

Karin Lundström  
Karin Odén  
Wilhelm Rankka



**SCHAKTA SÄKERT**  
Säkerhet vid schaktning i jord

# SCHAKTA SÄKERT

Säkerhet vid schaktning i jord



svenskbyggjänst

Karin Lundström  
Karin Odén  
Wilhelm Rankka

Förlag och distribution  
AB Svensk Byggtjänst  
113 87 Stockholm  
Telefon 08-457 10 00  
[www.byggtjanst.se](http://www.byggtjanst.se)

© 2015 AB Svensk Byggtjänst och Statens geotekniska institut/SBUF

Grafisk form: Beate Pytz

Omslagsfoto: Anna Kjörsvik. Bilden visar förläggning av huvudvattenledning PE800 på objekt VA Eriksberg, Karlstad. Släntlutning 1:1,5, djup cirka 2,5 meter. (bilden retuscherad)

Illustrationer: Ingela Jondell

Foto: Upphovsrätten till fotografier tillhör PEAB, SEKO, SGI, SGU, SKANSKA och Trafikverket om inget annat anges.

eISBN 978-91-7333-737-3

# FÖRORD

Det krävs kunskap, erfarenhet och uppmärksamhet för att schakta i jord på ett säkert sätt. Vi vill med denna skrift förmedla kunskap om hur man utformar och utför schaktningsarbete på ett säkert sätt.

Jordlagrens sammansättning och egenskaper varierar både i markytan och på djupet. De flesta jordar har olika egenskaper beroende på mängden vatten i jorden. Detta kan ställa till med problem eftersom vattenförhållandena i jorden ändras med årstid och nederbörd. Strömmande vatten i jorden, till exempel till följd av länshållning, försämrar stabiliteten och strömmande vatten på markytan kan leda till erosion. Att före schaktning bestämma exakt hur det ser ut under markytan och exakt hur jorden kommer uppföra sig är inte möjligt. Schaktarbetet måste hela tiden anpassas till rådande förhållanden och det går inte att schablonmässigt bestämma arbetsätt, släntlutning med mera. Typförhållanden och förslag på utföranden måste alltid kontrolleras mot verkligheten.

Schaktning som görs med för låg säkerhetsmarginal har bland annat orsakat ras i schaktslänter och brott i stödkonstruktioner. Många har fått allvarliga konsekvenser, ibland med dödlig utgång. En förutsättning för säker schaktning är att de geotekniska förhållandena klarläggs redan på projekteringsstadiet och att dessa följs upp under arbetets gång. Säker schaktning uppnås när arbetena leds och genomförs av tillräckligt kunnig och erfaren personal som följer upp jord- och vattenförhållandena och anpassar arbetsättet efter dessa.

Skriften har sammanställts av Karin Lundström, Karin Odén och Wilhelm Rankka på Statens geotekniska institut i samarbete med en referensgrupp bestående av representanter från GeoVerkstan (Gunilla Franzén, sektorutredare för mark och grund i AMA Anläggning 13), Arbetsmiljöverket (Frida Lindmark), NCC (Staffan Hintze), PEAB (Anders Palmén), SGI (Per-Evert Bengtsson), SKANSKA (Sven Liedberg), SEKO (Lotta Berge), Sveriges Byggindustrier (Peter Nilsson), SVEVIA (Jan Salkert) och Trafikverket (Lovisa Moritz).

Denna skrift är en omarbetning av och ersätter *Schakta säkert* utgiven 2003 av Arbetsmiljöverket och SGI på Arbetsmiljöverkets förlag (ISBN 978-91-7464-464-7).

Arbetet har finansierats av Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF) och de medverkande organisationerna.

Skriften är fritt nedladdningsbar från Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond ([www.sbuf.se](http://www.sbuf.se)) och från SGI ([www.swedgeo.se](http://www.swedgeo.se)).

Stockholm i maj, 2015

# INNEHÅLL

<b>FÖRORD</b>	<b>3</b>
<b>INNEHÅLL</b>	<b>5</b>
<b>1 INLEDNING</b>	<b>7</b>
<b>2 OLYCKSRISKER</b>	<b>9</b>
<b>3 JORD</b>	<b>17</b>
3.1 Jordars kännetecken och beteende	20
3.2 Undersökningar av geotekniska förhållanden	33
<b>4. GEOTEKNISK DIMENSIONERING</b>	<b>35</b>
4.1 Föreskrifter	35
4.2 Geotekniska handlingar	36
<b>5 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR GOD ARBETSMILJÖ VID SCHAKTNING</b>	<b>39</b>
5.1 Arbetsmiljöarbete före byggstart	40
5.2 Arbetsmiljöarbete under byggskedet	44
<b>6. UTFÖRANDE AV SCHAKTARBETE</b>	<b>49</b>
6.1 Laster mot schaktväggar	50
6.2 Schaktarbete i lera	51
6.3 Schaktarbete i silt	59
6.4 Schaktarbete i sand och grus	65
6.5 Schaktarbete i skiktad jord	69
6.6 Schaktarbete i morän	71
6.7 Schaktarbete i fyllning	74
6.8 Schaktarbete i små och djupa schakter	74
6.9 Utförande med slänt	75
6.10 Utförande med stödkonstruktion	79

