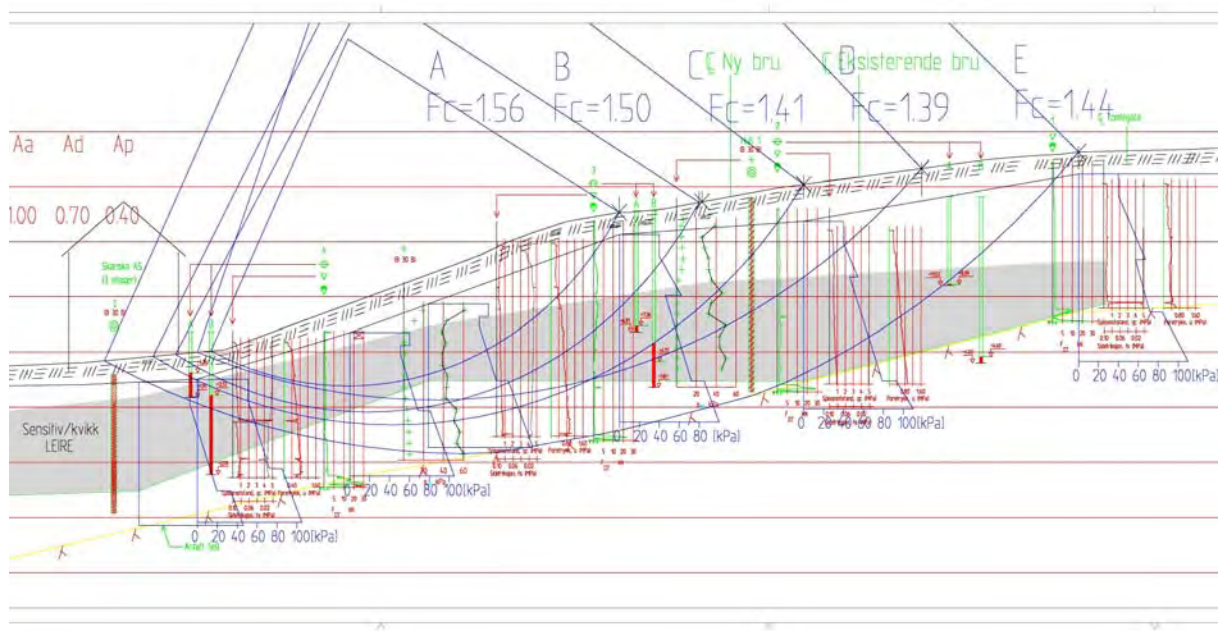




Veileder:

Vurdering av områdestabilitet ved utbygging på kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper

Vedlegg 1 til NVEs retningslinjer: Flom- og skredfare i arealplaner



INNHold

Forord.....	5
1 Formål/virkeområde og problemstilling.....	7
2 Definisjoner/terminologi.....	7
3 Krav til sikkerhet.....	11
3.1 Forklaring til tabell 3.1.....	12
4 Krav til geotekniske utredninger i arealplanlegging og byggesaksbehandling.....	14
4.1 Generelt.....	14
4.2 Utredning av potensiell fare (kommuneplan og kommunedelplan).....	15
4.3 Utredning av reell fare.....	17
4.4 Byggesak.....	18
5 Krav til grunnundersøkelser.....	18
5.1 Omfang og type.....	18
5.2 Kvalitet.....	19
6 Krav til stabilitetsvurderinger.....	19
6.1 Materialparametre.....	19
6.2 Vurdering av skredtyper.....	20
6.3 Analysemetoder.....	20
7 Krav til kontroll.....	21
8 Tiltak.....	21
9 Referanser.....	21

FORORD

Denne veilederen ble utarbeidet som et ledd i NVEs ”Program for økt sikkerhet mot leirskred”, og ble først publisert i juli 2008 som et vedlegg til NVEs retningslinjer ”Planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag”. Veilederen er et resultat av et samarbeid mellom NVE og et utvalg med representanter fra den geotekniske bransjen. Følgende personer/foretak deltok i utvalget:

Signe Kirkebø, Multiconsult, Odd Musum og Einar Lyche, Rambøll, Elisabeth Gundersen og Frode Oset, Vegdirektoratet, Odd Gregersen, NGI, Arne Engen, NGI/Norconsult og Erik Endre, NVE. Utvalget ble ledet av Arne Engen. Også NTNU v/Steinar Nordal bidro i slutfasen av arbeidet til avklaring av enkelte faglige spørsmål som var til diskusjon.

I 2009 ble det gjort enkelte justeringer av veilederen i forbindelse med en revisjon av NVEs retningslinjer for planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag.

Veilederen har bidratt til at det blir tatt mer hensyn til områdestabilitet/skredfare i geotekniske utredninger og vurderinger knyttet til arealplaner og byggesaker, og til en mer lik praksis i den geotekniske bransjen. I 2011 ble de beskrevne prosedyrene og prinsippene for hvordan det kan tas hensyn til skredfare i områder med kvikkleire, innarbeidet i veilederen til ny byggteknisk forskrift (TEK 10), vedtatt i 2010.

Det er nå et klart behov for å gjennomgå erfaringene fra praktiseringen av veilederen med tanke revisjon. Justeringer er også nødvendig for å tilpasse den til ny plan- og bygningslov (vedtatt 2009), ny byggteknisk forskrift (TEK 10) med tilhørende veileder, og NVEs nye retningslinjer ”Flom- og skredfare i arealplaner” (utgitt i april 2011). Også ny Eurocode-standard gjør en slik revisjon nødvendig. NVE vil i løpet av 2011 ta initiativ til en slik revisjon i samarbeid med det geotekniske fagmiljøet. Inntil dette har skjedd, beholdes veilederen med samme form og ordlyd som tidligere.

Vi gjør oppmerksom på at det i veilederen derfor er henvist regler og retningslinjer som ikke lenger eksisterer (den gamle plan- og bygningsloven, den gamle tekniske forskriften (TEK) og NVEs gamle retningslinjer for planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag). Dette har imidlertid ingen vesentlig betydning for budskapet i veilederen. Dette vil bli rettet opp i løpet av 2011.

NVE fikk i 2009 det statlige ansvaret for forebygging av skredulykker, for alle typer skred. Derfor har NVE som nevnt gitt nye retningslinjer for flom- og skredfare i arealplaner, og utarbeidet en egen veileder for vurdering av fare knyttet til snø-, stein- og jordskred, og andre skredtyper i bratt terreng.

Oslo, april 2011

Steinar Schanche (sign.)

1 FORMÅL/VIRKEOMRÅDE OG PROBLEMSTILLING

Formålet med denne veilederen er å bidra til å forebygge skredulykker i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper, heretter kalt sprøbruddmateriale, ved at det blir tatt nødvendig hensyn til fare for skred i kommunal arealplanlegging og i byggesaker. Veilederen er ment for det geotekniske fagmiljøet i Norge, og skal bidra til en kvalitetsmessig god og mest mulig lik vurdering av stabilitet i disse områdene.

Selv om veilederen er relativt detaljert på enkelte områder, er den ikke ment å være en lærebok i vurdering og beregning av stabilitet i naturlige skråninger med sprøbruddmaterialer. For mer detaljert beskrivelse av metodikk henvises det for eksempel til ref. /1/, /2/, /3/, /4/ og /5/. Eksempler på alminnelig akseptert praksis er gitt i ref. /6/, /7/ og /8/.

Veilederens innhold samsvarer med og utdyper NVEs “Retningslinjer for planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag”, ref. /9/.

