

Program for økt sikkerhet mot leirskred

Evaluering av risiko for kvikkleireskred Re kommune

20001008-57

1. juni 2006

Oppdragsgiver: **Norges vassdrags - og energidirektorat**

Kontaktperson: Erik Endre
Kontraktreferanse: Tilsagnsbrev av 14.07.2005
Ref.: NVE 200100097-114
vpm/een

For Norges Geotekniske Institutt

Prosjektleder: Odd Gregersen

Rapport utarbeidet av: Trond Vernang

Arbeid også utført av: Øyvind Armand Høydal



Sammendrag

Det er foretatt en evaluering av risiko for kvikkleireskred i Re kommune. Tidligere kartlagte "potensielt skredfarlige kvikkleiresoner" er klassifisert med hensyn på faregrad, konsekvens og risiko.

Resultatene er presentert på kart, se kartbilag 01, 02, 03 og 04. Av de 26 kartlagte kvikkleiresonene i Re kommune har 1 kommet i høyeste faregradklasse. Med hensyn til konsekvens ligger 1 sone i høyeste konsekvensklasse. For risiko er 1 sone i nest høyeste risikoklassene.

Det anbefales utført supplerende undersøkelser for sonen i den nest høyeste risikoklassen. Hensikten med de supplerende undersøkelsene er å oppnå en best mulig bestemmelse av sikkerheten mot skred, samt å vurdere behovene for stabiliserende eller erosjonssikrende tiltak.

For sonen i fareklasse høy, må det vurderes om det bør utføres supplerende undersøkelser avhengig av erosjon, bruk og planer.



Innhold

| | | |
|---|---|----|
| 1 | INNLEDNING | 4 |
| 2 | KLASSIFISERINGSMETODE | 4 |
| 3 | GENERELL BESKRIVELSE AV GRUNNFORHOLDENE..... | 6 |
| 4 | RESULTATER AV EVALUERINGEN | 7 |
| 5 | TILTAK | 8 |
| 6 | PLAN - OG BYGGESAKSARBEID INNENFOR FARESONER..... | 9 |
| 7 | PLAN - OG BYGGESAKSARBEID UTENFOR FARESONER..... | 10 |
| 8 | REFERANSER | 10 |

Vedlegg

Vedlegg A: Bygging i kvikkleireområder. Veiledning ved arealplanlegging og byggesaksbehandling

Vedlegg B: Sikkerhetsmessige vurderinger ved små inngrep i kvikkleiresoner

Kartbilag

| | | |
|----|----------------|----------------|
| 01 | Oversiktskart | M = 1: 150 000 |
| 02 | Faregradkart | M = 1: 50 000 |
| 03 | Konsekvenskart | M = 1: 50 000 |
| 04 | Risikokart | M = 1: 50 000 |

Kontroll- og referanseside



1 INNLEDNING

På oppdrag fra NVE foretar NGI en oppdatering av de tidligere kartlagte kvikkleiresonene på Østlandet og Trøndelag. Sonene evalueres nå med hensyn på risiko for skred. Arbeidet ble påbegynt i 2001 og forventes avsluttet i løpet av sommeren 2006.

Det gjennomføres befaringer av alle faresoner for kontroll av erosjonsforhold, ras/glidninger og terrenginngrep. Dette er viktige elementer i evalueringen. Informasjon om bebyggelse, veier, toglinjer og kraftlinjer innen hver enkelt sone innhentes fra de respektive kommuner. For øvrig er arbeidet basert på forliggende tilgjengelig informasjon om grunnforholdene. Det utføres altså ikke nye grunnundersøkelser i forbindelse med oppdraget. Hovedkilden til informasjonen om grunnforholdene vil være NGIs rapport fra arbeidet med "Kartlegging av potensielt skredfarlige kvikkleireområder". I tillegg blir det foretatt søk i NGIs, Jernbaneverkets og Vegvesenets arkiver, samt at også tilgjengelig informasjon fra andre geotekniske konsulenter innhentes.

De opprinnelige faresonene var i mange tilfeller inndelt noe tilfeldig og var ofte svært store. Det er nå foretatt en revurdering av oppdelingen av fareområdene i soner, slik at en sone i best mulig grad skal representere en realistisk utstrekning av et mulig fremtidig skred. Dette har resultert i at mange av de tidligere sonene nå er splittet opp i flere og mindre soner.

Den foreliggende rapporten presenterer resultatene fra risikoevalueringen av faresonene i Re kommune. Det er benyttet data fra følgende rapporter i evalueringen, ref. /1/ - /7/.

2 KLASSIFISERINGSMETODE

Klassifiseringen av faresonene omfatter evaluering av faregrad og konsekvens for hver enkelt sone. Det er benyttet en kvalitativ metode basert på poengverdier, ref./8/.

Faregrad er evaluert på grunnlag av topografiske, geotekniske og hydrologiske kriterier. Konsekvens er evaluert etter graden av urbanisering i sonen: antall boenheter, arbeidsplasser, veier, toglinjer, kraftlinjer etc.

Evalueringen gjøres på grunnlag av kriteriene som fremgår av tabellene 1 og 2, se neste side.

Tabell 1 Evaluering av skadekonsekvens

| Faktorer | Vekt-tall | Konsekvens, score | | | |
|-------------------------|-----------|-------------------|------------|--------------|-------|
| | | 3 | 2 | 1 | 0 |
| Boligheter, antall | 4 | Tett > 5 | Spredd > 5 | Spredd < 5 | Ingen |
| Næringsbygg, personer | 3 | > 50 | 10 – 50 | < 10 | Ingen |
| Annen bebyggelse, verdi | 1 | Stor | Betydelig | Begrenset | Ingen |
| Vei, ÅDT | 2 | >5000 | 1001-5000 | 100-1000 | <100 |
| Toglinje, baneprioritet | 2 | 1 – 2 | 3 – 4 | 5 | Ingen |
| Kraftnett | 1 | Sentral | Regional | Distribusjon | Lokal |
| Oppdemning/flom | 2 | Alvorlig | Middels | Liten | Ingen |
| Sum poeng | | 45 | 30 | 15 | 0 |
| % av maksimal poengsum | | 100 % | 67 % | 33 % | 0 % |

Tabell 2 Evaluering av faregrad

| Faktorer | Vekt tall | Faregrad, score | | | | |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------|---------|------------|-----------|--------------|
| | | 3 | 2 | 1 | 0 | |
| Tidligere skredaktivitet | 1 | Høy | Noe | Lav | Ingen | |
| Skråningshøyde, meter | 2 | >30 | 20 – 30 | 15 – 20 | <15 | |
| Tidligere/nåværende terrengnivå (OCR) | 2 | 1,0-1,2 | 1,2-1,5 | 1,5-2,0 | >2,0 | |
| Poretrykk | Overtrykk, kPa | 3 | > + 30 | 10 – 30 | 0 – 10 | Hydrostatisk |
| | Undertrykk, kPa | -3 | > - 50 | -(20 – 50) | -(0 – 20) | |
| Kvikkleiremektighet | 2 | >H/2 | H/2-H/4 | <H/4 | Tynt lag | |
| Sensitivitet | 1 | >100 | 30-100 | 20-30 | <20 | |
| Erosjon | 3 | Aktiv/glidn. | Noe | Lite | Ingen | |
| Inngrep: | forverring | 3 | Stor | Noe | Liten | Ingen |
| | forbedring | -3 | Stor | Noe | Liten | |
| Sum | | 51 | 34 | 16 | 0 | |
| % av maksimal poengsum | | 100 % | 67 % | 33 % | 0 % | |

Faregrad og konsekvens er delt inn i tre klasser etter resultatet av evalueringen:

Faregrad: Lav Middels Høy
 Konsekvens: Mindre alvorlig Alvorlig Meget alvorlig

Faregrad – og konsekvensevalueringene er grunnlaget for bestemmelse av risikoklasse: risiko = faregrad x konsekvens. Risiko er inndelt i fem klasser, hvorav 5 er høyeste risiko.

3 GENERELL BESKRIVELSE AV GRUNNFORHOLDENE

Løsmassene i Re er dominert av hav – og fjordavsetninger (marin leire). Marin grense ligger omkring 180 m over dagens havnivå. Over marin grense er forsenkningene i berggrunnen ofte fylt med myrer, tjern eller vann, mens havavsetninger dominerer i forsenkningene under marin grense, særlig i de store åpne dalførene til Storelva og Merkedamselva. Lokalt stikker enkelte fjellbotninger opp fra de marine avsetningene. Berggrunnens strøkretning er i hovedsak nord-sør og nordvest-sørøst. Landskapstrekk som smådaler og høydepartier er som regel orientert i disse retningene. Enkelte glasifluviale avsetninger ligger øst i kommunen, ved Håvet (630 880) og ved Bakerød (633 853).

Historisk har det gått flere jord- og leirskred i området og noen av dem har ført til oppdemming av mindre vassdrag, som for eksempel ved Søndre Bø i 1673 (727 800), Førum i 1769 (753 777), Bakskjul i 1930 (777 831), Krokeborg i 1930 (777 837), Klavenes i 1972 (764 891) samt ved Bjune i 1963 og 1988 (755 778). Skredaktiviteten har vært særlig stor i området rundt Førum i de senere år. To skred gikk i samme yttersving av Storelva i 2001 og i 2004 (756 775). Terrengforholdene indikerer at det gjennom tidene har gått en rekke skred av lignende størrelse, og erosjon pågår fremdeles langs elva.

Erosjon i leirområder består av blant annet av elve- og bekkeerosjon som skaper raviner. Når skråninger når kritiske verdier for høyde eller helning, utløses større og mindre skred. Skredene er en direkte følge av bratte og høye skråninger. I et geologisk perspektiv begrenses erosjon av fjell eller terskler i vassdraget. Stor dybde til fjell eller nedenforliggende stabilt vannspeil gir et stort erosjonspotensiale der ravinene blir dypere enn der dybde til fjell og erosjonspotensiale er mindre. Utvasking av salter i leire gir ”kvikk” leire og større, mer tilbakeskridende skred enn en har i ikke-kvikkleire. Kvikkleire som ikke er utløst i et skred, vil seinere kunne gli ut når forholdene ligger til rette. Påviste faresoner gir indikasjon om slike steder. For naturlig hellende terreng er faren for kvikkleireskred liten når helningen er mindre enn 1:15.

Menneskelige inngrep som bekkelukkinger og rør under veier gir kunstige erosjonsterskler som hindrer videre senkning av bekkene. Bekkelukking er ofte foretatt sammen med bakkeplanering som etter ferdigstilling har gitt mer stabile skråninger.

4 RESULTATER AV EVALUERINGEN

Evalueringen omfatter 26 soner. Resultatene av evalueringen er presentert på de tre temakartene, henholdsvis for faregrad, konsekvens og risiko, kartbilag 02, 03 og 04. Som det fremgår er fordelingen av antall soner mellom de ulike soner som følger:

Faregrad

| Klasse: | Lav | Middels | Høy |
|---------------|-----|---------|-----|
| Antall soner: | 3 | 22 | 1 |

Konsekvens

| Klasse: | Mindre alvorlig | Alvorlig | Meget alvorlig |
|---------------|-----------------|----------|----------------|
| Antall soner: | 18 | 7 | 1 |

Risiko

| Klasse: | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---------------|---|----|---|---|---|
| Antall soner: | 6 | 13 | 6 | 1 | 0 |

En sone er klassifisert i høyeste faregradklasse. Dette er sonen Dal. Hovedårsaken til at denne sonen har kommet i høyeste faregradklasse er stor kvikkleiremektighet og at det foregår noe erosjon i vassdragene.

Sonen Ramnes er klassifisert i høyeste konsekvensklasse da det er tett boligbebyggelse og flere gårdsbruk. Stange gjestegård, Ramnes sag og høvleri med flere produksjonshaller, kontorbygninger og lagerbygninger ligger innenfor sonen. I tillegg går fylkesvei 525, kommunale veier og private veier gjennom sonen. For de øvrige sonene er det spredt bebyggelse og lite infrastruktur.

Ramnes har kommet i den nest høyeste risikoklassen. Dette skyldes i hovedsak stor konsekvens for sonen. Antall soner i de høyeste risikoklassene ligger litt lavere enn statistisk gjennomsnittsfordeling, som skulle tilsi at 25% av de 26 sonene ville vært i disse klassene. Altså mellom 6 og 7 soner. Årsaken til at det er færre soner enn gjennomsnittet i de øverste risikoklassene er hovedsakelig at områdene er lite bebygde, men også fordi faregraden ofte er liten.

I Horten kommune ligger det flere faresoner og en av disse, sonen Ås, ligger delvis i Re kommune. Sonen har kommet i lav faregradklasse, mindre alvorlig konsekvensklasse og risikoklasse 2. Bebyggelsen på denne sonen ligger for øvrig i Horten. Da Ås ikke har kommet i høy risikoklasse vil det ikke automatisk bli anbefalt supplerende undersøkelser, men det må vurderes om det bør utføres supplerende undersøkelser avhengig av erosjon, bruk og planer.

