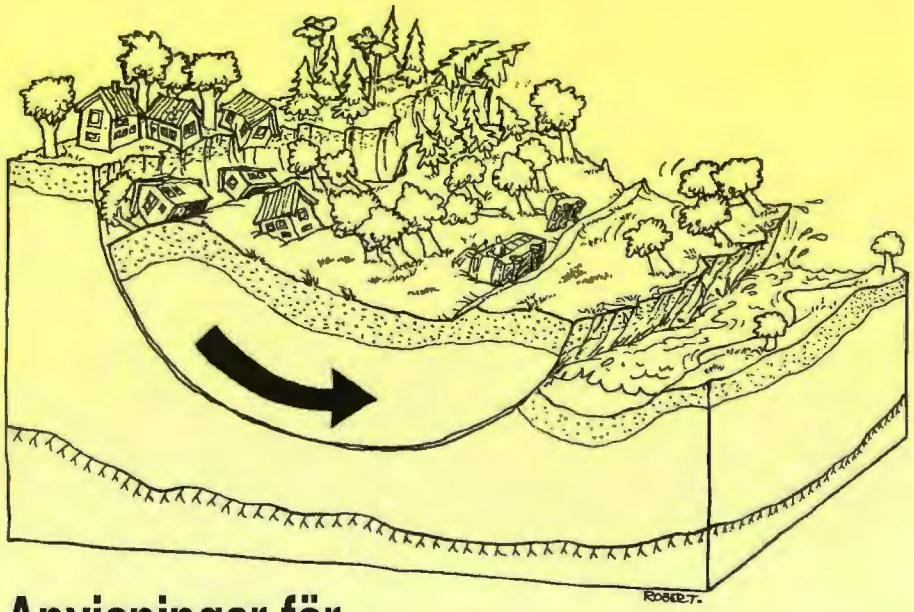
INGENJÖRSVETENSKAPSAKADEMIEN
ROYAL SWEDISH ACADEMY OF ENGINEERING SCIENCES

SKREDKOMMISSIONEN
COMMISSION ON SLOPE STABILITY



Anvisningar för släntstabilitetsutredningar

Information

Rapport 5:95 Linköping

INGENJÖRSVETENSKAPSAKADEMIEN
ROYAL SWEDISH ACADEMY OF ENGINEERING SCIENCES

SKREDKOMMISSIONEN
COMMISSION ON SLOPE STABILITY

Rapport 5:95

Anvisningar för släntstabilitetsutredningar

Information

Linköping 1996

Rapport | IVA Skredkommissionen
c/o Statens geotekniska institut
581 93 Linköping

Beställning | Statens geotekniska institut
Biblioteket
Tel: 013–20 18 04
Fax:. 013–20 19 09
E-post: info@swedgeo.se

ISSN | 1101-105X
ISRN | IVA/SKRED/R--95/5--SE

Upplaga | Tilltryck 2000 ex

Tryckeri | Roland Offset AB, Linköping, april 2001

Förord

Denna skrift är en av tre, som framtagits av IVA's Skredkommission, i syfte att höja och säkra kvaliteten i stabilitetsutredningar. De tre delarna av **Anvisningar för Släntstabilitetsutredningar** utgörs av

* **Anvisningsdel** - där kraven och metoderna redovisas i detalj.

* **Brukaranvisning** - som skall säkerställa att geoteknikern genomför de undersökningar och analyser som krävs i varje enskilt skede och det med rätt kvalitet.

* **Information** - som för lekmän redovisar hur arbetet med analysen av en slänt systematiskt drivs fram till beslut om eventuell åtgärd.

Denna del, **Information**, visar hur analyser av en slänts stabilitet genomförs med successivt ökande detaljeringsgrad. En utredning kan således avslutas så fort tillräckligt underlag för beslut har erhållits. Avslutningsvis redovisas exempel på olika förstärkningsåtgärder.

Anvisningarna vänder sig främst till geotekniker, konsulter och de myndigheter som har att granska utförda stabilitetsutredningar, men kan också tjäna som information till beställare av stabilitetsutredningar. De är utarbetade av kommissionen i samråd med en referensgrupp bestående av

Kenneth Axelsson, LuTH	**Elvin Ottosson**, SGI
Per-Evert Bengtsson, SGI	**Jan Schälin**, SGI
Per Engström, VBB-VIAK	**Eskil Sellgren**, J&W
Anders Fredriksson, ADG Grundteknik	**Göran Sällfors**, CTH
Rolf Larsson, SGI	**Peter Zackrisson**, Banverket
Marianne Nyberg, Vägverket	**Anna-Lena Öberg**, CTH
Folke Olsson, Göteborgs Förorter	

Medlemmarna i gruppen har också varit representanter för respektive organisationer.