Veilederen gjelder for ny bebyggelse, herunder også ny utbygging i områder med eksisterende bebyggelse, og er utarbeidet med tanke på å tilfredsstille kravet om sikkerhet mot skredfare i plan- og bygningsloven § 68 og Teknisk forskrift til plan- og bygningsloven (TEK).

For eksisterende bebyggelse foreligger det ingen tilsvarende krav i lovverket om sikkerhet mot skred. Myndighetenes bidrag til sikringstiltak vil være avhengig av disponible budsjettmidler. For områder med eksisterende bebyggelse vil en ut fra samfunnsøkonomiske hensyn ofte måtte akseptere at sikkerheten mot skred ikke kan heves til et nivå som kreves for ny utbygging. De tekniske og økonomiske mulighetene for gjennomføring av stabiliserende tiltak vil være avgjørende for videre arealbruk.

Utrednings- og dokumentasjonskrav beskrevet i denne veilederen vil på enkelte områder innebære en skjerping av tidligere praksis i bransjen. Dette gjelder spesielt vurdering av skreds utstrekning. Skred i områder med sprøbruddmaterialer kan som kjent bli svært omfattende. Dette innebærer at fareutredning, inklusive utredning av stabiliserende tiltak ikke skal avgrenses av den aktuelle planens eller byggesakens areal. Risikoreduserende tiltak (stabiliserende tiltak o.l.) må ofte skje utenfor (og til dels i betydelig avstand fra) det området som planen eller byggesaken omfatter.

2 DEFINISJONER/TERMINOLOGI

Med **skred** i denne veilederen menes skred i **kvikkleire** og andre jordarter med sprøbruddegenskaper, benevnt ”**sprøbruddmateriale**”.

Faregrad: Sannsynligheten for skred.

Konsekvens: Skadeomfang dersom et skred inntreffer.

Kvikkleire: Leire som i omrørt tilstand er flytende, dvs. omrørt skjærstyrke $< 0,5$ kPa, ref. /26/.

Løsneområde: Det området som sklir ut.

Materialfaktor, γ_M : Partialfaktor for en jordparameter (materialelegenskap) som også tar hensyn til modellusikkerhet, ref. /21/.

Omrørt skjærstyrke: Skjærstyrke etter at leira er fullstendig omrørt.

Progressivt brudd: Et brudd som utvikler seg ved en gradvis reduksjon i styrke langs et kritisk glideplan, initiert av lokal styrkeoverskridelse.

Retrogressivt skred: Et skred som utvikler seg bakover fra et initialskred, normalt ved at bruddkanten er ustabil (Rissa-skredet), figur 2.2.

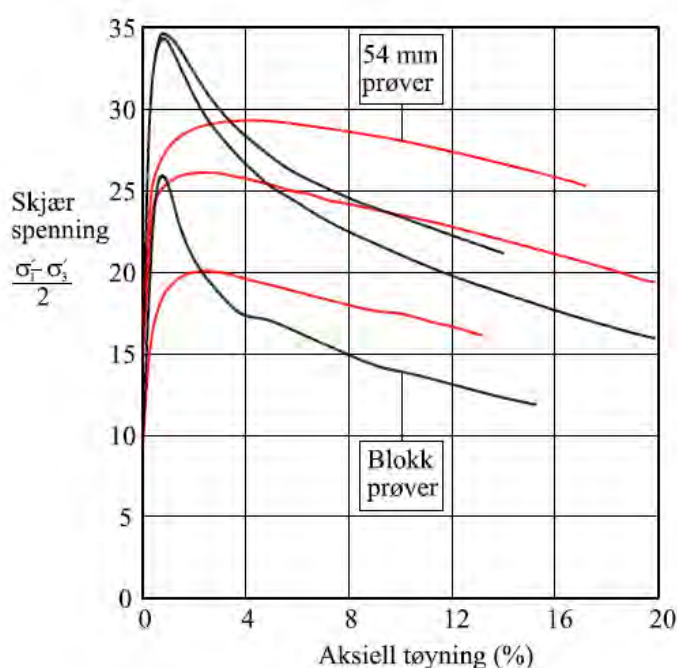
Risiko: Produktet av faregrad og konsekvens.

Sensitivitet, S_t : Forholdet mellom udrenert skjærstyrke av uforstyrret og omrørt materiale.

Sprøbruddmateriale: Jordarter (leire og silt) som utviser en utpreget sprøbruddoppførsel, med betydelig reduksjon i styrke ved tøyninger ut over tøyning ved maksimal styrke, se figur 2.1, det vil si materiale med sensitivitet ≥ 15 og omrørt styrke < 2 kPa.

Utløpsområde: Det området der skredmassene ender opp.

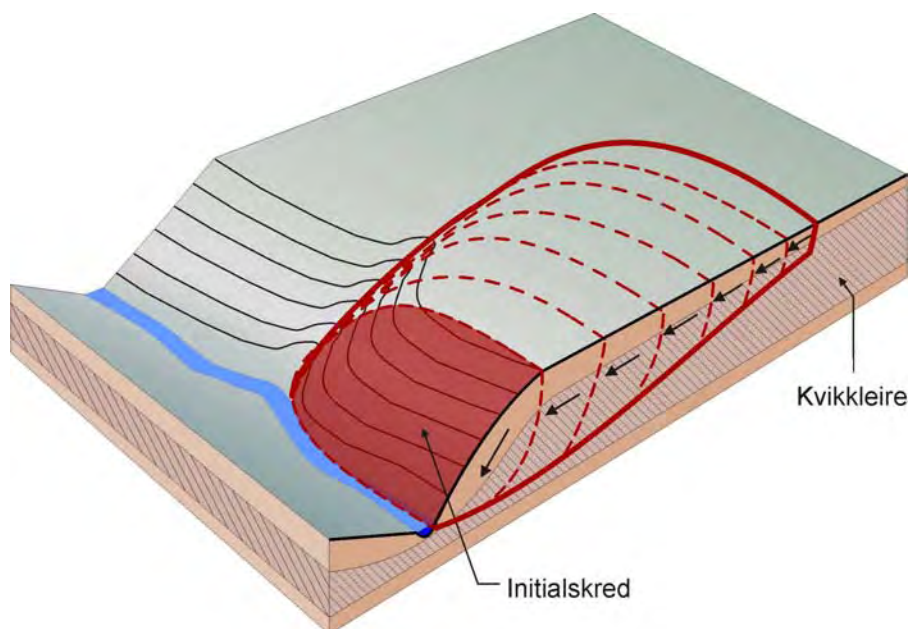
Figur 2.1 viser eksempel på sprøbruddoppførsel fra treaksialforsøk på blokkprøver fra Onsøy, sammenlignet med tilsvarende forsøk på Ø54 mm prøver.