Tabell 3: Oversikt over soner i Re kommune

| SoneID | Soner i Re kommune | Faregrad-klasse | Konsekvens-klasse | Risiko-klasse |
|--------|--------------------|-----------------|-------------------|---------------|
| 1163 | Kvann | Lav | Mindre alvorlig | 2 |
| 1164 | Lærum | Middels | Mindre alvorlig | 1 |
| 1165 | Holm | Middels | Alvorlig | 3 |
| 1166 | Sørum | Lav | Mindre alvorlig | 2 |
| 1167 | Gjelstad | Middels | Mindre alvorlig | 2 |
| 1168 | Robak | Middels | Mindre alvorlig | 2 |
| 1169 | Haga | Middels | Mindre alvorlig | 2 |
| 1170 | Torp | Middels | Mindre alvorlig | 2 |
| 1171 | Sørby | Lav | Mindre alvorlig | 2 |
| 1172 | Lefsaker | Middels | Mindre alvorlig | 1 |
| 1173 | Skaug | Middels | Mindre alvorlig | 1 |
| 1174 | Serkeland | Middels | Mindre alvorlig | 1 |
| 1175 | Bakke | Middels | Alvorlig | 3 |
| 1176 | Kile | Middels | Mindre alvorlig | 2 |
| 1177 | Fossan | Middels | Mindre alvorlig | 2 |
| 1178 | Ramsli | Middels | Mindre alvorlig | 2 |
| 1179 | Ruston | Middels | Alvorlig | 3 |
| 1180 | Dal | Høy | Alvorlig | 3 |
| 1181 | Ramnes | Middels | Meget alvorlig | 4 |
| 1182 | Sperre | Middels | Mindre alvorlig | 2 |
| 1183 | Tangen | Middels | Alvorlig | 3 |
| 1184 | Gjerpen | Middels | Mindre alvorlig | 1 |
| 1185 | Solerød | Middels | Mindre alvorlig | 2 |
| 1186 | Rød | Middels | Alvorlig | 3 |
| 1187 | Hem | Middels | Mindre alvorlig | 1 |
| 1188 | Vold | Middels | Alvorlig | 2 |

5 TILTAK

NGI anbefaler at det utføres supplerende grunnundersøkelser for soner i de høyeste risikoklassene, klasse 4 og 5. Likeledes bør dette vurderes også for soner i faregradklasse "høy", som ikke er kommet i risikoklassene 4 og 5.

Behovet for supplerende undersøkelser skyldes at evalueringen, som oftest, er basert på lite informasjon om grunnforholdene. De supplerende undersøkelsene skal gi grunnlag for en forbedret evaluering av faregraden, samt gi grunnlag for en gjennomføring av stabilitetsanalyser slik at behovet for eventuelle sikringstiltak kan bestemmes.

Faregradevaluering, utført på grunnlag av mangelfull informasjon om grunnforholdene, skal være noe konservativ/forsiktig antatt. Det vil si at sonen kan være angitt for stor, det kan være angitt sone hvor det ikke er reell fare for

kvikkleireskred, eller faregraden kan være estimert for høyt. Supplerende undersøkelser vil bedre grunnlaget for vurdering av disse forholdene.

I Re kommune er det 1 sone i risikoklasse 4. Dette er som tidligere nevnt sonen: Ramnes. For denne sonen anbefales det utført supplerende undersøkelser. 1 sone har kommet i høyeste faregradsklasse, men har ikke kommet i en av de to høyeste risikoklassene, sonen Dal. Sonen som er i høyeste faregradsklasse bør også vurderes med hensyn til supplerende grunnundersøkelser. Da det i Re kommune er 1 sone i høy risikoklasse bør denne prioriteres framfor den nevnte sonen.

6 PLAN - OG BYGGESAKSARBEID INNENFOR FARESONER

Utbygging innenfor kvikkleiresoner krever at *områdestabilitet* og *lokalstabilitet* er ivaretatt. Områdestabiliteten vurderes på grunnlag av faren for bakovergripende skredutvikling eller fare for større monolittiske skred. Et tiltak skal vurderes om det ligger utsatt for en slik skredutvikling. En faresone for kvikkleire er typisk vurdert som ett potensielt skredområde. En utbygging har, uansett løsning, ikke tilstrekkelig sikkerhet hvis områdestabiliteten er for lav. Med lokalstabilitet menes det stabilitet til en bestemt skråning, byggegrop eller lignende.

Utbygging vil imidlertid ofte være mulig, men under forutsetning av gode retningslinjer og at prosedyrer blir fulgt. NGI har, i samarbeid med NVE, utarbeidet retningslinjer til hjelp i arbeidet med plan- og byggesaker innenfor faresoner. Det henvises til rapportens Vedlegg A "Bygging i kvikkleireområder. Veiledning ved arealplanlegging og byggesaksbehandling". Retningslinjene er i prinsippet basert på at det utføres forhåndsanalyser av sikkerheten (faregradsvurdering) for hele den aktuelle faresonen, samt at det stilles ekstra krav til de geotekniske vurderinger og beregninger (ekstern kontroll) for byggeprosjektet.

Som det fremgår av Veiledning A, kan det gjennomføres enkelte mindre inngrep i faresoner uten at det er behov for grunnundersøkelser eller geoteknisk assistanse. Vedlegg B "Veiledning ved små inngrep i kvikkleiresoner" gir råd om hvordan slike arbeider skal kunne gjennomføres på en sikkerhetsmessig tilfredsstillende måte.

7 PLAN - OG BYGGESAKSARBEID UTENFOR FARESONER

Det skal gjøres oppmerksom på at det kan finnes skredfarlige kvikkleireområder også utenfor de angitte faresonene. Faresonene er resultat av en regional kartlegging og har først og fremst hatt som mål å lokalisere og klassifisere områder hvor det kan være fare for store skred. Det er derfor alltid nødvendig at forekomster av kvikkleire kartlegges og skredfare vurderes ved inngrep i områder med marin leire. Dersom kvikkleire blir påvist og topografien tilsier at skredfare kan være tilstede, anbefales at de samme krav legges til grunn for den geotekniske prosjekteringen som ved byggevirkosomhet innenfor faresoner.

8 REFERANSER

- /1/ Norges Geotekniske Institutt. Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad Horten M=1:50 000. Rapport 960023-1, datert 15. januar 1998.
- /2/ Norges Geotekniske Institutt. Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad Horten M=1:50 000. Borerresultater. Rapport 960023-2, datert 15. januar 1998.
- /3/ Norges Geotekniske Institutt. Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad Holmestrand M=1:50 000. Rapport 980001-1, datert 11. juni 1998.
- /4/ Norges Geotekniske Institutt. Kartlegging av områder med potensiell fare for kvikkleireskred. Kartblad Holmestrand M=1:50 000. Borerresultater. Rapport 980001-2, datert 11. juni 1998.
- /5/ Norges Geotekniske Institutt. Ras, Klavenes i Våle. Rapport fra befarng. Rapport 72050, datert 4. oktober 1972.
- /6/ Statens vegvesen. Grunnundersøkelser ved ras i Bjune, 1988. Rapport Zd-74A-1, datert august 1988.
- /7/ Norges Geotekniske Institutt. Leirskred Forum, Aulielva, Re kommune. Vurdering av stabilitetsforhold og forslag til videre arbeid. Teknisk notat 20041477, datert 6. oktober 2004.
- /8/ Norges Geotekniske Institutt. Vurdering av risiko for skred. Metode for klassifisering av faresoner, kvikkleire. Rapport 20001008-2, rev.2, datert 16. desember 2002.



Vedlegg A

Bygging i kvikkleireområder

Veiledning ved arealplanlegging og byggesaksbehandling



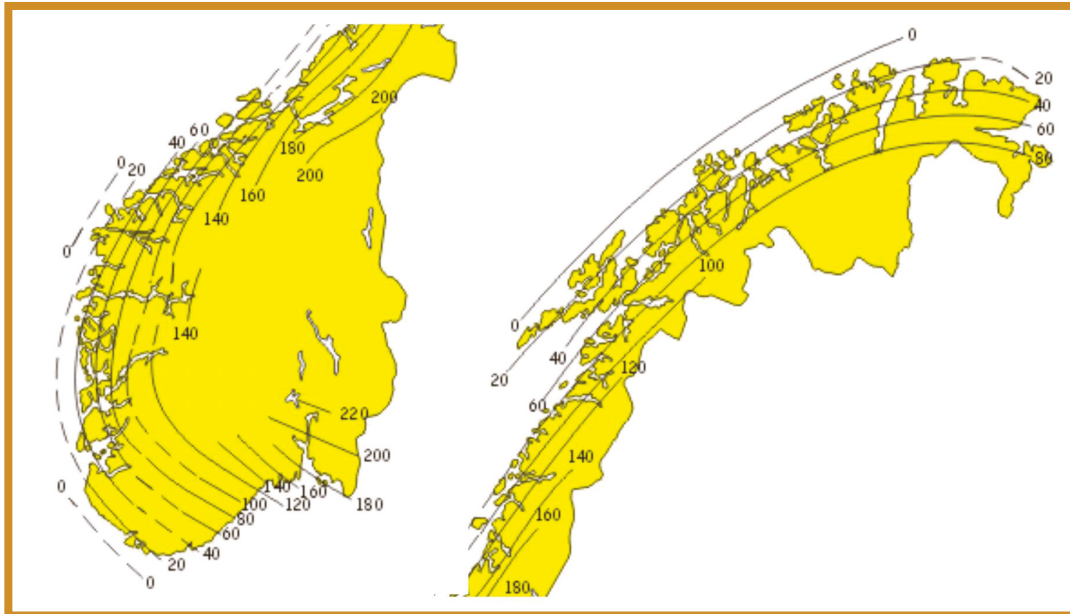
Figur 1 Kvikkleireskredet i Rissa, 29. april 1978. (Foto Aftenposten)

GENERELT

I områder hvor det kan være fare for kvikkleireskred, vil ekstra aktsomhet være en nødvendig forutsetning ved alle menneskelige inngrep. Erfaring viser at forståelsen for faren for skred har vært mangelfull i store deler av det byggefaglige miljøet. Således er de aller fleste større kvikkleireskred i de siste 20 – 30 årene utløst av menneskelig aktiviteter. For å forebygge skred i fremtiden, er det nå utarbeidet en ”Veiledning for arealplanlegging og byggesaksbehandling” ved bygging i områder med fare for kvikkleireskred.

Det helt spesielle med kvikkleireskred er den store utstrekningen disse skredene kan få. Også det forhold at skredene skjer meget hurtig og oftest uten forvarsel, gjør at kvikkleireskred kan bli katastrofale. Kvikkleireskredet i Rissa er illustrerende i så måte, se figur 1. Skredet ble utløst av et mindre terrenginngrep nede ved innsjøen Botnen. 5 mill. m³ leire raste ut i løpet av få minutter. Skredgropen ble 1,5 km lang.

Faren for kvikkeireskred er begrenset til områder under marin grense (MG). MG ligger på fra kote 125 til 225 på Østlandet og i Trøndelag og en del lavere på Sørlandet, Vestlandet og i Nord-Norge, se figur 2. Nødvendig dokumentasjon om faren for kvikkeireskred skal fremlegges ved all utbygging i områder med marin leire hvor det kan være skredfare. Det er planlegger/tiltakshavers ansvar å fremskaffe relevant informasjon om forholdene og bringe på det rene hvorvidt det aktuelle plan-/utbygningsområdet kan være utsatt for skredfare.



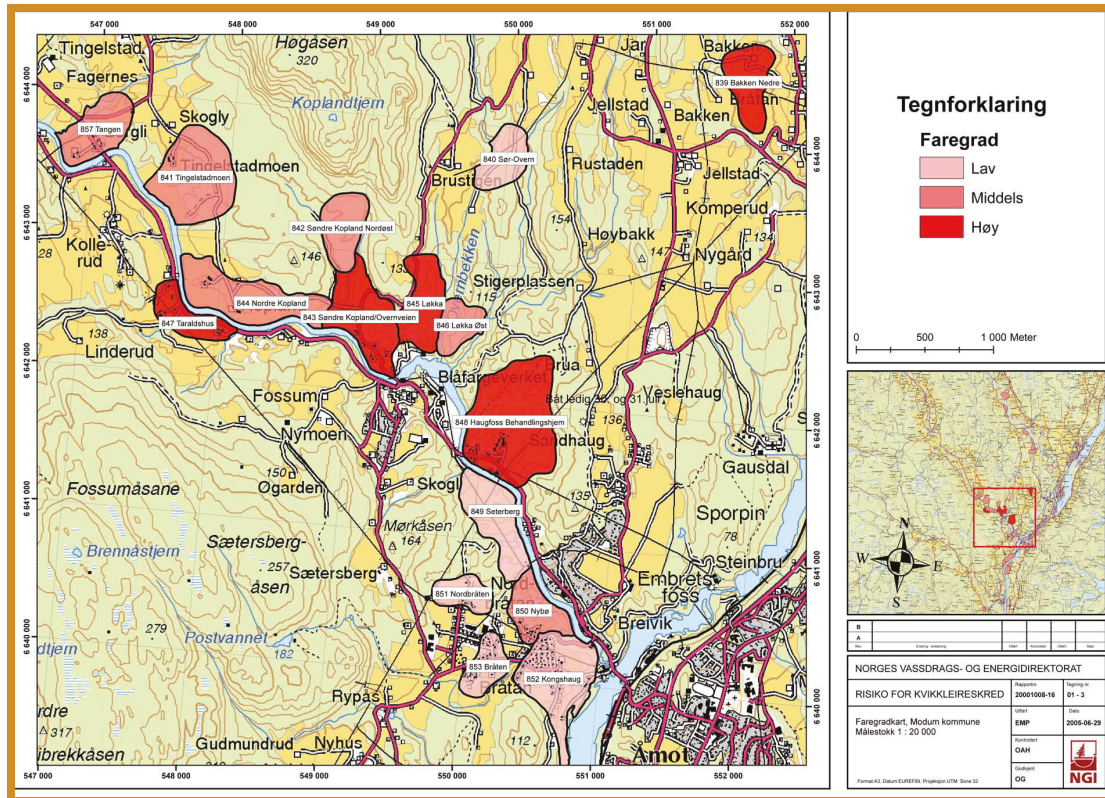
Figur 2 Linjene viser marin grense (MG), hvor høyt havet sto etter at innlandsisen trakk seg tilbake.