Anvisningarna har remissbehandlats i en vid krets bestående av SGF, geotekniska konsulter, beställare, kommissionens medlemmar m. fl. Anvisningarna har också provtillämpats av ett antal geotekniska konsulter. Härigenom har värdefulla synpunkter och förslag erhållits som i stor utsträckning inarbetats i anvisningarna.

Syftet med anvisningarna är att höja och säkra kvaliteten på de utredningar av naturliga slänters stabilitet som utförs i Sverige. Detta görs genom

- att kombinera äldre erfarenhet med moderna undersökningsmetoder och den empiriska kunskap om jords egenskaper som vuxit fram på senare tid

- att tillse att undersökningarnas omfattning och kvalitet är tillräckliga för att utgöra ett gott bedömningsunderlag

- att de beräkningsmetoder som används är relevanta för det aktuella stabilitetsproblemet och i så stor omfattning som möjligt beakta alla kända faktorer av betydelse.

Syftet med anvisningarna är också att de skall leda till förbättrade stabilitetsutredningar utan att onödigtvis fördyra dem. Jämfört med tidigare praxis bedöms undersökningarnas kostnader och omfattning i de flesta fall bli i stort sett oförändrade. I vissa fall kan utredningarna bli mer omfattande, vilket å andra sidan kan medföra besparingar i förstärkningsåtgärder och förhindra skador orsakade av skred.

Avsikten är att anvisningarna skall tillämpas inom hela den fysiska samhällsplaneringen, såväl för kommunala planer som väg- och banutredningar och där behov finns att klarlägga stabilitetsfrågorna. Resultaten från stabilitetsutredningar måste därför även utformas så att de kan förstås av andra än geoteknisk expertis t. ex. planförfattare, kommunala förtroendemän, sakägare och andra som har ett väsentligt intresse av frågan.

I anvisningarna behandlas undersökningar, bestämning av beräkningsparametrar och metoder för beräkning av stabilitet i jord för främst svenska förhållanden. Eventuella kontroll- och uppföljningsmetoder för slänter med otillfredsställande stabilitet, vilka bland annat skall ställas i relation till ett omedelbart åtgärdande av stabiliteten och som måste bestämmas i samråd med beställare och eventuellt den lokala räddningsledningen, behandlas inte.

Anvisningarna är avsedda att kunna användas som ett fristående dokument och avsnitt ur tidigare skrifter, bl.a. handledningar i stabilitetsberäkning och SGI:s informationsskrifter, återges därför i tillämpliga delar. I vissa fall har dessa reviderats med hänsyn till nya kunskaper och erfarenheter. Det förutsätts dock att undersökningar i förekommande fall utförts enligt av SGF rekommenderad standard för fältundersökningar och svensk standard för laboratorieprovning.

Till alla som deltagit i utredningsarbetet, utfört provtillämpning, bidragit med remissvar, synpunkter och förslag riktas ett varmt tack.

Linköping i mars 1996

Skredkommissionen

Bakgrund

För att kunna bedöma om en slänt är stabil eller ej måste följande parametrar vara kända:

* Släntens geometri - såväl markyta som botten i vattendrag, framtida förändringar etc.

* Jordens utbredning och egenskaper - djup till berg, de olika jordlagrens utbredning och hållfasthet samt grundvattenytans läge.

Dessutom måste analysen ske med:

* Lämplig beräkningsmetod.

Kostnaderna, framförallt för bestämningen av jordlagrens utbredning och omfattning, stiger i takt med att kraven på noggrannhet ökar. Om en slänt med tillräcklig säkerhet kan bedömas som tillfredsställande stabil på basis av en begränsad undersökning, behöver mer omfattande undersökningar ej genomföras. Om en slänt å andra sidan måste förstärkas medför en omfattande utredning som regel att kostnaderna för förstärkningen blir betydligt mindre än vad som annars hade varit fallet. Avsikten med dessa anvisningar är att utredningen i varje enskilt fall skall drivas till den omfattning som ger den sammantaget lägsta kostnaden då såväl undersökning, markanvändning och förstärkningsåtgärder beaktas.

Stabilitetsutredningar

Stabilitetsutredningar skall ge underlag för:

bedömning av om ett område har

* stor sannolikhet för skred eller ras
* otillfredsställande stabilitet
* tillfredsställande stabilitet för nuvarande eller framtida markanvändning

bedömning med hänsyn till stabiltetsförhållandena av

* framtida bebyggelse och exploatering
* restriktioner
* mätning eller övervakning
* förstärkning
* utrymning
* ingen åtgärd (med hänsyn till nuvarande eller planerad markanvändning)

