beregningssnittene og ERT, samt soneutstrekning. Antatte sikringstiltak etter første runde med beregninger er markert med grønt.

7.2.2 Grunnlag for stabilitetsberegninger

Grunnundersøkelsene for stabilitetsberegninger i en soneutredning gjøres vanligvis i samme runde som for avgrensing av faresonen (kap. 7.2.1). En grunnundersøkelse som skal danne grunnlag for stabilitetsberegninger inkluderer innhenting av kunnskap om lagdeling og jordartsparametere i hele beregningsprofilet.

I tillegg til omfang som beskrevet i foregående avsnitt, vil det normalt være behov for minimum 2 stk. in-situ målinger (vanligvis CPTU) for hvert beregningsprofil. Primært en sondering ved skråningstopp og en ved skråningsbunn. Sonderingene skal ha en dybde som minimum tillater parameterbestemmelse for opptredende glideflater i stabilitetsberegningen. Det vil normalt være behov for beregninger i flere profiler i forbindelse med utredning av områdestabilitet. Antall in-situ målinger (CPTU) må da tilpasses slik at man dekker de relevante lagene, både i dybde og i plan, slik at man har beregningsgrunnlag for aktuelle profiler. Ved flere beregningsprofiler i nærheten av hverandre vil det da ofte være mulig å basere bestemmelsen av lagdeling og parametere på et grunnlag som er mindre enn 2 stk. in-situsonderinger for hvert profil. Bruk av «totalstasjon», herunder sammenligning av lagdeling, poretrykksforhold, spenningsnivåer og topografi vil være sentralt.

Tolkning av fasthetsparametere fra in-situ sonderinger skal normalt være forankret i stedlige forhold, vanligvis ved å sammenstille relevante resultater fra sonderinger, prøvetaking og poretrykksmålinger (totalstasjon). Tolkning av in-situ sonderinger bør ta utgangspunkt i treaksialforsøk og/eller ødometerforsøk. Enaks- og konusverdier skal primært ikke benyttes som tolkningsgrunnlag. For fastsetting av profil for aktiv udrenert skjærfasthet henvises det til NIFS-rapport 77/2014 (42). Anisotropiforhold kan fastsettes basert på NIFS-rapport 14/2014 (45).

Når det benyttes effektivspenningsanalyser for å beregne sikkerhet i en skråning, bør bestemmelse av effektivspenningsparametere gjøres basert på stedlig prøvetaking. Det anbefales utført minimum to treaksialforsøk i dybder som er relevante for stabilitetsberegningen. Bestemmelse av attraksjon og friksjonsvinkel skal gjøres innenfor et relevant spenningsområde.

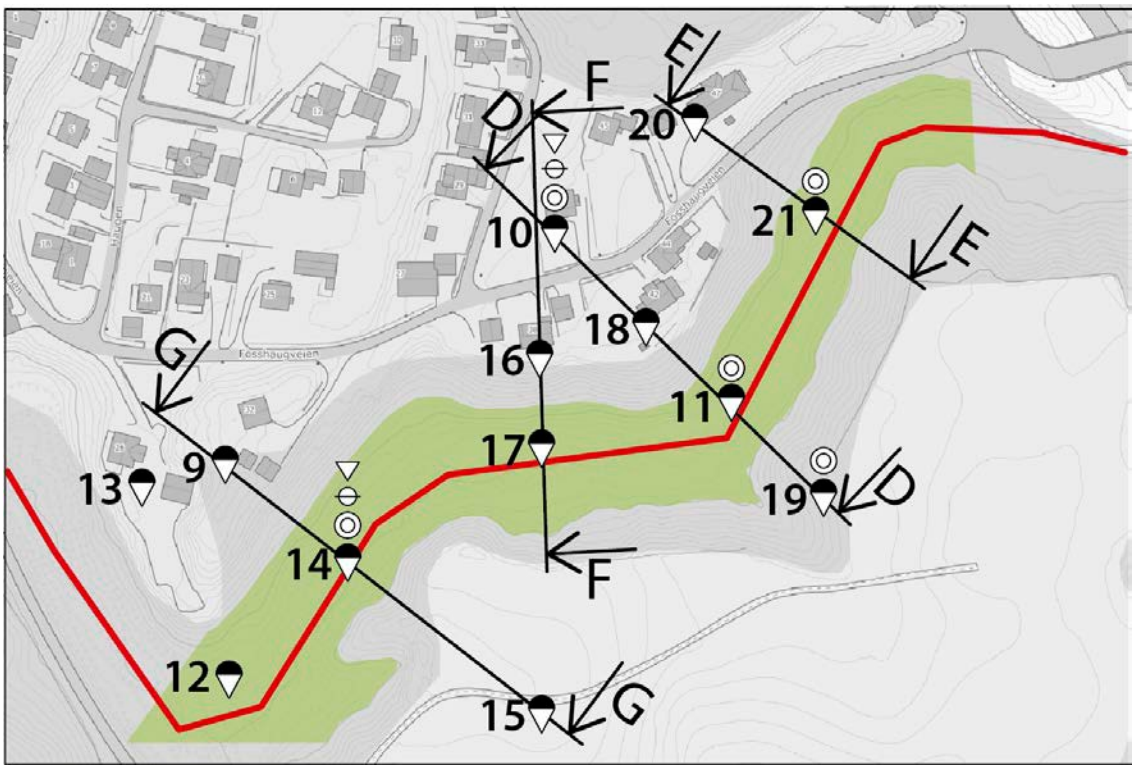
Poretrykk skal måles slik at poretrykksfordeling i hvert beregningsprofil kan bestemmes. Det må utvises geoteknisk skjønn ved vurdering av antall punkter og muligheten for å ekstrapolere mellom disse. Det vil normalt være behov for at poretrykk måles i minimum to nivå slik at man kan vurdere poretrykksfordelingen med dybden. Videre er det viktig at poretrykket vurderes både på toppen og i bunnen av skråningen, og i enkelte tilfeller er det også behov for at poretrykket midt i en skråning bestemmes. Valg av type poretrykksmåler må vurderes. Ved mistanke om store poreovertrykk vil det være hensiktsmessig å benytte elektriske piezometre. Elektriske piezometre med minne er hensiktsmessig når poretrykket skal måles over en lengre periode, f.eks. for å vurdere eventuelle årstidsvariasjoner og effekten av langvarig nedbør.

Når det benyttes effektivspenningsanalyser for å beregne en skråning sikkerhet stilles det krav til at poretrykksfordelingen er godt undersøkt i det aktuelle beregningsprofilet. Dette innebærer bla. at målingen må pågå over tid slik at årstidsvariasjoner og effekter av langvarig nedbør kan hensyntas.

7.2.3 Grunnlag for detaljprosjektering av sikringstiltak

Stabilitetsvurderingene kan vise at det vil være nødvendig med stabilitetsforbedrende sikringstiltak. Det vil oftest kreve mere omfattende undersøkelser for dimensjonering og optimalisering av sikringstiltak. Det kan da være aktuelt med flere spesialundersøkelser og spesialforsøk som supplement til de tidligere gjennomførte undersøkelsene.

Figur 7.2 viser et utsnitt av det samme eksempelet som vist i Figur 7.1. Ved soneutredning ble det avdekket kritisk stabilitet ned mot bekken i sør, med behov for supplerende grunnundersøkelser for å gi grunnlag for mer detaljerte beregninger og videre detaljprosjektering av sikringstiltak. Foreslått sikringstiltak er heving av bekken og motfylling på begge sider.



Figur 7.2 Borplan med supplerende grunnundersøkelser for detaljprosjektering av sikringstiltak i kvikkleiresonens (faresonens) kritiske snitt. Opprinnelig beregningssnitt D er supplert med snitt E, F og G som grunnlag for prosjektering og utformingen av motfyllingen i bekkedalen. Motfyllingens plassering er markert med grønt.

7.3 Kvalitet på grunnundersøkelser

Grunnundersøkelsene skal utføres av kvalifisert personell i henhold til NS 8020-1:2016 (58). Utførelse av sonderinger og prøvetaking skal være i henhold til:

- NGF melding Nr. 3 - Dreiesondering (59)
- NGF melding Nr. 4 - Vingeboring (60)
- NGF melding Nr. 5 - Trykksondering, CPTU (61)
- NGF melding Nr. 6 - Grunnvannstand og poretrykk (62)
- NGF melding Nr. 7 - Dreietrykksondering (63)
- NGF melding Nr. 9 - Totalsondering (64)
- NGF melding Nr. 11 – Prøvetaking (65)
- Statens Vegvesen, håndbok R211, Feltundersøkelser (66)

For vurdering av passende metoder for en grunnundersøkelse og tolkning av resultater med tanke på detektering av sprøbruddmateriale henvises det til NIFS-rapport 126/2015 (56).

Kvaliteten på trykksonderinger (CPTU) som skal benyttes til bestemmelse av fasthetsparametere, bør tilfredsstille anvendelsesklasse 1 i samsvar med kap. 5 i NGF melding nr. 5 (61). Dersom en lavere anvendelsesklasse oppnås, skal kvalitet og bruk av tolkede materialegenskaper vurderes ut fra dette. Ved prøvetaking skal det tilstrebes høyeste kvalitetsklasse. Det er viktig av å begrense rystelser under transport, og sørge for kortest mulig lagringstid. Utførende borefirma er ansvarlig for kvalitet på in-situ sonderinger og opptatte prøver.