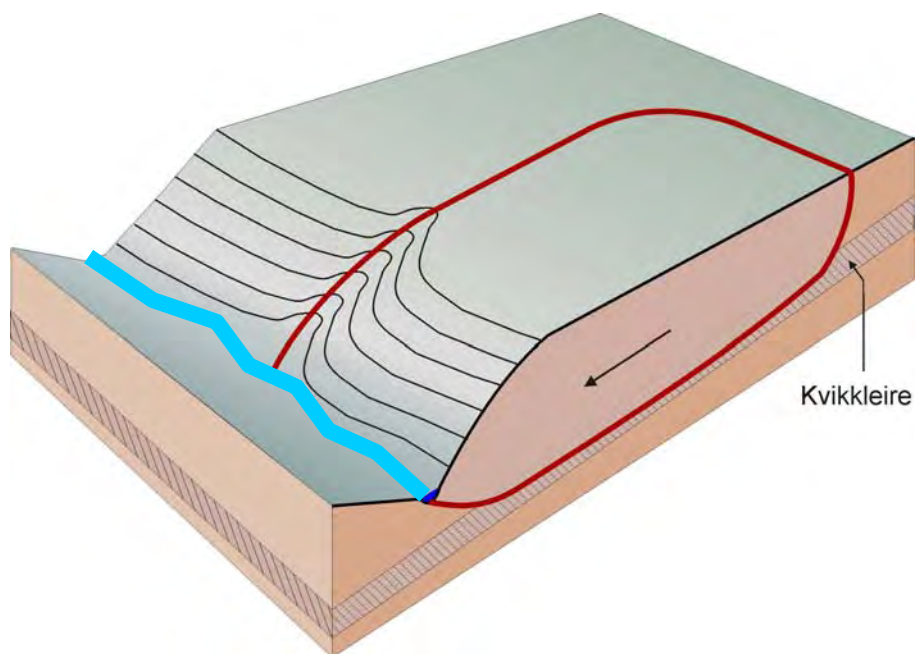
Figur 2.1 Treaksialforsøk på leire fra Onsøy

Aktuelle skredtyper som kan forekomme i områder med sprøbruddmaterialer er initialskred, retrogressivt skred og flakskred. For nærmere beskrivelse av disse skredtypene henvises det til ref. /10/ samt til figurene 2.2 og 2.3 under. Felles for de to skredtypene er at utstrekningen

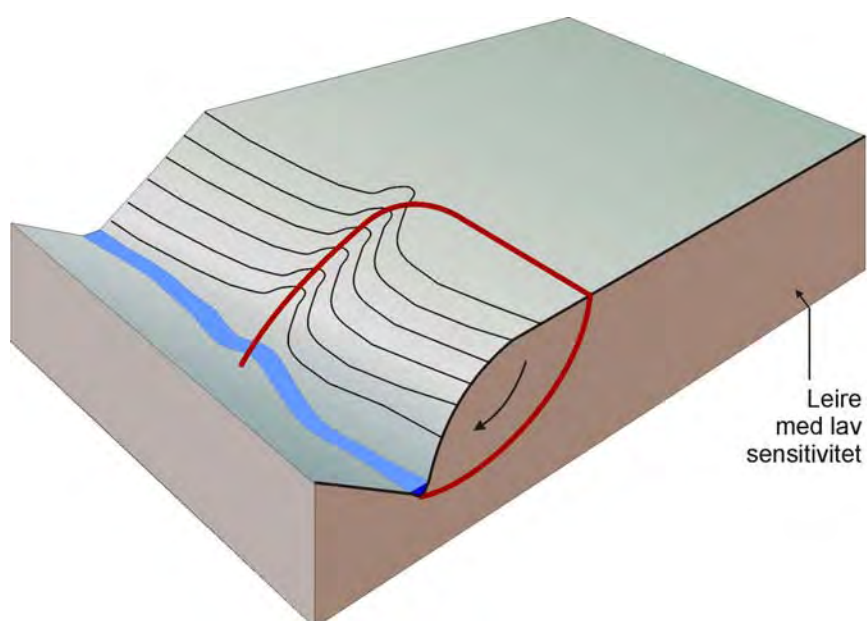
kan bli meget stor. Videre viser figur 2.4 skredtype rotasjonsskred i silt/leire med lav sensitivitet. Skredet vil få et relativt lite omfang.



Figur 2.2 Initialskred og retrogressivt skred



Figur 2.3 Flaskred, utløst ved progressiv bruddutvikling i sprøbruddmateriale



Figur 2.4 Rotasjonsskred

3 KRAV TIL SIKKERHET

Tabell 3.1 gir en sammenstilling av krav til sikkerhetsnivå, vurderinger, beregninger og kontroller som forutsettes utført. Som det fremgår vil kravene avhenge av tiltakskategori (K1-K3) og områdets faregradklasse (lav, middels eller høy). Krav til kontroll vil også avhenge av prosjektklasse (NS 3480).

Kravene som er angitt i tabellen tilfredsstiller kravene til nominell sannsynlighet som beskrevet i TEK og kravet om tilstrekkelig sikkerhet i pbl § 68.

Det henvises for øvrig til ref. /11/ og til ref. /12/.

Tabell 3.1 Krav til sikkerhetsnivå i områder med fare for skred i sprøbruddmaterialer

Tiltakskategori	Faregradsklasse før utbygging		
	Lav	Middels	Høy
K1. Små tiltak uten tilflytting av personer. Ingen negativ påvirkning på stabilitetsforholdene: Garasjer, mindre tilbygg, mindre terrenginngrep o.l.	Krav framgår av Veiledning, ref. /11/	Krav framgår av Veiledning, ref. /11/	Faregradevaluering Stabilitetsanalyse: a) $\gamma_M \geq 1,4$ eller b) ikke forverring Vanlig kontroll (Prosjektklasse 2, NS 3480)
K2. Tiltak av begrenset omfang uten tilflytting av personer. Negativ påvirkning på stabilitetsforholdene: Private og kommunale veier, grøfter, planeringer, oppfyllinger o.l.	Faregradevaluering Stabilitetsanalyse: a) $\gamma_M \geq 1,4$ eller b) ikke forverring Vanlig kontroll (Prosjektklasse 2, NS 3480) eller Skjerpet kontroll (Prosjektklasse 3, NS 3480)	Faregradevaluering Stabilitetsanalyse: a) $\gamma_M \geq 1,4$ eller b) forbedring Vanlig kontroll (Prosjektklasse 2, NS 3480) eller Skjerpet kontroll (Prosjektklasse 3, NS 3480)	Faregradevaluering Stabilitetsanalyse: a) $\gamma_M \geq 1,4$ eller b) forbedring Vanlig kontroll (Prosjektklasse 2, NS 3480) eller Skjerpet kontroll (Prosjektklasse 3, NS 3480)
K3. Tiltak som innebærer tilflytting av mennesker og tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner: Boliger, institusjoner, skoler, næringsbygg, VAR-anlegg, sentralt kraftnett o.l.	Faregradevaluering Stabilitetsanalyse: a) $\gamma_M \geq 1,4$ eller b) forbedring Skjerpet kontroll (Prosjektklasse 3, NS 3480)	Faregradevaluering Stabilitetsanalyse: a) $\gamma_M \geq 1,4$ eller b) vesentlig forbedring Skjerpet kontroll (Prosjektklasse 3, NS 3480)	Faregradevaluering Stabilitetsanalyse: a) $\gamma_M \geq 1,4$ eller b) vesentlig forbedring Skjerpet kontroll (Prosjektklasse 3, NS 3480)

3.1 Forklaring til tabell 3.1

Tiltakskategori

Den ansvarlige for geoteknisk prosjektering bestemmer tiltakskategori (K1, K2 eller K3) for det planlagte prosjektet.

K1 gjelder for små tiltak som ikke påvirker stabilitetsforholdene negativt. Tiltaket skal ikke medføre tilflytting av mennesker til området. K1 omfatter for eksempel mindre påbygg, garasjer og andre lette konstruksjoner. I tvilstilfelle bør tiltaket plasseres i K2 eller K3.

K2 gjelder for tiltak av lite/begrenset omfang, men som påvirker stabilitetsforholdene negativt. Tiltaket skal ikke medføre tilflytting av mennesker til området. K2 omfatter påbygg, garasjer, andre mindre konstruksjoner, private og kommunale veier, samt grave- og fyllingsarbeider. I tvilstilfelle bør tiltaket plasseres i K3.

K3 gjelder for alle tiltak som innebærer tilflytting av mennesker til området, samt tiltak som gjelder viktige samfunnsfunksjoner som VAR-anlegg, sentralt kraftnett og lignende. Større grave- og fyllingsarbeider legges til K3.