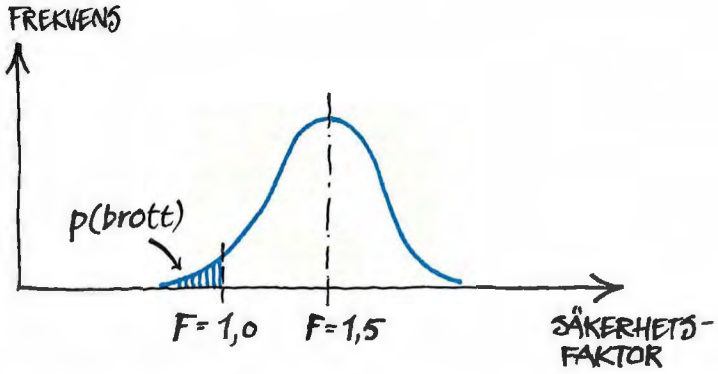
Inledningsvis skall en utredning ha begränsad omfattning. Detaljeringsgraden och omfattningen ökas stegvis tills underlaget blir tillräckligt för beslut. I varje steg skall tillgänglig information granskas, analyseras och utnyttjas på bästa sätt.

Arbetsgången vid stabilitetsutredningar skall därför omfatta ett eller flera av följande steg:

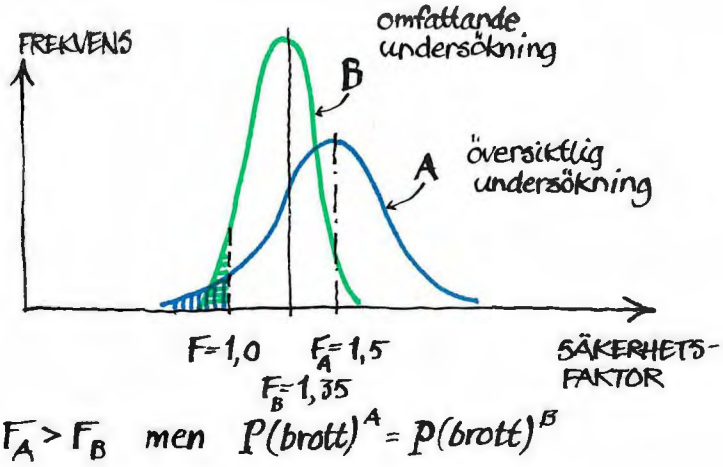
1. Geoteknisk besiktning och överslagsberäkning
2. Detaljerad utredning
3. Fördjupad utredning
4. Kompletterande utredning
5. Förslag till förstärkning/åtgärd/restriktion

Beräkningarna resulterar bl a i en säkerhetsfaktor som benämns F_c, $F_{c\varphi}$, F_ϕ eller F_{komb}, beroende på vilken analysmetod som använts.

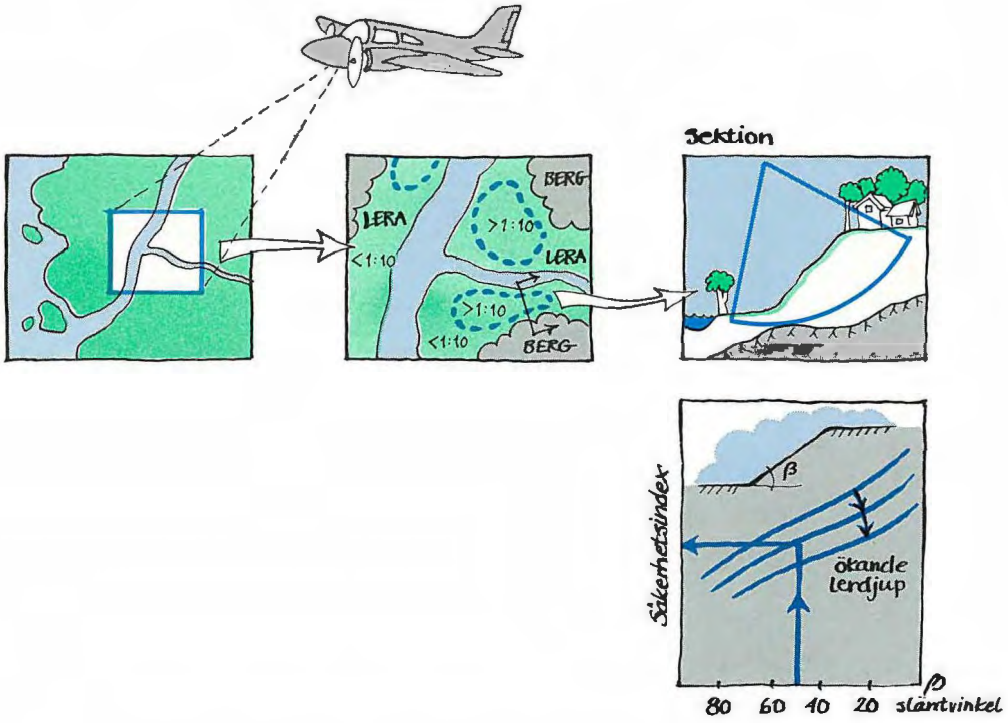
Formellt är en slänt stabil om säkerhetsfaktorn F är större än 1, och slänten förväntas rasa om F är mindre än 1. Eftersom det finns en osäkerhet i alla beräkningar har F emellertid en viss statistisk spridning.