FAREGRADEVALUERING

Et viktig element i forebyggingen av kvikkeireskred, er å foreta "faregradevaluering" i forbindelse med plan-/og byggesaker i områder med mulig fare for kvikkeireskred. Faregrad er et mål for hvor stor fare det er for at et skred skal inntreffe. En viktig del av faregradevalueringen vil være å lokalisere mulige utløsningsområder for skred. Dette er spesielt viktig, idet skred i kvikkeire kan bre seg langt fra selve utløsningsstedet, kfr Rissa-skredet.

For Østlandet og Trøndelag forligger det kart som viser lokaliteten av større faresoner, klassifisert med hensyn til faregrad, konsekvens og risiko, ref. www.ngu.no/Skrednett, se figur 3. Marine områder utenfor sonene må evalueres og eventuelt undersøkes med tanke på skredfare ved planbehandling/utbygging.

Faregradevalueringen inngår som en del av en risikoanalyse. Analysen er basert på en kvalitativ metode utviklet for områder med kvikkeire, ref/1/. Faregrad og konsekvens evalueres for hver enkelt sone, basert på poengverdier. Faregrad er evaluert på grunnlag av topografiske, geotekniske og hydrologiske kriterier. Konsekvens er evaluert etter graden av menneskelig aktivitet i sonen: antall personer, bebyggelse, infrastruktur etc. Faregrad og konsekvens er delt inn i tre klasser etter resultatet av evalueringen:



Figur 3 Eksempel på faregradkart, utsnitt av Modum kommune.

| | | | |
|-------------|-----------------|----------|----------------|
| Faregrad: | Lav | Middels | Høy |
| Konsekvens: | Mindre alvorlig | Alvorlig | Meget alvorlig |

Faregrad- og konsekvensevurderingen er grunnlaget for bestemmelse av risikoklasse:
 Risiko = faregrad x konsekvens. Risiko er inndelt i fem klasser, hvorav 5 er høyeste risiko.

For plan- og byggesaksbehandling er det faregradevalueringen (sannsynligheten for skred) som legges til grunn. Risikoklassifiseringen benyttes ved prioritering av områder som skal sikres mot skred.

STABILITETSANALYSER/KONTROLL

En viktig målsetting for myndighetene har vært å legge til rette for en mest mulig enhetlig vurdering av skredfareproblemer internt i det geotekniske fagmiljøet. Dette er spesielt viktig i områder med fare for kvikkleireskred, idet oppgavene er meget krevende og at konsekvensen ved et skred kan være meget stor. For å søke å oppnå dette, er det utarbeidet en veiledning for geotekniske rådgivere ved vurdering av stabilitet i områder der sensitiv/kvikk leire utgjør fare for skred, ref /2/. Anbefalingen omfatter blant annet forslag til type og omfang av grunnundersøkelser, valg av metoder for stabilitetsanalyser og krav til minimum sikkerhetsnivå (materialfaktor). Anbefalingen er utarbeidet av en arbeidsgruppe bestående av representanter fra de største geotekniske konsulentmiljøene: Multiconsult, Rambøll, Vegdirektoratet og NGI. Det henstilles til at myndighetene påser at veiledningen legges til grunn ved all geoteknisk prosjektering i områder med fare for kvikkleireskred.

For ytterligere å sikre at utbyggingsoppgaver i områder med fare for kvikkleireskred behandles på en sikker og enhetlig måte, er det i retningslinjene innarbeidet krav om at all prosjektering skal forelegges for uavhengig faglig kontroll.

KOMMUNEPLAN

For planområder der det er lagt ut for utbygging/fortetting og/eller spredt utbygging i LNF områder, skal det foretas en vurdering av om det kan foreligge fare for at kvikkleireskred kan inntreffe innenfor hele eller deler av planområdet. Likeledes skal det vurderes om hele eller deler av planområdet ligger innenfor utløpsområdet for skred. På dette planstadiet kreves det ikke utført egne grunnundersøkelser. Arbeidet består i innsamling og evaluering av foreliggende informasjon og skal som et minimum omfatte følgende punkter:

1. *Undersøke om det kan finnes marin leire i planområdet.* Grunnlagsmaterialet vil være kvartærgeologiske kart og informasjon om beliggenheten av marin grense (MG). Data fra foreliggende grunnundersøkelser skaffes til veie.
2. *Undersøke om planområdet ligger innenfor utløpsområdet for skred.* Grunnlagsmaterialet vil være det samme som under pkt. 1.

Dersom svarene er negative på pkt. 1 og 2, er området klarert med hensyn til fare for kvikkleireskred.

Dersom svaret er positivt på pkt. 1 og/eller pkt. 2 :

3. *Tidligere kartlagte faresoner markeres i arealdelen eller på vedlagte temakart til kommuneplanen.*
4. *Utløpsområder for skred markeres i arealdelen eller på vedlagte temakart til kommuneplanen.*
5. *Dersom planområdet ligger utenfor tidligere kartlagte fareområder, gjøres en vurdering av hvorvidt det kan foreligge en potensiell skredfare.* Kvartærgeologiske kart (løsmassetyper og mektighet, fjellblotninger etc.), topografiske kart (skråningshelninger, høydeforskjeller) og eventuelle tidligere grunnundersøkelser (bestemmelse av forekomster av sensitiv/kvikkleire) legges til grunn for vurderingen. I vurderingen av en sones utstrekning, skal det antas at et skred kan forplante seg en avstand tilsvarende $15 \times H$ (skråningshøyden) bakover fra utløsningsstedet. For øvrig henvises til ref. /2/.
6. *Nye faresoner faregradevalueres (ref. /1/) og markeres i arealdelen eller på vedlagte temakart til kommuneplanen.*
7. *Nye utløpsområder for skred markeres i arealdelen eller på vedlagte temakart til kommuneplanen.*
8. *Krav om eventuelle supplerende undersøkelser, faregradevalueringer, stabilitetsanalyser med mer ved reguleringsplanutarbeidelse skal fremgå i retningslinjene til planen.* Om mulig angis omfang av undersøkelser og kostnader.

REGULERINGSPLAN

Dersom det på kommuneplannivå ikke er vurdert om det kan foreligge fare for kvikkleireskred, må dette inngå i arbeidet med reguleringsplanen, se punktene 1-8 i det overstående.

På reguleringsplannivå skal områdestabiliteten analyseres og eventuelle behov for generelle stabilitetsforbedrende tiltak avklares. Arbeidet omfatter følgende aktiviteter:

9. *Grunnundersøkelser gjennomføres for å kunne foreta en nærmere vurdering av skredfaren.* Undersøkelsene skal som et minimum gi grunnlag for kartlegging av forekomst/utbredelse av sensitiv/kvikkleire. Om nødvendig skal undersøkelsene også gi grunnlag for analyse av stabilitetsforholdene. Krav til omfang og kvalitet av undersøkelsene er drøftet i ref. /2/.

Dersom undersøkelsene viser at det ikke forekommer kvikkleire på området eller at kvikkleiren har slik beliggenhet at kvikkleireskred ikke kan inntreffe, er området klarert med hensyn til fare for kvikkleireskred.

Dersom undersøkelsene derimot har påvist kvikkleire med beliggenhet som tilsier at kvikkleireskred kan inntreffe, skal området utredes videre:

10. *Faregradevaluering utføres for situasjonen før og etter gjennomføring av planen.* For enkelte større soner kan det være aktuelt å foreta en oppdeling av sonen i flere mindre soner, som bedre avspeiler den sannsynlige utstrekningen av et kvikkleireskred. Evalueringen utføres for den stabilitetsmessig ugunstigste delen av sonen.
11. *Stabilitetsanalyser utføres for situasjonen før og etter gjennomføring av planen.* Krav til analysemetoder og bestemmelse av styrkeparametere er drøftet i ref. /2/.
12. *Behovet for sikringstiltak vurderes.* I noen tilfeller kan det være behov for å gjennomføre omfattende sikringstiltak, også utenfor selve utbygningsområdet. Slike forhold er det viktig å få avklart tidligst mulig i planprosessen
13. *Foreta ekstern kontroll av geoteknisk prosjektering, utført på reguleringsplannivå.* Geoteknisk prosjektering i områder med fare for kvikkleireskred kan være meget krevende, og konsekvensen ved et skred vil ofte være stor. Det er derfor bestemt at det skal gjennomføres ekstern kontroll av prosjekteringen.

Som det fremgår av overstående, vil geoteknisk rådgivning utgjøre en viktig del av planarbeidet.

I det etterfølgende er det nærmere gjort rede for hvilke krav som stilles til den geotekniske rådgivning i forbindelse med gjennomføring av reguleringsplan. Det stilles krav til hvilke geotekniske problemstillinger som skal utredes samt at det stilles krav til sikkerhetsnivåene ved stabilitetsanalyser. Kravene avhenger av hvilke faregradklasse området har, samt av utbygningsprosjektets konsekvens.

Geotekniske problemstillinger som skal utredes

Den etterfølgende tabellen viser hvilke problemstillinger som skal utredes av geoteknisk rådgiver, avhengig av konsekvensen ved utbygging (prosjektkategori A, B, C og D) og faregradklasse.

| Prosjektkategori | Faregradklasser før utbygging | | |
|--|--|--|--|
| | Høy | Middels | Lav |
| A. Tilflytting av mennesker: Boliger, skoler, institusjoner, industri- og næringsbygg o.l. | Faregradevaluering Stabilitetsberegning Ekstern kontroll | Faregradevaluering Stabilitetsberegning Ekstern kontroll | Stabilitetsberegning Ekstern kontroll |
| B. Viktige samfunnsmessige funksjoner: Hovedveier, Toglinjer, VAR-anlegg og sentralt Kraftnett o.l. | Faregradevaluering Stabilitetsberegning Ekstern kontroll | Faregradevaluering Stabilitetsberegning Ekstern kontroll | Stabilitetsberegning Ekstern kontroll |
| C. Ingen tilflytting, påvirker stabiliteten: Veier, grøfter, planeringer og oppfyllinger o.l. | Stabilitetsberegning Ekstern kontroll | Stabilitetsberegning Ekstern kontroll | Stabilitetsberegning Ekstern kontroll |
| D. Ingen tilflytting, liten påvirkning på stab.forholdene: Små tilbygg (< 20 m ²), grunne grøfter (<2 m), mindre planering (<1 000 m ³) og små oppfyllinger (<1 m) o.l. | Stabilitetsberegning | Rettledning, ref /3/ | Rettledning, ref /3/ |

Kommentarer til tabell

En utbygging deles inn i en av fire kategorier, A, B, C og D, avhengig av konsekvens ved et skred.

- A. Tilflytting av mennesker.** Det kreves både faregradanalyse, stabilitetsberegninger og uavhengig kontroll, når faregradklassen før utbygging for sonen er høy eller middels. I faregradklasse lav kreves ikke faregradevaluering.
- B. Viktige samfunnsmessige funksjoner.** Samme utredninger som for prosjektkategori A.
- C. Ingen innflytting, påvirker stabiliteten.** Kreves ikke faregradevaluering
- D. Ingen innflytting, liten påvirkning på stab. forholdene.** Kreves stabilitetsanalyse i faregradklasse høy, for øvrig kreves kun at ”Rettledning ved små inngrep i/ved skrån timer i kvikkleire” følges, ref /3/.

Krav til sikkerhetsnivåer

Den etterfølgende tabell viser hvilke krav som stilles til sikkerhetsnivåer ved stabilitetsanalyser, avhengig av konsekvensen ved utbygging (prosjektkategori A, B, C og D) og faregradklasse. Sikkerheten kan bestemmes enten ved stabilitetsanalyse eller ved at terrenginngrep medfører en stabilitetsmessig forbedring.

| Faregradklasse | Krav til sikkerhetsnivå | | | | |
|----------------|--|--|------------|-----------------|-----------------|
| | Stab. analyse | Forbedring av sikkerhet ved fysiske terrenginngrep | | | |
| | Tilstrekkelig beregningsmessig sikkerhet | Vesentlig forbedring | Forbedring | Ikke forverring | "Rettledning.." |
| Høy | A, B, C, D | A, B | C | D | |
| Middels | A, B, C | A, B | C | | D |
| Lav | A, B, C | | | A, B, C | D |

Definisjon av begrepene "tilstrekkelig beregningsmessig sikkerhet", "vesentlig forbedring", "forbedring" og "ikke forverring" er gitt i ref. /2/.

For prosjektkategoriene A og B er kravene identiske. Tilstrekkelig sikkerhet mot skred kan dokumenteres ved stabilitetsanalyser, både for byggefasen og permanent. Dette gjelder for alle tre faregradklasser. Ved alternativ dokumentasjon, forbedring gjennom fysiske tiltak, forlanges "vesentlig forbedring" for faregradklassene høy og middels og "ikke forverring" for faregradklasse lav.