<b>7. KONTROLL OCH ÖVERVAKNING AV SCHAKTER</b>	<b>85</b>
7.1 Kontrollplan	85
7.2 Besiktning	86
7.3 Mätningar	88
<b>8 LITTERATURLISTA</b>	<b>91</b>
<b>BILAGOR</b>	<b>93</b>
<b>Bilaga 1</b> Klassificering av jordarter baserat på kornfraktioner	95
<b>Bilaga 2</b> Geologiskt underlag och geotekniska undersökningar	97
<b>Bilaga 3</b> Checklista inför produktionsstart	105
<b>Bilaga 4</b> Checklista daglig kontroll	109
<b>Bilaga 5</b> Mall arbetsberedning	113
<b>Bilaga 6</b> Typsektioner för grunda schakter	117
<b>SAKORDSREGISTER</b>	<b>124</b>

# 1 INLEDNING

Enligt statistik från Arbetsmiljöverket är de branscher som har flest arbetsplatsolyckor med dödlig utgång byggverksamhet, jord- och skogsbruk, tillverkning samt transport och magasinering. Under åren 2007–2013 har det i genomsnitt dött 10 byggnadsarbetare per år – nästan en person i månaden. Utöver det skadas flera tusen personer varje år under sitt arbete.

Att gräva i jord innebär ett risktagande. Varje år inträffar olyckor vid schaktarbeten, en del av dem med dödlig utgång. Att hamna under jordmassor från en 1–2 m djup jordschakt motsvarar att få 2–3 ton över sig, vilket är tillräckligt för att orsaka stora kroppsliga skador och i värsta fall kväva en människa.

Det finns en tendens att risker på byggarbetsplatsen underskattas och att brister inte upptäcks eller att de som upptäcks inte åtgärdas. För att uppnå en säker arbetsmiljö krävs därför

1. kompetensutveckling genom råd och utbildningar,
2. att både arbetsgivare och anställda följer de regler och anvisningar som finns och slår larm vid brister samt
3. att kunskap och råd görs lättillgängliga, exempelvis genom skrifter och information på webbplatser.

Schaktningsarbeten får påbörjas och utföras endast under ledning av kompetent person (Arbetsmiljöverkets föreskrifter om byggnads- och anläggningsarbete). Entreprenörsskolan inom Sveriges Byggindustrier har tillsammans med branschföreträdare tagit fram en utbildning för dem som ska leda schaktarbeten, kursen *Säker schakt*. Inom kursen kallar man den som ska leda arbetena för ”schaktansvarig”. I omarbetningen av denna skrift har materialet från *Säker schakt* inarbetats och denna skrift kan ses som en sammanställning av och ett komplement till undervisningen som ges i *Säker schakt*.

Denna skrift är en vägledning för att åstadkomma en säkrare arbetsmiljö i arbetet med schaktning. Skriften är en omarbetning av och ersätter *Schakta säkert* utgiven 2003 (utgiven av Arbetsmiljöverket och SGI).

Skriften vänder sig till den som ansvarar för schaktarbeten (schaktansvarig) och de som arbetar på byggarbetsplatsen, till exempel platschef, Byggarbets-



miljösamordnare Utförande (BAS-U), arbetsledare, grävmaskinister, kontrollanter och skyddsombud. Den vänder sig även till andra som vill få större kunskap, aktualisera sina kunskaper och för att få stöd i sin kommunikation med den blivande byggarbetsplatsen.

En säker arbetsmiljö kräver att schakter och stödkonstruktioner är stabila samt att det finns bra skydd för personal och människor i närheten av arbetsplatsen. Arbetsmiljöverkets anvisningar ska följas.

## Läsanvisning

Denna skrift inleds med en kortfattad beskrivning av de risker som kan uppstå vid schaktarbeten. Därefter beskrivs våra olika jordarter och deras egenskaper, vilka regelverk som styr dimensionering av schakter, hur man skapar en god arbetsmiljö, förutsättningar för att schakta med slänt respektive stödkonstruktion och slutligen beskrivs hur schaktarbete bör övervakas.

Varje avsnitt innehåller omfattande beskrivningar av problem och lösningar i löpande text. Denna text är avsedd för den som vill få en mer ingående förklaring och förståelse av problematiken.

För dem som endast vill få en övergripande beskrivning, finns i början av de flesta avsnitten rutor kallade *Fakta i korthet* vilka sammanfattar de väsentligaste delarna av avsnittet.

### FAKTA I KORTHET

- Laster mot schaktväggar kan komma från upplag, byggmaskiner, byggnader och grundvatten.
- Laster kan också uppstå på grund av tjäle, vibrationer och pålning.