Alltså finns, även om F är större än 1, en viss sannolikhet att en slänt skall rasa, (P (brott) är större än 0). Egentligen innebär **tillfredsställande stabilitet** att brottsannolikheten är tillräckligt liten. Det blir då uppenbart att ju mer omfattande den geotekniska undersökningen är, desto mindre är osäkerheten (spridningen hos säkerhetsfaktorn). Man kan alltså acceptera en lägre säkerhetsfaktor vid en omfattande utredning än vid en översiktlig undersökning, utan att sannolikheten för skred blir större.



Steg 1. Geoteknisk besiktning och överslagsberäkning



I steg 1 upprättas några typsektioner. Jordens hållfasthet och vattentryck väljs på den säkra sidan och en slänts stabilitet bedöms med hjälp av överslagsberäkningar.

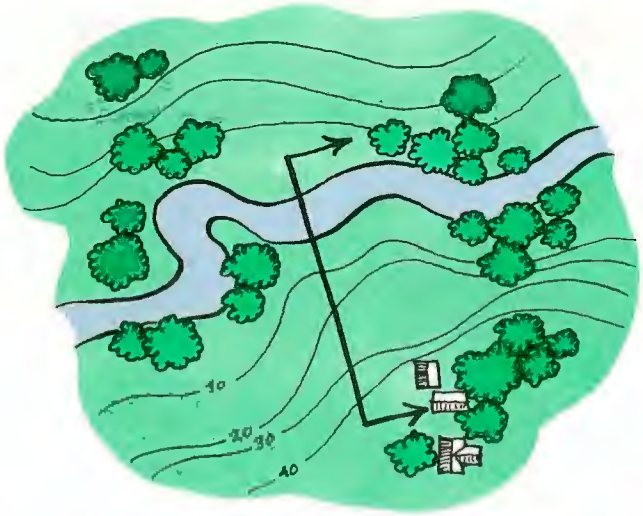
Slänten bedöms i steg 1 som tillfredsställande stabil om säkerhetsfaktorn är betydligt större än 1. Hur stor säkerhetsfaktor som krävs beror på jordart och analysmetod. I anvisningarna anges för steg 1 följande krav:

$F_c > 2$ och $F_{c\phi} > 1{,}5$

Vid lägre säkerhetsfaktorer eller vid utbyggnad eller annan exploatering skall utredningen utvidgas. Vid nyexploatering är det ett minimikrav att det genomförs en detaljerad utredning.

Steg 2. Detaljerad utredning

Steg 2 innebär att man genomför en detaljerad utredning.



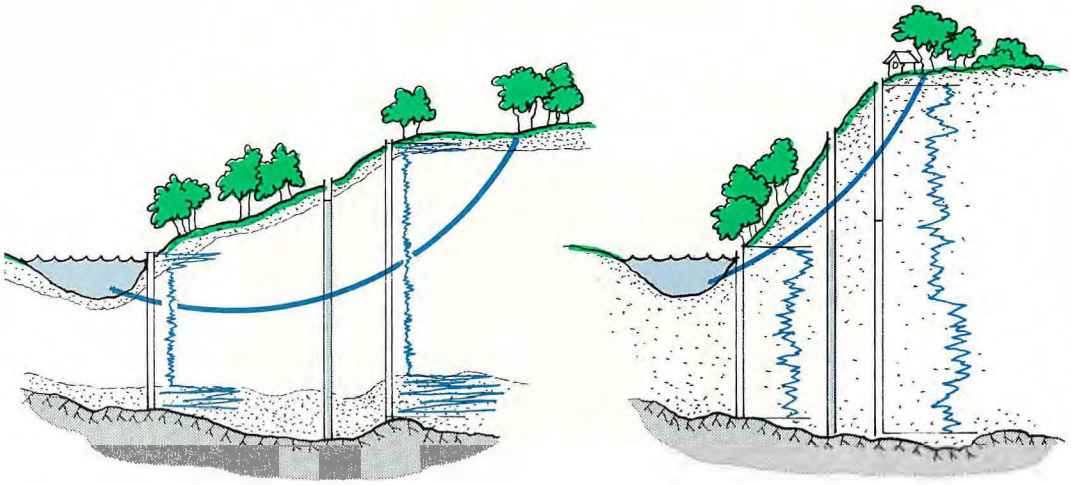
I sektioner, som vid överslagsberäkningen befunnits vara särskilt ansträngda, genomförs fält- och laboratorieundersökningar i sådan omfattning att geometri, hållfasthet och vattentryck i jorden kan bestämmas, om än med viss osäkerhet.