Prøver som det utføres laboratorieundersøkelser på bør være av god kvalitet. Ved utførelse av treaksialforsøk og ødometerforsøk bør det bl.a. tilstrebes at prøvene skal tilfredsstille høyeste kvalitetsklasse ”Veldig god til utmerket” iht. tabell 6 i NGF melding nr. 11 (65). Større prøvediameter gir oftest bedre prøvekvalitet. For vurdering av prøvekvalitet, vises det til kap. 4.5 i NGF melding nr. 11 (65) samt til Eurokode 7 – Del 2 (67).

Valg av designparametere for stabilitetsberegninger må vurderes på bakgrunn av oppnådd prøvekvalitet. Hvis kvaliteten er for dårlig må det vurderes mer avansert prøvetaking.

Føringer for bestemmelse av parametere til stabilitetsberegninger er gitt i avsnitt 5.3.

7.4 Rapportering av grunnundersøkelser

Alle undersøkelser skal dokumenteres og rapporteres i henhold til NGF melding nr. 2 (68). Både prøvekvalitet og CPTU-kvalitet skal dokumenteres i datarapport. Oppnådd kvalitet og eventuelle avvik skal alltid fremgå av rapporten. Koordinatsystem for både plan og høyde, samt nøyaktighet og innmålingsmetode for disse, må også dokumenteres i datarapporten.

I mange sammenhenger, og for soneutredning spesielt, er det mest hensiktsmessig å presentere grunnundersøkelsene i en egen datarapport adskilt fra de øvrige vurderingene.

Alle utførte grunnundersøkelser skal innrapporteres til NADAG – Nasjonal database for grunnundersøkelser (7).

8 Terminologi

Aktsomhetsområde: I veilederen benyttes begrepet aktsomhetsområde om områder der det potensielt kan være fare for skred i kvikkleire eller andre jordarter med sprøbruddegenskaper (steg 1-3 i prosedyren i kap. 3.2) uten at skredfaren er undersøkt nærmere eller utredet.

Faregrad: I veilederen er begrepet faregrad et kvalitativt uttrykk for sannsynligheten for områdeskred i en identifisert, avgrenset faresone. Sonens faregradsklasse (høy, middels eller lav) bestemmes i henhold til gjeldende metodikk, se ref. (15).

Faresone: Faresone for kvikkleireskred eller områdeskred, ofte brukes begrepet kvikkleiresone. I denne veilederen brukes begrepet om det største antatte løsne- og utløpsområde for et områdeskred, avgrenset på grunnlag av grunnundersøkelser, terrenganalyser og geotekniske vurderinger, og faregradsevaluert i henhold til gjeldende metode, ref. (15).

Faresoner kan inndeles i to kategorier avhengig av detaljgrad på utredning:

1) Faregradsklassifiserte soner: Faresoner hvor sannsynlighet for skred kun er angitt som sonens faregrad. Det vil si den er klassifisert i henhold til ref. (15), men det er ikke utført stabilitetsanalyser.
2) Stabilitetsutredete soner: Faresoner som er utredet i henhold til prosedyren i kap. 3.2. Det er utført stabilitetsanalyser og sannsynlighet for skred er angitt som en sikkerhetsfaktor, F, i sonens kritiske skråninger. Utredningene er gjort i samsvar med denne veilederens anvisninger.

Flakskred: Betegnelse på et skred når et større flak glir ut i en bevegelse, som et tilnærmet sammenhengende stykke.

Flyteindeks, I_L: Numerisk forskjell mellom det naturlige vanninnholdet (w) og plastisitetsgrensen (w_P) uttrykt i prosent av plastisitetsindeksen (I_P): $I_L = 100 \cdot (w - w_P)/I_P$, iht. NGF melding 2 (68).

Glideflate: Betegnelse på den flaten skredmassene glir ut på. Ofte kan glideflaten være sammenfallende med et svakt lag i grunnen.

Influensområdet til tiltaket: Se «Skråninger utenfor influensområdet til tiltaket».

Initialskred (initiell utglidning): Betegner det første (initielle) skredet som utvikler seg videre til et større skred (områdeskred) i tilstøtende sprøbruddmaterialer. Initialskred kan utløses av både menneskelige inngrep og naturlige prosesser.

Korttidsstabilitet: Sier noe om hva skråningen vil kunne tåle av raske lastendringer før den går til brudd (f.eks. som følge av utgraving eller oppfylling), og beregnes ved en udrenert analyse (totalspenningsanalyse som gir sikkerhetsfaktor, F_{cu}).

Kritisk skråning: Skråning som ut fra ytre forhold (topografi, erosjon, tidligere inngrep mm) kan antas å ha dårlig stabilitet og hvor et skred initialskred vil kunne utvikle seg til et områdeskred.

Kritiske snitt: Beregningssnitt plassert i de skråningene i faresonen som antas å ha lavest sikkerhet (kritisk skråning). Plassering av snittene gjøres på grunnlag av topografi, erosjon og tidligere inngrep, samt lagdeling tolket fra grunnundersøkelser.

Kvikkleire: Leire som i omrørt tilstand har omrørt skjærfasthet $c_{u,r} \leq 0{,}5$ kPa, i henhold til NS8015 (dvs. «gammel konusstandard») (3). Etter ISO 17892-6:2017 (6) tilsvarer tilsvarer dette omrørt skjærfasthet på 0,33 kPa (9,0 mm inntrykk på 10 g 60˚ konus), se også *sprøbruddmateriale*.

Kvikkleireskred: Kvikkleireskred er et typisk områdeskred, hvor det er kvikkleire i grunnen.

Kvikkleiresone: Se Faresone.

Langtidsstabilitet: Stabiliteten av en skråning der det ikke forventes å skje noen lastendringer (f.eks. i en naturlig skråning hvor det ikke gjøres inngrep), og beregnes ved en drenert analyse (effektivspenningsanalyse som gir sikkerhetsfaktor $F_{c\varphi}$).

Løsneområde: Det arealet hvor skredmassene glir ut fra når et skred inntreffer.

Marin grense: Grensen for hvor høyt vi finner landområder som tidligere har ligget under havnivå. Marin grense representerer det høyeste nivået havet stod rett etter siste istid.

Omrørt skjærfasthet: Skjærfasthet etter at leira er fullstendig omrørt, betegnet med $c_{u,r}$.

Områdeskred: Her brukt om skred hvor en lokal overbelastning kan utvikle seg videre fremover eller bakover og sideveis slikt at betydelig større område enn der overbelastningen opprinnelig skjer blir berørt av skredet. Områdeskred kan oppstå i kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper og kan bli svært omfattende dersom skredmassene får fritt utløp i fallende terreng. Kvikkleireskred er et typisk områdeskred, hvor det er kvikkleire i grunnen.

Områdestabilitet: En stabilitetstilstand der et initielt brudd kan igangsette en progressiv frem- eller bakoverrettet bruddutvikling i tilstøtende sprøbruddmaterialer, slik som er typisk for kvikkleire.

Vurdering av områdestabilitet brukes om vurderinger av tilstrekkelig sikkerhet mot områdeskred. Dette gjøres i henhold til prosedyre i kap. 3.2.

Poretrykk: Et geoteknisk begrep som beskriver trykkforholdene i grunnvannet i en gitt dybde eller punkt. Poretrykk angir hvor høyt en tenkt vannsøyle vil stige opp i et rør, når bunnen av rører plasseres i en gitt dybde eller punkt (62).

Progressiv bruddutvikling: Suksessiv utvikling av brudd i løsmasser langs et glideflate pga. tap av fasthet.

Retrogressivt skred: Skred som utvikler seg ved at skalker glir ut suksessivt sideveis og bakover fra et initialskred, se kap. 2.4.1. Et retrogressivt skred kan oppstå når omrørt skjærfasthet $c_{u,r} < 1$ kPa i henhold til NS8015, som etter ISO 17892-6:2017 tilsvarer $c_{u,r} < 0{,}69$ kPa (6,2 mm innrykk for 10 g og 60˚ konus).

Robusthet: Angir en skråningens kapasitet til å tåle fremtidige uforutsette spenningsendinger uten at den går til brudd, og dermed sikkerhet mot fremtidige skredhendelser.

Rotasjonsskred: Skred med tilnærmet sirkulærsylindrisk glideflate.

Sensitivitet, S_t: Geoteknisk parameter som beskriver forholdet mellom uforstyrret og omrørt udrenert skjærfasthet i finkornig jordarter, $c_u/c_{u,r}$, ref. (68). For rett angivelse av sensitiviteten må uforstyrret skjærfasthet bestemmes fra uforstyrrede prøver.

Sikkerhetsfaktor, F: En beregnet verdi som angir sikkerhet mot skred, hvor $F < 1{,}0$ tilsier brudd. Sikkerhetsfaktoren angir forholdet mellom stabiliserende krefter og drivende krefter langs en potensiell

glideflate. Beregnet sikkerhetsfaktor påvirkes av usikkerhet i verdier for jordas mekaniske egenskaper, romvekt og poretrykksforhold, samt usikkerhet i selve terrengmodellen og beregningsmodeller.