*Illustrationer* i form av foton eller ritade figurer finns oftast i direkt anslutning till texten varför det inte görs några hänvisningar i texten till figurerna.

I kapitel 4 och 5 finns rutor kallade *Vem har ansvar*. Där beskrivs kortfattat vem som har ansvar för arbetsmiljön på arbetsplatsen.

### VEM HAR ANSVAR?

#### Totalentreprenad

I en totalentreprenad åligger det entreprenören att utifrån de geotekniska förhållandena och den efterfrågade slutliga konstruktionen ta fram en genomförbar lösning. Det är därmed entreprenören som tar fram såväl släntlutningar som dimensionerar eventuella temporära konstruktioner.

#### Utförandeentreprenad

I en utförandeentreprenad är det entreprenörens uppdrag att utföra och

färdigställa den föreslagna konstruktionen. Byggherren ansvarar för att i bygghandlingen redovisa ett förslag avseende markarbetena som är genomförbart även med hänsyn till arbetsmiljö, det vill säga schaktslänter med tillräcklig säkerhetsnivå. Om byggherren har föreskrivit stödkonstruktioner i bygghandlingen, är det dock entreprenörens ansvar att dimensionera dessa temporära konstruktioner med tillräcklig säkerhet.

I kapitel 5 finns *grå rutor* som kortfattat redovisar vilka lagar och regler som måste följas och vilka verktyg och vägledning för detta som finns framtagna.

I många avsnitt finns *Tänk på*-rutor. I dessa lyfts speciellt angelägna problemställningar fram och ibland ges även lösningar till dessa i rutan.



Om du tror det finns en risk att en last är för stor eller att konstruktionen inte är dimensionerad för den aktuella lasten – meddela schaktansvarig!

Påning och vibrationer från trafik och byggmaskiner kan leda till ökade laster mot schaktväggar.

I bilagor finns bland annat checklistor som är lämpliga att använda före produktionsstart och under det dagliga schaktarbetet.



## 2 OLYCKSRISKER

Den mest påtagliga risken vid schaktning är att begravas helt eller delvis under jordmassor eller skadas av stenar, maskiner och tung utrustning. Jord är tung – den väger nästan 2 ton/m<sup>3</sup>. Skador har ofta inträffat vid relativt grunda schakter. Troligen beror detta på att djupet är tillräckligt för att förolycka en människa vid ett ras, men inte tillräckligt djupt för att upplevas som ett hot. Andra risker är klämskador, att sjunka ner i lös mark eller att utsättas för gaser, farliga ämnen eller syrebrist.

Många olyckor som inträffar i samband med schaktning kan förebyggas. Genom att veta mer om hur jord och vatten fungerar, kan man undvika olyckor. Många schaktslänter har rasat för att schakterna utformas med en alltför brant släntlutning eller att man inte har följt angivna anvisningar om exempelvis upplagsplatser eller hur grundvattenförhållanden ska hanteras.

Viktigt att tänka på är att en schakt är inte bara en tillfällig grop utan en konstruktion och arbetsplats!

En bra och säker arbetsmiljö förutsätter att man arbetar förebyggande och har en väl genomtänkt plan för utförandet. Det är viktigt att alla som medverkar i ett projekt samverkar och är delaktiga i arbetet med att åstadkomma en tillfredställande arbetsmiljö. Alla som arbetar på arbetsplatsen bör ha kunskaper om vilka risker som finns och hur de kan minskas.

I det här kapitlet ger vi några exempel på schakter där ras eller andra problem har uppstått eller skulle kunna ha uppstått.

### FAKTA I KORTHET

- Största risken vid schaktning är att begravas under jordmassor eller utrustning.
- Många olyckor har inträffat för att man har schaktat med för brant lutning eller inte har följt anvisningar för exempelvis upplag och grundvattenförhållanden.
- I detta avsnitt ges exempel på inträffade schaktningsolyckor.

---

**Fig. 1.** Denna schakt rasade på grund av att släntlutningen var för brant och inte följde anvisningar i handlingarna. Grävmaskinisten klarade sig bra men det kunde gått illa. Om man under pågående schaktarbeten upptäcker att jordlagren eller dessas egenskaper avviker mot upprättade handlingar är det viktigt att man tar hjälp av sakkunnig för att bestämma en ny lämplig släntlutning och schaktdjup.



---

**Fig. 2.** Denna schakt rasade på grund av att man utförde en alltför lång schaktetapp i förhållande till jordarnas tekniska egenskaper och anvisningarna i framtagna handlingar.





**Fig. 3.** Denna schakt rasade på grund av att för stor belastning (schaktmassor) lagts upp nära släntkrön. Val av rätt storlek på maskiner i kombination med gränser för var och hur nära schaktslätten som laster och maskiner får placeras är viktigt. Begränsningslinjer för minsta avstånd mellan last och schakt kan märkas ut med käppar eller avspärningar.