For prosjektkategori C kan tilstrekkelig sikkerhet dokumenteres ved stabilitetsanalyser, både for byggefasen og permanent. Dette gjelder for alle tre faregradklasser. Ved alternativ dokumentasjon, forbedring gjennom fysiske tiltak, forlanges "forbedring" for faregradklassene høy og middels og "ikke forverring" for faregradklasse lav.

For prosjektkategori D kreves stabilitetsmessig dokumentasjon kun for faregradklasse høy, enten ved at tilstrekkelig beregningsmessig sikkerhet bekreftes, eller ved å dokumentere at de fysiske inngrep tilfredsstiller kravet om "ikke forverring" av sikkerheten. For soner i faregradklase middels og lav anvendes "Sikkerhetsmessige vurderinger ved små inngrep i kvikkleiresoner", se ref. /3/.

BYGGEPLAN

Krav som ikke er utredet/gjennomført i forbindelse med kommuneplan (punktene 1-8) og reguleringsplan (punktene 9-13) skal oppfylles i byggeplan.

I byggeplan skal kravet om at området skal ha tilstrekkelig sikkerhet mot skred dokumenteres.

14. *Uttalelse med dokumentasjon om at området har tilstrekkelig sikkerhet skal foreligge før oppstart.* Ansvarshavende skal ha sentralgodkjennelse i tiltaksklasse III. Dersom det er nødvendig å foreta stabilitetsforbedrende tiltak, skal disse være gjennomført før oppstart av utbyggingsprosjektet.

BEGREPER/DEFINISJONER

I Kvikkleire, blir flytende ved omrøring.

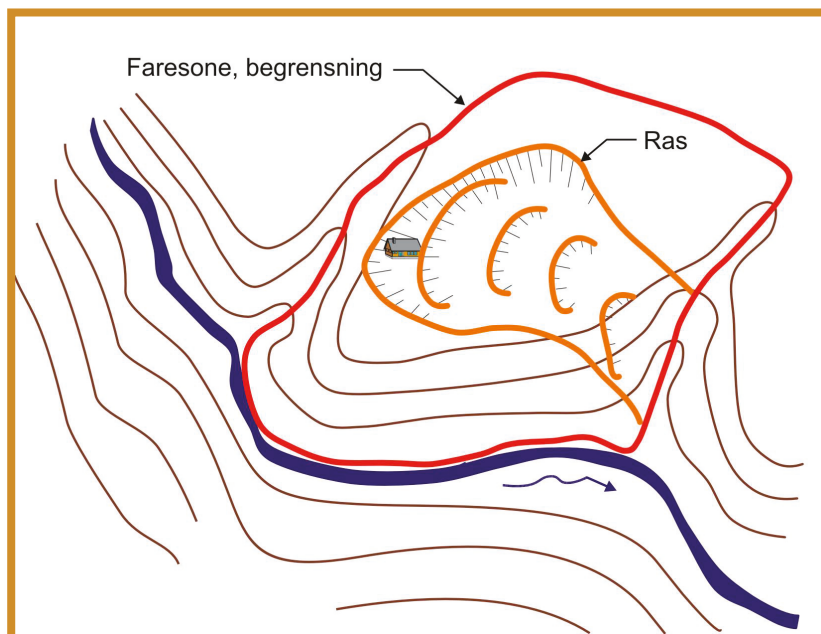
Praktisk talt all leire i Norge er avsatt i saltvann (marin leire). Saltet i porevannet er bindemiddelet i leiren. Gjennom de siste 8 – 10 000 år har det skjedd en gradvis utvasking av saltet. Når saltet forsvinner blir leiren kvikk. Effekten av at saltet er borte er at leiren blir flytende ved omrøring, når den blir overbelastet eller kommer i bevegelse. Det er denne egenskapen som gjør at skred i kvikkleire kan få så stor utstrekning. Uforstyrret kvikkleire har tilnærmet samme styrke som en ikke kvikk leire. En kvikkleire er altså en vanlig marin leire der saltet er vasket ut. I teorien kan all marin leire bli kvikk.



Kvikkleire kan gjenvinne sin styrke ved tilsetning av salt til leiren. Tilsetning av kalk/semest har en ennå gunstigere innvirkning på styrkeegenskapene til leiren. Kalk/semesttilsetning har derfor gjennom de siste 20-30 årene blitt en mye anvendt grunnforsterkningsmetode i bløte sensitive leirer.

II Kvikkleiresone, angir antatt maksimal utbredelse av et eventuelt kvikkleireskred.

En kvikkleiresone angir et mulig skredfarlig område. Som oftest går sonen ned mot et vassdrag. Størrelsen på en sone er basert på topografiske kriterier, samt i de fleste tilfelle også resultatet av enkle geotekniske undersøkelser. En sone angir antatt maksimal utbredelse av et skred. Maksimal utbredelse kan bare inntreffe dersom grunnforholdene er mest mulig ugunstige i hele sonen.



Figur 4 Skissen illustrerer at skred i kvikkleire kan bre seg langt fra utløsningsstedet. Stabilitet må vurderes for hele sonen

Supplerende undersøkelser vil ofte vise at forholdene er mindre ugunstige enn antatt. Resultatet av supplerende undersøkelser kan derfor bli at en sone:

- Utgår
- Begrenses i utstrekning
- Får en lavere faregradklassifisering.

Det skal påpekes at det kan være skredfarlige områder også utenfor sonene. Skred utenfor sonene vil i de fleste tilfelle få vesentlig mindre omfang enn skred innenfor sonene, mindre enn 10 dekar.

III Kvikkleireskred, kan berøre hele sonen.

Skred i sensitiv/kvikk marin avsetning av leire og/eller silt. Skred i kvikkleire skiller seg ut fra skred i ikke kvikke leirer ved at utstrekningen kan bli meget stor, skredene skjer hurtig samt at det sjelden gis forvarsel. Dette tilsier at aktsomhetsnivået må være høyt ved anleggsvirksomhet i en kvikkleiresone.

Et skred i en kvikkleiresone kan ramme områder som ligger langt fra utløsningsstedet. For å sikre seg mot skred ved bygging i en kvikkleiresone, må det derfor evalueres hvorvidt skred utløst på andre deler av sonen kan ramme prosjektet. Det er derfor ikke tilstrekkelig å analysere sikkerheten for skred lokalt. Risikoanalyser er et egnet verktøy til å lokalisere stabilitetsmessig utsatte områder.

IV Risikoanalyse

For å kunne redusere omfang og skader av uønskede hendelser, som for eksempel leirskred, utføres risikoanalyser før utbygningsprosjekter igangsettes. Risikoanalyser er utviklet for dette formålet. Risikoanalyser utføres for "nåsituasjonen" og for "situasjonen etter utbygging", slik at effekten av gjennomføringen av utbyggingsplaner kan fremgå. Risikoanalysen vil avdekke faregrad-, konsekvens- og risikonivået. For partier med uakseptabelt risikonivå må det gjennomføres tiltak for å redusere risikoen. Aktuelle tiltak kan være: supplerende grunnundersøkelser med reviderte stabilitetsanalyser, endring av topografien (gjenfylling av raviner/nedplanering av rygger), forbedre grunnens geotekniske egenskaper (kalk-/sementpeler) eller foreta endringer i planene.

Risiko er produktet av sannsynligheten (faregraden) for og konsekvensene av hendelsen.

NGI har utviklet en kvalitativ metode for kartlegging av risiko for skred i områder med kvikkleire, hvor faregrad og konsekvens evalueres for hver enkelt sone basert på poengverdier. Metoden er beskrevet i /1/.

REFERANSELISTE

- /1/ NGI. Vurdering av risiko for skred. Metode for klassifisering av faresoner, kvikkleire. Rapport 20001008-2, Revisjon 2 datert 16. desember 2002.
- /2/ NVE. Anbefalte krav til geoteknisk prosjektering ved utbygging i områder med fare for kvikkleire-skred.
- /3/ NGI. Rettledning ved små inngrep i/ved skråninger i kvikkleire.



Vedlegg B

Veiledning ved små inngrep i kvikkleiresoner



Veiledningen legger opp til at sikkerhetsmessige vurderinger av små inngrep i kvikkleiresoner skal kunne gjennomføres av kommuners tekniske etat og landbrukskontor. Det er gitt råd om hvordan ulike inngrep kan gjennomføres slik at faren for store skred ikke blir vesentlig forverret. Prinsippskissene er ment som et hjelpemiddel til å identifisere problemer som man i ulike situasjoner står overfor.

Inngrep i kvikkleiresoner vil ofte innebære en stabilitetsforverring. Konsekvensene kan være dramatiske. Selv relativt små inngrep vil erfaringsmessig kunne resultere i store skred: Båstadskedet i 1974, 70-80 dekar (utløst ved bakkeplanering), Rissaskredet i 1978, 330 dekar (utløst ved oppfylling) og skredet i Hornneskilen i 1983, 20 dekar (utløst ved oppfylling). Det er derfor viktig at rådene gitt i det etterfølgende blir fulgt. Ved tvilstilfeller forelegges prosjektene geoteknisk rådgiver til uttalelse.

Kun faren for store skred inngår i vurderingen. Faren for lokale utglidninger i grøfter, byggegrop, gjennom fyllmasse o.l. må vurderes i hvert enkelt tilfelle.

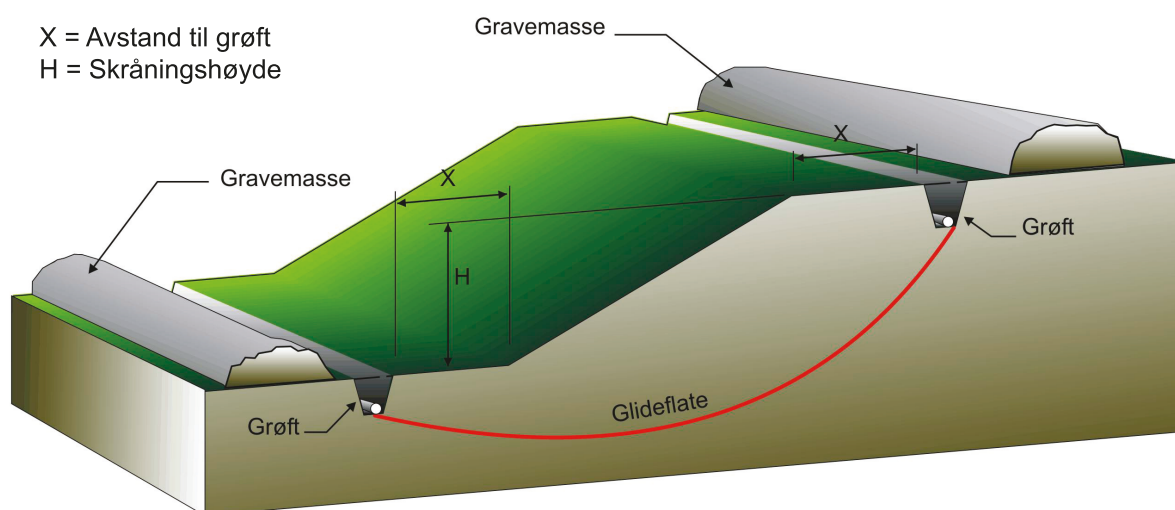
GRAVING AV GRØFTER

Dette avsnittet omhandler graving av inntil 2 m dype grøfter. Grøfter mer enn 2 m dype bør forelegges geoteknisk sakkyndig til uttalelse. Vedrørende lokal stabilitet i forbindelse med gjennomføring av grøftarbeidene, henvises til «Forskrifter ved graving og avstiving av grøfter», utgitt av Statens arbeidstilsyn.

Grøfter i ravinert terreng

Graving av grøfter i eller i nærheten av en bratt leirskråning vil ha en ugunstig innvirkning på skråningsstabiliteten. Forverringen beror på at man ved grøftingen reduserer lengden på den potensielle glideflate. Herved reduseres også skråningens stabiliserende kapasitet, se fig. 1.

Desto større avstand mellom grøft og skråning, desto mindre innvirkning på stabiliteten.



Figur 1 Ved graving av grøfter i fot og topp av bratte leirskråninger bør gravemassene plasseres vekk fra skråningen.

Grøftens innvirkning på stabiliteten kan grovt inndeles i følgende fem kategorier:

1. $X > 4H$:

Innvirkningen på skråningsstabiliteten vil være av liten betydning. Grøfter, inntil 2 m dype, kan etableres uten spesielle tiltak.

2. $4H > X > 2H$:

Innvirkningen på skråningsstabiliteten vil være av betydning. Grøfter må graves seksjonsvis med suksessiv graving og gjenfylling. Seksjonslengden bør ikke overskride 6 m. Tilbakefyllingsmassene legges ut lagvis og komprimeres (spesielt viktig for grøfter ved foten av skråninger). Gravemassene plasseres vekk fra skråningen.

3. $X < 2H$:

Innvirkningen på skråningsstabiliteten er stor. Grøfter frarådes utført uten kontakt med geoteknisk sakkyndig. Se for øvrig pkt. 2.2.1 «Lukking av bekker».