> F_{cu}: Sikkerhetsfaktor for udrenert perfekt plastisk brudd som blir beregnet ved grenselikevektsmetode og vanlig elementmetode. For å ta hensyn til sprøbrudd i disse programmene må kravet (generelt 1,40) oppjusteres med en faktor f_s, sprøhetsforholdet. Udrenert analyse dokumenterer korttidsstabiliteten.
>
> $F_{cu;sprø}$: Faktisk sikkerhetsfaktor for udrenert sprøtt brudd. Lavere enn beregnet F_{cu} med en faktor $1/f_s$.
>
> $F_{c\varphi}$: Sikkerhetsfaktor for drenert brudd (skal ikke korrigeres for sprøbrudd). En drenert analyse dokumenterer langtidsstabiliteten.

Skalkskred: Se retrogressivt skred.

Skjærfasthet: Geoteknisk begrep som er et uttrykk for jordas udrenerte fasthet. Det skilles mellom omrørt- og uomrørt skjærfasthet. $c_{u,r}$ og c_u, se ref. (68).

Skredgrop: Terrenggropa («såret») som står igjen i skredets løsneområde etter at skredmassene har glidd ut.

Skredmekanisme: Skiller mellom skredenes ulike oppførsel og utviklingstrekk, også innenfor samme skredtype. For eksempel vil forskjellige kvikkleireskred utvikle og oppføre seg ulikt, avhengig av lagdelinger, tykkelsen til kvikkleira, dybden på kvikkleira og områdets topografi.

Skredport: Passasjen der skredmassene renner ut av skredgropen, ofte avgrenset i bredde til der initialskredet oppsto. Skredporten åpner for en videre pæreformet/flaskehalsformet utvikling av skredgropen.

Skredtype: Skillet mellom skred i ulike materialer, for eksempel er snøskred, jordskred, steinskred, kvikkleireskred og leirskred ulike skredtyper.

Skråning utenfor influensområdet til tiltaket: I denne veilederen legges det til grunn at en skråning er utenfor influensområdet til tiltaket dersom tiltaket ligger i avstand større enn 2H bak fra skråningstopp (i ravine- og platåterreng), hvor H er total høydeforskjell av skråningen. Tiltak som ligger mer enn 2H bak skråningstoppen vil ikke kunne initiere et fremoverprogressivt skred dersom bæreevnen ellers er tilstrekkelig. Hvis tiltaket ligger foran foten (i utløpsområdet) av skråningen, ligger skråningen utenfor influensområdet til tiltaket dersom stabiliteten ikke forverres pga. f.eks. graving eller peleramming.

Soneutredning: En geoteknisk utredning av hele faresonen, som inkluderer stabilitetsanalyser av alle skråninger hvor et skred kan utløses og utvikle seg til et områdeskred. Soneutredning inkluderer vurdering og avgrensning av utløpsområder som kan rammes av skredmassene. Kalles også vurdering av områdestabilitet.

Sprøbruddmateriale (jordarter med sprøbruddegenskaper): I geoteknisk sammenheng er dette definert som løsmasser (leire og silt) som utviser en utpreget sprøbruddoppførsel, dvs. en betydelig reduksjon i fasthet ved tøyninger ut over tøyning ved maksimal fasthet. Kvikkleire er den mest ekstreme typen sprøbruddmateriale.

Veilederen skal fange opp alle typer skred i leir- og siltmaterialer som kan utvikle til større områdeskred. Det er lagt til grunn at slike områdeskred vil kunne oppstå i materiale med omrørt skjærfasthet $c_{u,r} < 2$ kPa i henhold til NS8015 (dvs. «gammel konusstandard») (3). Etter ISO 17892-6:2017 (6) tilsvarer dette omrørt skjærfasthet på 1,27 kPa (11,2 mm inntrykk på 60g 60˚ konus).

Totalstasjon: Et borpunkt hvor det utføres flere typer grunnundersøkelser på samme lokasjon, noe som muliggjør korrelasjon mellom ulike sonderingsmetoder og prøvetakinger.

Utløpsdistanse: Distansen skredmassene kan bevege seg, målt fra løsneområdets nedre grense til skredmassenes endepunkt. Utløpsdistansen vil avhenge av nedstrøms terrenghelning, topografi og hindringer i skredbanen, sprøbruddmaterialets omrørte skjærfasthet og viskositet, samt mektighet og volum over utløpsnivå.

Utløpsområde: Det arealet hvor skredmassene avsettes.

Utløsende årsaker: Faktorer som forårsaker den initielle overbelastningen og dermed utløsning av initialskredet som utvikler seg videre til et større områdeskred.

9 Referanser

1. **Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE).** *Retningslinjer nr. 2/2011 Flaum- og skredfare i arealplanar.* s.l. : Norges vassdrags- og energidirektorat, 2014. 1501-9810.

2. **Standard Norge.** *NS-EN ISO 17892-6:2017 Geotekniske felt- og laboratorieundersøkelser. Laboratorieprøving av jord. Del 6: Konusprøving.* 2017.

3. **Standard Norge**. *NS 8015:1988 Geoteknisk prøving - Laboratoriemetoder - Bestemmelser av udrenert skjærstyrke ved konusprøving.* 1988.

4. Kvikkleireskredet i Rissa - 1978 (norsk kommentar). ***YouTube.*** **[Internett] NGI. [Sitert: 12 13 2018.] https://www.youtube.com/watch?v=26hooxzCGkY.**

5. Reite, A.J., Sveian, H., Erichsen, E. Trondheim fra istid til nåtid – landskapshistorie og løsmasser. ***Gråsteinen.*** **1999, 5.**

6. L'Heureux, J.S. ***NIFS-rapport 26/2013 Vurdering av kartleggingsgrunnlaget for kvikkleire i strandsonen.*** **s.l. : Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), 2013.**

7. Norges Geologiske Undersøkelser (NGU). Kart på nett. ***www.ngu.no.*** **[Internett] https://www.ngu.no/emne/kart-pa-nett.**

8. L'Heureux, J.S., Høydal, Ø.A., Paniagua Lopez, A.P. og Lacasse, S. Impact of climate change and human activity on quick clay landslide occurrence in Norway. Hong Kong : Second JTC1 Workshop on Triggering and Propagation of Rapid Flow-like Landslides, 2018.

9. Strand, S.A., Nyheim, T., Traae, E., Gjelsvik, V., Thakur, V., Viklund, M. ***NVE-rapport 49/2015 -Skredet ved Mofjellbekken bruer (Skjeggestadskredet).*** **s.l. : Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), 2015.**

10. **Nordal S., Alén C, Emdal A., Jendeby L., Lyche E., Madshus C.** ***Skredet i Kattmarkavegen i Namsos***

13. mars 2009. Rapport fra undersøkelsesgruppe satt ned av Samferdselsdepartementet. **Trondheim : NTNU, 2009. 978-82-92506-72-1.**

11. Nordal, S., Grøv, E., Emdal, A., L'Heureux, J.S. ***Skredene i Tosbotn, Nordland, 1. og 2. april 2016. Rapport fra undersøkelsesgruppe satt ned av Nordland Fylkeskommune.*** **s.l. : NTNU, 2018.**

12. Fornes, P., Grimstad, G., Jostad, H.P. ***NIFS-rapport 56/2014 Effekt av progressiv bruddutvikling for utbygging i områder med kvikkleire: Tilbakeregning av Vestfossenskredet.*** **s.l. : Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), 2014.**

13. Statens haverikommission. ***Rapport RO 2009:01 Jordskred vid vägbygge E6 i Småröd, O län, den 20 december 2006.*** **2009.**

14. Larsen, J.O., Okamoto, T., Matsuura, S., Grande, L., Asano, S. Weather influence om slide activity in a quick clay deposit. [bokforf.] Jan Otto Larsen. ***Some aspects of physical weather related slope processes (Doktoravhandling, Fakultet for ingeniørvitenskap og teknologi).*** **2002.**

15. Moholdt, R. NVE Ekstern rapport 9/2020. ***Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred - Metodebeskrivelse.*** **s.l. : Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), 2020.**

16. Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). Temakart Kvikkleire. ***https://temakart.nve.no/link/?link=kvikkleire.*** **[Internett]**

17. **Moholdt, R., Nordal, S., Thakur, V., Oset, F., Viklund, M., Lyche, E., Strand, S.A.** ***NVE-rapport 93/2014 Skredet ved Nord-Statland. Utredning av teknisk årsakssammenheng.*** **s.l. : Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), 2014. 978-82-410-1042-2.**

18. Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). ***NVE-faktaark 4/2020 Skred i strandsonen.*** **2020.**

19. Norges vassdrags- og energidirektorat. Innmeldingsløsning Kvikkleiresoner. ***https:// kvikkleiresoner.nve.no.*** **[Internett]**

20. Statens Vegvesen. ***Håndbok V220 - Geoteknikk i vegbygging.*** **2018.**

21. Bane NOR. Teknisk regelverk. ***https://trv.banenor.no/wiki/Forside.*** **[Internett]**

22. Lyche, E., Strand, S.A., Oset, F., Ottesen, H.B., Viklund, M. ***NIFS-rapport 15/2016 Sikkerhetsfilosofi for vurdering av områdestabilitet i naturlige skråninger.*** **s.l. : Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), 2016.**

23. Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). Veileder nr.2/2017 Nasjonale og vesentlige regionale interesser innen NVEs saksområder i arealplanlegging - Grunnlag for innsigelse. 2017.

24. Kommunal- og moderniseringsdepartementet. Rundskriv H-5/18 Samfunnssikkerhet i planlegging og byggesaksbehandling. 2018.