Beräkningsmetoden väljs med hänsyn till aktuell jordart, vilket innebär att säkerhetsfaktorn beräknas med dränerad analys (F_ϕ) för friktionsjord[1], medan man för kohesionsjord[2] använder odrän-erad (F_c) och kombinerad analys (F_{komb}). En slänt klassas normalt som tillfredsställande stabil i steg 2 om

friktionsjord: $F_\phi \geq 1{,}3$

kohesionsjord: $F_c \geq 1{,}7 - 1{,}5$ och $F_{komb} \geq 1{,}45 - 1{,}35$

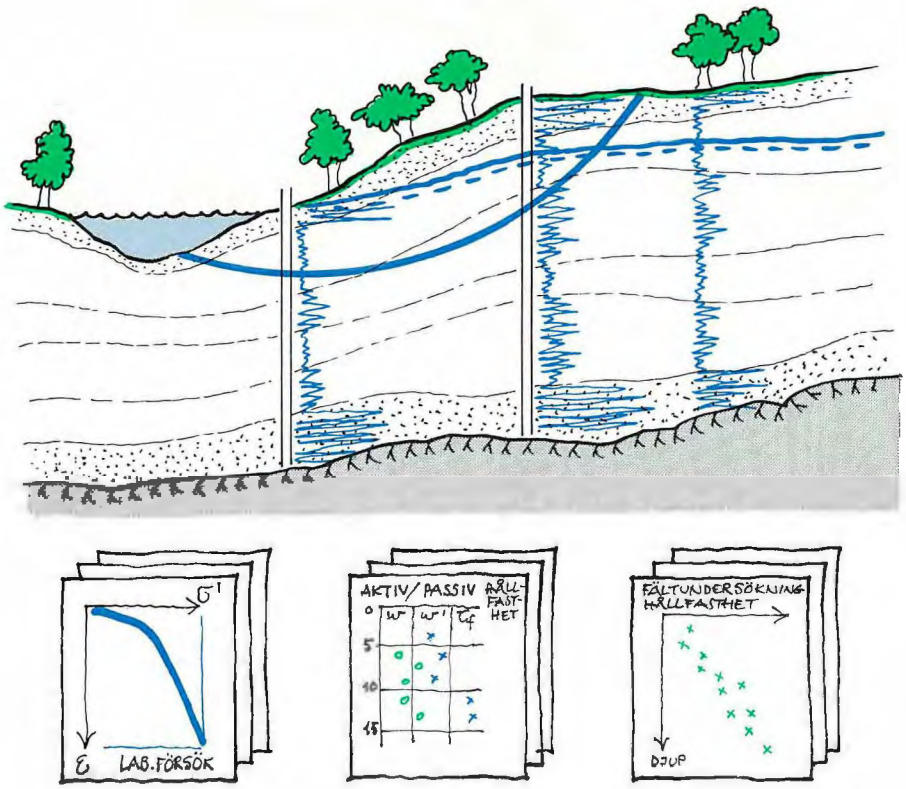
1 friktionsjord: sand och grus
2 kohesionsjord: lera och leriga jordar



Erforderlig säkerhetsfaktor (F) inom intervallet väljs enligt riktlinjer i anvisningsdelen med hänsyn till gynnsamma och ogynnsamma förhållanden. De angivna värdena på säkerhetsfaktorn skall gälla vid såväl nyexploatering som för befintlig bebyggelse. Lägre värden kan godtas vid annan markanvändning.

