

**Geotekniska
utredningar
för
stabilitetsanalyser**

**Allmänna råd för omfattning
och kvalitet**



SGI Statens geotekniska institut

FÖRORD

På flera håll i Sverige finns områden som på grund av topografin samt jordarternas sammansättning och lagring är utsatta för risk för jordskred. Det är av yttersta vikt att bedömningar av tveksamma stabilitetsförhållanden utförs med omsorg och sker på ett enhetligt sätt inom landet beroende på de konsekvenser som en konstaterad allvarlig skredrisk kan få för samhället, proposition 1985/86:150 Bilaga 3, Förebyggande åtgärder mm mot jordskred och andra naturolyckor. Med anledning härav gav Statens räddningsverk 1987 i uppdrag åt Statens geotekniska institut att utarbeta allmänna råd beträffande omfattning och kvalitet hos geotekniska undersökningar ingående i utredningar avseende lerslänTERS stabilitetsförhållanden. Råden är tillämpliga för olika stadier i en utredning, från ett inledande skede till kompletterande undersökningar vid konstaterad skredrisk.

Denna publikation behandlar fält- och laboratorieundersökningar samt i viss mån kontroll- och uppföljningsmetoder. Beräkningsmetoder behandlas ej. Ej heller ges råd eller rekommendationer om säkerhetsfaktorns absoluta storlek.

Publikationen vänder sig till ansvariga i kommuner, där skredriskområden finns, geotekniska konsulter samt länsstyrelser, som har att granska utförda stabilitetsutredningar.

Dessa allmänna råd har utarbetats av en arbetsgrupp vid Statens geotekniska institut.

Värdefulla synpunkter har också inkommit från Statens Räddningsverk, Statens Planverk, Kommunförbundet, Skanska samt VIAK AB, till vilka härmed framförs ett varmt tack.

Linköping i januari 1988

Författarna

Per Ahlberg, Ulf Bergdahl, Bo Berggren, Lars Johansson och Jan Schälén.

2:a utgåvan, ej reviderad.

ISSN 0281-7578
ISRN SGI-INF--93/4--SE

INNEHÅLLSFÖRTECKNING	sid
1. INLEDNING	2
1.1 Bakgrund	2
1.2 Syfte med geotekniska undersökningar	2
1.3 Genomförande av geotekniska undersökningar	2
2. BEGREPPSFÖRKLARINGAR	4
3. ARBETSGÅNG VID UTREDNING AV SLÄNTSTABILITET	6
4. GEOTEKNISK BESIKTING	8
5. INLEDANDE UNDERSÖKNINGAR	8
5.1 Allmänt	8
5.2 Fältundersökningar	10
5.3 Laboratorieundersökningar	10
5.4 Redovisning av undersökningsresultat	10
5.5 Kontroll och uppföljning	12
5.6 Undersökningarnas kvalitet	13
6. DETALJERADE UNDERSÖKNINGAR	13
6.1 Allmänt	13
6.2 Fältundersökningar	14
6.3 Laboratorieundersökningar	15
6.4 Redovisning av undersökningsresultat	15
6.5 Kontroll och uppföljning	16
6.6 Undersökningarnas kvalitet	18
7. KOMPLETTERANDE UNDERSÖKNINGAR	18
8. REFERENSER	20

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

Lerskred inträffar årligen i Sverige och förorsakar stora skador och kostnader för samhälle, näringsliv och privatpersoner.

En huvuddel av landets skred har inträffat inom Göteborgs och Bohus län, Älvsborgs län, Skaraborgs län, Vämlands län, Östergötlands län och Västernorrlands län, se Fig. 1. Huvuddelen av dessa skred är koncentrerade till ett antal större å- och älvdalgångar inom respektive län.



Fig. 1. Skredriskområden i Sverige. Punkterna anger inträffade skred efter Tuveskredet, 1977 (Stål 1985, Stål och Viberg 1985)

För skredriskbedömningar av översiktlig karaktär, att användas vid t.ex. kommunal översiktsplanering, finns särskilda temakartor¹⁾ upprättade. Sådana kartor ger upplysning om var förutsättningar för skred finns, och behandlar översiktligt ett större område, (t.ex. en dalgång eller bebyggda delar därav). Vid utredning av den verkliga skredrisken i sådana områden ger dessa kartor inte tillräcklig information, varför det lokala områdets stabilitetsförutsättningar måste studeras närmare.

Slänter med förutsättningar för skred utgörs vanligen av lutande lerområden (lutningar > 1:10) där ibland förutsättningar för höga portryck och höga skjuvpåkänningar i leran finns. Speciellt farliga är slänter mot vattendrag där erosion kan försämra stabilitetsförhållandena.

Terrängtyper med förutsättningar för skred framgår av Fig. 2.

1.2 Syfte med geotekniska undersökningar

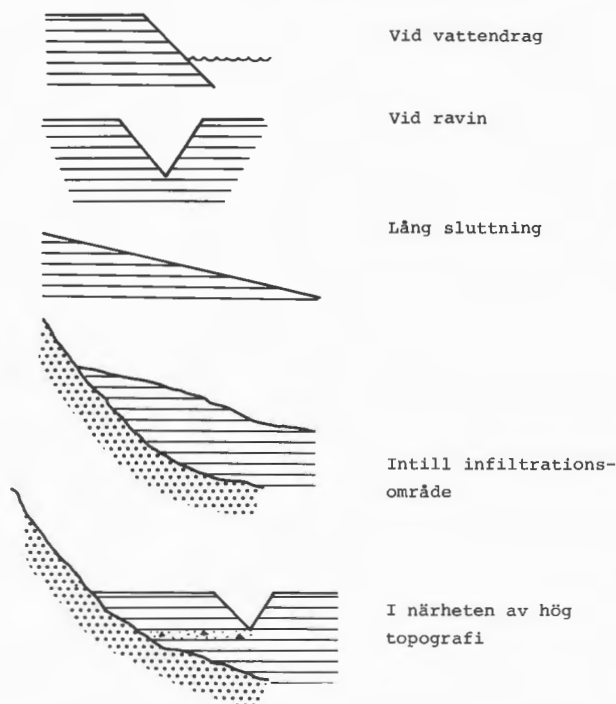
Syftet med geotekniska undersökningar för stabilitetsutredningar är att klarlägga jord-, berg- och grundvattenförhållanden på en plats eller i ett område där förutsättningar för skred finns så att stabilitetsanalyser kan utföras.

1.3 Genomförande av geotekniska undersökningar

Undersökningarna inleds normalt med en besiktning på plats samt studier av befintliga kartor och flygbilder. Eventuellt tidigare utförda undersökningar kan också innehålla värdefull information.

1) Temakartor utvisande var särskild uppmärksamhet av stabilitetsförhållandena erfordras inom vissa bebyggda eller detaljplanelagda områden med lerjord" utgivna av STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT i samarbete med Sveriges Geologiska Undersökning (1979-1983).

a. Slänter $>1:10$ Obelastade eller
Höjd ≥ 4 m belastade



b. All belastad lermark gränsande mot vatten



c. Slänter $<1:10$ gränsande mot partier med klara förutsättningar för instabilitet.



d. Erosion, befintliga skred och förekomst av kvick- lera medför ökad angelägenhet.

Fig. 2. Terrängtyper med förutsättningar för skred. (Viberg 1982).

Överslagsberäkningar i detta tidiga skede ger information som är mycket värdefull. Även om beräkningarna inte blir särskilt pålitliga, eftersom underlaget är baserat på enbart kartor och tidigare undersökningar, erhålls god hjälp för planering av fältinsatser. Härefter utförs **fältundersökningar**, som inleds med sonderingar från vilka man erhåller information om jordlagrens relativa fasthet och djupet till fasta jordlager eller berg. Som exempel på lämpliga sonderingsmetoder kan nämnas trycksondering spetsstrycksondering samt kombinerad spets- och portrycksondering. Även viktsondering kan användas, speciellt vid lösa, homogena leror. Med ledning av sonderingsresultat och överslagsberäkningar väljs punkter för den fortsatta undersökningen och utrustning för provtagning, insitu - provning, grundvattenmätningar etc.

Lerors hållfasthetssegenskaper och känslighet för störning kan dels utvärderas i fält med hjälp av vingborr dels med hjälp av laboratorieundersökningar av upptagna ostörda jordprover.

Grundvattenobservationer för bestämning av grundvattentryckets storlek under och i lerlagren och dess variation i tiden görs i lera lämpligen med hjälp av slutna portrycksmätare. Man skall notera att det kan förekomma flera grundvattensystem i en jordlagerföljd med skikt av olika täthet, varför sådana förhållanden kräver mätningar på flera nivåer.

Fältundersökningar behandlas t ex i Handboken Bygg, band G, (1984) och av Bergdahl (1984).

Laboratorieundersökning av upptagna jordprover är ett nödvändigt komplement till fältundersökningar. Som exempel på undersökningar kan nämnas bestämning av jordart, vattenkvot, densitet, skjuvhållfasthet och sensitivitet (känslighet för omrörning). Även jordens förkonsolideringstryck, (tryck som jorden tidigare varit belastad med), bör normalt bestämmas.

Laboratorieundersökningar behandlas av t ex Larsson (1982) och i Svenska Geotekniska Föreningens laboratorieanvisningar, se Referenser.