4. *I skråningens koteretning:*

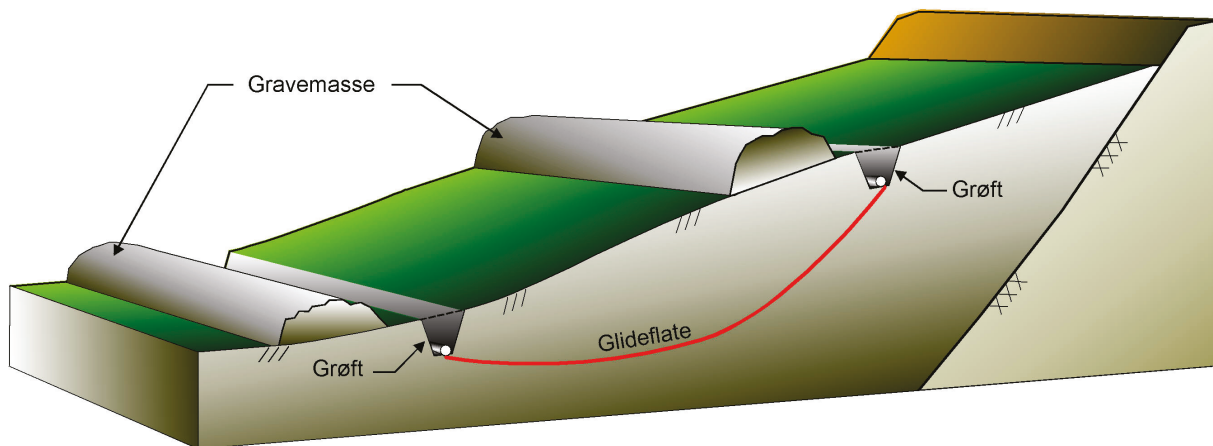
Innvirkningen på skråningsstabiliteten er meget stor. Grøfter frarådes utført uten kontakt med geoteknisk sakkyndig.

5. *I skråningens fallretning:*

Innvirkningen på skråningsstabiliteten er begrenset. Grøfter graves seksjonsvis med suksessiv graving og gjenfylling. Seksjonslengden bør ikke overskride 6 m. Tilbakefyllingsmassene legges ut lagvis og komprimeres.

Grøfter i jevnt hellende terreng

Graving av grøfter vil ha en ugunstig innvirkning på sikkerheten. Forverringen beror på at grøftingen reduserer lengden på den potensielle glideflate og således reduserer skråningens stabiliserende kapasitet, fig. 2.



Figur 2 Jevnt hellende terreng med grøfter

I terreng med jevn helning vil grøftens innvirkning på skråningsstabiliteten som regel være tilnærmet uavhengig av om plasseringen er langt nede eller høyt oppe i skråningen.

I skråningens koteretning:

Innvirkningen på skråningsstabiliteten er av betydning. Grøfter graves seksjonsvis med suksessiv graving og gjenfylling. Seksjonslengden bør ikke overskride 6 m. Tilbakefyllingsmassene legges ut lagvis og komprimeres. Gravemassene plasseres nedenfor grøften og i avstand fra denne tilsvarende minst 2 x grøftedybden.

I skråningens fallretning:

Innvirkningen på skråningsstabiliteten er begrenset. Grøfter graves seksjonsvis med suksessiv graving og gjenfylling. Seksjonslengden bør ikke overskride 12 m.

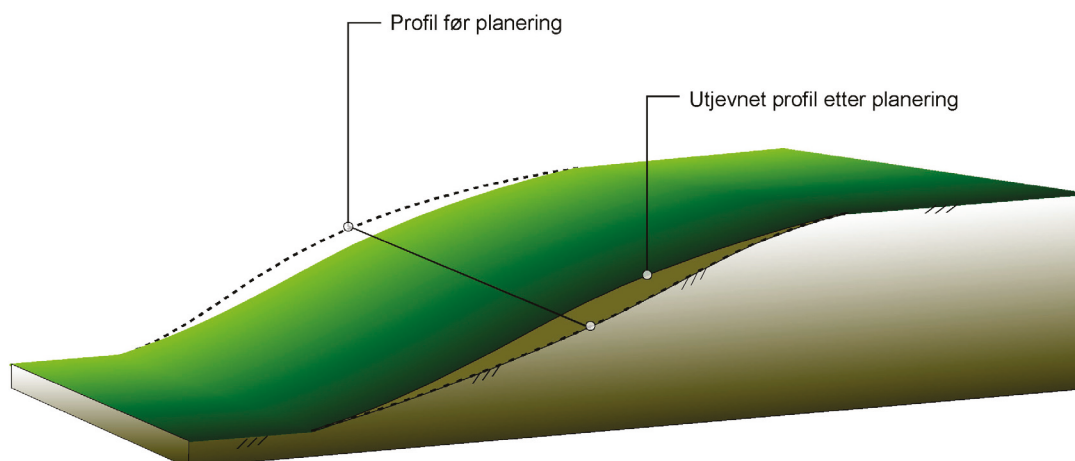
BAKKEPLANERING

Dette avsnittet omhandler planeringsarbeider, med massevolum mindre enn 1000 m³ eller areal mindre enn 10 dekar. Arbeider som faller utenfor nevnte kriterier forutsettes forelagt geoteknisk sakkyndig til uttalelse. Likeledes forutsettes det at alle permanente planeringsarbeider skal resultere i en uendret eller forbedret stabilitet. I forbindelse med ethvert bakkeplaneringsprosjekt er det imidlertid vanskelig å unngå en stabilitetsforverring under enkelte faser av arbeidet. De etterfølgende retningslinjer er utarbeidet med spesiell vekt på å unngå slike midlertidige stabilitetsforverringer.

Det foreligger allerede en veiledning om utførelse av bakkeplaneringsarbeider: «Aktuelt fra Landbruksdepartementets opplysningstjeneste», nr. 2 og nr. 4, 1974". Kapitlet om skredfare vil fortsatt være retningsgivende for planeringsarbeider utenfor potensielt skredfarlige områder.

Stabilitetsforhold etter ferdig planering

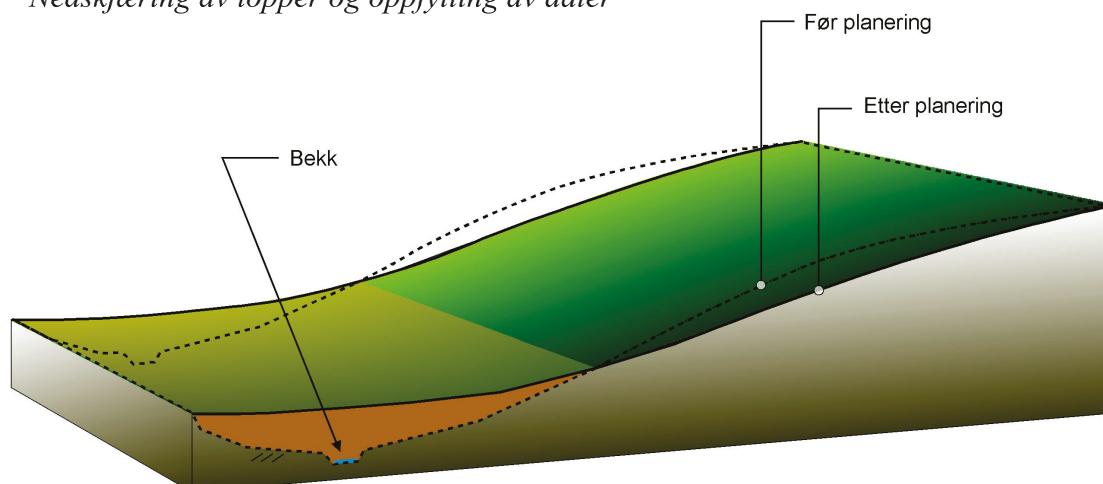
1. Utjevning av mindre lokale rygger og søkk ved sideveis forskyvning av masser



Figur 3 Sideveis planering ved utjevning av mindre lokale rygger og søkk har liten innvirkning på stabiliteten

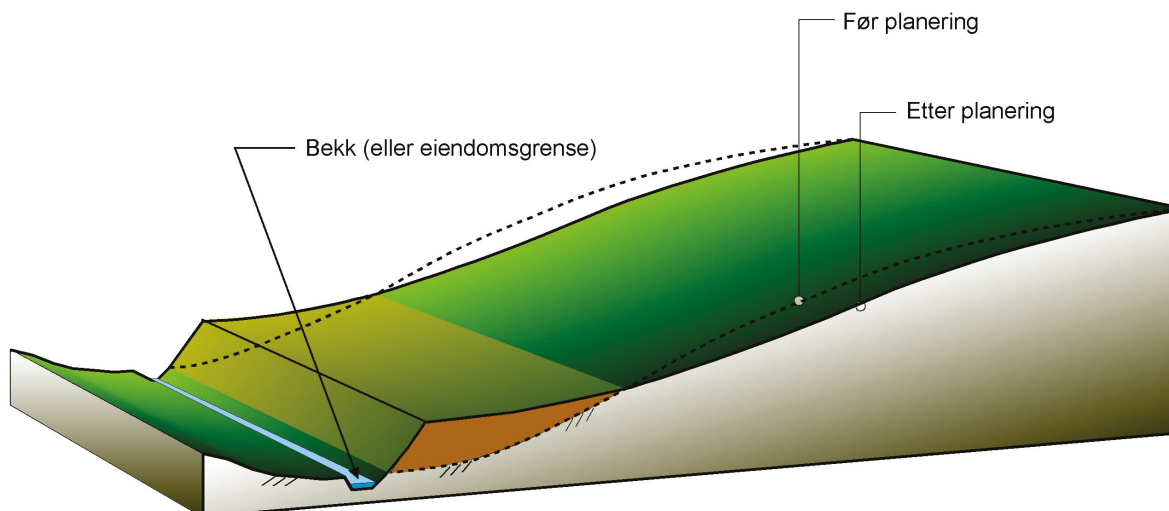
Arbeidet har liten innvirkning på skråningens totale stabilitet og kan utføres når det ikke legges opp større massedepoter under arbeidet.

2. Nedskjæring av topper og oppfylling av daler



Figur 4 Planering ved oppfylling av dalbunnen forbedrer stabiliteten

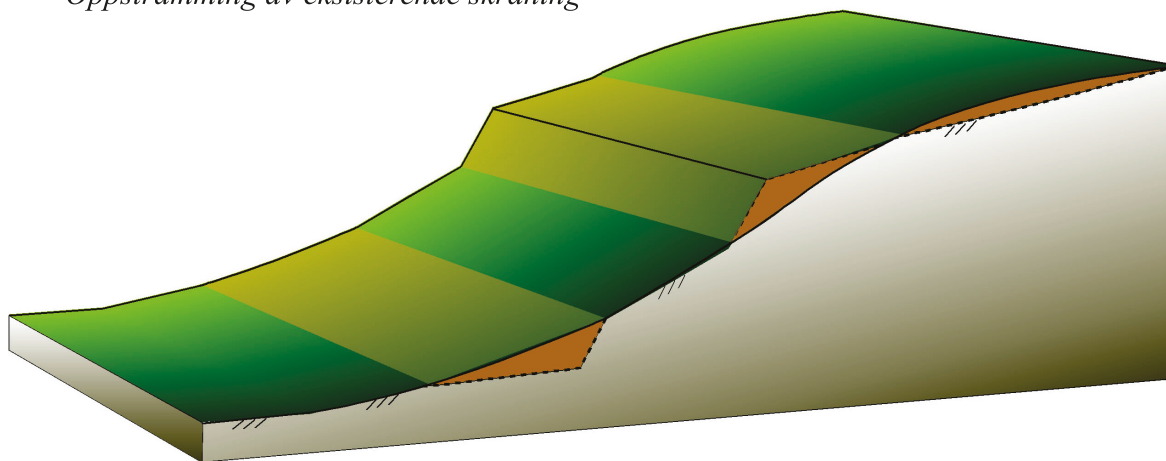
Arbeidet har positiv innvirkning på skråningens totale stabilitet og kan gjennomføres under forutsetning av at arbeidene i anleggsfasen ikke medfører nevneverdig stabilitetsforverring. Dette er behandlet nærmere under "Stabilitetsforhold under planeringsarbeidet".



Figur 5 Oppfylling som avsluttes mot bekk, eiendomsgrense o.l. kan forverre stabiliteten

Fyllingen vil forverre den lokale stabiliteten ved bekken, og kan utløse skred som forplanter seg videre bakover. Dette kan igjen resultere i en større skredutvikling i bakenforliggende områder. Planene bør forelegges geoteknisk sakkyndig til uttalelse før påbegynnelse.

3. Oppstramming av eksisterende skråning



Figur 6 Oppstramming av skråning ved utfylling fra topp eller utgraving i fot medfører forverring av stabiliteten.

Inngrepene, enkeltvis eller samlet, vil forverre skråningsstabiliteten og kan utløse skred. Store områder kan bli berørt. Inngrepene bør forelegges geoteknisk sakkyndig til uttalelse og vil normalt betinge at grunnundersøkelser utføres.