Faregradsklasse

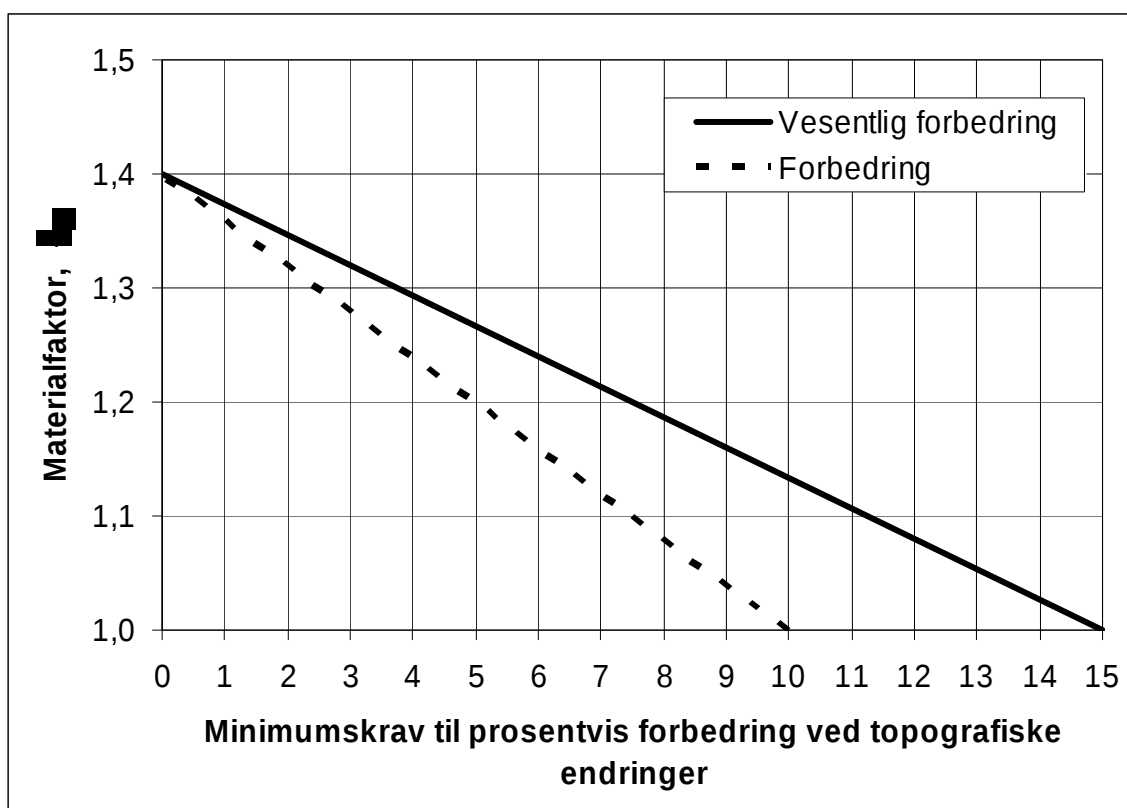
Den ansvarlige for geoteknisk prosjektering bestemmer maksimal utbredelse av en mulig faresone i tilknytning til tiltaket. Viktige faktorer i dette arbeidet vil være topografiske forhold (raviner), utbredelsen av sprøbruddmaterialet (nivå og mektighet) og erosjonsforhold.

Det skal deretter foretas en faregradevaluering av sonen. Faregradevaluering utføres i henhold til prosedyrene gitt i ref. [/12/](#) (utføres for mest kritiske snitt). Tidligere kartlagte faresoner er allerede faregradevaluert for situasjonen før utførelse av tiltak.

Sikkerhetsnivå

Tabellen angir hvilke minimumskrav som stilles til sikkerhet. Som det fremgår kan kravene oppfylles på tre ulike måter:

- Tiltaket gjennomføres iht. "Sikkerhetsmessige vurderinger ved små inngrep i kvikkleiresoner", ref. [/11/](#). Dette er den enkleste form for sikkerhetsvurdering og benyttes ved mindre tiltak (tiltakskategori K1) i områder med lav eller middels faregrad. Betingelser ikke assistanse fra geoteknisk rådgiver. I alle andre tilfeller skal det gjennomføres faregradevaluering og stabilitetsanalyser.
- Beregning av absolutt materialfaktor, γ_M . Beregnet materialfaktor: $\gamma_M \geq 1,4$. Beregning av materialfaktor betinger relativt omfattende grunnundersøkelser og stabilitetsvurderinger, jfr. anbefalinger gitt i kapittel 5 og 6.
- Beregning av relativ prosentvis forbedring av sikkerheten ved å endre områdets topografi. Kravene til stabilitetsforhold er "vesentlig forbedring", "forbedring", se figur 3.1, eller "ingen forverring" (tiltaket medfører ingen forverring av skråningsstabiliteten).



Figur 3.1 Minimumskrav til prosentvis forbedring ved topografiske endringer

Generelle kommentarer

Bakgrunnen for at det åpnes for at kravet til sikkerhet kan tilfredsstilles ved å sørge for en minimum prosentvis forbedring av beregnet materialfaktor ved topografiske endringer, er det faktum at dagens situasjon opplagt har en sikkerhet mot utglidning på minst 1,0, siden skråningen står. Den forbedringen av beregnet sikkerhet man da oppnår ved tiltaket, er dermed reell (i motsetning til den absolutte beregnede sikkerheten, som er beheftet med usikkerhet i de valgte styrkeparametrene).

Dersom man beregner en materialfaktor før utbygging under 1,0, må beregningsforutsetningene revurderes og nye beregninger utføres slik at beregnet materialfaktor før utbygging blir tilnærmet 1,0.

I tillegg til kravene til beregnet sikkerhet som gitt ovenfor, skal utløsende skredfaktorer, som for eksempel erosjon, vurderes og planlegges eliminert ved tiltak eller restriksjoner.

Dersom stabilitetsvurderinger, basert på relativt enkle bestemmelser av leiras styrke, viser lavere sikkerhet enn kravene gitt ovenfor, skal det utføres mer avanserte analyser av sikkerheten mot utglidning. Slike analyser vil betinge at det utføres spesielle laboratorieforsøk for bestemmelse av jordas egenskaper. Dette omfatter bestemmelse av både drenerte og udrenerte parametre avhengig av hvilke bruddtyper som er vurdert å være relevante.

Det presiseres at kravet til prosentvis forbedring gjelder for enhver potensiell glideflate. Dette betyr at det ikke er nok å heve beregningsmessig sikkerhet for den glideflaten som var funnet

å være kritisk før tiltaket. Man må også se på forbedringen av andre glideflater som beregningsmessig har lavere sikkerhet mot utglidning enn $\gamma_M = 1,4$. Normalt vil det være tilstrekkelig å sammenligne beregnet γ_M før og etter det planlagte tiltaket for glideflatene som er funnet å være kritisk før og etter tiltaket.

Dersom utbyggingen i et skredutsatt område skal skje i flere etapper og over en relativt lang periode (flere år), er det situasjonen før første utbyggingsetappe som skal legges til grunn som "før-situasjonen" ved vurdering av prosentvis forbedring av tiltak i senere utbyggingsetapper.

Prosjekterende geotekniker skal bruke skjønn ved vurdering av hvorvidt tiltak i tiltakskategori K2 skal plasseres i prosjektklasse 2 eller 3. Skjerpet kontroll av geoteknisk rådgivning utføres for prosjektklasse 3, jfr. NS 3480. Geoteknisk rådgiver har plikt til å informere oppdragsgiver om dette.

Statens vegvesen og Jernbaneverket har egne retningslinjer med krav til undersøkelser og sikkerhet. For prosjektering av statlige veier og jernbane i områder med sprøbruddmaterialer, henvises det til disse retningslinjene, ref. /6/ og /27/.