Vid utvärdering av undersökningsresultaten rekommenderas följande litteratur.

- o Handboken Bygg; Geoteknik (1984)
- o Larsson (1982)
- o Larsson m fl. (1984)
- o SGF:s laboratorieanvisningar

Redovisning av fält- och laboratorieresultat skall ske enligt det system som anges i Svenska Geotekniska Föreningens beteckningsblad respektive laboratorieanvisningar del 2, se Referenser. En utredning av stabilitetsförhållandena bör också innehålla en redovisning av de parametervärden t ex hållfasthetsvärden, som använts vid stabilitetsanalysen.

Råd med avseende på stabilitetsberäkningar ges ej här. För information om olika beräkningsmetoder hänvisas till följande litteratur:

- o Handboken Bygg; Geoteknik (1984)
- o Sällfors (1984)

Utredningen avslutas med en utvärdering av de framkomna resultaten. Därvid lämnas förslag till stabilitetshöjande åtgärder, om behov av ytterligare undersökningar, områdesrestriktioner etc. Om man finner att allvarlig skredrisk föreligger skall utredningen även innefatta en konsekvensanalys, dvs följderna av ett eventuellt skred.

2. BEGREPPSFÖRKLARINGAR

Jämför även Geoteknisk ordlista, TNC 59

avvägning	nivåmätning (höjdmätning)
bälgslangsättningsmätare	typ av sättningsmätare som kan användas för sättningsmätning på olika nivåer i en jordprofil
densitet	förhållandet mellan ett materials massa och volym
erosion	(latin:bortnötande) geologisk benämning på landytans nedbrytning genom inverkan av vatten, is och vind
flytgräns	konsistensgräns definierad som vattenkvoten hos ett omrört jordprov vid gränsen mellan flytande och plastiskt tillstånd
förkonsolideringstryck	det tryck som jorden på en viss nivå tidigare varit belastad med
glidyta	yta efter vilken rörelse sker eller kan tänkas ske vid brott i jord.
geodimeter	elektrooptiskt instrument avsett för avståndsmätning
heterogen	olikartad, oenhetlig. Motsats: homogen
infiltration	vatten som genomtränger markytan och småningom även underliggande jordlager
inklinometer	utrustning för mätning av lutningsändringar och horisontala jordrörelser under markytan
in-situ provning	provning direkt i jorden för bestämning av dess egenskaper t ex hållfasthet eller deformationsegenskaper

kwicklera

lodning

portryck

portryckssondering

provtagning

sensitivitet

skjuvhållfasthet

skjuvning

skredärr

sondering

spetsstryckssondering

stabilitet

säkerhetsfaktor

sättningsmätare med
magnetskruvar

teodolit

tryckssondering

vattenkvot

viktssondering

vingborming

ödometerförsök

3. ARBETSGÅNG VID UTREDNING AV SLÄNT-STABILITET

En geoteknisk utredning av ett område med förutsättningar för skred inleds normalt med relativt begränsade undersökningar. Allteftersom förhållandena så fordrar skall undersökningarna successivt ges ökad detaljeringsgrad till dess slänten beräkningsmässigt kan bedömas vara stabil (ev med hjälp av förstärkningsåtgärder) eller att man kan fatta beslut om utrymning/restriktioner i området.

Utredningsgången visas i princip i Fig. 3.

Som framgår av Fig. 3 inleds utredningen med en

- geoteknisk besiktning

varpå kan följa tre undersökningssteg

- inledande undersökningar
- detaljerade undersökningar
- kompletterande undersökningar

I Fig. 3 används begreppen "stabil", "otillfredsställande" och "stor risk för skred".

Med "stabil" avses här att man uppnår beräkningsmässigt erforderlig säkerhet eller att man med hjälp av en geoteknisk besiktning kan avgöra att inga stabilitetsproblem föreligger.

Med "stor risk för skred" avses här den allvarliga situation då bedömningar på plats eller beräkningar visar att stabiliteten är dålig och då man bedömer att skred kan vara omedelbart förestående.

Med "otillfredsställande" avses här alla mellanformer där man funnit att säkerhetsfaktorn är otillfredsställande eller där man ej slutgiltigt kan ta ställning i säkerhetsfrågan utan att ha införskaffat ytterligare fakta om de rådande geotekniska förhållandena i området.

I tidiga skeden, (geoteknisk besiktning, inledande undersökningar), krävs det mycket klara fall för att bedömningen skall bli "stabil" eller "stor risk för skred". Ex måste man vid de inledande undersökningarna uppnå en klart högre säkerhetsfaktor jämfört med

vad som erfordras vid de kompletterande undersökningarna för att bedöma området som "stabil".

Kapitelindelning nedan följer utredningsgången enligt Fig. 3, varvid punkt 1-5 i varje kapitel ger information om aktuella frågeställningar och därtill hörande undersökningsmetoder inklusive redovisning. Punkt 6 i varje kapitel innehåller mera detaljerade råd om undersökningarnas kvalitet och vänder sig i första hand till geotekniker.

Om man i något utredningsskede står inför bedömningen att ett skred kan vara omedelbart förestående är det av största vikt att man omgående underrättar uppdragsgivaren så:

- att kommunens räddningsledare informeras.
- att behovet av utrymning kan bedömas eller utrymningsplan upprättas.
- att övriga berörda myndigheter, förvaltningar, fastighetsägare m fl kan informeras.
- att kompletterande undersökningar för dimensionering av eventuella förstärkningsåtgärder snarast kan genomföras.
- att erforderliga kontrollåtgärder kan tas fram.
- att aktiviteter i närheten av riskområdet som menligt påverkar stabiliteten kan stoppas eller begränsas. Exempel på sådana aktiviteter är: muddring, schaktning, fyllning, pålning, sprängning samt tung trafik.

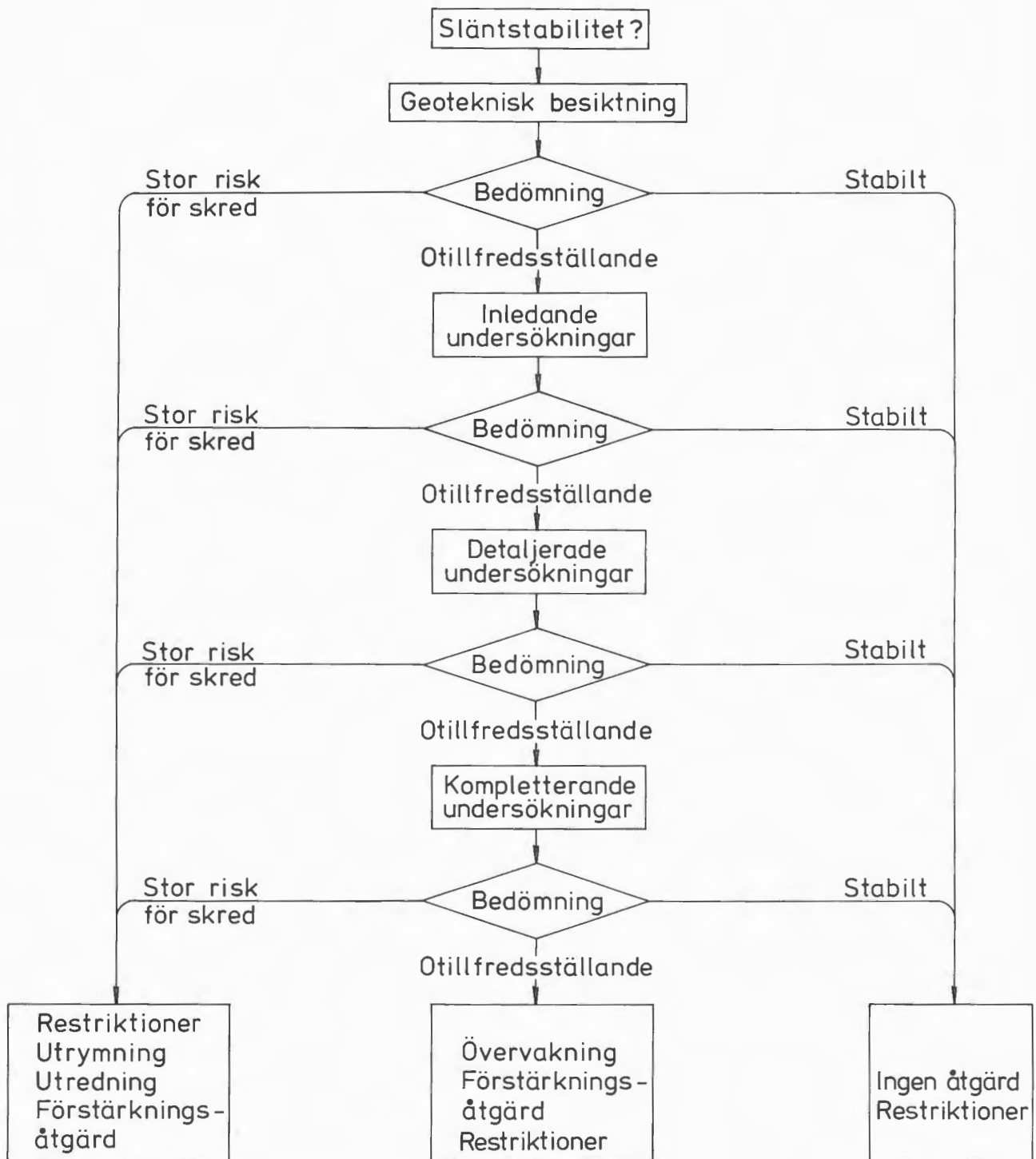


Fig. 3. Arbetsgång vid utredning av släntstabilitet.