**Fig. 4.** När denna va-schakt rasade ledde det till att en person omkom. Raset orsakades av att man schaktade med för brant lutning, att man inte reagerade på att jordlagerförhållandena inte överensstämde med handlingarna och att schaktens stabilitet påverkades negativt av rådande väderlek som i detta fall var varmt och soligt vilket torkade ut jorden (schakten stod öppen länge).

---

**Fig. 5.** I denna schakt inträffade ingen olycka men bilden visar på underskattning av risker. Upplaget för körplåten till höger har börjat ge vika och rasat ut i schakten. En alltför brant släntlutning i kombination med dåligt stöd för plåten är orsaken till detta. Utformningen skulle, om den inte uppmärksammats av en vaksam person, kunna ha lett till att körplåtarna hade rasat ner i schakten med fara för såväl gång- som biltrafikanter. En geotekniker och/ eller konstruktör borde i detta fall ha tagit fram anvisningar för schaktens släntlutning, "broarnas" utformning inklusive hantering av förankring för upptagande av bromskrafter på bron.



---

**Fig. 6.** Denna spontkonstruktion kollapsade på grund av att man använt en för liten konstruktion.



**Fig. 7.** Vissa jordar är känsliga för erosion av rinnande vatten i eller på slänten. I denna schaktslänt syns spår av erosion. Erosion kan leda till större ras speciellt om erosionen sker i släntfot.



**Fig. 8.** Denna schakt rasade inte men vibrationer i närheten av schaktslänter kan orsaka ras, speciellt om slänterna är branta. I blockrika jordar finns även en risk för blockutfall.





**Fig. 9.** Här visas en schaktbotten vars bärlighet försämrades betydligt då man inte hade kontroll på grundvattenflödet in under schakten. Grundvattenflöden kan dra med sig jordpartiklar ut ur jorden och orsaka piping (rörbildning) med låg bärlighet som följd.



**Fig. 10.** Detta exempel visar att det vid ett inträffat skred gäller att göra rätt saker så att man inte förvärrar situationen. Vid schaktarbeten för en ny vattenledning gick ett litet skred. Skredet medförde att tidigare lagda fjärrvärmeledningar, som låg i närheten av de nya schaktarbetena, lyftes. Därefter schaktades de uppträngda jordmassorna bort. Denna åtgärd ledde till ytterligare ett skred, denna gång med större konsekvenser. Om man hade kontaktat en geotekniker före åtgärden skulle ytterligare skred kunnat förhindras.

### 3 JORD

Jorden består huvudsakligen av mineralkorn som krossats, blandats, transporterats och avsatts under och efter den senaste istiden. Kornen avsattes såväl under isen som utanför iskanten. Under isen blandades och packades korn av olika storlekar till morän. Av de framforsande isälvarna bildades rullstensåsar såväl under isen som framför iskanten. Utanför iskanten bildades även deltan. Utanför älvmyningar, i sjöar och i hav avsattes de grövre kornen närmast mynningen och de mindre kornen längre ut. På grund av olika vattenhastighet i älvarna under året bildades skiktad jord, till exempel lera (på vintern med lägre vattenhastighet) med silt/sandskikt (på sommaren med högre vattenhastighet).



#### FAKTA I KORTHET

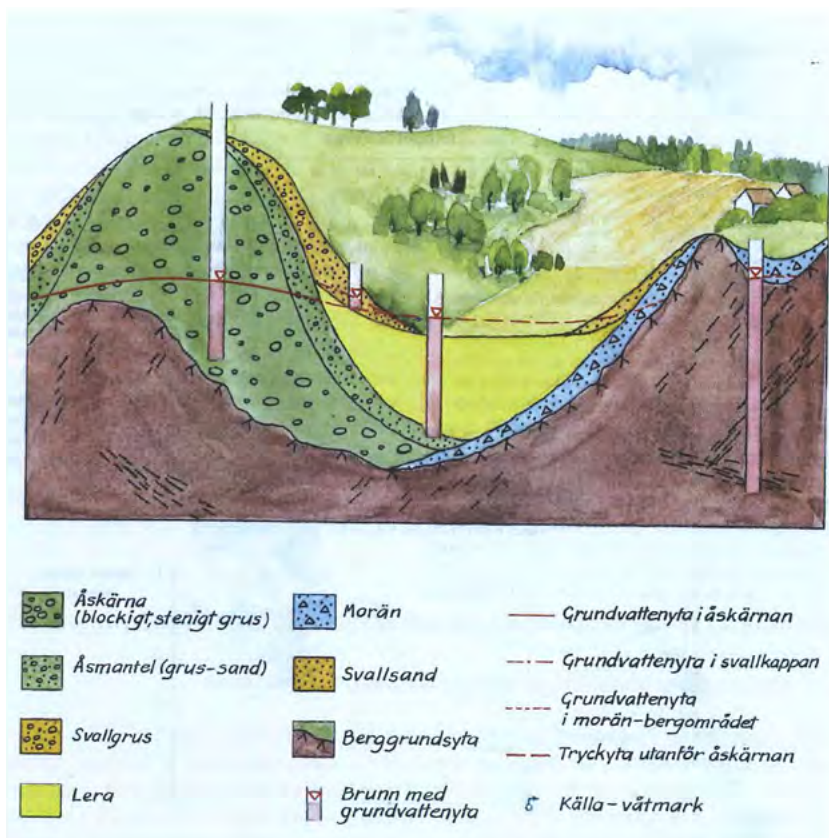
- Olika jordar har olika egenskaper och förmåga att motstå yttre belastningar och krafter – undersök vilken jord som finns där du ska schakta!
- Lös jord kan finnas under fast jord.
- Jorden kan innehålla skikt av annan jord med andra egenskaper.
- Jordförhållanden kan ändras med djupet – var vaksam på förändringar!
- Jordens hållfasthet kan förändras på grund av schaktningen eller andra arbeten i närheten av schakten.
- Mellan kornen i jorden finns hålrum som kan vara fyllda med vatten. Grundvattenytans läge har stor betydelse för schaktslänrens stabilitet och möjligheten att schakta. Ta därför reda på grundvattenytans läge före schaktning.