4 KRAV TIL GEOTEKNISKE UTREDNINGER I AREALPLANLEGGING OG BYGGESAKSBEHANDLING

4.1 Generelt

Kommunen skal styre bruken av kommunens arealer på en best mulig måte. En forutsetning for god arealstyring er tilstrekkelige kunnskaper om fareutsatt areal. Der kommunen ikke har tilstrekkelige kunnskaper om farene må kommunen enten selv utrede dem eller gi utbygger pålegg om dette. Når fareområdene er kjent kan kommunen enten styre utbyggingen unna fareområdene eller gi bestemmelser om at nødvendige sikringstiltak skal være gjennomført før utbygging. Utredning av fare bør skje så tidlig som mulig i planprosessen. I de fleste tilfeller vil det være lite hensiktsmessig å utsette slike utredninger til byggesaken.

Behovet for detaljering og kvalitet på fareutredning vil være forskjellig på de ulike plannivåene (kommuneplan, reguleringsplan/bebyggelsesplan og i byggesak), men den må være tilstrekkelig til å vurdere om planen er gjennomførbar, herunder hvilke sikringstiltak som må kreves.

Fareutredning med utredning av stabiliserende tiltak må omfatte hele det fareutsatte areal (faresone), også den delen av faresonen som ligger utenfor den aktuelle planens eller byggesakens areal. Risikoreduserende tiltak (stabiliserende tiltak o.l.) vil derfor i noen tilfelle måtte skje utenfor (og i stor avstand fra) aktuell plan eller byggesak.

Utrednings- og dokumentasjonskrav beskrevet her er en skjerping av tidligere praksis i bransjen. Det medfører at flere allerede bebygde områder ikke vil ha et sikkerhetsnivå som her er fastsatt for ny utbygging. Dette gir utfordringer ved byggesaksbehandling i slike områder.

I den nasjonale faresonekartlegging av potensielt skredfarlige kvikkleireområder, gjennomført for Sørøst-Norge og Trøndelag, ble minstearealet for områder som skulle kartlegges satt til 10 dekar, og minste høydeforskjeller (skråningskanter) satt til 10 meter. I tillegg var kartgrunnlaget til dels utilstrekkelig. Det kan derfor også i de kartlagte regionene være flere områder med skredfare som ikke er vurdert, i tillegg til de regioner som ikke er kartlagt. I

forbindelse med arealplanleggingen i den enkelte kommune, er det behov for å identifisere slike områder. Faregradsevaluering for disse områdene skal utføres som beskrevet i ref. [/12/](#).

Prosedyren beskrevet under gir råd om utredning tilpasset det utredningsbehov som gjelder for aktuell plan. Generelt skal planen være tilstrekkelig utredet til å avgjøre om den er gjennomførbar innenfor teknisk, økonomisk og miljømessig akseptable rammer og slik at kommunen ikke får et ansvar for videre utredning etter at planen blir et offentlig dokument. Målsettingen er at spørsmål om skredfare skal avklares så tidlig som mulig i planprosessen. Geoteknisk utredning skal avklare følgende forhold:

1. Identifisere fareutsatt areal (utstrekning på faresone)
2. Analysere skredfaren/stabiliteten i faresonen (faregradevaluering, stabilitetsanalyser).
3. Vurdere og eventuelt utrede alternative løsninger for å redusere faren for skred for å få tilfredsstillende sikkerhet for ønsket utbygging.

Anbefalt utredning på de ulike plannivåene:

Kommuneplan/kommunedelplan:

Områder der det er mulig (potensiell) skredfare identifiseres/avgrenses. Dersom det ikke er potensielle faresoner som berører planområdet er planen klarert i forhold til denne typen skred.

Reguleringsplan/bebyggelsesplan:

Dersom det er potensielle faresoner i planområdet utredes skredfaren i sonene i forhold til kravene/sikkerhetsnivåene i kap. 3. Det utredes hvilke stabiliserende tiltak som eventuelt må gjennomføres i og utenfor planområdet for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet i samsvar med tabell 3.1 og fig. 3.1. Det lages kostnadsoverslag for tiltakene som grunnlag for å vurdere hvor realistisk planen er før den vedtas.

Byggesak:

Tilstrekkelig sikkerhet dokumenteres i samsvar med kravene i kap 3. dersom dette ikke er gjort i forbindelse med reguleringsplan/bebyggelsesplan. Sikringstiltak planlegges ved behov. Tilstrekkelig sikkerhet dokumenteres for gjennomføringsfasen og for situasjon etter utbyggingen.

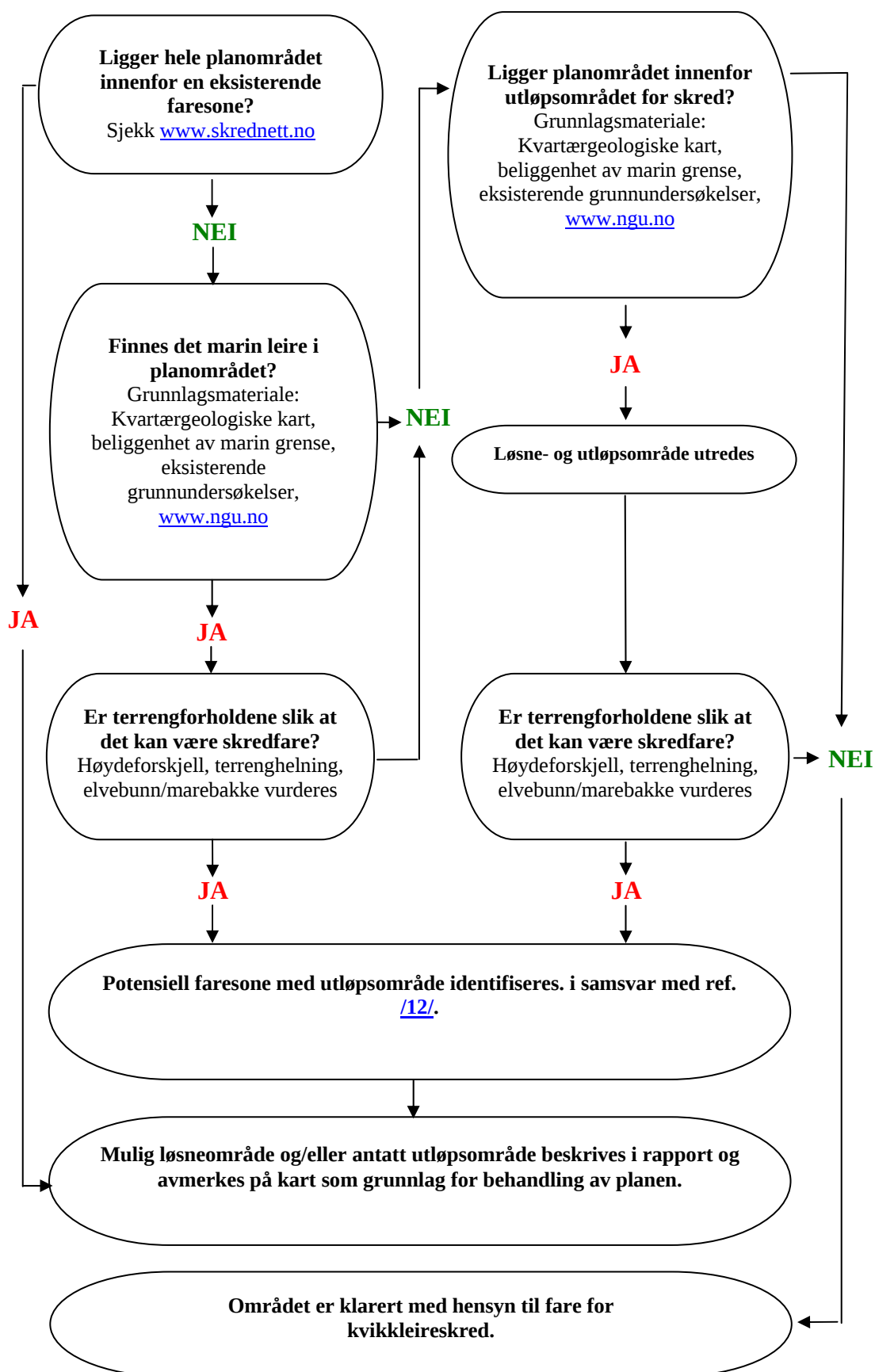
I det etterfølgende er utredninger/vurderinger som bør gjennomføres på de ulike plannivåene nærmere beskrevet.