25. Kartverket. Høydedata. ***www.hoydedata.no.*** **[Internett] https://hoydedata.no/LaserInnsyn/.**

26. Kartverket, Norges geologiske undersøkelse (NGU) og Havforskningsinstituttet (HI). Mareano. [Internett] [Sitert: 16 08 2019.] http://www.mareano.no/.

27. Karlsrud, K. ***Skredrisiko i kvikkleireavsetninger, Geoteknikkdagen.*** **s.l. : Norsk Geoteknisk Forening (NGF), 1989 (Tilsvarende som Karlsrud et al: Can We Predict Landslide Hazards in Soft Sensitive Clays? Summary of Norwegian Practice and Experiences. Proceedings of the 4th international symposium on landslides, Toronto, vol 1, 16-21 September 1984).**

28. Norsk Geoteknisk Forening (NGF). ***NGF Melding Nr. 12 - Veiledning for detektering av sprøbruddmateriale.*** **2019.**

29. L'Heureux, J.S., Solberg, I.L. ***NIFS-rapport 21/2013 Utstrekning og utløpsdistanse for kvikkleireskred over skredhendelser i Norge.*** **s.l. : Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), 2013. 978-82-410-0889-4.**

30. L'Heureux, J.S. ***NIFS-rapport 38/2013 karakterisering av historiske kvikkleireskred og input parametere for Q-BING.*** **s.l. : Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), 2013. 978-82-410-0907-5.**

31. **Thakur, V., Degago, S.A., Oset, F. Aabøe, R., Dolva, B.K., Aunaas, K., Nyheim, T., Lyche, E., Jensen, O.A., Sæter, M.B., Robsrud, A., Viklund, M and Nigussie, D. Characterization of post-failure movements of landslides in soft sensitive clays. [bokforf.] L'Heureux et al.** ***Landslids in Sensitive Clays - From***

GeoSciences to Risk Mangement. Advances in Natural and Technological Hazard Research Volume 36. **s.l. : Springer, 2014.**

32. Aunaas, K., Ottesen, H.B., Oset, F., Nyheim, T., Strand, S.A., Lyche, E., Fauskerud, O.A., Karlsrud, K., L'Heureux, J.S., Gjelsvik, V., Thakur, V. ***NIFS-rapport 14/2016 Metode for vurdering av løsne- og utløpsområder for områdeskred.*** **s.l. : Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), 2016.**

33. Gregersen, O. ***20091655-00-16-TN Sande, Gunnestad. Utstrekning av eventuelt kvikkleireskred.*** **s.l. : NGI, 2010.**

34. Strand, S.A., Thakur, V., L'Heureux, J.S., Lacasse, S., Karlsrud, K., Nyheim, T., Aunaas, K., Ottesen, H.B., Gjelsvik, V., Fauskerud, O.A. and Sandven, R. Runout of landslides in sensitive clays. [bokforf.] V. Thakur et al. (eds). ***Landslides in Sensitive Clays. From Research to Implemtation. Advances in Natural and Technological Hazard Research Volume 46.*** **s.l. : Springer, 2017.**

35. Standard Norge. ***Eurokode 1 NS-EN 1991-1-3:2003+A1:2015+NA:2018 Laster på konstruksjoner.*** **2018.**

36. **Statens vegvesen.** ***Håndbok N200 Vegbygging.***

37. L'Heureux, J.S. og Johansson, J. ***NIFS-rapport 16/2016 - Dynamiske påkjenninger og skredfare.*** **s.l. : Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), 2016.**

38. Standard Norge. ***NS 8141-3:2014 Vibrasjoner og støt, Veiledende grenseverdier for bygge- og anleggsvirlksomhet, bergverk og trafikk. Del 3: Virkning av vibrasjoner fra sprengning på utløsning av skred i kvikkleire.*** **s.l. : Standard Norge, 2014.**

39. **Standard Norge.** ***Eurokode 8 NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2014 Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning Del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger.***

40. **Standard Norge.** ***Eurokode 8 NS-EN 1998-5:2004+NA:2014 Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning Del 5: Fundamenter, støttekonstruksjoner og geotekniske forhold.***

41. **Statens vegvesen.** ***Rapport 604 Jordskjelvdesign i Statens vegvesen.***

42. Oset, F., Viklund, M., Fauskerud, O.A., Christensen, S., Nordal, S., Strand, S.A., Gjelsvik, V., Thakur, V. ***NIFS rapport 77/2014 - Valg av karakteristisk cuA-profil basert på felt- og laboratorieundersøkelser.*** **s.l. : Norges vassdrags- og enerigdirektorat (NVE), 2014.**

43. Boyle, S., Karlsrud, K., Høydal, Ø.A. Pore-pressure response in a marine clay slope in southeast Norway. ***Canadian Geotechnical Journal.*** **46, pp.1391-1405, 2009, Vol. 2009.**

44. Fornes, P. ***NIFS-rapport 88/2014 NGIs anbefalinger for krav til effekt av sprøbruddoppførsel.*** **s.l. : Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), 2014. 978-82-410-1037-8.**

45. **Thakur, V., Oset, F., Viklund, M., Strand, S.A., Gjelsvik, V., Christensen, S., Fauskerud, O.A.** ***NIFS rapport 14/2014 - En omforent anbefaling for bruk av anisotropifaktor i prosjektering av norske leirer.*** **s.l. : Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), 2014.**

46. Karlsrud, K., Hernandez-Martinez, F.G. Strength and deformation properties of Norwegian clays from laboratory tests on high-quality block samples. ***Canadian Geotechnical Journal (også Bjerrums Foredrag Nr.23, 2010).*** **2013, Vol. 50: 1273-1293.**

47. Ladd, C.C., Foott, R., Ishihara, K., Schlosser, F., Poulos, H.G. Stress-deformations and strength characteristics; state-of-the-art report. ***International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Proceedings, b.2, pp.421-494.*** **1977, Vol. 9. Tokyo 1977.**

48. Janbu, N. ***Grunnlag i geoteknikk.*** **Trondheim : Tapir, 1970.**

49. Standard Norge. ***Eurokode 0 NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner.*** **2016.**

50. Standard Norge. ***Eurokode 7 NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2016: Geoteknisk porsjektering - Del 1: Almenne regler.*** **2016.**

51. Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). Sikringshåndboka. [Internett] https://www.nve.no/sikring-mot-kvikkleireskred/.

52. **Statens Vegvesen.** ***Håndbok V221 - Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger.***

53. Norsk Geoteknisk Forening (NGF). ***Veiledning for grunnforsterkning med kalksementpeler.*** **2012.**

54. Helle, T.E. ***Quick-clay landslide mitigation using potassium chloride. Doktorgradsavhandling, NTNU.*** **2017.**

55. Statens vegvesen m.fl. Saltstabilisering av kvikkleire (SAK). ***www.vegvesen.no.*** **[Internett] https://www.vegvesen.no/fag/fokusomrader/forskning+og+utvikling/pagaende-fou-program/saltstabilisering-kvikkleire-sak.**

56. Sandven, R., Montafia, A., Gylland, A.S., Pfaffhuber, A.A., Kåsin, K., Long, M., Havnen, I., Ottesen, H. ***NIFS-rapport 126/2015 - Detektering av kvikkleire - Sluttrapport.*** **s.l. : Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), 2015.**

57. Solberg, I.L., Hansen, L., Rønning, J.S., Dalsegg, E. ***NGU rapport 2010.048 Veileder for bruk av resistivitetsmålinger i potensielle kvikkleireområder. Versjon 1.0.*** **2011.**

58. Standard Norge. ***NS 8020-1:2016 Kvalifikasjonskrav til utførende av grunnundersøkelser - Del 1: Geotekniske feltundersøkelser.*** **2016.**

59. Norsk Geoteknisk Forening (NGF). ***NGF melding Nr. 3 - Veiledning for utførelse av dreiesondering.*** **1989.**

60. Norsk Geoteknisk Forening (NGF). ***NGF melding Nr. 4 - Veiledning for utførelse av vingeboring.*** **1989.**

61. Norsk Geoteknisk Forening (NGF). ***NGF melding Nr. 5 - Veiledning for utførelse av trykksondering.*** **2010.**

62. Norsk Geoteknisk Forening (NGF). ***NGF melding Nr. 6 - Veiledning for måling av grunnvannstand og poretrykk.*** **2017.**

63. **Norsk Geoteknisk Forening (NGF).** ***NGF melding Nr. 7 - Veiledning for utførelse av dreietrykksondering.*** **1989.**

64. Norsk Geoteknisk Forening (NGF). ***NGF melding Nr. 9 - Veiledning for utførelse av totalsondering.*** **2018.**

65. Norsk Geoteknisk Forening (NGF). ***NGF melding Nr. 11 - Veiledning for prøvetaking.*** **2013.**

66. **Statens Vegvesen.** ***Håndbok R211, Feltundersøkelser.***

67. **Standard Norge.** ***Eurokode 7 NS-EN 1997-2:2007+NA:2008 Geoteknisk prosjektering - Del 2: Regler basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver.***

68. Norsk Geoteknisk Forening (NGF). ***NGF melding Nr. 2 - Veiledning for symboler og definisjoner i geoteknikk. Presentasjon av geotekniske undersøkelser.*** **2011.**