Stabilitetsforhold under planeringsarbeidet

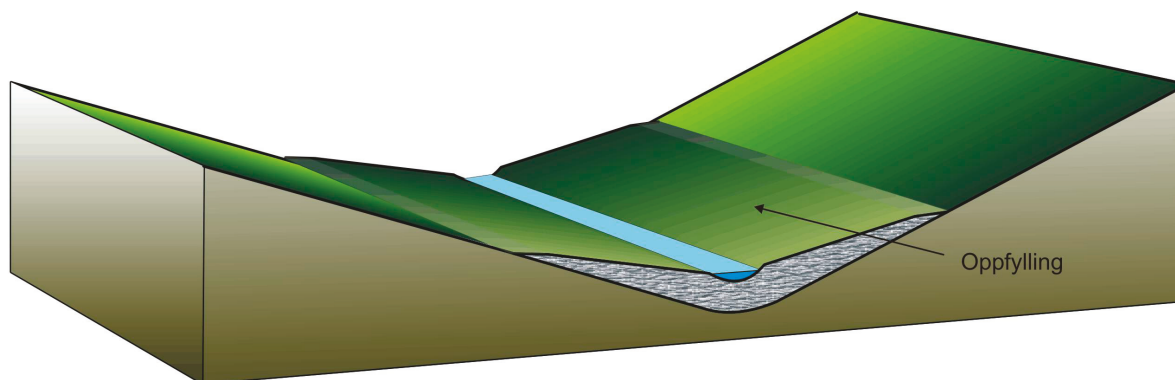
Ved bakkeplaneringsarbeider tar man generelt sikte på nedskjæring av høyereliggende partier og oppfylling av de lavereliggende. Som regel vil derfor bakkeplanering, når den er ferdig utført, kunne innebære en betydelig forbedring av stabilitetsforholdene i et område.

Ofte vil faren for skred være størst i forbindelse med utførelsen av selve planeringsarbeidene. Faktum er at i de fleste tilfeller der bakkeplanering har medført skred, har skredene skjedd som følge av midlertidig stabilitetsforverring under flytting av jordmasser. Det er derfor nødvendig at slike arbeider gjennomføres etter retningslinjer som ivaretar den stabilitetsmessige sikkerheten. De arbeidsoperasjonene som er anbefalt i det etterfølgende kan av denne grunn virke noe urasjonelle og kostnadskrevende, men anses nødvendige ut fra en sikkerhetsmessig vurdering.

1. Etablering av nytt bekkeløp oppå oppfyllingen

Etablering av nytt bekkeløp oppå oppfyllingen betinger lite graving/ tilrettelegging langs skråningsfot forut for oppfylling og er således stabilitetsmessig en gunstig løsning, se fig. 7.

Det er også andre grunner for å velge denne løsningen. Bekker skaper variasjon i landskapet, og mange planter og dyr er knyttet til bekkedragene. Videre bidrar åpne bekker til redusert forurensning nedstrøms, fordi den naturlige renseprosessen i vannet er avhengig av lys. Åpne bekker gir også mindre fare for flomskader, både fordi de normalt har større kapasitet for flomvannet, og fordi de gir bedre muligheter til å kontrollere avrenningsforholdene i flomsituasjoner enn lukkede systemer. Løsningen er benyttet med stort hell mange steder, bl.a. i forbindelse med NVEs sikringstiltak mot leirskred. Både internasjonalt og i en del byer/tettsteder i Norge har en sett verdien av det åpne vannet, og mange steder brukes betydelige ressurser på å gjenåpne tidligere lukkede vassdrag.



Figur 7 Etablering av nytt bekkeløp oppå oppfyllingen er en god løsning både geoteknisk og miljømessig

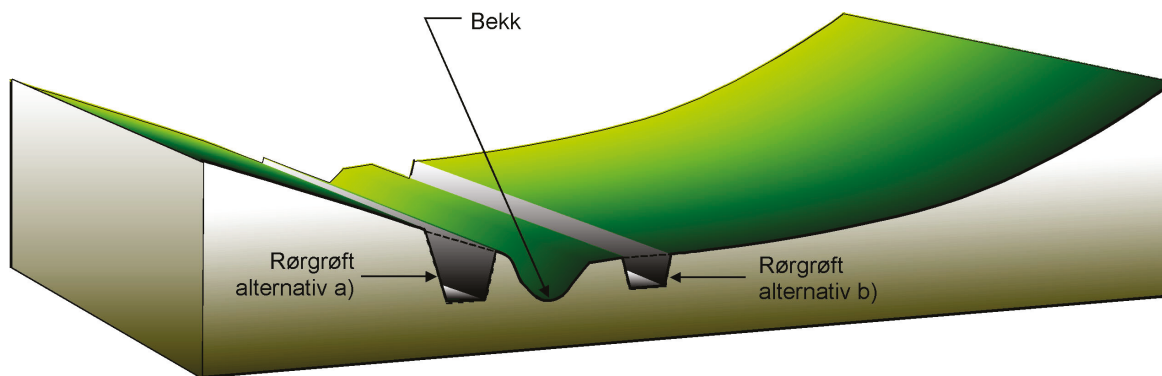
2. Lukking av bekker

I noen tilfeller kan det være ønskelig legge bekken i rør. Dette må utføres før oppstart av oppfyllingsarbeidene og kan således være en kritisk fase for stabiliteten. Det er først og fremst to forhold en skal være oppmerksom på i denne forbindelse:

Bekkeløpet må renskes for å sikre et stabilt underlag for rørene. Dersom dette innebærer en utdypning av løpet, må arbeidet utføres i seksjoner med maks. 6 m seksjonslengder. Ved utdypninger på mer enn 0,5 m bør geoteknisk sakkyndig kontaktes.

Det kan være ønskelig å rette ut rørgrøften i forhold til bekketraséen. Dette kan gjøres dersom en unngår undergraving av skråningen. Ved undergraving av skråningen på kortere eller lengre partier bør geoteknisk sakkyndig kontaktes, se fig. 8 alternativ a og b. Se også «GRAVING AV GRØFTER».

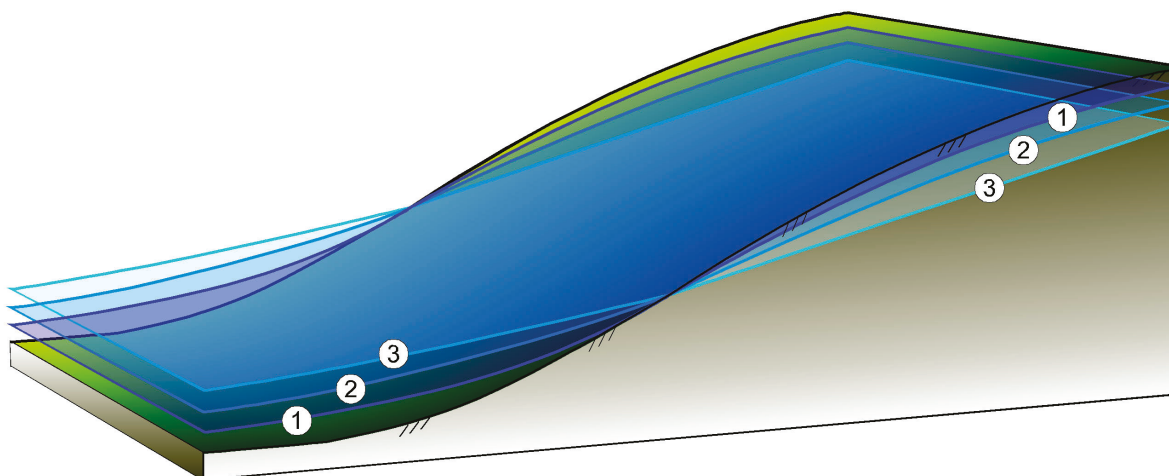
Det skal bemerkes at det finnes flere eksempler på at lukking av bekker har ført til betydelige skader som følge av oversvømmelse, enten fordi kulvertene er underdimensjonerte, eller fordi de tilstoppes.



Figur 8 Lukking av bekkeløp. Rørgroftalternativ «a» reduserer sikkerheten vesentlig og betinger vurdering av geoteknisk sakkyndig. Alternativ «b» har liten innvirkning på sikkerheten og kan gjennomføres.

3. Masseforflytning

I hovedsak bør planering i skredfarlige områder skje ved at massene for hvert skjær med doseren, skyves fra toppen av skråningen og helt ned i bunnen. Derved vil man helt kunne unngå midlertidige depoter og tipper, se fig. 9 a og b.



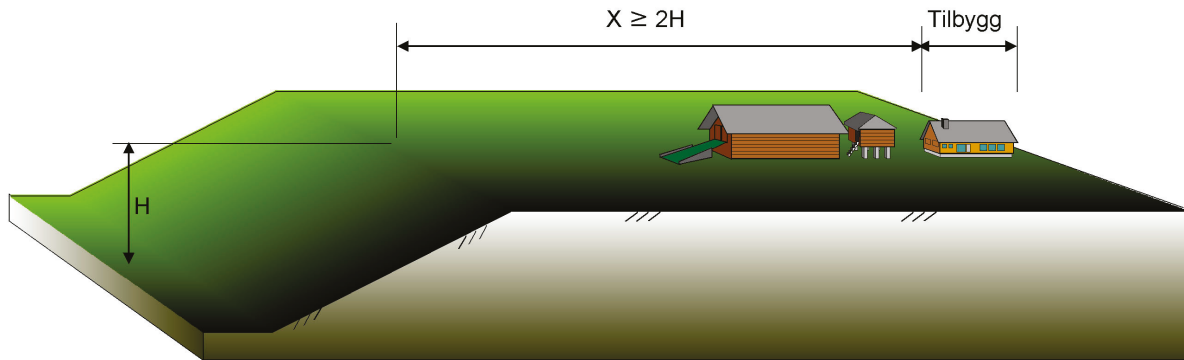
Figur 9 Planering av skråninger bør skje ved flåvis nedskjæring

NY BEBYGGELSE

Ved nye byggeprosjekter i områder med potensiell fare for kvikkleireskred forutsettes at nødvendige grunnundersøkelser utføres på forhånd. Det etterfølgende er derfor begrenset til å gjelde mindre tilbygg og nødvendig nybygging i tilknytning til eksisterende bebyggelse. En absolutt betingelse er at stabiliteten ikke forverres på grunn av bebyggelsen.

I ravinert terreng

I ravinert leirterreng, se fig. 10, må nybygget ligge i en avstand av minst 2 x ravinedybden fra topp skråning. Ved kortere avstand til topp skråning bør geoteknisk sakkyndig kontaktes. For å unngå tilleggsbelastning på grunnen, bør vekten av utgravde masser for kjeller minst tilsvare vekten av tilbygget. Gravemassene transporteres direkte bort fra området til sikkert deponeringssted.



Figur 10 Ny bebyggelse i ravinert leirterreng

I jevnt hellende terreng

I jevnt hellende terreng vil stabilitetskonsekvensene kunne være betydelige, slik at geoteknisk sakkyndig bør kontaktes på forhånd.

ANLEGG AV VEGER

Dette avsnittet omhandler nødvendig omlegging av mindre gårdsveger. Etablering av nye gjennomfartsveger i potensielt skredfarlige områder betinger grunnundersøkelser.

I ravinert terreng

Vegtraséer bør legges lengst mulig bort fra skråningstopp. Gravemassene fjernes fra området før bærelagsmassene kjøres ut. Veger nærmere enn 2H fra skråningstopp forelegges geoteknisk sakkyndig til uttalelse.

I jevnt hellende terreng

Vegtraséer bør helst legges i terrengets fallretning. Veger som legges parallelt med skråningen eller på skrå i forhold til fallretningen, bør tilpasses topografien slik at skjæringer og fyllinger blir minst mulig. I tvilstilfeller anbefales det å ta kontakt med geoteknisk sakkyndig.