4. GEOTEKNISK BESIKTNING

Syftet med den geotekniska besiktningen är att ge underlag för det fortsatta undersöknings- och utredningsarbetet.

Undersökningarna av ett område med förutsättningar för skred inleds med en besiktning innefattande följande moment:

- Okulärbesiktning av området, speciellt noteras:
 - indikationer på rörelser i området såsom sprickor i de ytliga jordlagren och i byggnader, lednings- och kabelbrott
 - finns skredärr
 - erosionsförhållanden i vattendrag
 - grundvattenförhållanden; kontrollera vattennivåer i brunnar och vattendrag, sipprar vatten fram i slänten? etc
 - yttre laster såsom trafiklast, vibrationer mm
 - vegetationens sammansättning, trädens lutning och ålder
 - om bebyggelse, väg eller anläggning är hotad
 - fyllningar, upplag, soptippar, gödselstader eller andra mänskliga åtgärder som innebär pålastning och/eller infiltration av kemiska ämnen
- Studium av kartor:
 - topografiska kartor
 - jordartskartor (SGU)
 - flygbilder (geobildtolkning), se Fig. 4
 - brunnsarkiv (SGU)
- Inventering av tidigare utförda geotekniska undersökningar i området, sk "arkivborming", se Fig. 5

Besiktningen skall utföras av en erfaren geotekniker som besitter kunskap om släntstabilitetsproblem.

5. INLEDANDE UNDERSÖKNINGAR

5.1 Allmänt

Många slänter i områden med förutsättningar för skred har tillfredställande stabilitet varför det rekommenderas att de inledande undersökningarna ges en begränsad omfattning. Dessa undersökningar syftar i första hand till att klarlägga om stabilitetsproblem föreligger.

Observera dock att begränsningar i undersökningarnas kvalitet inte bör förekomma.

Med ledning av överslagsberäkningar och topografiska förhållanden väljs ett fåtal sektioner som bedöms som de mest kritiska i området. Vid val av sektion (er) beaktas förutom markytans lutning och nivåskillnader även förväntad tjocklek på de lösa jordlagren och fasta bottenens lutning. Vid val av sektioner har man god hjälp av befintliga kartor och flygbilder.

Undersökningarna som görs i dessa sektioner skall ge information om bl a följande:

- markytans geometri inklusive botten-nivå i vattendrag
- djupet till fastare bottenlager
- jordens hållfasthetsegenskaper
- grundvatten- och portrycksnivåer
- förekomst av kvicklera

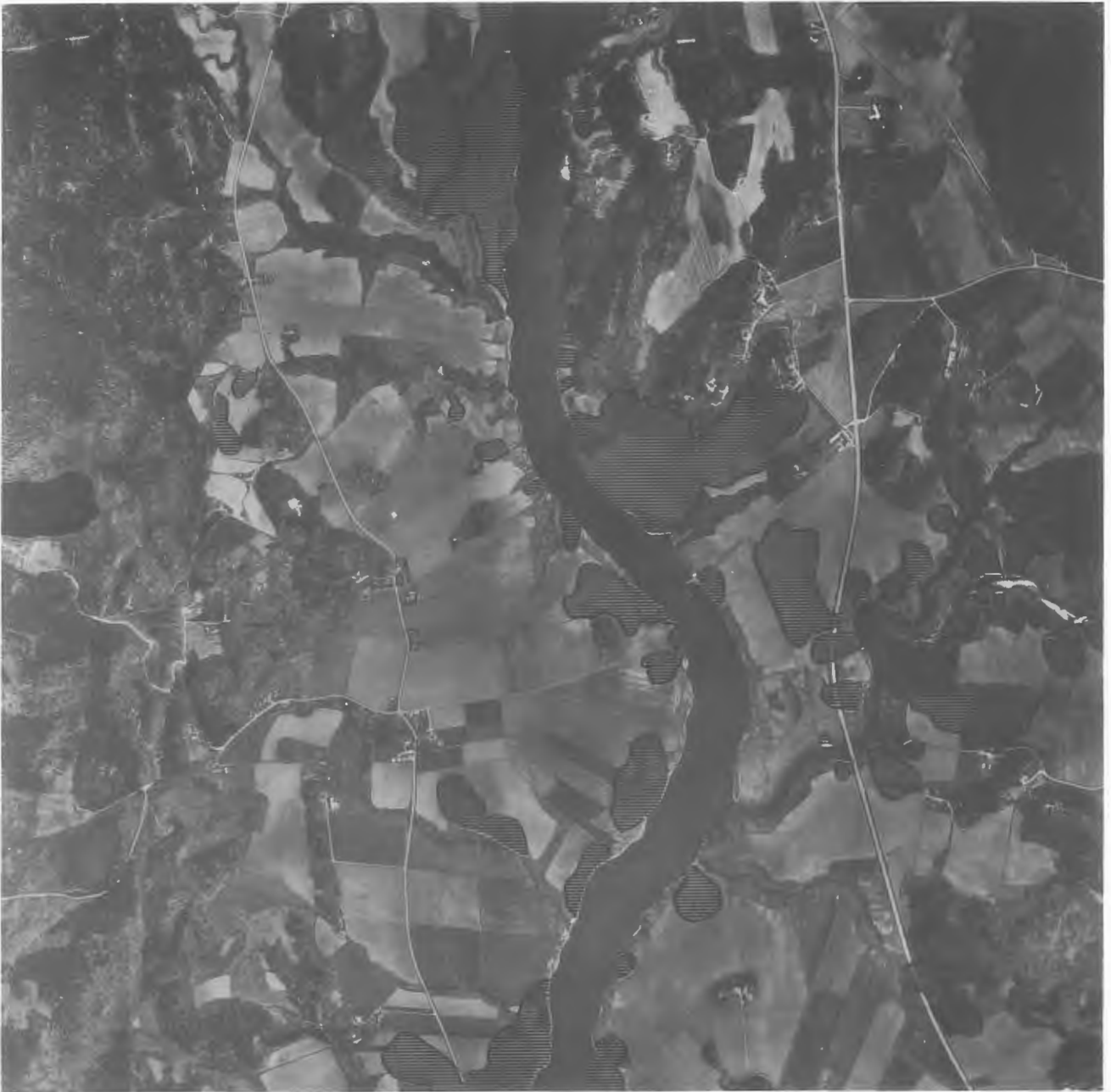


Fig. 4. Exempel på flygbild med tolkning av skred med olika storlek och utbredning. Göta älv med Slumpån i nedre högra delen av bilden. (Godkänd ur sekretessynpunkt för spridning. Lantmäteriverket 1987-12-16.)

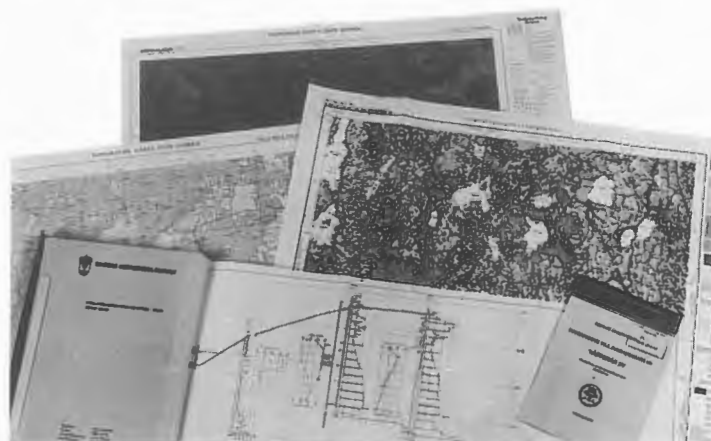


Fig. 5. Besiktningen innehåller bl a studium av kartor och tidigare utförda undersökningar, arkivborrning.

5.2 Fältundersökningar

I de utvalda sektionerna utförs följande, (se även avsnitt 5.6 "Undersökningarnas kvalitet):

Avvägning	För bestämning av markytans geometri utförs avvägning. Eventuellt kan detta ske m h a grundkarta, om aktuell sådan finns med 1 m ekvidistans.
Lodning	För bestämning av vattendrags bottengeometri utförs lodning. Information om högsta och lägsta vattennivå inhämtas t ex från SMHI, eller kommunen.
Sondering	För bestämning av de lösa jordlagrens mäktighet utförs sondering. Lämplig omfattning är 2-3 punkter per sektion varav en sonderingspunkt bör placeras i närheten av släntens fot och en vid dess krön.
Provtagning	För bestämning av jordens sammansättning och egenskaper utförs provtagning. Störd provtagning utförs i en punkt per sektion och placeras vanligen i närheten av släntens krön.
Vingborming	För bestämning av jordens skjuvhållfasthet och sensitivitet utförs vingborming normalt i direkt anslutning till provtagningspunkt.
Grundvattenmätning	I genomsläppliga bottenlager mäts grundvattnets trycknivå.