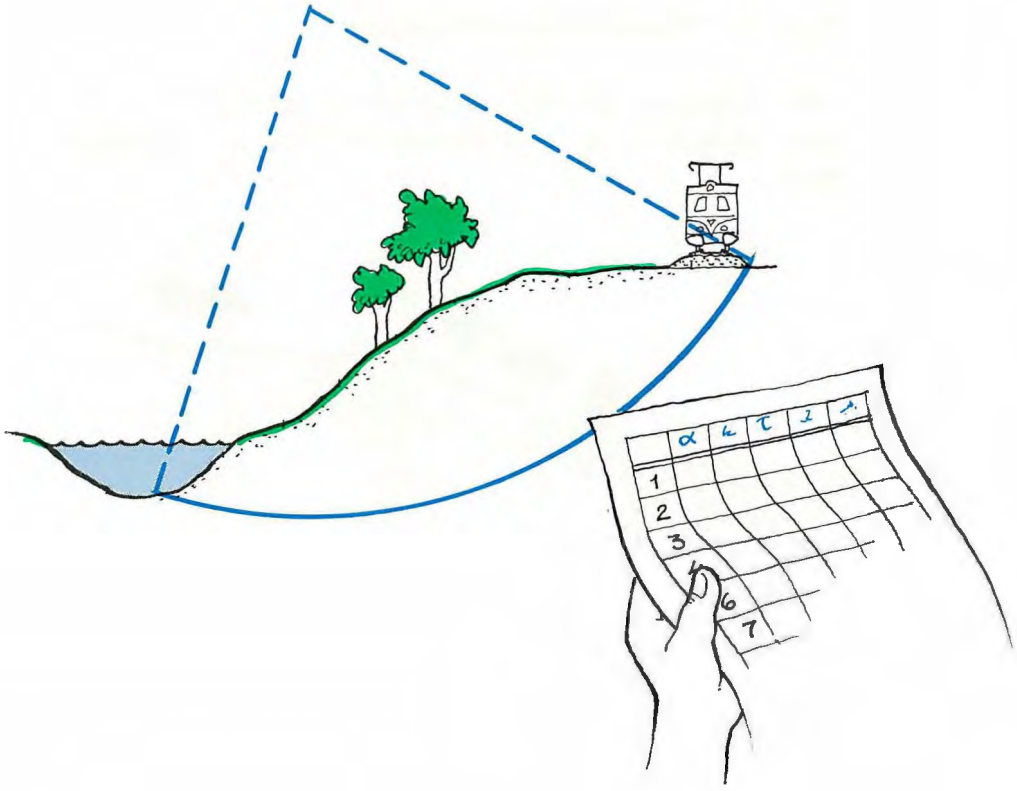
Steg 3. Fördjupad utredning

I steg 3 fördjupas fält- och laboratorieundersökningarna så att geometri, hållfasthet och vattentrycksförhållanden kan bestämmas i detalj.



Beräkningarna utförs för godtyckliga glidytor, dvs såväl cirkulärcylindriska som plana och sammansatta. För friktionsjord används dränerad analys (F_ϕ) och för kohesionsjord odränerad (F_c) och kombinerad (F_{komb}) analys. Detaljerade beräkningsresultat skall redovisas för den farligaste glidytan.

Beslut om förstärkningsåtgärd skall grundas på en kvalificerad bedömning av bl a säkerhetsfaktor, spridning i mätvärden, konsekvenser mm. Därvid skall olika förstärkningsåtgärder värderas och översiktligt dimensioneras.



Slänter klassas normalt som tillfredsställande stabila om för

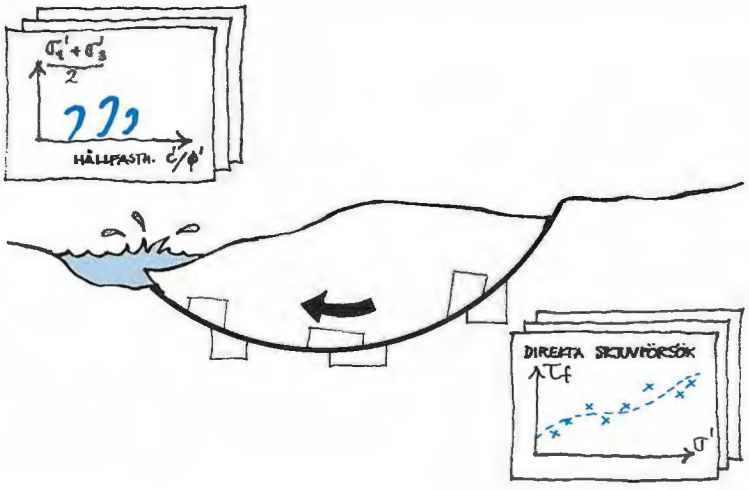
friktionsjord: $F_\phi \geq 1{,}3$

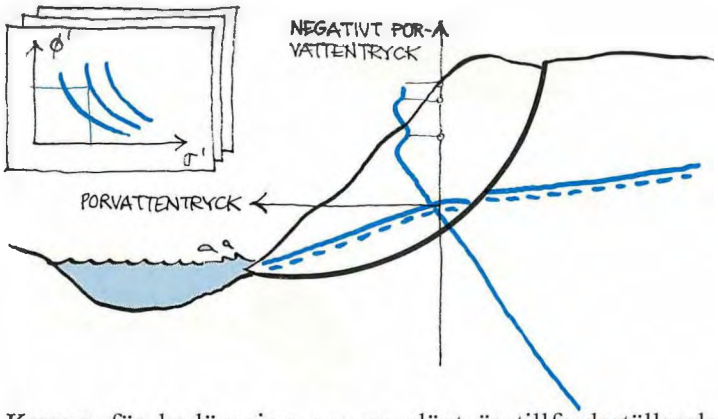
kohesionjord: $F_c \geq 1{,}5 - 1{,}4$ och $F_{komb} \geq 1{,}35 - 1{,}30$

Erforderlig säkerhetsfaktor inom intervallet väljs enligt riktlinjer i anvisningsdelen med hänsyn till gynnsamma och ogynnsamma förhållanden. De angivna värdena på säkerhetsfaktorn skall gälla vid nyexploatering. För befintlig bebyggelse kan lägre värden accepteras under förutsättning att vissa restriktioner införs. Lägre värden kan också godtas vid annan markanvändning.