4.2 Utredning av potensiell fare (kommuneplan og kommunedelplan)

Målet er å finne og avgrense områder som kan være utsatt for skred slik at disse kan avmerkes i kommuneplanens arealdel, kommunedelplan eller som temakart til arealdelen/kommunedelplanen. Vurderingen omfatter kjente faresoner og i tillegg en vurdering av areal med mulig skredfare utenom kjente faresoner.

Utredning omfatter både løseområder og utløpsområder for skredmasser. Arbeidet omfatter innsamling og evaluering av relevant eksisterende informasjon, ref. [/12/](#).

Flytskjema for de geotekniske vurderingene for utredning av planområder med potensiell fare for kvikkleireskred er vist i figur 4.1.

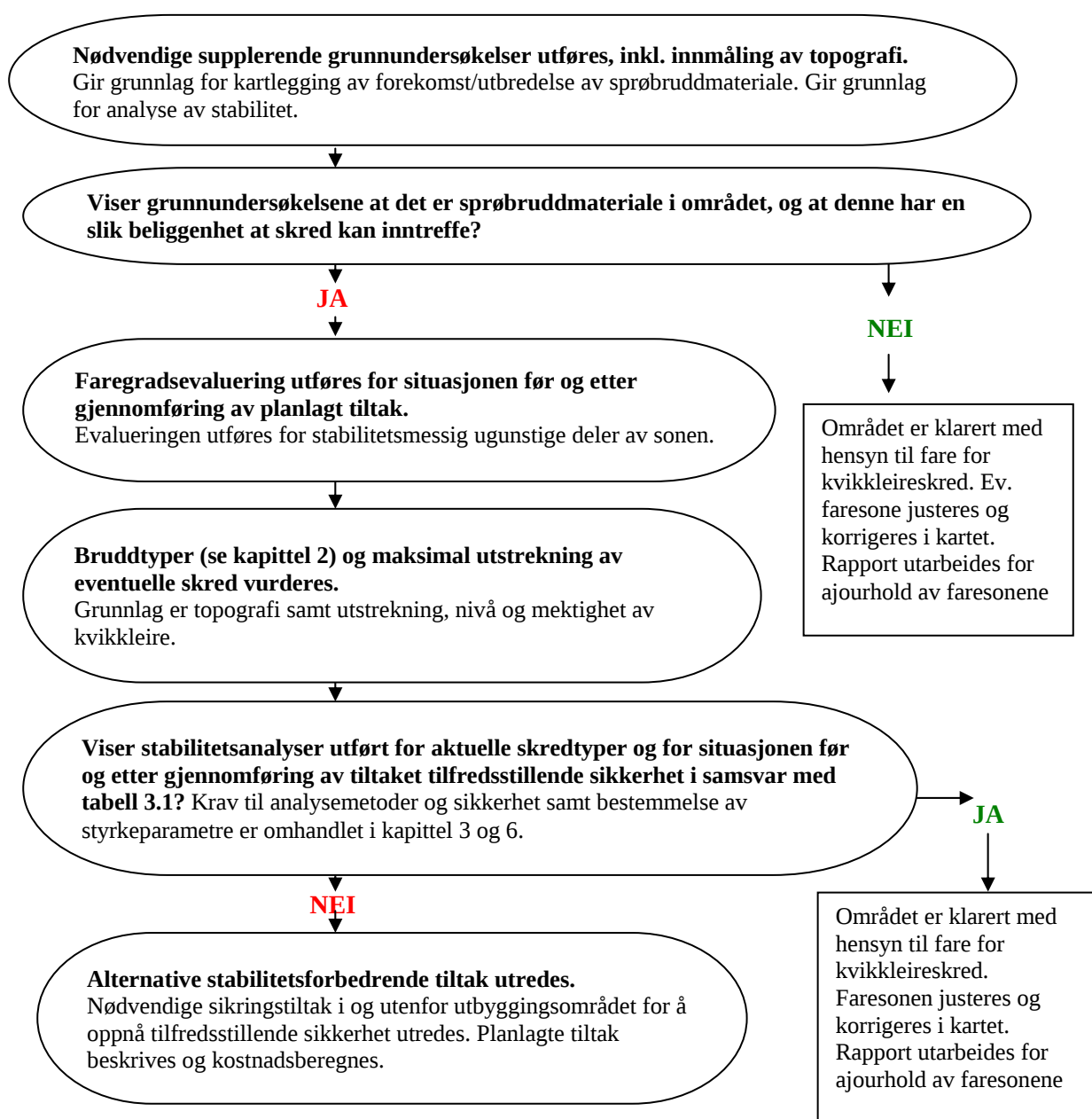


Figur 4.1 Flytskjema for utredning av potensiell skredfare

4.3 Utredning av reell fare (reguleringsplan/bebyggelsesplan)

Utredning av reell fare bør skje i forbindelse med reguleringsplan/bebyggelsesplan. Ved utredning av reell fare skal fareområdene avgrensnes og utredes i forhold til kravene/sikkerhetsnivåene i kap. 3, jf. tabell 3.1 og figur 3.1. Eventuelle nødvendige sikringstiltak i og utenfor planområdet må også utredes i et slikt omfang at en kan dokumentere at planen kan gjennomføres og bebyggelsen kan få tilstrekkelig sikkerhet innenfor teknisk, økonomisk og miljømessig akseptable rammer. I den forbindelse skal faresoners utstrekning justeres og eventuelt deles i mindre soner med bakgrunn i ny informasjon. De geotekniske vurderingene/aktivitetene for utredning av reell fare er vist i figur 4.2 under.

Det forutsettes at arbeidet beskrevet under utredning av potensiell fare (kommuneplan og kommunedelplan) er utført. Hvis ikke bør potensiell fare utredes først for å avklare behovet for mer detaljerte utredninger av reell fare.



Figur 4.2 Flytskjema for vurdering av reell skredfare

4.4 Byggesak

I byggesak skal det dokumenteres at området har tilstrekkelig sikkerhet mot skred. Tilstrekkelig sikkerhet skal dokumenteres for alle faser i utbygningen. Eventuelle nødvendige stabilitetsforbedrende tiltak skal gjennomføres før oppstart av anleggsarbeider som kan påvirke stabiliteten i negativ retning.

Det forutsettes at arbeidet beskrevet under utredning av potensiell og reell fare er utført. Hvis ikke, må dette inngå i arbeidet med byggesaken, se figurene 4.1 og 4.2 over.

Det tilhører prosjekteringsansvaret å finne frem til konkrete sikringstiltak eller løsninger som eliminerer faren eller reduserer den til det nivået hvor bygging/deling kan tillates. Kommunen skal påse at det fremlegges tilstrekkelig dokumentasjon og bør i slike saker alltid vurdere å kreve uavhengig kontroll av prosjekteringen jf. Saksbehandlingsforskriften (SAK) § 30.