5.3 Laboratorieundersökningar

På upptagna jordprover (störda) utförs

- jordartsbestämning
- bestämning av vattenkvot
- bestämning av flytgräns

- Provtabeller avseende laboratorieundersökningar

- Beräkningssektioner med vald jordlagerindelning och karakteristiska värden på jordens skjuvhållfasthet och övriga beräkningsparametrar samt beräknade farligaste glidytor, se Fig. 7.

5.4 Redovisning av undersökningsresultat

Om den inledande undersökningen visar att området är stabilt kan man nöja sig med att i plan redovisa de undersökta sektionernas lägen med beräknade lägsta säkerhetsfaktorer. Undersökningsresultaten arkiveras i koncept.

Om den inledande undersökningen visar att slänten har otillfredsställande säkerhet skall borrhplan och sektioner ritas upp eftersom resultatet kommer att leda till fortsatta diskussioner och undersökningar. Härvid bör redovisningen omfatta:

- Borrhplan med sektionlinjer (t ex skala 1:1000, 1:2000)
- Sektioner med undersökningsresultat och beräknade farligaste glidytor (skala 1:100, 1:200), se Fig. 6

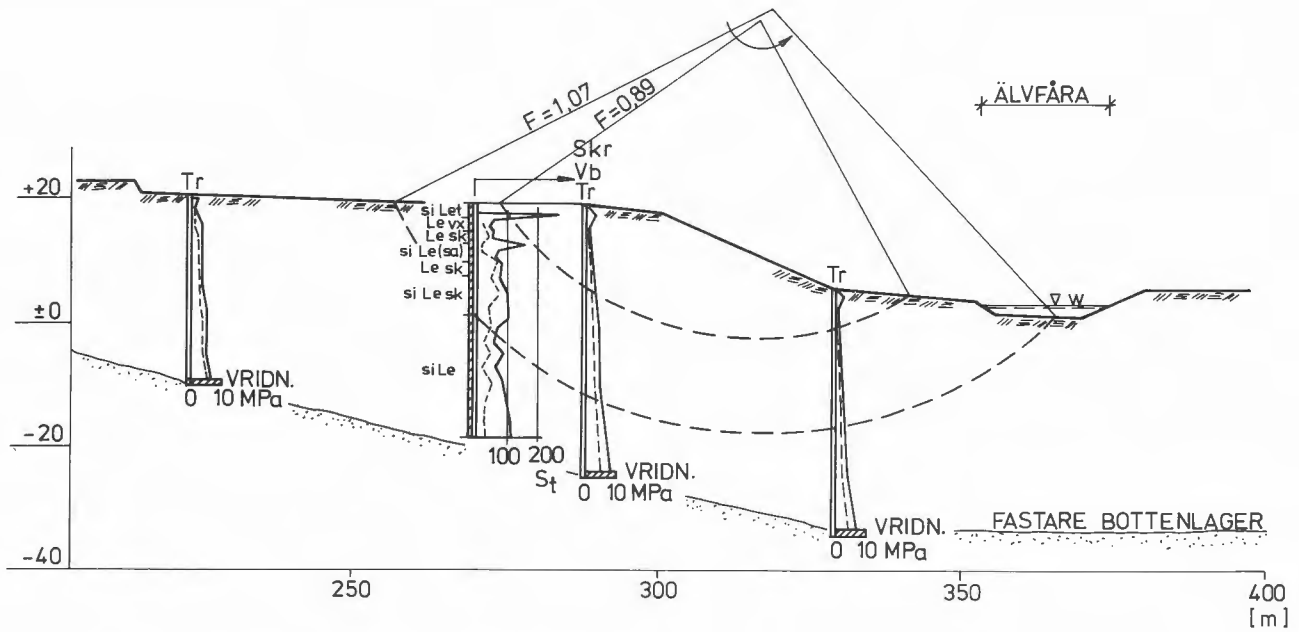


Fig. 6. Exempel på sektion med redovisning av undersökningsresultat och beräknat farligaste glidytor.

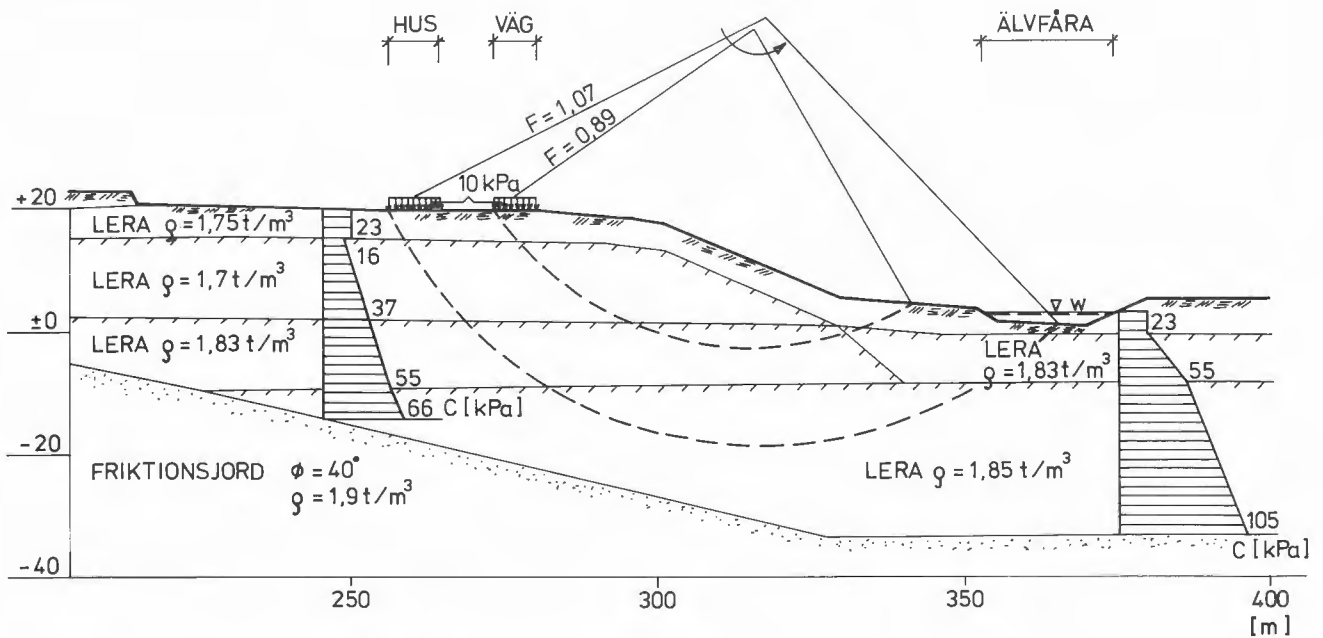


Fig. 7. Exempel på beräkningssektion med redovisning av använd jordlagerindelning och karakteristiska värden på jordens skjuvhållfasthet och övriga beräkningsparametrar samt beräknat farligaste glidytor.

5.5 Kontroll och uppföljning

Om området med ledning av den inledande undersökningen befinns vara stabilt erfordras ingen ytterligare kontroll och uppföljning i området om inte förändringar t ex erosion eller utfyllnader pågår.

Om man bedömer att stor risk för skred föreligger måste sådana kontrollåtgärder sättas in att människorna i området kan varnas. Vidare bör en plan för utrymning av det berörda området upprättas. Kontrollen kan bestå av:

- Larmkabel med pålagd ström som bryts vid stora jordrörelser och därvid larmar räddningsledare eller varnar på annat sätt, se Fig. 8.
- Speciell bevakning av vatten-, el- och teleledningar
- Besiktning av området med vissa tidsmellanrum (sprickor i jorden, släppor i strandkanten, lutningsförändringar på stolpar etc.)
- Eventuellt kan givare för vertikal- och horisontalrörelser installeras t ex mätdubbar eller enslinjer som kan kontrolleras ofta av lokal personal.