**Figur 11.** Exempel på skiktad jord (silt och lera) skapad på grund av varierande vattenhastighet under avsättningen.

Den jord som avsattes i åsar och på andra högre liggande områden påverkades på många platser av omgivande vatten. Sand och annan grövre jord svallades ut över intilliggande områden med lera och annan finare jord. Det innebär att till exempel grus och sand kan finnas ovanpå lera och man kan alltså hitta fast jord ovanpå lös jord.

Jordträcket som utnyttjas av växrötterna kallas för jordmån. Därunder finns mineraljordar (lera, sand etc) och/eller organiska jordar (torv, gytta etc).

Jordlagrens sammansättning, egenskaper och tjocklek varierar mellan olika platser (även inom ett mindre område) i Sverige. De varierar dessutom på djupet. Olika jordar har olika förmåga att motstå belastningar från schaktmaskiner, fordon, byggnader och schaktmassor och krafter från exempelvis grundvattentryck och ytvatten. Detta är viktigt att tänka på vid schaktningsarbeten.



Ett sätt att dela in jorden är efter storleken på jordkornen. Andra sätt är att dela in jordar efter tjälfarlighet eller hur de bildats. Jorden kan vara uppblandad med humusämnen (växt- och djurdelar) och då mängden av dessa ämnen påverkar jordens mekaniska egenskaper är det dessutom viktigt att bestämma andelen organiskt innehåll, se vidare avsnitt 3.1.

För att ta reda på vilken jord man har kan man ta ett jordprov, torka det och sikta det genom flera siktare med olika grovlek på maskorna. De korn som passerar den sista sikten, den med minst storlek (0,002 mm), kallas ler. I storleksordning därefter kallas de silt, sand, grus, sten och block.

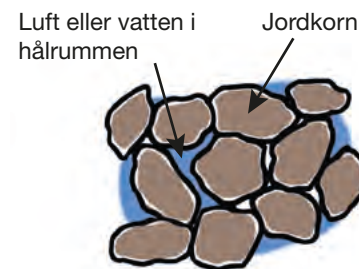
Kornstorlek											
0,002	0,0063	0,02	0,063	0,2	0,63	2,0	6,3	20	63	200	mm
Ler/Cl		Silt/Si		Sand/Sa		Grus/Gr		Sten/Co		Block/Bo	

Mellan kornen i jorden finns det hålrum (porer) som kan vara tomma eller fyllda med vatten. Regn och smält snö sjunker ned genom marken och fyller hålrummen – det bildas grundvatten. Grundvattenytans läge har stor betydelse för schaktslänters stabilitet och hur svårt det är att schakta i jorden. I jord med grövre korn kan man få stor inströmning av vatten i schakten och vattnet kan orsaka erosion och ras i schaktväggar. I jord med finare korn är grundvattenströmningen långsam. Leran kan därför ligga som ett tätande ”lock” över ett jordlager med högre grundvattenströmning. Vattentrycket kan i det underliggande jordlagret vara så stort att vattnet vid genomborring av ”locket” stiger över markytan (artesiskt vatten).

För finkornig jord använder man begreppet porvattentryck (portryck) eftersom vattentrycket mellan kornen kan skilja från det tryck som erhålls med en hydrostatisk tryckfördelning från grundvattenytan.

Det är viktigt att klargöra grundvattenytans läge på olika djup före schaktning.

**Fig. 13.** Indelning av jord baserad på kornstorlek (inkl engelsk benämning). En mer utförlig beskrivning av klassificering av jordart baserat på kornstorlek ges i Bilaga 1.