I gjennomføringsfasen anbefales det å sikre at sakkyndige har tilstrekkelig kontroll på den faktiske gjennomføringen. Det bør være en klausul om at råd som gis blir tilstrekkelig fulgt opp. Geotekniker bør fraskrive seg oppdrag der det ikke klart fremgår hvordan gjennomføringen skal følges opp av fagkyndig.

Også for tiltak som ikke krever tillatelse eller er meldepliktig etter plan- og bygningsloven, f.eks. enkelte typer av tiltak i landbruket i LNF-områder, må skredfaren vurderes i forhold til sikkerhetsnivå og prosedyrer i kap 3.

5 KRAV TIL GRUNNUNDERSØKELSER

5.1 Omfang og type

Hovedtyngden av grunnundersøkelsene utføres vanligvis i forbindelse med reguleringsplan eller bebyggelsesplan. Dersom de ikke er utført da må de utføres i forbindelse med byggesaken. Grunnundersøkelsene i reguleringsplan skal som et minimum inneholde et tilstrekkelig antall sonderinger (for eksempel dreietrykk- eller totalsonderinger) til å bestemme lagdeling i området samt utstrekning av evt. sprøbruddmateriale. Videre skal det foretas bestemmelse av styrkeegenskaper (for eksempel ved trykksonderinger, prøvetaking eller vingeboringer).

Tolkning av lagdeling og forekomster av sprøbruddmateriale basert på dreietrykksonderinger og totalsonderinger er beskrevet i NGF melding nr 7 (Dreietrykksondering), ref. /13/.

Poretrykksforholdene skal bestemmes på minimum én sentral lokalitet i hver sone. Det skal derfor installeres piezometre i minimum to nivåer på hver lokalitet.

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 styrkeparametre og for poretrykksforhold. Likeledes vil områder der de topografiske forholdene er varierende, betinge flere boringer enn områder med en ensartet topografi.

5.2 Kvalitet

Grunnundersøkelsene skal utføres i henhold til NGF meldinger nr. 3, Dreiesondering, ref. /14/, nr. 4, Vinge boring, ref. /15/, nr. 5, Trykksondering, CPTU, ref. /16/, nr. 6, Grunnvannstand og poretrykk, ref. /17/, nr. 7, Dreietrykksondering, ref. /13/, nr. 9, Totalsondering, ref. /18/, samt Statens vegvesen, håndbok 015, Feltundersøkelser, ref. /19/.

Kvaliteten på trykksonderinger (CPTU) som skal benyttes til bestemmelse av styrkeparametre, skal tilfredsstillende kvalitetsklasse 1 i samsvar med ref. /20/.

Prøver som det utføres laboratorieundersøkelser på, skal være av god kvalitet. Prøvene skal tilfredsstillende kravene til kvalitetsklasse 1 i samsvar med ref. /22/. Det henvises også til NGF melding nr. 11, Veiledning for prøvetaking, ref. /23/.

Arbeidet skal utføres av kvalifisert personell med dokumentert kunnskap og praksis i feltarbeid.

I tabell 5.1 under er det gitt et forslag til inndeling i kvalitetsklasser basert på volumtøyning i prosent av totalt volum under konsolidering i laboratoriet til in-situ markspenninger.

Tabell 5.1 Kvalitetsklasser basert på volumtøyning

OCR	$\Delta V/V_0$		
	Kvalitetsklasse 1 Perfekt	Kvalitetsklasse 1 Akseptabel	Kvalitetsklasse 2 Forstyrret
1,0 – 1,2	< 3,0	3,0 – 5,0	> 5,0
1,2 – 1,5	< 2,0	2,0 – 4,0	> 4,0
1,5 – 2,0	< 1,5	1,5 – 3,5	> 3,5
2,0 – 3,0	< 1,0	1,0 – 3,0	> 3,0
3,0 – 8,0	< 0,5	0,5 – 1,0	> 1,0

6 KRAV TIL STABILITETSVURDERINGER

6.1 Materialparametre

Jordas karakteristiske styrkeparametre bestemmes som forsiktig anslåtte middelerverdier.

Det forutsettes at man har oppnådd kvalitetsklasse 1, ref. kapittel 5.2, på forsøkene utført i laboratoriet. Ved valg av karakteristiske styrkeverdier, skal de målte styrkene fra aktive og passive triaksialforsøk samt fra eventuelle direkte skjærforsøk (DSS) tas ut ved samme tøyning for samtlige jordlag (prinsippet om tøyningsskompatibilitet). Normalt gjøres dette ved den tøyning som gir den høyeste summen fra aktive-, passive- og DSS-forsøk. Dersom man kun har resultater fra aktive triaksialforsøk, skal valg av anisotropiforhold ta hensyn til kravet om tøyningsskompatibilitet. Ref. /25/ beskriver prinsippet om tøyningsskompatibilitet nærmere, samt angir målte verdier for anisotropiforhold. Det bemerkes at disse anisotropiforholdene ikke tar hensyn til prinsippet om tøyningsskompatibilitet, og heller ikke til anbefalingen om å redusere maksimalt målt eller utledet aktiv skjærstyrke fra blokkprøver, se under.

Dersom planlagte terrengendringer vil medføre en vesentlig endring i effektivspenningsnivået, skal dette tas hensyn til ved valg av skjærstyrke. Videre skal man ved valg av styrkeparametre ta hensyn til tidsaspekter og tøyingsnivå.

Når man utfører treaksialforsøk på blokkprøver, ser man spesielt på de aktive forsøkene en utpreget sprøbruddoppførsel, selv på lav-sensitive leirer. Udrenerert skjærstyrke er dessuten avhengig av belastningshastigheten eller tiden til brudd. Når man legger korrelasjoner mot blokkprøver til grunn for dimensjonering, må det derfor vurderes om mulige effekter av sprøbrudd og tidseffekter bør tas spesielt hensyn til, noe som ikke har vært vanlig når man baserer seg direkte på vanlige 54 mm-prøver. Styrkeparametre bestemt ved den maksimalt målte aktive skjærstyrken ("peak-styrken") fra blokkprøver anbefales derfor normalt redusert med 15 %, ref. /25/.

Ved utledning av udrenert skjærstyrke fra trykksonderinger (CPTU), henvises det til anerkjente korrelasjoner mellom trykksonderinger og laboratorieforsøk på blokkprøver (uten 15 % styrkereduksjon), for eksempel ref. /24/ og ref. /25/. Også her anbefales det at man reduserer den tolkede aktive skjærstyrken med 15 % i meget sensitive/kvikke leirer (sprøbruddmateriale).

Tolkning av vingeboringer med hensyn på skjærstyrke og sensitivitet er beskrevet i ref. /15/, herunder også korleksjon av målte verdier.

Ved bestemmelse av poretrykkene i bakken skal det tas hensyn til eventuelle årstidsvariasjoner.

6.2 Vurdering av skredtyper

Aktuelle skredtyper som kan forekomme i områder med sprøbruddmateriale er vist i kapittel 2. Det skal utføres stabilitetsvurderinger/-analyser for alle skredtyper som er vurdert å være aktuelle.

6.3 Analysemetoder

Sikkerheten mot utglidning av en skråning skal bestemmes både for dagens situasjon med drenert jordoppførsel, og for hendelser som kan medføre udrenert jordoppførsel og bruddutvikling. Oppfylling, erosjon eller annen utgraving i skråning samt ekstrem nedbør er eksempler på hendelser som kan medføre udrenert jordoppførsel og bruddutvikling.