Vedlegg 1: Innhold i rapport for vurdering av områdestabilitet

	Tittel	**Innhold**	**NVE 1/2019**
0	Sammendrag		
1	Innledning	- Bakgrunn for prosjektet (hva planen eller søknaden gjelder) - Tiltakskategorier som planen eller søknaden omfatter - Hvilke steg i prosedyren i NVE 1/2019 som er aktuelle	Kap. 3.4 Kap. 3.2 Kap. 3.3
2	Regelverk og krav	- Relevante regelverk for prosjektet, f.eks: o Plan og bygningsloven, pbl § 28-1 o Sikkerhet mot naturpåkjenninger, TEK17 § 7-3 o Konstruksjonssikkerhet, TEK17 §10-2 o Byggesaksforskriften o Veiledninger og standarder - Sikkerhetskrav for planlagte tiltak avhengig av tiltakskategorier og sonens faregrad - Nivå på kvalitetssikring	Kap. 1 Kap. 3.3
3	Grunnlag – identifikasjon av kritiske skråninger og potensielt løsneområde	- Topografi - Kvartærgeologisk kart og marin grense - Grunnforhold - Oppsummering av tidligere utførte grunnundersøkelser (med referanser) - Identifikasjon av kritiske skråninger og mulig løsneområde - Opptegning av potensielt størst mulig løsneområde *eller* - Beskrivelse av ev. eksisterende, kartlagt kvikkleiresone (avgrensning og klassifisering).	Kap. 4.2
4	Befaring	Oppsummering av feltbefaringer inkl. vurdering av erosjon og hvor ev. erosjon bør sikres (ev. mer utfyllende i eget notat eller vedlegg)	Kap. 4.3
5	Grunn-undersøkelser	- Borplan - Oppsummering av utførte grunnundersøkelser for prosjektet - Kvalitet på grunnundersøkelser	Kap. 4.4 Kap. 7
6	Aktuelle skred-mekanismer og avgrensning av faresone	- Aktuelle skredmekanismer - Løsneområde - Utløpsområde	Kap. 4.5 Kap. 4.6
7	Klassifisering av faresone	- Klassifisering av ny sone eller reklassifisering av eksisterende iht. NVE Ekstern rapport 9/2020	Kap. 4.7

8	Kritiske snitt og material-parametere	- Opptegning av kritiske snitt - Lagdeling og beliggenhet av sprøbruddmateriale - Laster - Grunnvannstand og poretrykksforhold - Tolkning av konsolideringsforhold - Tolkning av skjærfasthet	Kap. 4.8 Kap. 5
9	Stabilitets-vurderinger	- Stabilitetsberegninger av dagens sikkerhet og vurdering av disse (drenert og udrenert) - Vurdering av sikringsbehov for ny bebyggelse og for eksisterende bebyggelse dersom aktuelt. - Stabilitetsberegninger etter ev. sikringstiltak - Volumoverslag av ev. sikringstiltak	Kap. 4.8 Kap. 5
10	Stabiliserende tiltak	- Anbefalte stabiliserende tiltak for å øke stabiliteten og hindre erosjon - Miljø- og landskapspåvirkning - Hensyn ved anleggsdrift – faseplaner mv - Prosjektering, kontroll og oppfølging av tiltak	Kap. 6
11	Konklusjon	- Nødvendige tiltak for å sikre iht. regelverket - Videre arbeid, inkl. kvalitetssikring - Ev. forslag til rekkefølgebestemmelser eller vilkår i plan/byggesak	Kap. 3.4
12	Referanser		

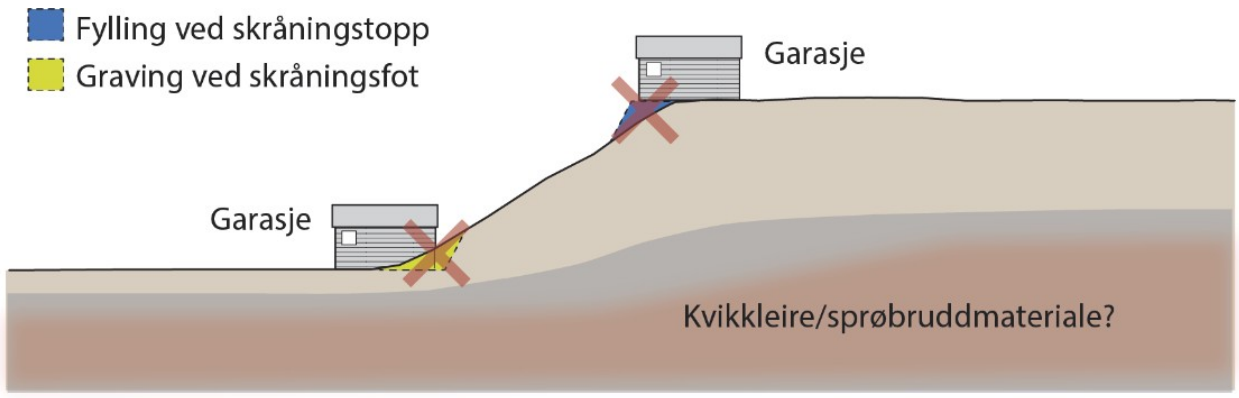
Tegningsliste *(forslag)*	– Oversiktstegning/oversiktskart – Kvartærgeologisk kart – Situasjonsplaner med inntegnet sone (ev. gammel og ny avgrensning), gamle og nye grunnundersøkelser (antatt kvikk/sensitiv leire merkes rødt) og kritiske profiler – Profiltegninger med tolket lagdeling og alle relevante grunnundersøkelser – Beregningsprofiler med parametere og resultater – Situasjonsplan med ev. sikringstiltak – Kart som viser løsne- og utløpsområder med forskjellig skravur
Vedleggsliste *(forslag)*	- Befaringsnotat: Oppsummering av observasjoner og bilder kartfestet og beskrevet, bl.a. erosjonsforhold, berg i dagen, inngrep m.v. og bilder og kart med beskrivelse fra befaring - Faktaark med skjema for faregradsklassifisering, skadekonsekvens og risiko lastet ned fra NVEs digitale innmeldingsløsning - Tolking av CPTU - Tolking av treaksialforsøk/DSS-forsøk - Tolking av ødometerforsøk - Poretrykksmålinger

Vedlegg 2: Gjennomføring av K0-tiltak uten forverring

Tiltakskategori K0 innebærer små tiltak som medfører svært begrensede terrenginngrep, lite personopphold og ingen tilflytting av personer. Eksempler på slike tiltak er garasjer, naust, tilbygg/påbygg til eksisterende bebyggelse, frittstående uthus, redskapsbod og landbruks- og skogsveger. K0-tiltak kan gjennomføres uten geoteknisk vurdering og ytterligere dokumentasjon så lenge prinsippene i dette vedlegget følges. Skråningsstabiliteten skal ikke forverres.

Ved usikkerhet om tiltaket kan gjennomføres som anvist her og/eller om tiltaket forverrer stabiliteten, skal vurderinger og utarbeidelse av dokumentasjon gjennomføres av geotekniker. Selv små inngrep vil kunne resultere i store skred, derfor er det viktig at rådene gitt i dette vedlegget blir fulgt.

Hvis man i forbindelse med byggingen skal grave i foten av en skråning, grave seg inn i en skråning eller fylle masser ut på toppen av en skråning, jf. Figur 1, så må det gjennomføres geotekniske vurderinger av tilstrekkelig sikkerhet og gjennomførbarhet.



Figur 1 Graving og fylling hvor det MÅ gjennomføres geotekniske vurderinger for vurdering av tilstrekkelig sikkerhet og gjennomførbarhet

Dette vedlegget erstatter tidligere «Veiledning ved små inngrep i kvikkleiresoner». Det omfatter ikke lenger bakkeplanering, som vil være K2-tiltak pga. at det innebærer terrengendringer. For anbefalinger knyttet til utførelse av bakkeplanering vises det til Forurensningsforskriften § 4, Tekniske retningslinjer for anlegg, drift og vedlikehold av planeringsfelt (Landbruksdepartementet, 1989), samt NIBIO bok Vol. 3 nr. 4 Planering og jordflytting – Utførelse og vedlikehold (2017).

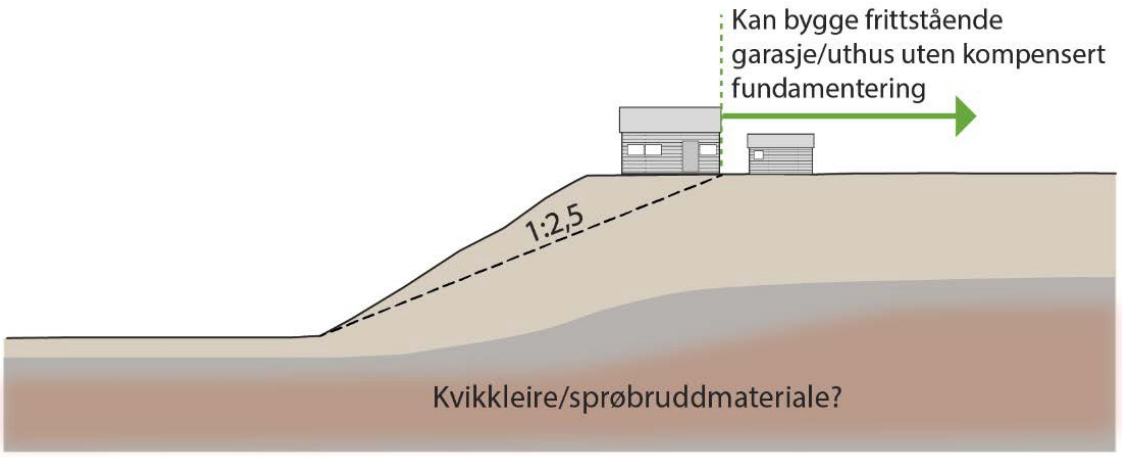
Spørsmål og svar om NVE Veileder 1/2019:
https://www.nve.no/om-nve/spoer-nve/om-kvikkleire/spoersmaal-og-svar-om-kvikkleireveilederen/

Garasjer, frittstående uthus og lignende

Vekten av en vanlig garasje eller et mindre frittstående byggverk som bygges i tilknytning til bolig er normalt begrenset, og vekten av byggverket i seg selv vil normalt ikke forverre stabiliteten.