Steg 4. Kompletterande utredning

Den kompletterande utredningen skall ge underlag för bedömning av bl.a. anisotropi hos jordens hållfasthet (olika egenskaper i olika riktningar), vilket kan inverka gynnsamt på stabiliteten. Vidare skall den kompletterande utredningen bilda underlag för dimensionering och kostnadsberäkning av eventuella förstärkningsåtärder. Även konsekvenser för omgivande mark och bebyggelse skall utredas.





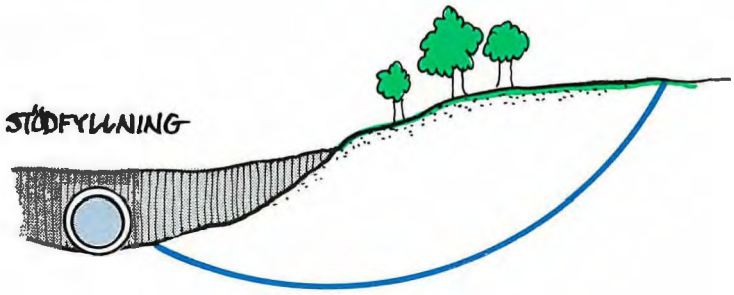
Kraven för bedömning om en slänt är tillfredsställande stabil är desamma som vid fördjupad utredning.

Steg 5. Dimensionering av förstärkningsåtgärder

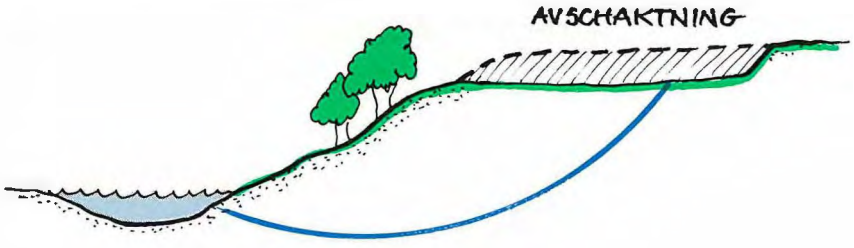
I steg 5 övervägs, dimensioneras och kostnadsberäknas olika förstärkningsåtgärder. Val av förstärkningsåtgärd sker bl. a. på basis av lämplighet för den aktuella jordarten, tillgängligt utrymme, hänsyn till miljö- och naturintressen mm. Nedanstående figurer visar olika exempel på förstärkningsåtgärder.

Återställning av slänt och utläggning av erosionsskydd:

Stödfyllning vid släntfot:

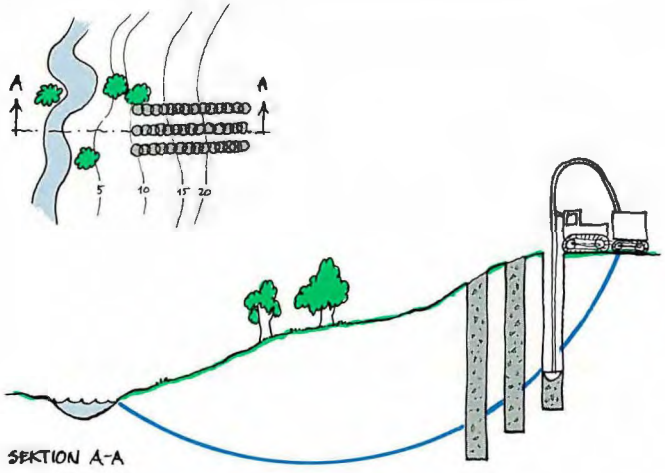


Avschaktning av släntkrön:

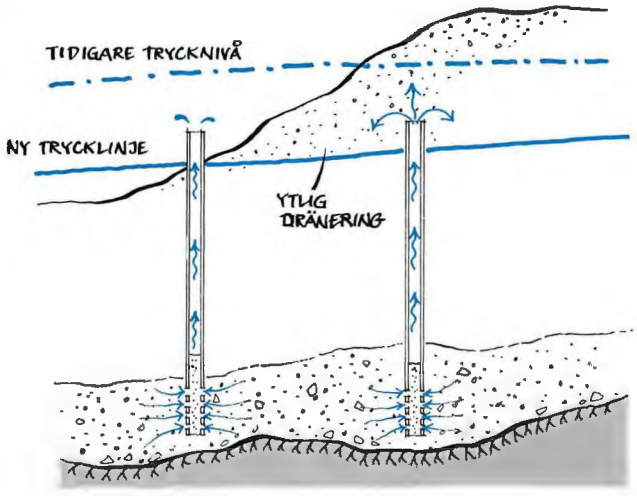


Utflackning av slänt:

Förstärkning av jord med kalk/cementpelare:



Sänkning eller begränsning av grundvattentryck:



Jordspikning

Det är viktigt att valet av förstärkningsåtgärd syftar till att motverka den egentliga orsaken till den otillfredsställande stabiliteten.