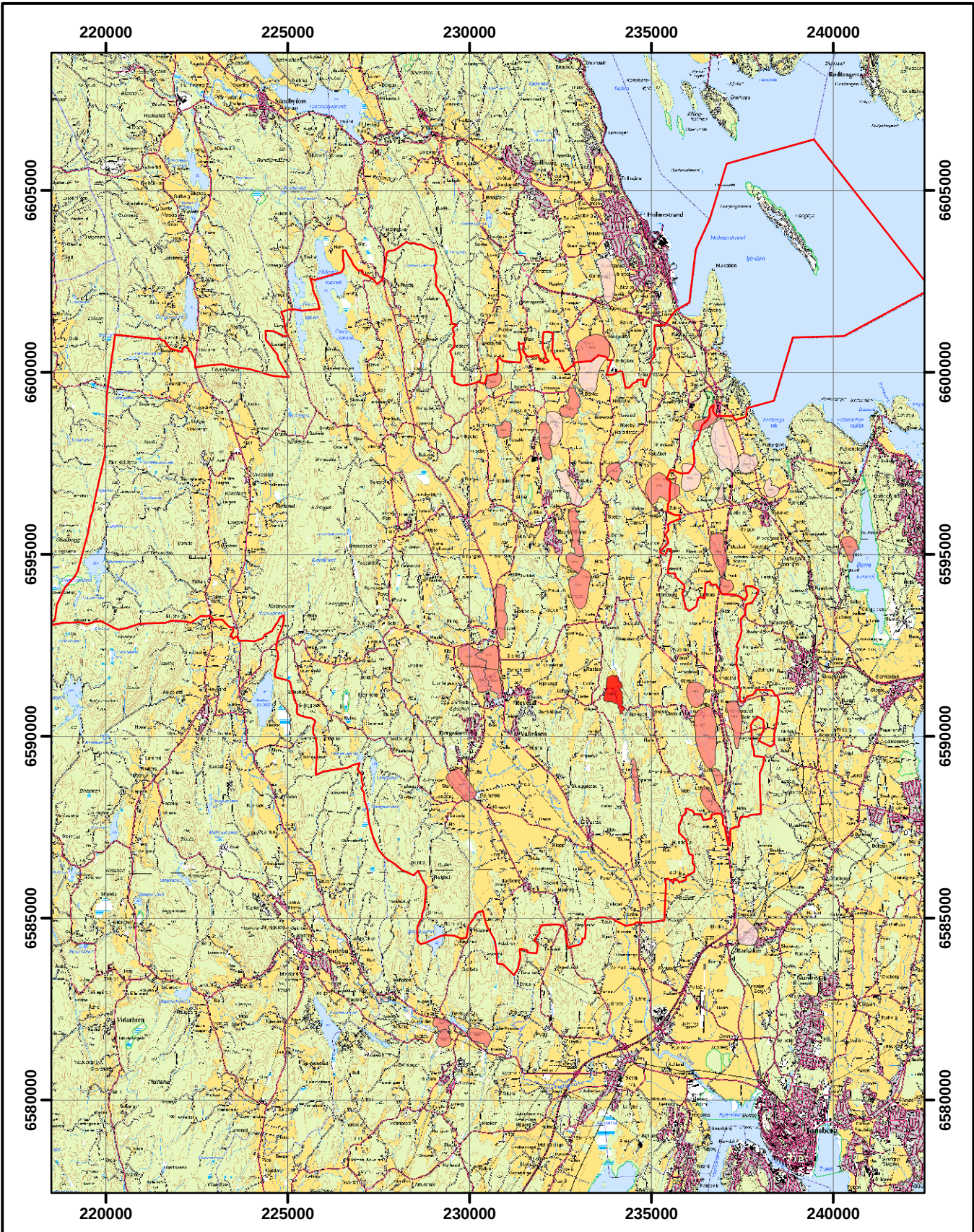
DEPONERING AV MASSER


De skraverte områdene på oversiktskartene angir potensiell fare for kvikkleireskred og må aldri benyttes som deponeringssted for fyllmasser, uten at de inngår i en plan for stabilisering av et område. Ofte benyttes nettopp raviner som tippsted for avfallsmasser i forbindelse med nydyrking, riving av gammel bebyggelse o.l. Slik ukontrollert deponering kan forverre stabiliteten betydelig og bør unngås. Konsekvensene kan bli svært alvorlige.

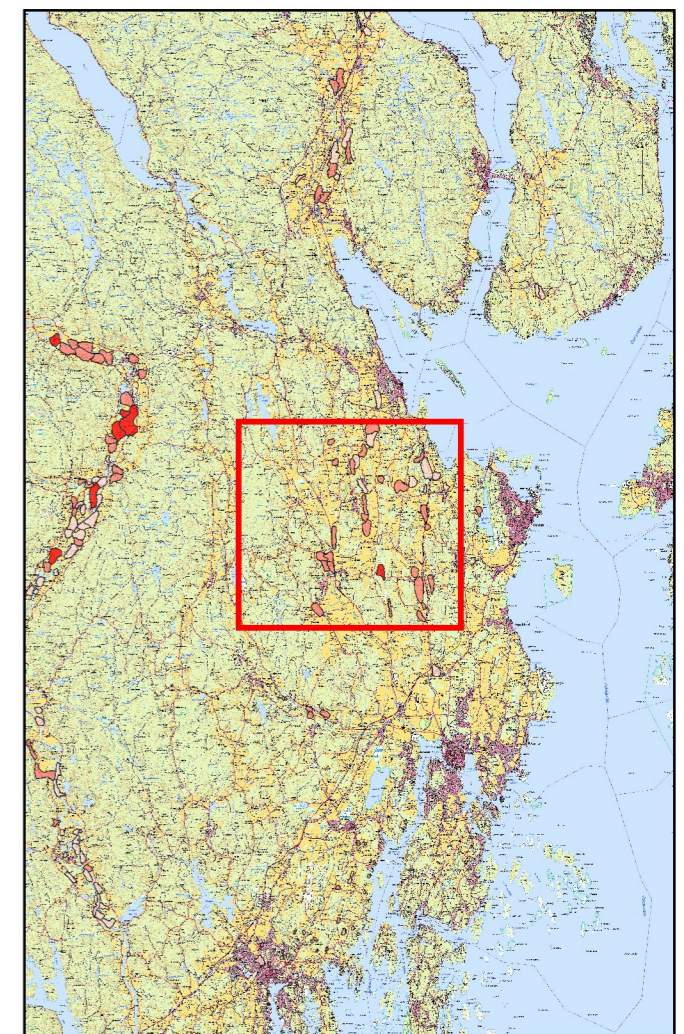
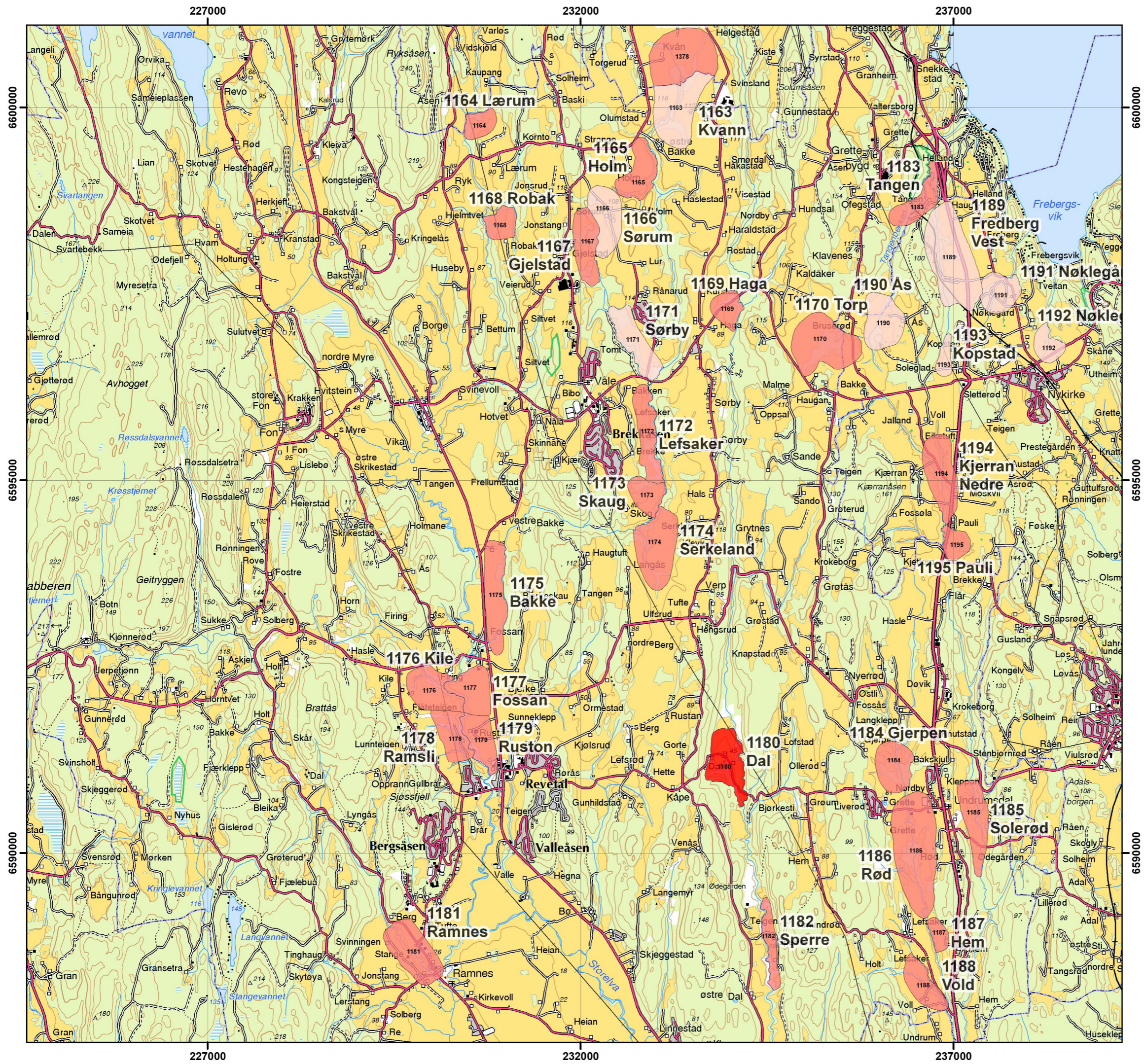
Angående utfylling for stabilisering av raviner, henvises til avsnitt 3: «BAKKEPLANERING», hvor aktuelle framgangsmåter er skissert.



Kartbilag

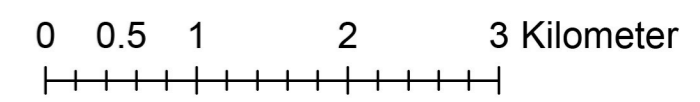


| | | | | |
|--|---------|--------|-----------------------------------|---|
| Rev. | Endring | Utført | Kontroll | Dato |
| RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED | | | Rapport nr. 20001008-57 | Kartbilag nr. 01 |
| OVERSIKTSKART 1:150 000 Re kommune (område med faresoner) | | | Utført: TrV | Dato: 2006-06-01 |
| Datum: EUREF89 (WGS84), Prosjeksjon: UTM sone 33 | | | Kontrollert: OAH |  |
| | | | Godkjent: OG | |



Tegnforklaring

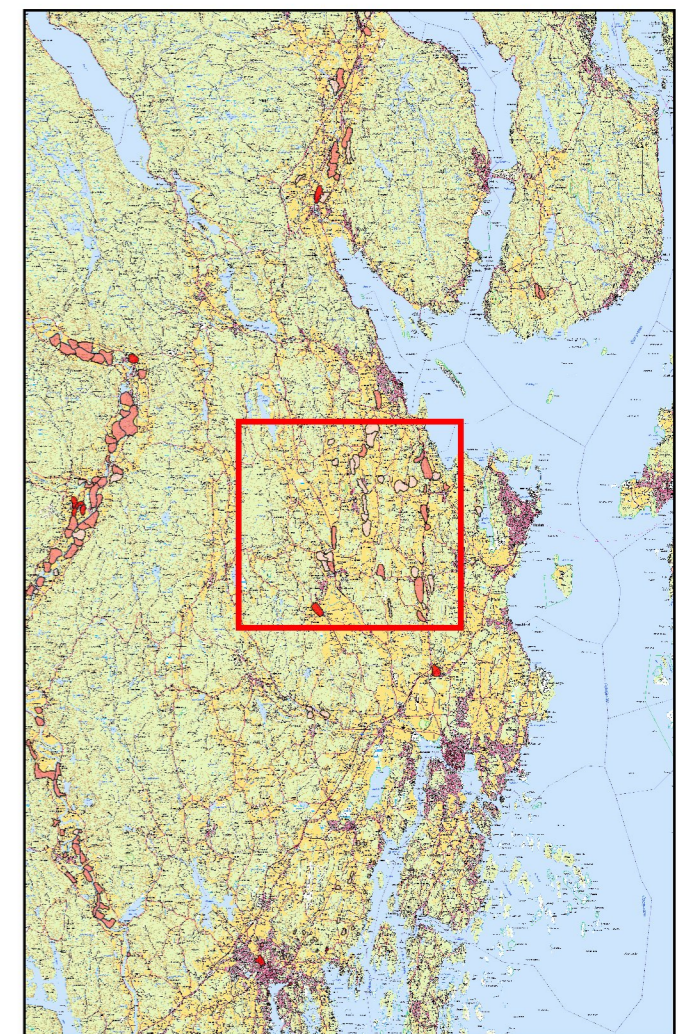
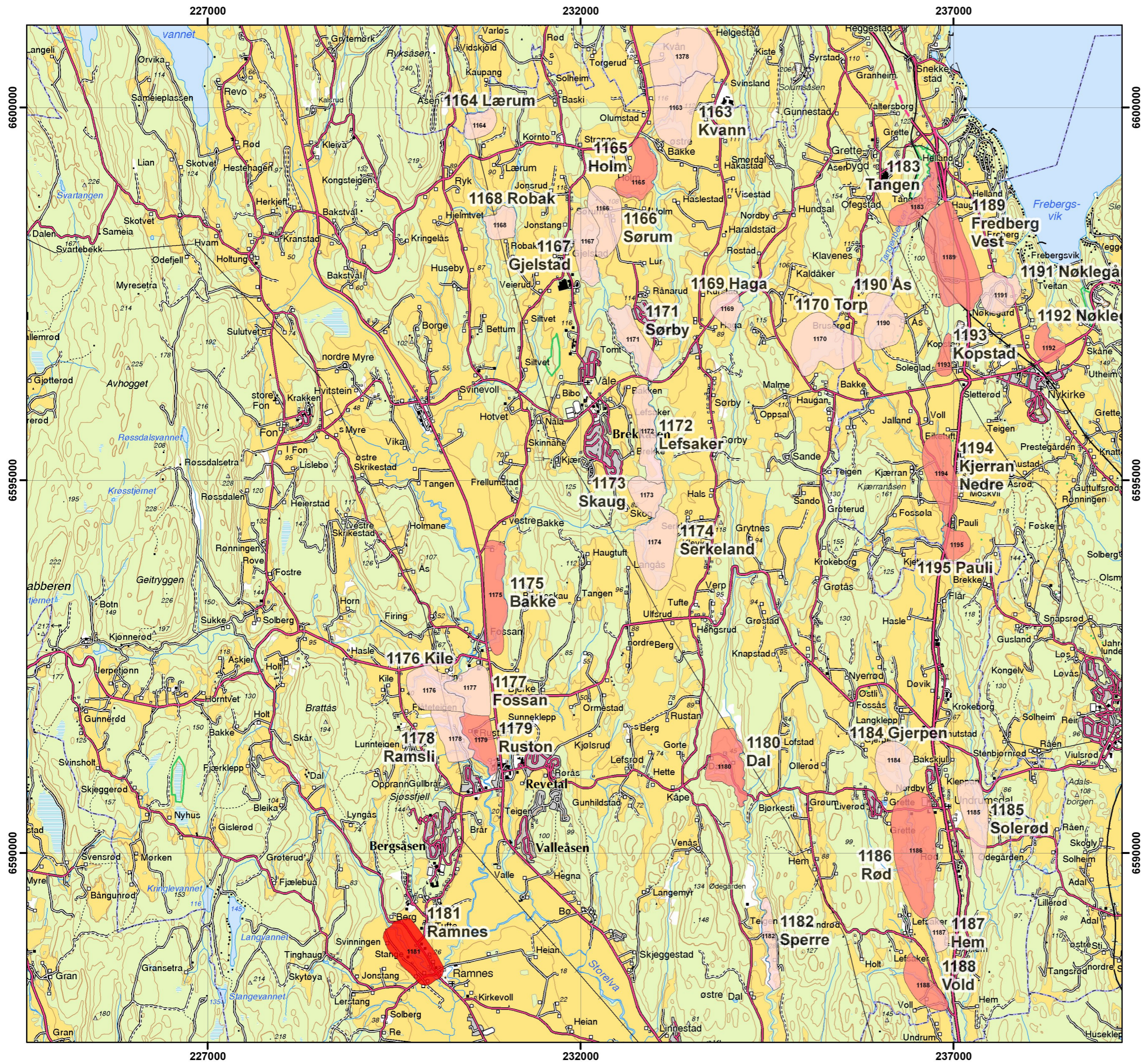
- Faregradklasse**
- Lav
 - Middels
 - Høy