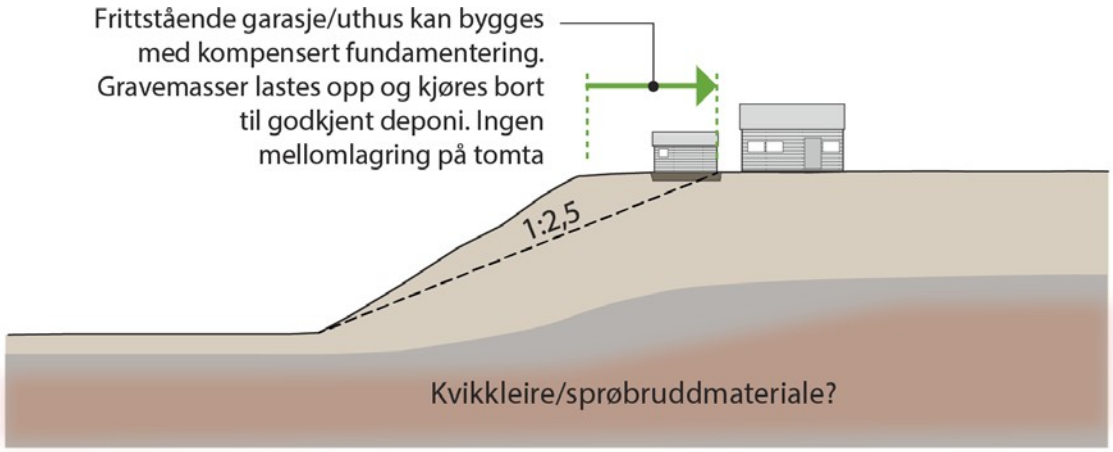
Nedenfor vises noen prinsipper for hvordan man kan bygge garasjer, frittstående uthus og lignende uten å forverre stabiliteten:

1) Plasseres garasjen/uthuset på skråningstopp bak 1:2,5-linja, se Figur 2, er det ikke behov for geotekniske vurderinger.



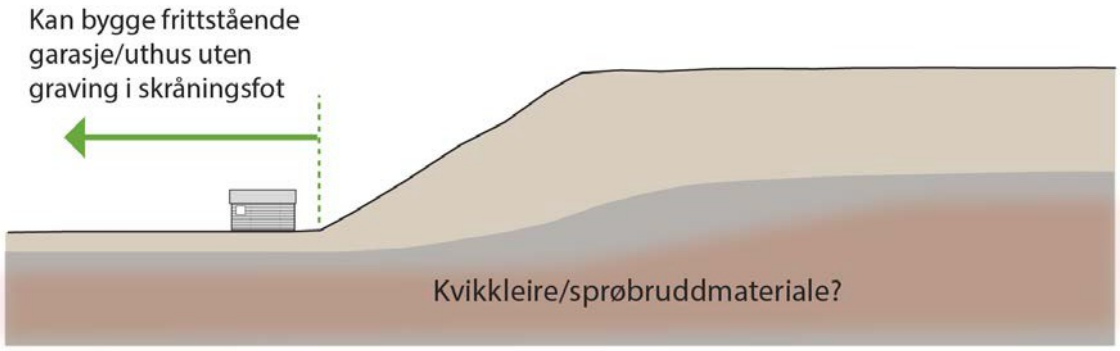
Figur 2 Grønn pil angir området hvor garasje, frittstående uthus o.l. kan bygges uten behov geotekniske vurderinger

2) Plasseres garasjen/uthuset på skråningstopp foran 1:2,5-linja, se Figur 3, må det bygges med kompensert fundamentering. Dette kan gjennomføres uten geoteknisk vurdering. Kompensert fundamentering kan oppnås ved å erstatte stedlige masser med lette masser (leca, glasopor o.l.), bygge med kjeller eller ved å senke terrenget. Poenget er å ikke øke dagens belastning på terrenget. Det forutsettes at massene som graves ut blir transportert bort, uten mellomlagring på tomta, til godkjent deponi. Det anbefales allikevel ikke å plassere tiltaket helt ut mot skråningstoppen, pga. fare for overflateutglidninger.



Figur 3 Grønn pil angir området hvor bygging av garasje, frittstående uthus o.l. kan bygges på skråningstopp, forutsatt kompensert fundamentering.

3) Plasseres garasjen/uthuset nedenfor skråningsfoten, se Figur 4, så kan det bygges uten behov for geotekniske vurderinger, forutsatt at det ikke graves i skråningsfoten.



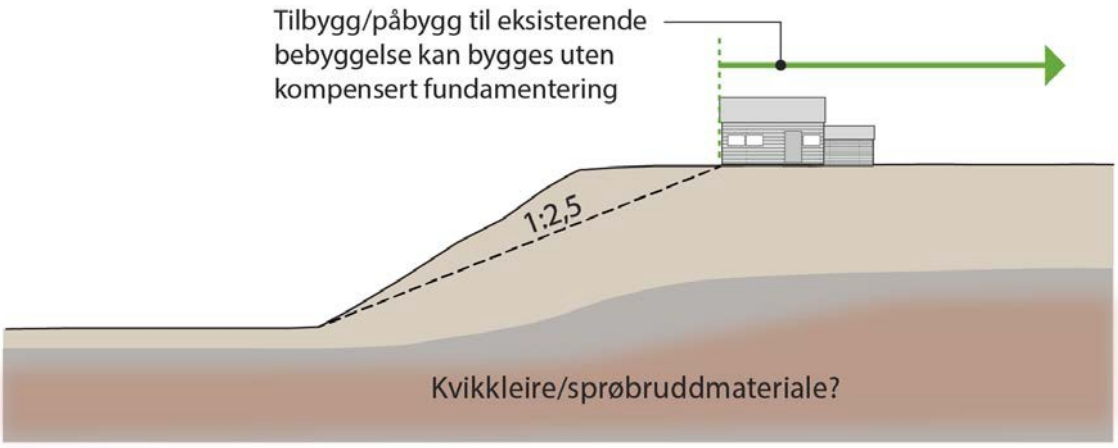
Figur 4 Grønn pil angir området hvor bygging av garasje, frittstående uthus o.l. kan bygges nedenfor skråningsfot, forutsatt ingen graving

Tilbygg og påbygg til eksisterende bolig

Tilbygg og påbygg til eksisterende bolig medfører liten tilleggsbelastning, og vil normalt ikke forverre stabiliteten. Unntaket er hvis tiltaket medfører graving i foten av skråningen, graving inn i skråningen eller behov for fylling på toppen av skråningen (se Figur 1). Det må i så fall utføres geotekniske vurderinger.

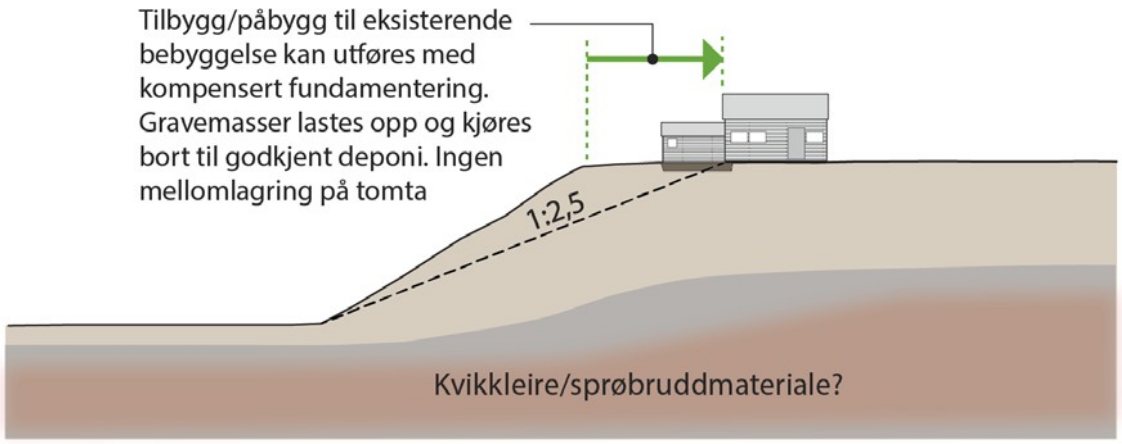
Nedenfor vises noen prinsipper for hvordan man kan bygge tilbygg og påbygg til eksisterende bolig uten å forverre stabiliteten:

1) Plasseres tilbygg/påbygg på skråningstopp bak 1:2,5-linja, se Figur 5, er det ikke behov for geotekniske vurderinger.