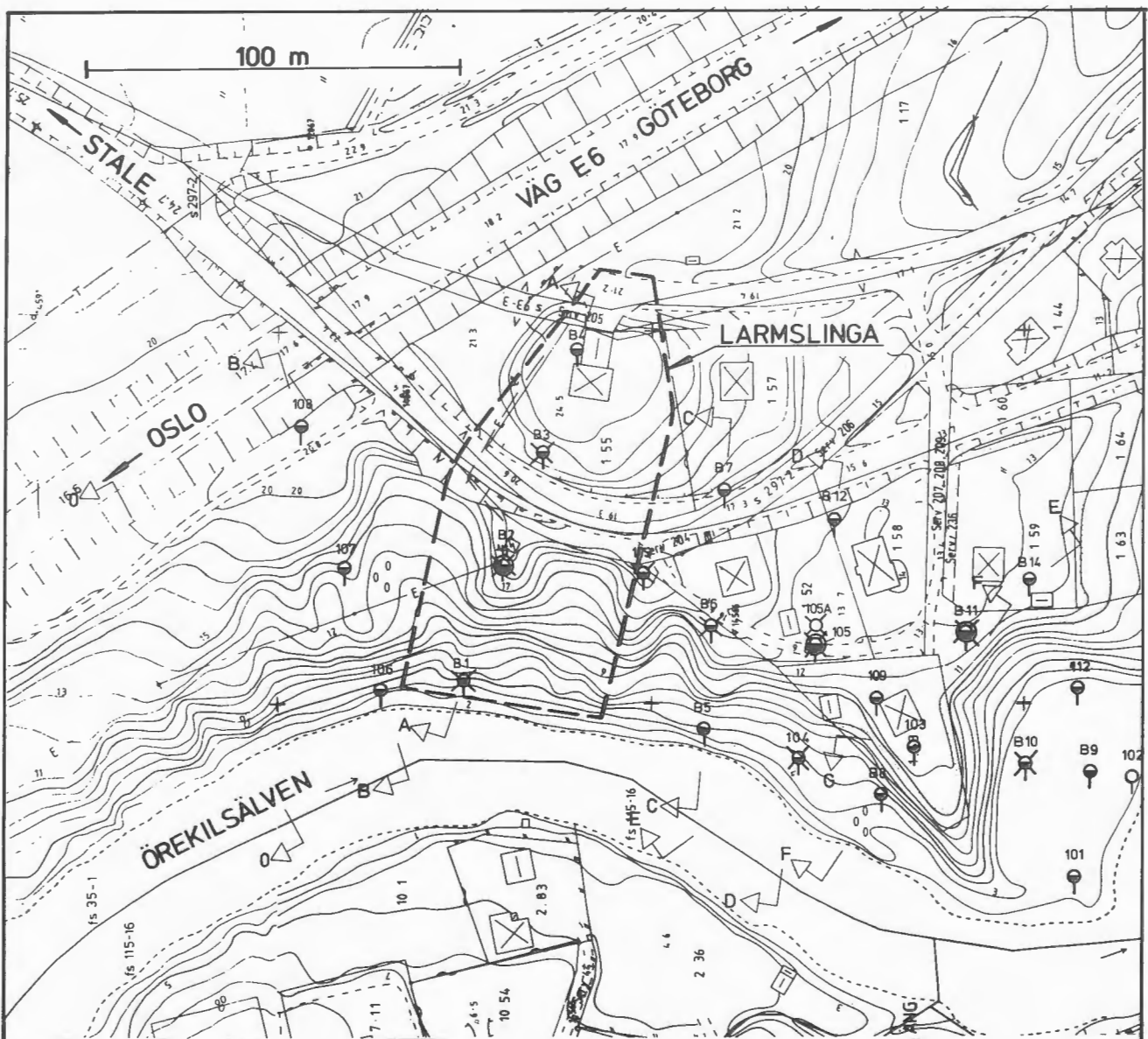


Fig. 8. Exempel på placering av larmkabel. Pålagd ström bryts vid stora jordrörelser varvid larmet utlöses.

Om man i detta skede finner släntens stabilitet otillfredsställande blir kontroll- och uppföljningsmetoderna beroende av den erhållna säkerhetsfaktorn. Vid låga säkerheter bör man överväga att följa rörelserna och portrycken i slänten till dess att detaljerad undersökning utförts. Man bör

också följa portrycket eller grundvattentrycket i släntens omgivning för att studera de klimatmässiga variationerna. Annars finns risk att man inte kan avgöra om en portryckshöjning är ett resultat av begynnande rörelse eller bara är en naturlig variation.

5.6 Undersökningarnas kvalitet

Avvägning/ Lodning	För bestämning av markytans respektive vattendragets bottennivå erfordras att brytpunkter avvägs med en noggrannhet av $\pm 0,1$ m. Lägsta vattenstånd i vattendrag bestäms med ledning av uppgifter från SMHI eller från ortsbefolkningen.
Sondering	Trycksondering eller viktsondering utförs till fastare bottenlager. Om man redan i detta skede vet att genomsläppliga skikt av sand eller silt med höga grundvattentryck kan ha betydelse för stabiliteten bör sondering med spets- och portryckssond utföras
Provtagning	Provtagning görs enklast med skruvborr om vingborring utförs.
Vingborring	Vingborr typ SGI, Geotech, Geonor eller motsvarande kan användas.

Undersökningarna ska utföras enligt rekommenderad standard då sådan finns. Beträffande aktuell standard, se "Referenser".

6. DETALJERADE UNDERSÖKNINGAR

6.1 Allmänt

Om den geotekniska besiktningen eller de inledande undersökningarna visar att stabilitetsproblem kan föreligga utförs detaljerade undersökningar vars främsta syfte är att:

- ge underlag för en noggrannare beräkning av säkerheten
- klarlägga riskområdets storlek
- ge underlag för en konsekvensanalys som bedömer ett skreds förlopp och utbredning
- ge underlag för dimensionering av erforderliga förstärkningsåtgärder i princip

De detaljerade undersökningarna måste vara mer kvalificerade och mer yttäckande i jämförelse med de tidigare utförda. Med ledning av resultaten från de inledande undersökningarna

- väljs undersökningsmetoder
- förtätas antalet sektioner
- förlängs sektionerna (vid större jorddjup)
- förläggs sektioner utanför de tidigare så att omgivande fastmarksgränser kan lokaliseras
- undersöks angränsande vattendrag detaljerat med avseende på dels de partier som beräkningsmässigt har den lägsta säkerheten, dels lokala fördjupningar i botten.

Om de topografiska förhållandena så visar kan en sektion som skall undersökas sammansättas av två varandra skärande vertikalkplan, dvs man bör ibland vinkla de undersökta sektionerna mot t ex ett höjdparti. En sådan sektion skall dock analyseras som om den vore endast i ett vertikalkplan.

Undersökningarna i ovannämnda sektioner skall bl a klargöra följande:

- markytans geometri
- djupet till fastare bottenlager
- jordens hållfasthetsegenskaper (utförligt och detaljrikt)

- förekomst av kvicklera, dess egenskaper och utbredning
- förekomst av skikt, deras utbredning och orientering
- portrycksfördelningen i slänten, bl a trycket i genomsläppliga jordlager och skikt
- jordens förkonsolideringstryck, speciellt i kohesionsjord effektivspänningar i vertikalled
- inhomogeniteter, t ex förekomst av organisk jord

6.2 Fältundersökningar

I de utvalda sektionerna utförs följande undersökningar (se även avsnitt 6.6 "Undersökningarnas kvalitet"):

Inmätning	Punkter där sondering och provtagning sker skall även lägesbestämmas i plan.
Lodning	I undersökningssektionerna skall vattendrags bottengeometri bestämmas. Lodning skall också ske längs vattendrag för att finna lokala fördjupningar i botten.
Sondering	För bestämning av de lösa jordlagrens mäktighet utförs sondering. Speciellt noteras förekomst av inhomogeniteter i jordlagren såsom lösare och fastare skikt m m. Lämplig omfattning kan vara 3-6 punkter per sektion, där den översta punkten placeras nära fastmarksgränsen om denna ligger inom sådant avstånd att ett skred kan tänkas utvecklas dit. Av de övriga punkterna placeras lämpligen en i närheten av släntens fot och en i närheten av släntens krön.
Provtagning	För en detaljerad undersökning av jordens hållfasthet och sensitivitet skall ostörd provtagning ske i minst en punkt i riskområdet. Om vingbormningsresultaten indikerar stora variationer i skjuvhållfasthet över området måste upptagningen av ostörda jordprover utökas, likaså vid förekomst av betydande skikt.
Vingbormning	För bestämning av jordens skjuvhållfasthet och sensitivitet utförs vingbormning bl a vid provtagningspunkterna. Vingbormning skall också utföras i övriga delar av riskområdet i syfte att avgränsa detsamma.
Portrycksmätning	I zonen för den bedömt farligaste glidyten placeras ett antal portrycksmätare för bestämning av portrycket. I vattengenomsläppliga skikt och bottenlager mäts dessutom vattentrycket eventuellt med öppna rör med filterspets. Undersökningarna bör även innehålla en prognostisering av portryckets variation i tiden samt en bedömning av infiltrationsområdets storlek.

6.3 Laboratorieundersökningar

Upptagna jordprover (ostörda) undersöks med avseende på:

- jordart
- vattenkvot
- flytgräns
- skjuvhållfasthet
- densitet
- sensitivitet

På ett antal utvalda representativa prover utförs även ödometerförsök för bestämning av jordens förkonsolideringstryck.

I skiktade och siltiga jordar är det värdefullt att också utföra skjuvförsök. Dessa utförs i så fall på prover tagna i de zoner där jorden bedöms vara som mest ansträngd.

6.4 Redovisning av undersökningsresultat

En detaljerad undersökning bör alltid redovisas med:

- borrhplan med undersökta sektioner
- sektioner med undersökningsresultat och beräknade farligaste glidytor, se Fig. 6
- tabeller avseende resultat från laboratorieundersökningar
- resultat av ödometer- och skjuvförsök
- resultat av portrycksmätning, se Fig. 9
- beräkningssektioner med vald jordlagerindelning, karakteristiska värden på jordens skjuvhållfasthet, övriga beräkningsparametrar samt beräknat farligaste glidytor, se Fig. 7. Bland beräkningsförutsättningarna bör också redovisas antagna vattenstånd och portrycksprognos.