Dagens drenerte tilstand eller en endring som er kritisk etter lang tid, for eksempel en utgraving, analyseres med en drenert ϕ -analyse, mens udrenert tilstand analyseres med en udrenert s_u -analyse. Den udrenerte tilstanden kan også, i tillegg, analyseres med en udrenert ϕ -analyse. Det må i tilfelle tas behørig hensyn til poretrykksoppbygging for de potensielle bruddtyper, samt tas hensyn til anisotropi og sprøbruddoppførsel, tilsvarende som ved s_u -analysen (jf. kapittel 6.1).

Tørrskorpelaget og forvitringssonen skal modelleres som et drenert ϕ -materiale, enten man ser på drenert eller udrenert tilstand. I tørrskorpelaget må da et realistisk grunnvannsnivå modelleres, samt at man må vurdere hvorvidt man kan ha vannfylte sprekker.

Vanligvis bestemmes sikkerhetsfaktor (materialfaktor) mot utglidning av skråninger ved bruk av beregningsprogrammer som er basert på grenselikevektsmetoden, for eksempel en versjon

av lamellemetoden. Alternativt kan man også benytte ulike versjoner av program basert på elementmetoden.

Beregning av skjærtøyninger langs kritisk skjærflate kan i visse tilfeller gi nyttig tilleggsinformasjon for vurdering av faren for skred. På den måten kan man sammenligne beregnet tøyingsnivå med spennings-/tøyningskurver fra gode triaksialforsøk, og dermed få en formening om hvor man ligger på tøyningskurven i forhold til maksimal styrke ("peak-styrke"). I slike tilfeller utføres deformasjonsanalyser, for eksempel basert på elementmetoden. I disse analysene er jordstivhet og relativ stivhet mellom ulike jordlag av betydning for resultatet, i tillegg til de faktorene som inngår i forbindelse med stabilitetsanalyser med grenselikevektsmetoden.

7 KRAV TIL KONTROLL

De geotekniske vurderingene skal utføres av kvalifisert personell. Konkrete utbyggingstiltak i kvikkleireområder vil ligge i prosjektklasse 2 eller 3 i samsvar med NS 3480, jf. tabell 3.1.

For prosjektklasse 2 og 3 vil kontrollen bestå i å gjennomgå prosjektets geotekniske problemstillinger, grunnlagsdata, løsninger og beregninger og påvise eventuelle feil og mangler.

For prosjektklasse 2 vil vanlig kontroll være dekkende. Kontrollen utføres av en annen geoteknisk kyndig person enn den som har utført prosjekteringen.

Alle geotekniske vurderinger og beregninger i prosjektklasse 3 skal gjennomgå en skjerpet kontroll, iht. NS 3480. Kontrollen skal da utføres av en person eller organisasjon som er uavhengig av den geoteknisk prosjekterende (firma/organisasjon).

Gjennomført prosjekteringskontroll skal beskrives og dokumenteres.

8 TILTAK

Dersom analysene viser at det er behov for det, jf. krav til beregningsmessig sikkerhet/forbedring i kapittel 3, skal alternative løsninger samt ulike tiltak for å bedre områdets stabilitet vurderes. Slike tiltak kan være erosjonsbeskyttelse, heving av elve-/bekkeleie, omlegging av elv/bekk, bakkeplanering, bekkelukking, utslaking av bratte partier, drenering i bratte skråninger, grunnforsterkning, lette masser, beplantning/vegetasjon og lignende. Det skal dokumenteres at man ved det/de valgte tiltakene vil oppnå tilstrekkelig sikkerhet av området. Anleggskontroll skal planlegges og gjennomføres i et omfang som beskrevet i NS 3480.

Det presiseres at dersom man velger å bedre områdets stabilitet ved å benytte tiltak som grunnforsterkning, lette masser etc. (dvs. ikke topografiske endringer), gjelder kravet om at beregningsmessig materialfaktor, $\gamma_M \geq 1,4$, etter at tiltaket er utført.

9 REFERANSER

- /1/ Transportation Research Board, TRB (1996)
Special report 247
Landslides: Investigation and Mitigation

- /2/ Bjerrum, Løken, Heiberg and Foster (1969)
A field study of factors responsible for quick clay slides
Proc. of 7th ICSMFE, Mexico, 1969
- /3/ Bjerrum (1973)
Problems of Soil Mechanics and Construction in soft clays
State-of-the-art report to Session 4, Proc. of 8th ICSMFE, Moscow, 1973
- /4/ Aas (1981)
Stability of natural slopes in quick clay
Proc. of 10th ICSMFE, Stockholm, 1981
- /5/ Karlsrud, Aas and Gregersen (1984)
Can we predict landslide hazards in soft sensitive clays?
Summary of Norwegian Practice and Experience.
Proc. of 4th International Symposium on Landslides, Toronto, 1984
- /6/ Statens vegvesen (2006)
Håndbok 016, Fjerde utgave
Geoteknikk i vegbygging
- /7/ Engen, Arne (2003)
Stabilitetsanalyser av skråninger, skjæringer og fyllinger
Eksempler fra praksis, naturlige skråninger, områdestabilitet
Kurs 20. – 22. mai 2003, Rica Hell Hotell
- /8/ Gregersen, Odd (1976)
Jordartsegenskaper
Bestemmelse og anvendelse ved stabilitetsanalyser i leire
Vurdering av en 25 m høy kvikkleireskråning i Båstad i Trøgstad
NIF-kurs 20. – 22. mai 1976, Pers Hotell, Gol
- /9/ NVE
Retningslinje nr. 1/2008.
Planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag.
Sist revidert 1. juli 2008 (oppdatert mars 2009)
- /10/ Karlsrud, Kjell (1989)
Skredrisiko i kvikkleireavsetninger
Foredrag Geoteknikkdagen 1989
- /11/ NVE/NGI
Sikkerhetsmessige vurderinger ved små inngrep i kvikkleiresoner.
Veiledning
- /12/ NGI (2002)
Program for økt sikkerhet mot leirskred - Metode for kartlegging og klassifisering av faresoner, kvikkleire.
Rapport 20001008-2, Revisjon 3, datert 8. oktober 2008

- /13/ NGF melding nr. 7
Dreietrykksondering
- /14/ NGF melding nr. 3
Dreiesondering
- /15/ NGF melding nr. 4
Vingeboring
- /16/ NGF melding nr. 5
Trykksondering, CPTU
- /17/ NGF melding nr. 6
Grunnvannsstand og poretrykk
- /18/ NGF melding nr. 9
Totalsondering
- /19/ Statens vegvesen (1997)
Håndbok 015
Feltundersøkelser
- /20/ ISO/FDIS 22476-1: 2006(E).13
Geotechnical investigation and testing – Part 1:
Electrical cone and piezometer penetration tests
- /21/ NS-EN 1997-1: 2004 + NA: 2008
Eurocode 7: Geoteknisk prosjektering
Del 1: Allmenne regler
- /22/ NS-EN 1997-2: 2007 + NA: 2008
Eurocode 7: Geoteknisk prosjektering
Del 2: Prosjektering basert på grunnundersøkelser og laboratorieprøver
- /23/ NGF melding nr. 11
Veiledning for prøvetaking
- /24/ Karlsrud, K., Lunne, T. Kort, D.A., Strandvik, S. (2005)
CPTU Correlations for Clays
ICSMGE 2005, Osaka, Japan
NGI-rapport 20041198-1 datert 10. januar 2005
- /25/ Karlsrud, Kjell (2003)
Stabilitetsanalyser av skråninger, skjæringer og fyllinger
Skjærstyrkeegenskaper av leire og bruk i stabilitetsanalyser
Kurs 20. – 22. mai 2003, Rica Hell Hotell
- /26/ NGF melding nr. 2

Veiledning for symboler og definisjoner i geoteknikk, Presentasjon av geotekniske undersøkelser

/27/ Jernbanelinjen Infrastruktur
Dokumentnummer JD 520
Underbygning, Regler for prosjektering og bygging