Figur 5 Grønn pil angir hvor tilbygg/påbygg kan bygges uten kompensert fundamentering eller geoteknisk vurdering

2) Plasseres tilbygget/påbygget på skråningstopp foran 1:2,5-linja, se Figur 6, må det bygges med kompensert fundamentering. Dette kan gjennomføres uten geoteknisk vurdering. Kompensert fundamentering kan oppnås ved å erstatte stedlige masser med lette masser (leca, glasopor o.l.), bygge med kjeller eller ved å senke terrenget. Poenget er å ikke øke dagens belastning på terrenget. Det forutsettes at massene som graves ut blir transportert bort, uten mellomlagring på tomta, til godkjent deponi. Det anbefales allikevel ikke å plassere tiltaket helt ut mot skråningstoppen, pga. fare for overflateutglidninger.



Figur 6 Grønn pil angir hvor tilbygg/påbygg kan bygges uten geoteknisk vurdering, forutsatt kompensert fundamentering

3) Plasseres tilbygget/påbygget nedenfor skråningsfoten, se Figur 4, så kan det bygges uten behov for geotekniske vurderinger, forutsatt at det ikke graves i skråningsfoten.

Graving av grøfter

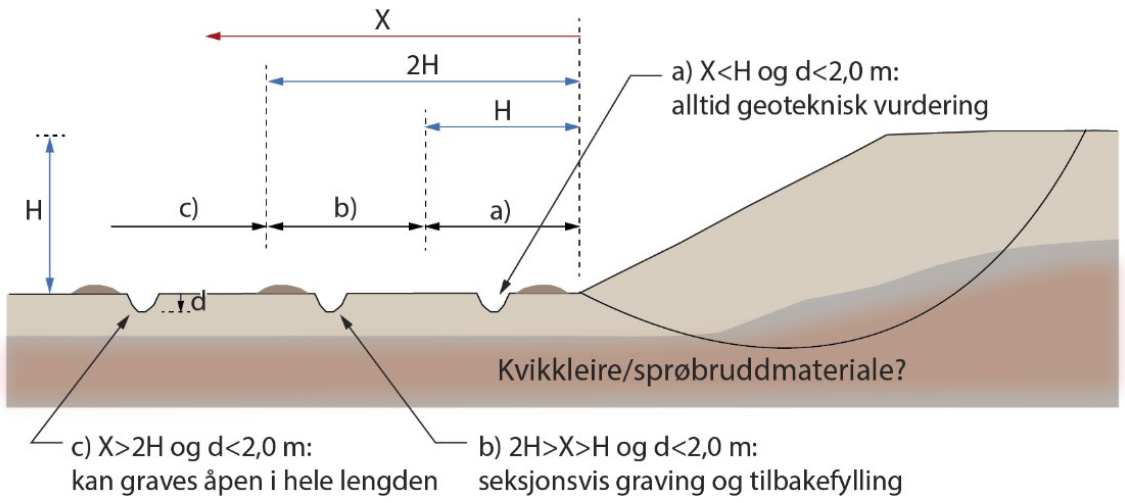
Graving av grøfter i eller i nærheten av en skråning kan forverre skråningsstabiliteten. Dette avhenger av hvor og hvordan gravingen gjennomføres, og hvordan gravemassene håndteres. Grøftegraving som omtalt her gjelder for graving av inntil 2 meter dype grøfter. Ved graving dypere enn 2 meter skal geoteknisk vurdering alltid kreves. For stabilitet av selve grøfta vises det til Forskrift om utførelse av arbeid, § 21 Gravearbeid, utgitt av Arbeidstilsynet (se temaside https://www.arbeidstilsynet.no/tema/gravearbeid/).

Graving av grøfter i foten eller foran en skråning (Figur 7)

a) Ved graving av grøfter i avstand (X) fra skråningsfot som er mindre enn skråningens høydeforskjell (H) skal geoteknisk vurdering alltid kreves

b) Grøfter som ligger i avstand mellom H og 2H fra skråningsfot kan utføres med seksjonsvis graving og tilbakefylling. Seksjonslengder opp til seks meter. Tilbakefyllingsmassene legges ut lagvis og komprimeres.

c) Ved lengre avstand fra skråningsfot enn 2H kan grøfter med mindre dybde enn to meter graves uten fare for å utløse områdeskred.

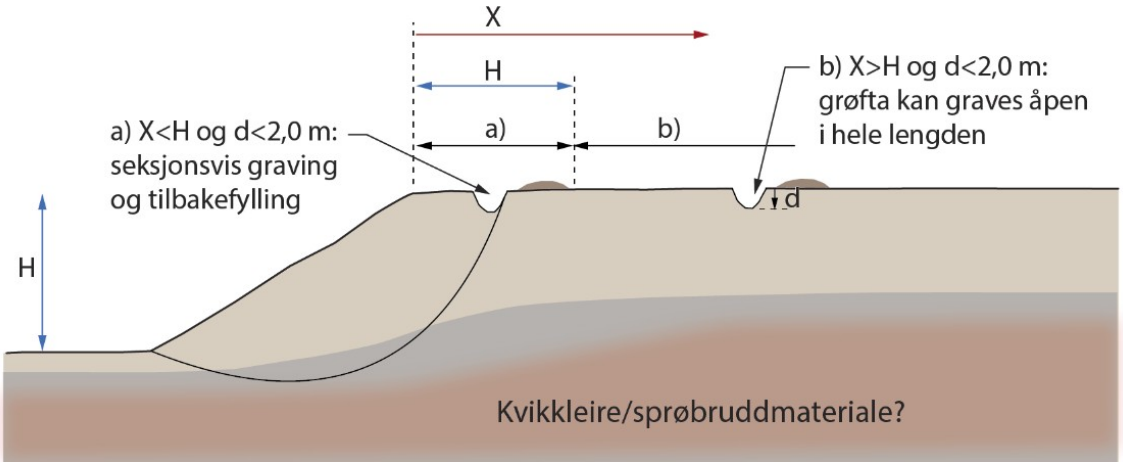


Figur 7 Graving av grøft inntil to meters dybde i foten eller foran en skråning

Graving av grøfter bak skråningstopp (Figur 8)

a) Grøfter som ligger i avstand mindre enn H fra skråningstoppen kan graves seksjonsvis med seksjonslengder opp til seks meter. Gravemassene plasseres vekk fra skråningen. Hvis det tilføres masser som skal brukes til igjenfylling av grøfta skal tilsvarende volum av masser kjøres bort. Disse massene skal ikke mellomlagres.

b) Ved lengre avstand enn H fra skråningstopp kan grøfta graves åpen i hele lengden. Hvis det tilføres masser som skal brukes til igjenfylling av grøfta skal tilsvarende volum av masser kjøres bort. Det skal ikke gjennomføres mellomlagring av masser.

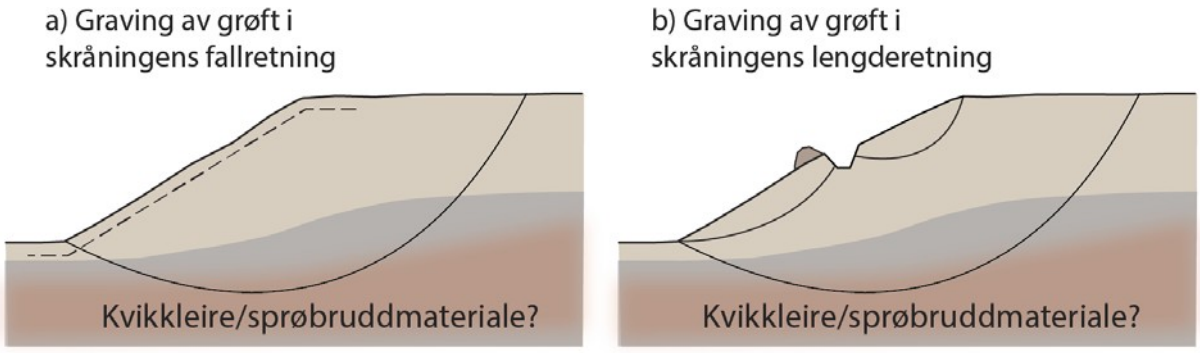


Figur 8 Graving av grøft inntil to meters dybde bak skråningstopp

Graving av grøfter i en skråning (Figur 9)

a) Grøfter i skråningens fallretning kan graves seksjonsvis med seksjonslengder opp til seks meter. Hvis det tilføres masser som skal brukes til igjenfylling av grøfta skal tilsvarende volum av masser kjøres bort. Det skal ikke gjennomføres mellomlagring av masser.

b) Ved graving av grøft langs skråningens lengderetning skal geoteknisk vurdering alltid kreves.