Det slutgiltiga valet av förstärkningsmetod beror på de konsekvenser ett eventuellt skred kan få, hur stor spridning (osäkerhet) som erhållits för jordens hållfasthet och grundvattentryck, kostnaderna mm.

Publikationer utgivna av Skredkommissionen

RAPPORT

1:89 **Mätning av spänningar och deformationer i slänter**
Karin Rankka, Björn Möller, Göran Sällfors

2:89 **Spänningar och deformationer i slänter - praktikfall**
Björn Möller, Karin Rankka, Göran Sällfors, Helen Åhnberg

1:90 **Ansvars- och ersättningsfrågor vid ras och skred**
Siv Ann Andermyr
Rapporten utarbetad på uppdrag av arbetsgruppen för kunskapsförmedling

2:90 **Ras och skred i Sverige**
Börje Stigler, Per Ahlberg, Curt Fredén, Sven Olofsson, Stig Sjöstedt

1:91 **Mätning av jordtryck och horisontalrörelse. Redovisning av tre projekt**
Hjördis Andersson, Inge Brorsson, Karin Rankka, Göran Sällfors

2:91 **Släntstabilitetsberäkningar med klassiska beräkningsmetoder En jämförelse mellan olika beräkningsprogram**
Lars Johansson, Kennet Axelsson

1:94 **Erosionsskydd i samband med förstärkningsåtgärder för slänter**
Folke Ohlsson, Anders Hallingberg, Lars Johansson, Marianne Nyberg

2:94 **Övervakningssystem för lerslänter. Beskrivning av förekommande instrument och metoder**
Folke Ohlsson, Anders Hallingberg, Lars Johansson, Marianne Nyberg

3:94 **Ansvars- och ersättningsfrågor vid ras och skred**
Siv Ann Andermyr
(2:a upplagan, ersätter Rapport 1:90)

1:95 **Kostnadsansvar vid skred - fyra tänkbara situationer**
Arbetsgruppen för kunskapsförmedling

2:95 **Naturvärden och miljökonsekvenser i samband med stabilitetsarbeten**
Mats Lindqvist, Ola Sjöstedt

Anvisningar för släntstabilitetsutredningar

3:95 **Anvisningsdel**

4:95 **Brukaranvisning**

5:95 **Information**

INFORMATION

1:90 **Säkerhet i grund och botten**
Arbetsgruppen för kunskapsförmedling

FAKTABLAD

April 1992 **Stabilitetsutredning, tekniskt faktablad**
Arbetsgruppen för släntbeteende

VIDEOFILM

Sept. 1992 **Ras och skred - säkerhet i grund och botten med tillhörande texthäfte**
Arbetsgruppen för kunskapsförmedling

ARBETSRAPPORT

Febr. 1990 **Åtgärdskalender - Exempel. Räddningsledares åtgärdskalender vid överhängande fara för skred eller ras**
Arbetsgruppen för kunskapsförmedling

Febr. 1990 **Ras- och skredfrågor i plan- och byggprocessen**
Arbetsgruppen för kunskapsförmedling

Febr. 1990 **Ras- och skredfrågor i plan- och byggprocessen**
Underlag för exempel på planbestämmelser som berör ras- och skredproblem
Arbetsgruppen för kunskapsförmedling

1:92 **Inventering av beräkningsprogram i Sverige inom området slänters stabilitet**
Hjördis Andersson, Per-Evert Bengtsson

1:94 **Anvisningar för släntstabilitetsutredningar** (Remiss)
Arbetsgruppen för släntbeteende

2:94 **Information om Anvisningar för släntstabilitetsutredningar**
(Remiss)
Arbetsgruppen för släntbeteende

3:94 **Anvisningar för släntstabilitetsutredningar. Brukaranvisning**
(Remiss)
Arbetsgruppen för släntbeteende

Distribution: Statens geotekniska institut, Biblioteket
581 93 Linköping, Tel: 013-20 18 04, Fax: 013-20 19 14

c/o Statens geotekniska institut
581 93 Linköping
Tel. 013-20 18 00, Fax. 013-20 19 14