**Fig. 14.** Jord består av korn och hålrum (porer) med vatten och/eller luft.

### 3.1 Jordars kännetecken och beteende

#### Lera

Lera har korn mindre än 0,002 mm. Lerkornen kan inte urskiljas med blotta ögat. Lera känns igen genom att den går att rulla ut i tunna trådar och när den torkar blir den till hårda klumpar som är svåra att bryta sönder. I lera är oftast hålrummen fyllda med vatten. Närmast markytan är dock vatteninnehållet lägre på grund av effekter från tjäle, växter och avdunstning. Där bildas då en så kallad torrskorpa som oftast är betydligt fastare än leran direkt under denna.

Lera är ett tätt material och vattenströmningen till schakten är normalt liten.

Även om lerjorden också innehåller ganska många grova korn (sand eller grus) kan den fungera som lera redan vid låg halt av lera. Anledningen är att lerkornen pressar isär de grövre kornen genom att fylla ut mellanrummen mellan de grova kornen och därmed skiljer dem åt.

En leras hållfasthet kan vara mycket låg och skred kan ske även i svagt sluttande terräng, lutningar kring 1:10 (5–6°). Till skillnad från hållfastheten i sand, grus och morän, ökar lerjordars hållfasthet endast svagt med ökat djup eller yttre belastning.

#### FAKTA I KORTHET

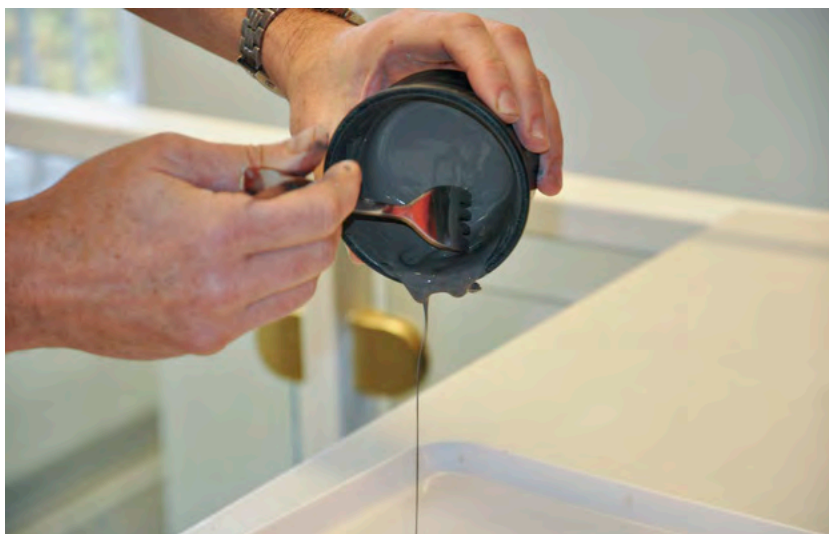
- Lera har korn mindre än 0,002 mm.
- Kornen kan inte urskiljas.
- Lera kan rullas till en tunn tråd och blir en hård klump efter torkning.
- Närmast markytan är leran (torrskorpelera) fastare än leran därunder.
- Lera är tät – liten vatteninströmning till schakt.
- Hållfastheten är ofta låg och ökar normalt endast svagt med djupet.
- Lera tappar sin hållfasthet vid störning, vilket är mest markant för så kallad högsensitiv lera och kvicklera. Undvik/minimera vibrationsalstrande arbete i områden med sådan lera.



Fig. 15. Utrullningsprov på lera.

En speciell typ av lera är den så kallade kvickleran. När en sådan utsätts för störning kan den förlora större delen av sin hållfasthet och bli helt flytande. Förekomst av kvicklera påverkar därför hur schaktning, upplag av massor och vibrationsalstrande arbete (exempelvis pålning, spontning och framförande av fordon) kan utföras.

För utförligare beskrivning av svårigheter vid schaktning i lera, se avsnitt 6.2.



**Fig. 16.** Kwicklera tappar vid omrörning sin hållfasthet och blir flytande.

## Silt

Silt har korn med storlekar mellan 0,002 och 0,063 mm. I de flesta fall kan kornen inte urskiljas med ögat och silt kan lätt förväxlas med lera. För att avgöra om jorden man har är en silt eller lera kan man skaka provet. Då blir siltprovet glansigt på ytan (av vatten) och om man därefter trycker på provet blir ytan matt. Ett annat sätt är att torka provet. Ett torrt prov av silt bildar ”fasta” klumpar som dock lätt kan smulas sönder och känns som potatismjöl eller talk. Ett tredje knep är att tugga på jordmaterialet. Knastrar det är det inte en lera utan en silt (möjligen en siltig lera).

### FAKTA I KORTHET

- Silt har kornstorlekar mellan 0,002 och 0,063 mm.
- Kornen kan inte urskiljas.
- Silt knastrar mellan tänderna och är lätt att smula sönder när den torkat.
- Silt blir glansigt vid skakning och matt om man trycker på den glansiga ytan.
- En siltslänt kan vara stabil i fuktigt tillstånd, men rasa vid uttorkning eller genomblötning.
- Silt är problematisk att schakta i. Silten är hård i torrt tillstånd, men blir vätskeliknande vid bearbetning och vid tillgång på vatten.
- Silt är tjälfarlig.