Kartgrunnlag: N5-raster ©GEOVEKST

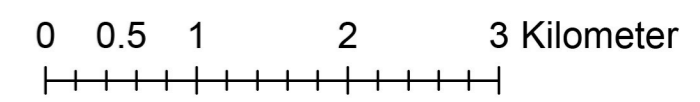
| | | | | | |
|---|------|---------|---------|-------------|----------|
| B | | | | | |
| A | Rev. | Endring | Uttrent | Kontrollert | Godkjent |

| NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT | | |
|---|------------------------|------------------|
| RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED | Rapportnr. 20001008-57 | Kartbilag nr. 02 |
| Faregradkart, Re Målestokk hovedkart 1 : 50 000 Målestokk oversiktskart 1 : 500 000 | Uttrent TrV | Dato 2006-06-01 |
| | Kontrollert OAH | |
| Datum: EUREF89, Kartprojeksjon: UTM, Sone: 33 | Godkjent OG | |



Tegnforklaring

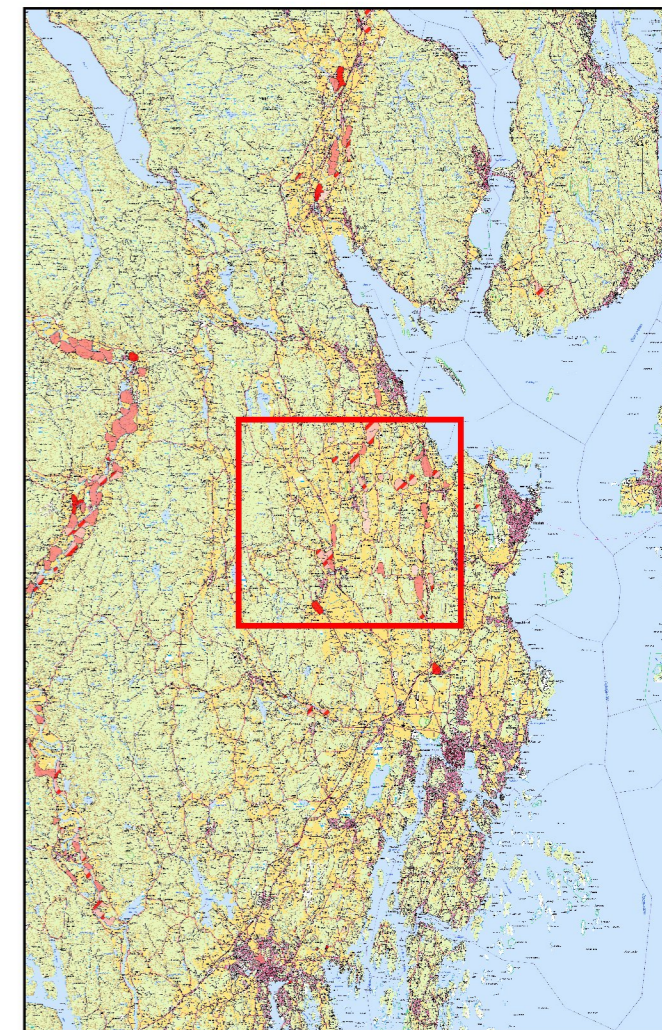
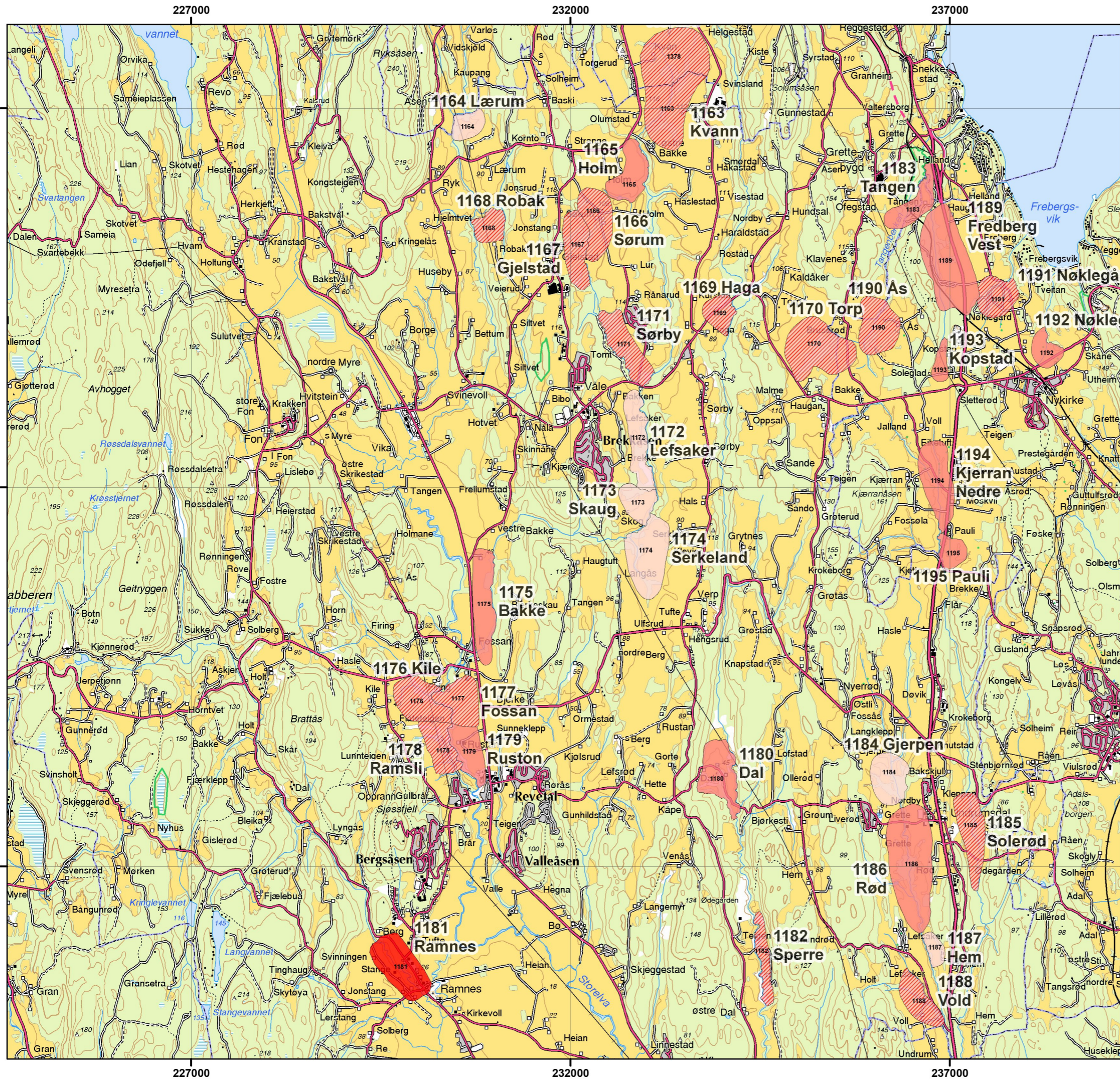
- Konsekvensklasse**
- Mindre alvorlig
 - Alvorlig
 - Meget alvorlig



GEOVEKST Kartgrunnlag: N5-raster ©GEOVEKST

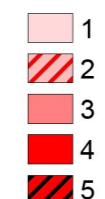
| | | | |
|------|---------|---------|----------|
| | | | |
| Rev. | Endring | Uttrent | Godkjent |

| NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT | | |
|---|------------------------|------------------|
| RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED | Rapportnr. 20001008-57 | Kartbilag nr. 03 |
| Konsekvenskart, Re Målestokk hovedkart 1 : 50 000 Målestokk oversiktskart 1 : 500 000 | Uttrent TrV | Dato 2006-06-01 |
| Datum: EUREF89, Kartprojeksjon: UTM, Sone: 33 | Kontrollert OAH | |
| | Godkjent OG | |

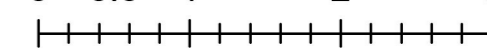


Tegnforklaring

Risikoklasse



0 0.5 1 2 3 Kilometer



GEOVEKST Kartgrunnlag: N5-raster ©GEOVEKST

| | | | | |
|------|---------|---------|-------------|----------|
| B | | | | |
| A | | | | |
| Rev. | Endring | Uttrent | Kontrollert | Godkjent |

| NORGES VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT | | |
|---|------------------------|------------------|
| RISIKO FOR KVIKKLEIRESKRED | Rapportnr. 20001008-57 | Kartbilag nr. 04 |
| Risikokart, Re Målestokk hovedkart 1 : 50 000 Målestokk oversiktskart 1 : 500 000 | Uttrent TrV | Dato 2006-06-01 |
| | Kontrollert OAH | |
| Datum: EUREF89, Kartprojeksjon: UTM, Sone: 33 | Godkjent OG | |

Kontroll- og referanseside/ Review and reference page



| | | | |
|---|--|--|--|
| Oppdragsgiver/Client Norges vassdrags - og energidirektorat | | Dokument nr/Document No. 20001008-57 | |
| Kontraksreferanse/ Contract reference Tilsagnsbrev av 14.07.2005 Ref.: NVE 200100097-114 vpm/een | | Dato/Date 1. juni 2006 | |
| Dokumenttittel/Document title Program for økt sikkerhet i vassdrag Evaluering av risiko for kvikkleireskred, Re kommune Prosjektleder/Project Manager Odd Gregersen Utarbeidet av/Prepared by Trond Vernang | | Distribusjon/Distribution <input type="checkbox"/> Fri/Unlimited <input checked="" type="checkbox"/> Begrenset/Limited <input type="checkbox"/> Ingen/None | |
| Emneord/Keywords Skred, kvikkleire, faresone, risiko | | | |
| Land, fylke/Country, County Norge, Vestfold Kommune/Municipality Re Sted/Location Re Kartblad/Map 1813 I Horten & 1813 IV Holmestrand UTM-koordinater/UTM-coordinates 32VNL 704 792 – 784 915 | | Havområde/Offshore area Feltnavn/Field name Sted/Location Felt, blokknr./Field, Block No. | |

| Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001 | | | | | | | |
|--|--|----------------------|-------|-----------------------|-------|-----------------------|-------|
| Kon- trollert av/ Reviewed by | Kontrolltype/ Type of review | Dokument/Document | | Revisjon 1/Revision 1 | | Revisjon 2/Revision 2 | |
| | | Kontrollert/Reviewed | | Kontrollert/Reviewed | | Kontrollert/Reviewed | |
| | | Dato/Date | Sign. | Dato/Date | Sign. | Dato/Date | Sign. |
| OG | Helhetsvurdering/ General Evaluation * | 01.06.06 | | | | | |
| | | | | | | | |
| | Språk/Style | | | | | | |
| OAH | Teknisk/Technical - Skjønn/Intelligence - Total/Extensive - Tverrfaglig/ Interdisciplinary | 01.06.06 | | | | | |
| | | | | | | | |
| | Utforming/Layout | | | | | | |
| TrV | Slutt/Final | 01.06.06 | | | | | |
| | Kopiering/Copy quality | | | | | | |
| | | | | | | | |

* Gjennomlesning av hele rapporten og skjønnsmessig vurdering av innhold og presentasjonsform/
On the basis of an overall evaluation of the report, its technical content and form of presentation

| | | |
|--|------------------|--------------|
| Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release | Dato/Date | Sign. |
|--|------------------|--------------|