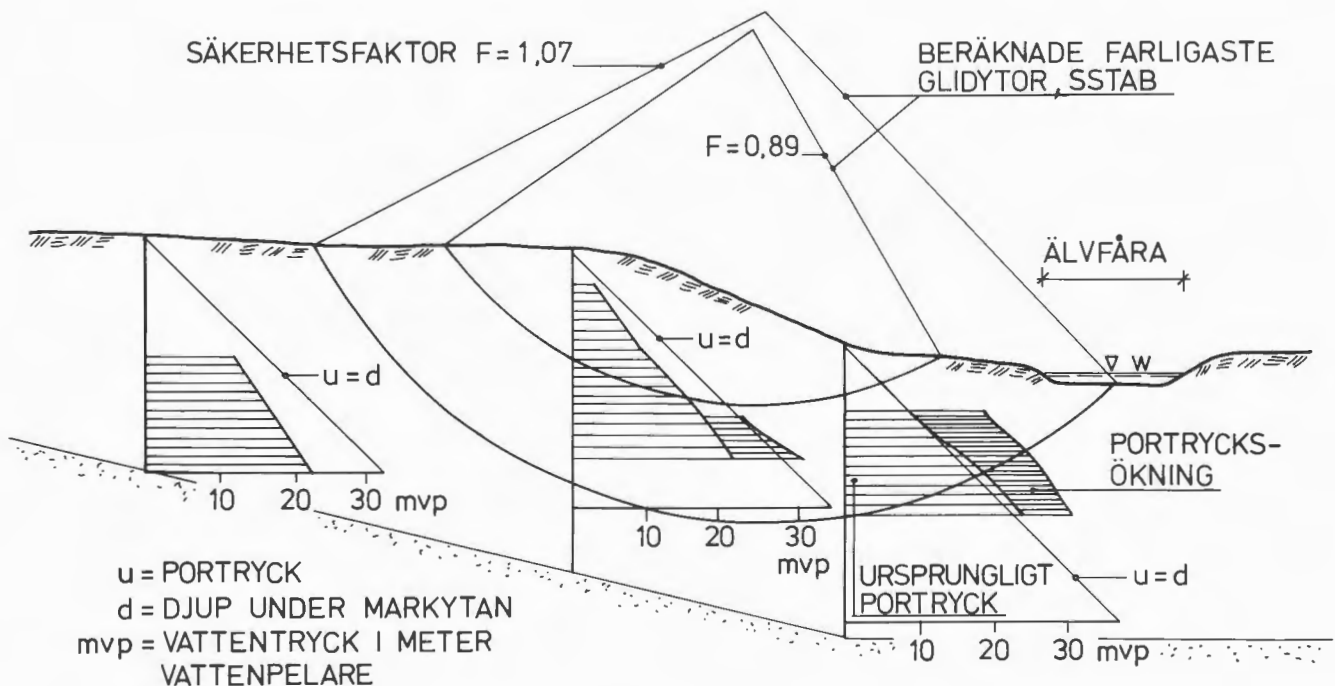


Fig. 9. Sammanställning av portryckmätningar i jämförelse med djup under markytan och läget för beräknade farligaste glidytor.

Om man med ledning av den detaljerade undersökningen inte kan konstatera att slänten är "stabil" bör man till utredningen också föga en konsekvensanalys av primära och eventuellt sekundära skred, se Fig. 10.

Man bör i detta skede också studera vilka förstärkningsåtgärder som i princip kan bli aktuella samt dimensionera dessa överslagsmässigt, se Fig. 11. Det fortsatta utredningsarbetet blir beroende av vilka åtgärder som är möjliga att genomföra.

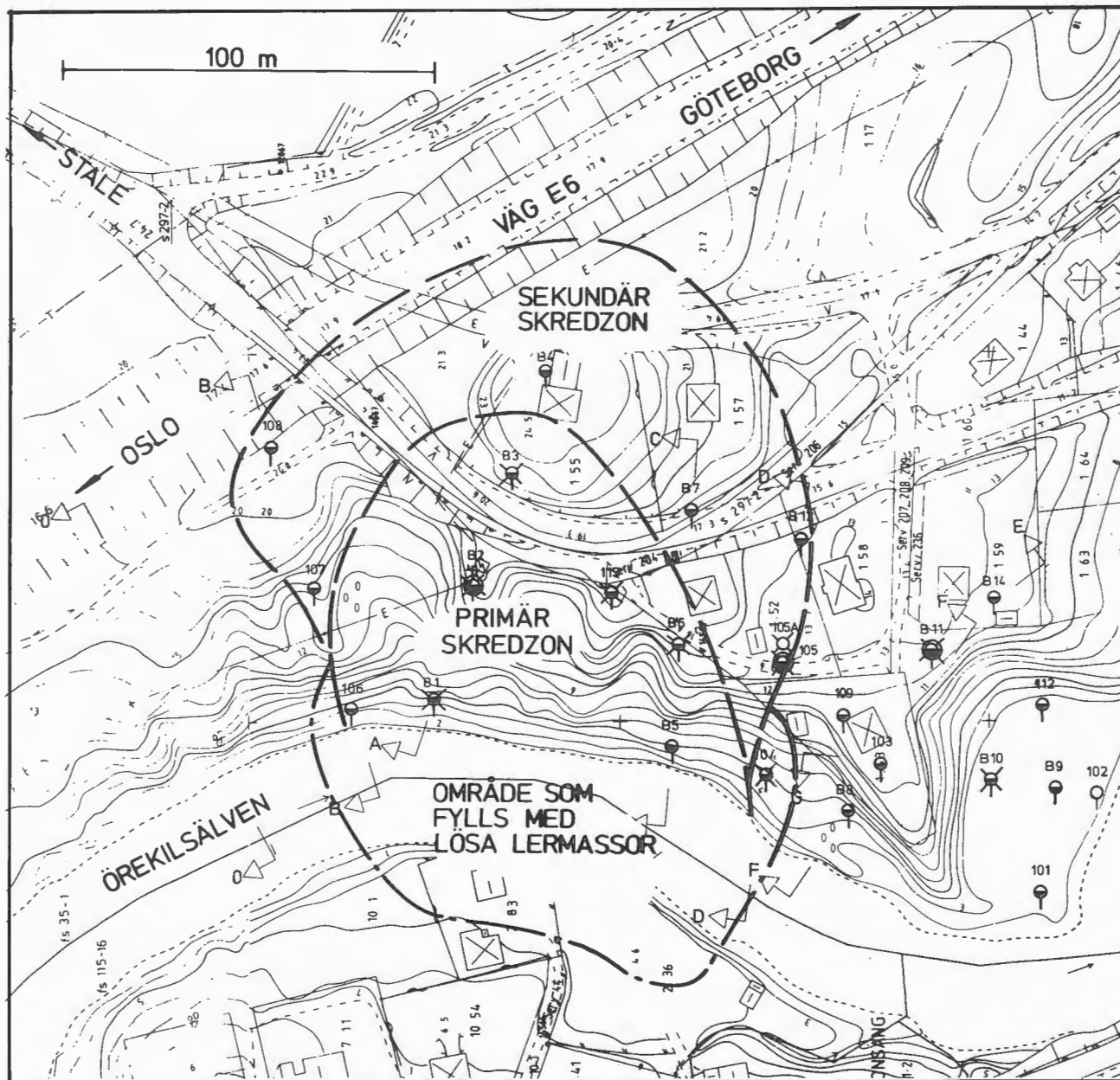


Fig. 10. Exempel på resultat av konsekvensanalys i ett område med förutsättningar för skred.

6.5 Kontroll och uppföljning

Om området vid den detaljerade undersökningen befinns vara stabilt erfordras ingen ytterligare kontroll och uppföljning i området om inte förändringar t ex erosion eller utfyllnader pågår.

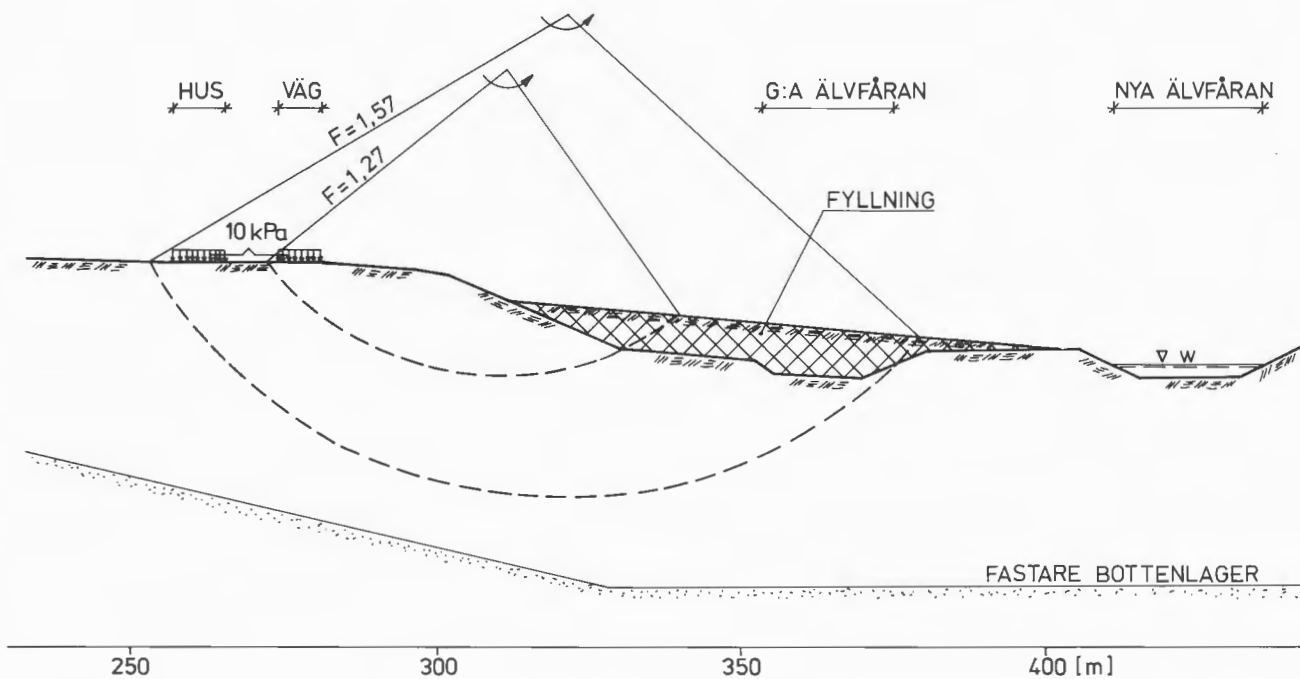


Fig. 11. Exempel på redovisning av förstärkningsåtgärder (tryckbank och flyttning av älvfåran) samt beräknat farligaste glidytor efter förstärkning.