Fig. 17. Vid skakning av ett siltprov flyter provet ut och ytan blir glansig av vatten.

Silt kan suga upp vatten i hålrummen mellan kornen högt ovanför grundvattenytan – upp till 15 m (stor kapillär sugförmåga). Därför är silt ovan grundvattenytan fuktig. Fuktigheten medför att kornen sugas mot varandra vilket ger en ökning av hållfastheten jämfört med helt torr jord. Det är dock viktigt att komma ihåg att den förbättrade hållfastheten försvinner när jorden antingen blir helt torr eller genomblöt, exempelvis efter ett regn eller om grundvattenytan stiger av annan anledning (årstidsvariationer). Fenomenet är det samma som för ett sandslott som barnen bygger på stranden. Ett sandslott kan stå upprätt, så länge som den sand det är byggt av är fuktig. Om en våg sköljer över sandslottet blir sanden vattenmättad och slottet rasar. Men sandslottet rasar även när solen har torkat ut sanden. Stabiliteten för en siltslänt kan därför minska vid exempelvis intensiv eller långvarig nederbörd, samt även efter en period av sol och uttorkande vindar.

I torrt tillstånd kan silt vara mycket fast. Vid bearbetning, till exempel vid schaktning och vid nederbörd, kan dock den fasta silten övergå till en vätskeliknande, svårhanterlig massa.

Silt är mycket tjälfarlig. Under frysperioden har den förmåga att dra till sig stora mängder vatten som innebär att det vid tjällossningen finns ett överskott på vatten och jordens hållfasthet och bärförmåga blir starkt nedsatt.

För utförligare beskrivning av svårigheter vid schaktning i silt, se avsnitt 6.3.



© Frank Vincentz/Wikimedia Commons/CC-BY-SA-3.0

**Fig. 18.** Med fuktig silt (eller finsand) byggs ett fint sandslott på stranden. Om en våg sköljer över slottet, rasar det.



**Fig. 19.** Vid körning med tunga fordon över siltjordar kan silten övergå till en svårhanterlig massa.



## Sand och grus

Sand har korn i storlekar mellan 0,063 och 2 mm (motsvarar storlek mellan sockerkorn och hagelstorlek). Grus har korn med storlekar mellan 2 och 63 mm (motsvarar storlek mellan hagel och bandyboll). Dessa jordar klumpar inte ihop sig i torrt tillstånd och kornen är urskiljbara för ögat. I fuktigt tillstånd kan dock de minsta sandkornen vara svåra att urskilja, men om man torkar provet är det lättare att bestämma kornens storlek. Sand- och grusjordar är ofta blandade med varandra eller med andra fraktioner som till exempel silt. Siltig finsand uppvisar ofta ett siltliknande beteende och kan ge upphov till stora schaktproblem vid schakt under grundvattenytan och eller i samband med regn.

Om torr sand eller torrt grus schaktas upp i en hög kommer det att rasa ut i en viss vinkel. Denna vinkel motsvarar jordens friktionsvinkel (i löst lagrat tillstånd) som är ett mått på jordens hållfasthet. Storleken på friktionsvinkeln beror på kornens storlek, hur tätt kornen är packade, kemiska sammankittningar och till viss del även på kornform och kornens ytråhet (skrovlighet). För sand och grus varierar friktionsvinkeln i huvudsak mellan 28° och 37°.

### FAKTA I KORTHET

- Sand har korn mellan 0,063 och 2 mm.
- Grus har korn mellan 2 och 63 mm.
- Kornen kan urskiljas och klumpas inte i torrt tillstånd.
- Hållfastheten byggs upp av tryck- och friktionskrafter mellan kornen. Hållfastheten är lägre under grundvattenytan.
- Friktionsvinkeln (den vinkel som jorden naturligt rasar ut i) är mellan 28° och 37° i sand och grus.
- En slänt i sand eller grus kan vara stabil i fuktigt tillstånd, men rasa vid uttorkning eller genomblötnings.
- Sand och grus släpper lätt igenom vatten. Svårigheter kan uppstå med länshållning på grund av stor vattentillströmning.
- En löst lagrad sand kan vid vibrationer falla ner i en fastare lagring och orsaka sättningar.



Fig. 20. Sand.



**Fig. 21.** Grus uppschaktat i en hög. Släntlutningen motsvarar friktionsvinkeln.

Om kornen är löst lagrade är jorden enklare att schakta i, jämfört med fast lagring. Men i en löst lagrad jord är hållfastheten lägre och en flackare släntlutning måste därför väljas jämfört med en fast lagrad jord. Vid packning vill man åstadkomma högre hållfasthet i jorden genom att skapa en tätare lagring.