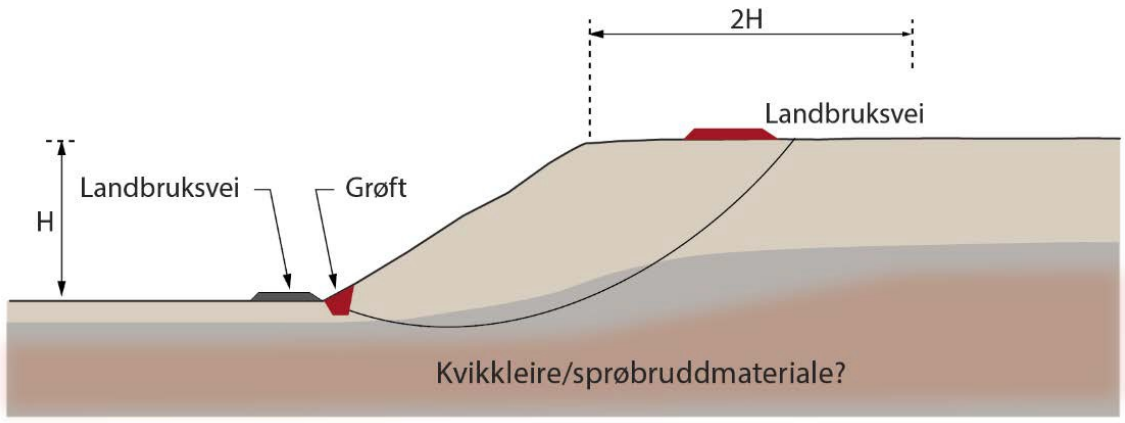
Figur 9 Graving av grøft på inntil to meters dybde i skråning

Landbruks- og skogsveier

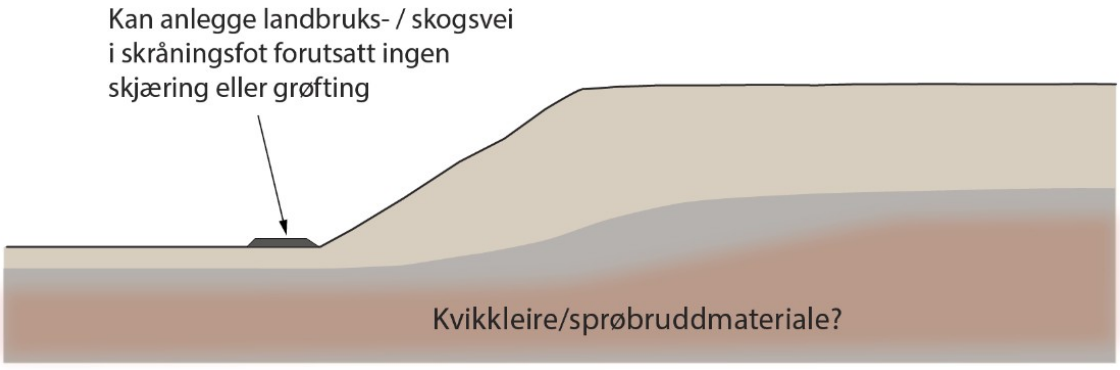
Veibygging i områder med marin leire kan forverre skråningsstabiliteten og føre til skred. Det er derfor viktig at veien bygges slik at den ikke forverrer stabiliteten. Dette oppnås ved å legge veien så langt bort fra skråningstopp som mulig, samt unngå graving/skjæring i foten av en skråning i forbindelse med byggingen.

Hvis man i forbindelse med bygging av veien skal grave en veigrøft i foten av en skråning, grave seg inn i en skråning eller fylle ut for en vei på toppen av en skråning, jf. Figur 10, må det alltid gjennomføres geotekniske vurderinger av tilstrekkelig sikkerhet og gjennomførbarhet.

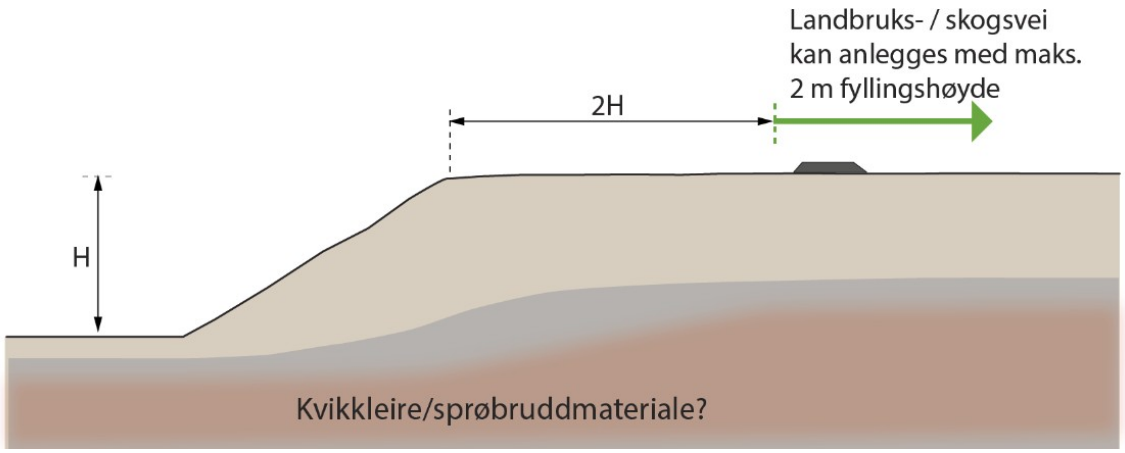
Figur 11 til Figur 14 viser hvordan landbruks- og skogsveier i kvikkleireområder kan legges uten at stabiliteten forverres. Hvis det er tvil om stabiliteten forverres så må geotekniske vurderinger gjennomføres.



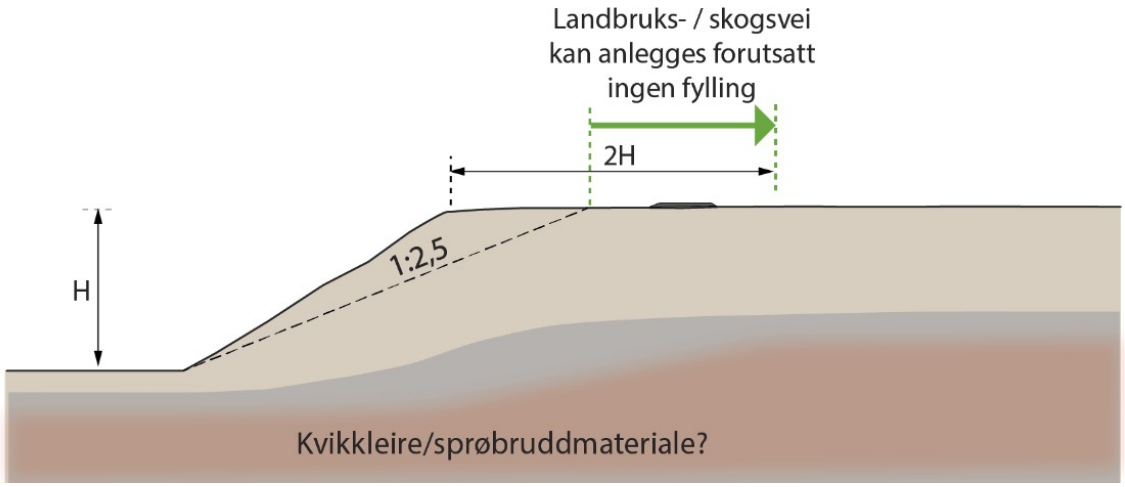
Figur 10 Graving og fylling i forbindelse med veibygging hvor det MÅ gjennomføres geotekniske vurderinger for vurdering av tilstrekkelig sikkerhet og gjennomførbarhet



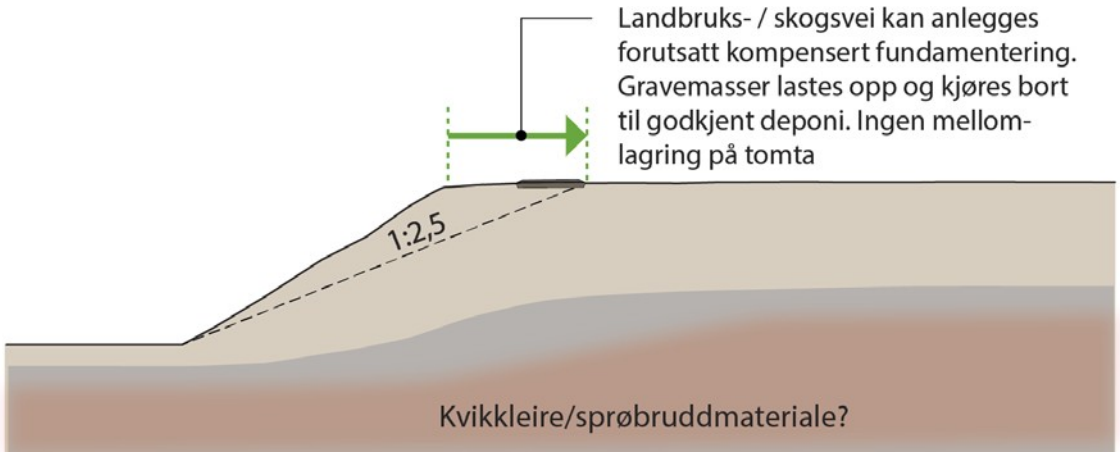
Figur 11 Landbruks-/skogsvei kan plasseres foten av skråning forutsatt ingen skjæring/graving i skråningsfot



Figur 12 Landbruks-/skogsvei kan plasseres på toppen av skråning bak 2H forutsatt ingen fyllingshøyde < 2 meter



Figur 13 Landbruks-/skogsvei kan plasseres på toppen av skråning bak 1:2.5-linja forutsatt ingen fylling



Figur 14 Landbruks-/skogsvei kan plasseres på toppen av skråning innenfor 1:2,5-linja forutsatt kompensert fundamentering

NVE

Norges vassdrags- og energidirektorat

MIDDELTHUNS GATE 29
POSTBOKS 5091 MAJORSTUEN
0301 OSLO
TELEFON: (+47) 22 95 95 95

www.nve.no