Om man i stället finner att **stor risk för skred föreligger** måste sådana kontrollåtgärder sättas in att människorna i området kan varnas. Kontrollen kan bestå av:

- Larmkabel med pålagd ström som bryts vid stora jordrörelser och därvid lamar räddningsledare eller varnar på annat sätt.
- Speciell bevakning av vatten-, el- och teleledningar. (Sker en ökning av antal kabelbrott eller ökar vattenläckaget?).
- Besiktning av området med vissa tidsmellanrum (sprickor i jorden, släppor i strandkanten, lutningsförändringar på stolpar etc).
- Eventuellt kan givare för vertikal- och horisontalrörelser installeras.
- Iakttagelser av erosionsförhållanden i vattendrag såsom grumligt vatten, hög vattenhastighet etc.

Om resultaten från den detaljerade undersökningen visar att den beräkningsmässiga säkerheten är låg skall riskområdet fortlöpande kontrolleras och ev rörelser, portrycksförändringar etc följas upp. Kontroll och uppföljning skall pågå tills man slutgiltigt tagit ställning till förstärkningsåtgärder, utrymning etc. Om området är bebyggt och ett skred bedöms kunna omfatta fastigheterna bör kontrollen fortsätta tills området förstärkts eller utrymning skett.

Utformningen av kontroll- och uppföljningsprogrammet styrs av resultatet från den detaljerade undersökningen och de därpå baserade beräkningarna. Nedan ges därför endast några allmänna råd.

- Utför fortlöpande en okulär besiktning av området med avseende på
 - o småskred
 - o omkullfallna träd
 - o erosion, är t ex vattnet i vattendraget onormalt grumligt?
 - o trasiga VA-ledningar, sker det onormalt många ledningsbrott i området?
- Utför kontinuerlig långtidsmätning av rörelser och portrycksförändringar i jorden, speciellt i lera, där mätare bör finnas i den mest ansträngda zonen.

6.6 Undersökningarnas kvalitet

Avvägning	För bestämning av markytans respektive bottenens nivå erfordras att brytpunkter avvägs med en noggrannhet av $\pm 0,1$ m.
Lodning	I vattendrag sektioneras med t ex ekolod för att få fram eventuella djuphålor i botten eller bottenupptryckningar. Kontrollera speciellt vid krökar och sektionsförändringar. Vid kraftig erosion kan dykare vara behjälplig vid kartläggning av skador. Vid manuell lodning används stång eller måttband med platta ($\varnothing 200$ mm).
Sondering	Trycksondering eller eventuellt viktsondering utförs till fastare bottenlager. Om det vid den inledande undersökningen visat sig att skikt kan ha betydelse för stabiliteten bör spets- och porttrycksondering tillgripas.
Provtagning	Ostörd provtagning utförs med standardkolvborr. För att minimera störningen bör kolvborr typ St II väljas. Provtagningsnivåerna bestäms med ledning av sonderingsresultat och tidigare provtagning och vingborring. Representativa prover skall tas genom hela den berörda jordvolymen. Vid låga slänter och stora lerdjup kan provtagningen begränsas till ett djup av max 2,0 à 2,5 ggr slänthöjden räknat från släntkrönet.
Vingborring	Vid små lerdjup och låg skjuvhållhållfasthet kan såväl vingborr SGI som Geotech eller motsvarande användas. I övrigt bör vingborr typ SGI väljas. Också vid höga sensitiviteter bör SGI-typen användas, se även Fig. 12. Vid högre hållfastheter och större djup bör tiden till brott alltid redovisas för ev korrektion av skjuvhållfasthetsvärdena.

Speciellt vid sensitiv lera måste avståndet mellan de olika undersökningarna på en plats vara tillräckligt stort, normalt minst 2 m.

Undersökningarna utförs i förekommande fall enligt SGF's standard, se "Referenser".

7. KOMPLETTERANDE UNDERSÖKNINGAR

Om utredningen med ledning av de detaljerade undersökningarna visar att den beräkningsmässiga säkerheten är mycket låg utförs kompletterande undersökningar vars främsta syfte är:

- att klarlägga hur akut skredrisken är
- att bilda underlag för dimensionering och kostnadsberäkning av förstärkningsåtgärder samt konsekvenserna av dessa för omgivande bebyggelse (ex.vis effekterna av en dränering av området).

De kompletterande fältundersökningarna skall bl a indikera om vertikala och horisontala rörelser i jorden pågår och, om så är fallet, deras hastighet och eventuella hastighetsförändringar.

Uppmätning av markytans rörelse i vertikal led görs med hjälp av precisions-avvägning av i jorden nedsatta rör eller dubbar. Pågående vertikallrörelser på olika djup i jorden mäts med hjälp av bälgslangsättningsmätare eller med sättningsmätare med magnetskruvar.

Uppmätning av markytans rörelse i horisontalled görs med optiska eller elektrooptiska instrument (teodolit, geodimeter etc). Alternativt kan måttbandsmätning mot t ex dubb i fast mark utföras. Pågående horisontallrörelser på olika djup i jorden mäts med hjälp av inklinometer, se Fig. 13.

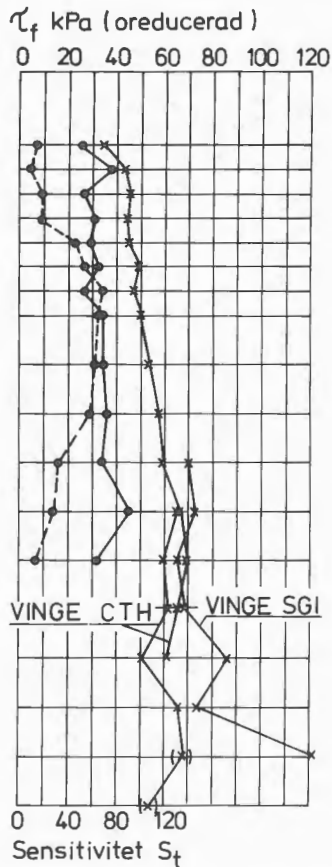


Fig. 12. Exempel på resultat av vingborring med olika utrustningar (CTH- resp SGI-vinge).

För mätning av t ex byggnaders lutningsändringar i vertikalled kan man använda den sk pendelinklinometern.

I de kompletterande undersökningarna bör också ingå en kartering av uppkomna sprickor i mark och byggnader. För att mäta ändringar i sprickvidder kan man använda sprickmallar eller spricklupp.

Om man önskar en kontinuerlig registrering av rörelsema måste elektriska rörelsegivare av induktiv- eller tøjningsgivartyp användas.

För dimensionering av eventuella erosionsskydd erfordras, förutom kännedom om jordarter, även kännedom om vattenhastigheten i vattendrag. Denna kan för större vattendrag erhållas från SMHI. I andra fall kan man genom sektioneringar och beräkningar bestämma vattenhastigheten. Även direkta mätningar kan göras.

Erforderliga fältundersökningar i detta skede är beroende av vilka förstärkningsåtgärder som är aktuella i det enskilda fallet. Generellt kan sägas att undersökningarna skall möjliggöra en totalanalys av effekterna av förstärk-

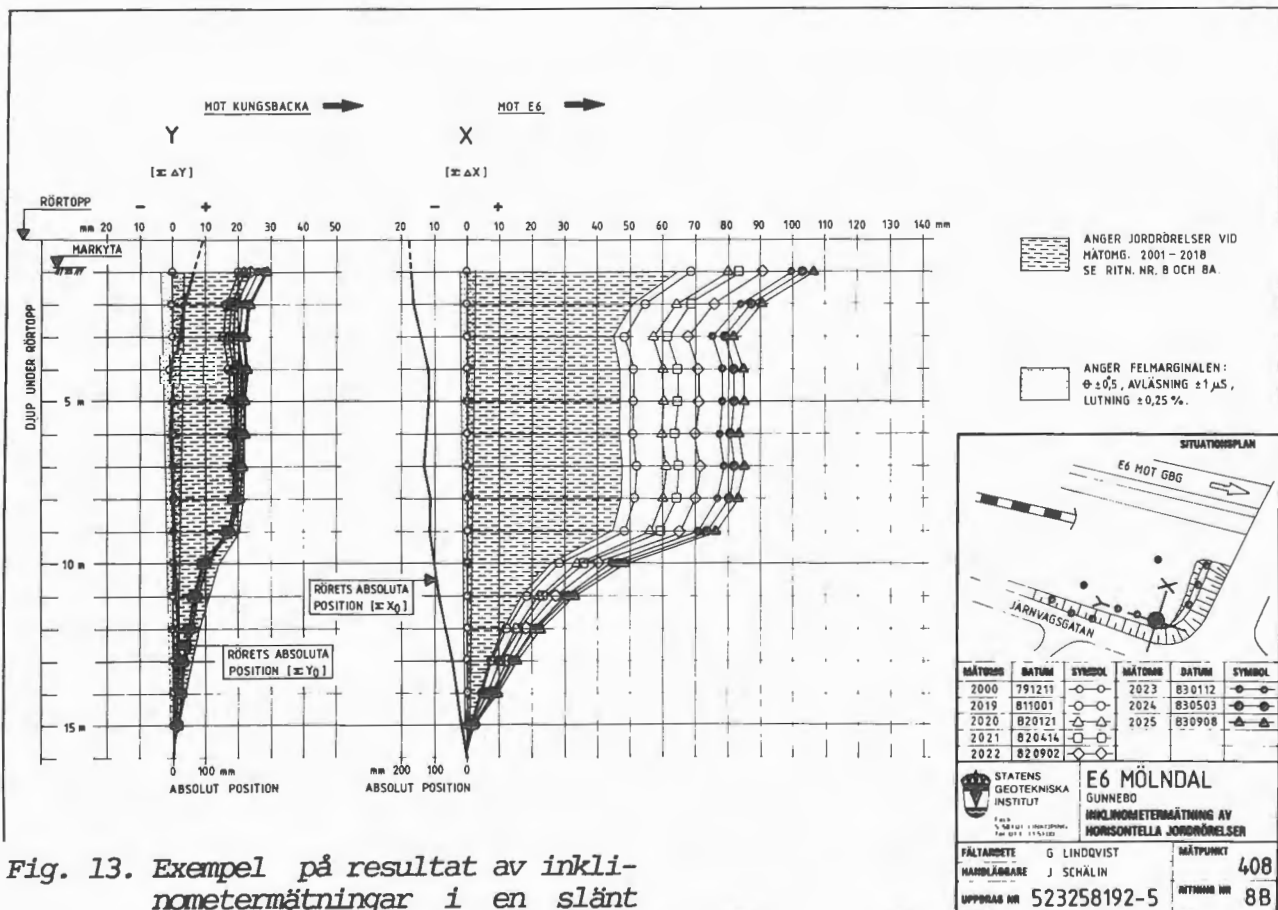


Fig. 13. Exempel på resultat av inklino-
metermätningar i en slänt
där jordrörelser förekommer.

ningsåtgärderna, vilket innebär att också effekterna på kringliggande stabila områden måste utredas. Som exempel på negativa effekter kan nämnas sättningsskador på byggnader pga grundvattnensänkning orsakad av dräneringsåtgärder i skredriskområdet.

Laboratorieundersökningarna i detta skede anpassas till utförda fältundersökningar, varför inga rekommendationer ges här.

8. REFERENSER

Bergdahl, U. (1984). Geotekniska undersökningar i fält. SGI Information 2, Linköping.

Larsson, R. (1982). Jords egenskaper, SGI Information 1, Linköping.

Larsson, R., Bergdahl, U., Eriksson, L. (1984). Utvärdering av skjuvhållfasthet i kohesionsjord. SGI Information 3, Linköping.

Stål, T. (1985). SGI:s verksamhet inom skredriskområden - en samhällsnyttig insats. I: Geotekniken i samhällsbygget. SGI Varia 164, s 35-38.

Stål, T., Viberg, L. (1985). Kartering av potentiella skredriskområden i Sverige. SGI Varia nr 55, Linköping.

Svenska Geotekniska Föreningen. Förslag till geotekniska laboratorieanvisningar del 2-9. Byggeforskningsrådet. Stockholm.

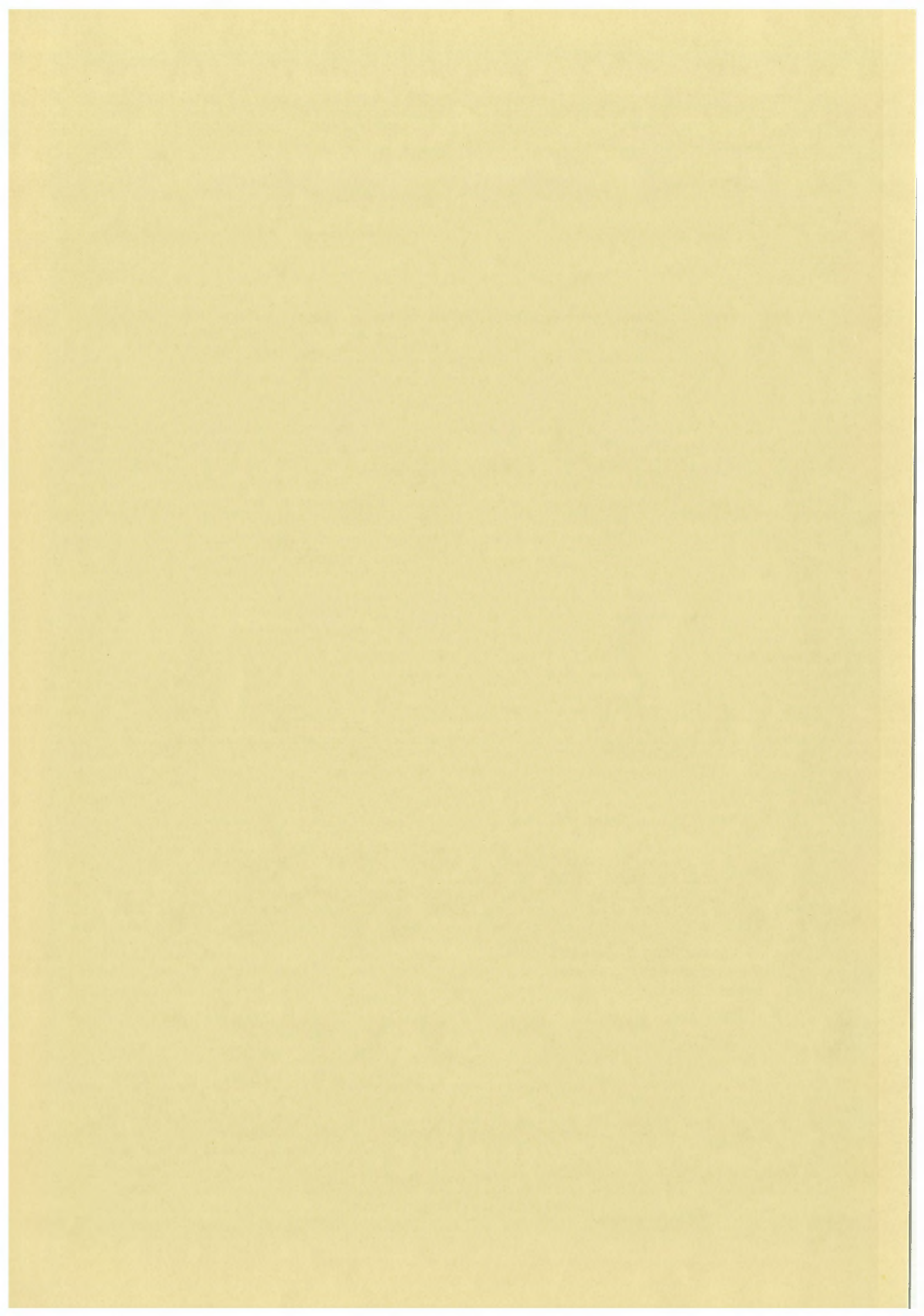
Svenska geotekniska föreningen (1979). Rekommenderad standard för sondering. Stencil.

Svenska geotekniska föreningen 1984-01-31. Rekommenderad standard för portryckssondering. Stencil.

Sällfors, G. (1984). Handbok för beräkning av slänters stabilitet. Byggeforskningsrådets rapport R53:1984, Stockholm.

Tekniska Nomenklaturcentralen, Geoteknisk Ordlista TNC 59, Stockholm 1975

Viberg, L. (1982). Kartering och klassificering av lerområdets stabilitetsförutsättningar. SGI rapport 15, Linköping.



Geoteknik är bl a grundläggningsteknik, jordförstärkning, markvärme och miljövård.

SGI bedriver forskning, information och konsultation inom geoteknikområdet.

□ Forskningen

har stark praktisk anknytning, t ex att utveckla undersökningsmetoder och förbättra kontrollen av skredfarliga områden.

□ Informationen

innebär att SGI bl a förmedlar kunskap till olika målgrupper. Föredrag, symposier, kursverksamhet, forskningsrapporter, handböcker och informationsblad är exempel på olika kanaler.

Världens geotekniska litteratur bevakas av SGI litteraturtjänst. Den egna databasen SGILINE innehåller drygt 40 000 dokument.

□ Konsultationen

omfattar bl a rådgivning, geotekniska undersökningar, grundläggningskontroll och mättekniska uppdrag. Vi arbetar åt såväl offentliga som privata beställare.

Statens geotekniska institut

Besöksadress: Olaus Magnus väg 35

Postadress: 581 93 Linköping

Telefon: 013-11 51 00

Telefax: 013-13 16 96