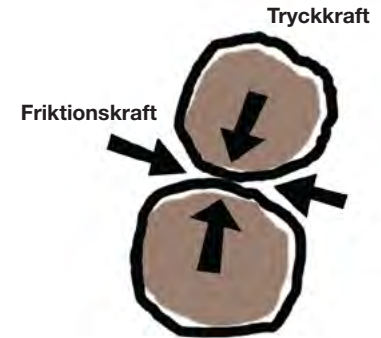
Hållfasthet i sand och grus byggs upp av tryck- och friktionskrafter mellan kornen. Ju större tryck, desto större friktionskraft vilket ger en större sammanhållning (hållfasthet).

Löst lagrade korn kan falla ner i en tätare lagring, exempelvis vid vibrationer från tunga maskiner, och orsaka sättning.

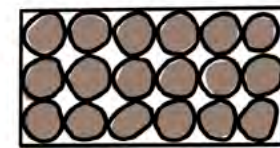
Sand och grus släpper lätt igenom vatten vilket kan ställa till med problem vid schaktning.

Till skillnad från en slänt i lera så kan en slänt i grov jord bli nästan obegränsat hög, så länge som lutningen inte överstiger friktionsvinkeln och att inget grundvatten förekommer i slänten.

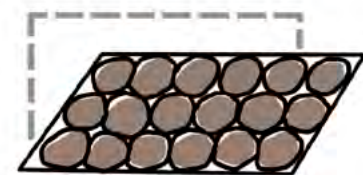
Under grundvattenytan påverkas sand- och gruskornen av vattnets lyftkraft och trycket mellan kornen blir lägre än i en motsvarande jord över grundvattenytan. Med lägre tryck blir friktionskrafterna lägre och därmed även jordens hållfasthet.



**Fig. 22.** Ju högre tryck mellan kornen desto större hållfasthet.

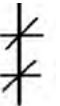


Korn som ligger löst lagrade på varandra...

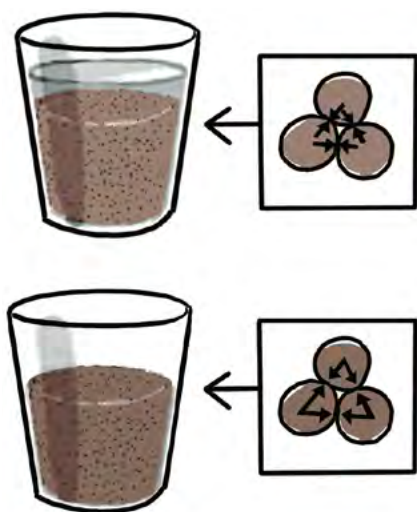


... kan vid vibrationer omlagras till en fastare lagring.

Sättning



**Fig. 23.** Partiklarna i en löst lagrad sand faller ihop till en tätare lagring vid packning (vibrering). Jorden får då en tätare lagring med mindre porvolym som gör jorden fastare samtidigt som den också får en högre hållfasthet (friktionsvinkel).



**Fig. 24.** I en jord under vatten blir trycket mellan kornen lägre jämfört med en torr jord eftersom vattnet orsakar en lyftkraft mellan kornen.

En finkornig sand (fin- och mellansand) uppför sig delvis som en silt med flytjordsegenskaper. Sand och grus ovan grundvattenytan är, i likhet med silt, normalt ”jordfuktig”. Det är därför viktigt att komma ihåg att slänter som i jordfuktigt tillstånd står relativt stabilt, kan rasa om de torkar ut eller vattenmätas.

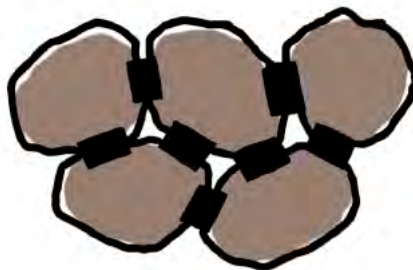
Kornen i en friktionsjord kan vara sammankittade på grund av kemiska krafter mellan kornen, vilket ger en högre friktionsvinkel (hållfasthet). Om jorden utsätts för vibrationer kan dock denna sammankittning brista.

Ett speciellt fenomen förknippat med löst lagrad sand under grundvattennivån är det som kallas ”liquefaction”. Sådan sand kan, om den utsätts för stötar, under en kort stund uppföra sig som en vätska och tappa sin hållfasthet. Man ska därför undvika stötar och vibrationer i löst lagrad sand. En jords lagringstäthet kan bestämmas på laboratorium eller uppskattas från sonderingar.

För utförligare beskrivning av svårigheter vid schaktning i sand och grus, se avsnitt 6.4.



**Fig. 25.**



**Fig. 26.** Sammankittning av kornen ger högre hållfasthet.

## Sten och block

Sten har kornstorlekar mellan 63 och 200 mm, vilket motsvarar storlekar större än bandyballar men mindre än handbollar. Block är större än 200 mm.

Jordar som enbart består av sten har liten utbredning i Sverige men kan förekomma som utsvallat material ur morän. Dock används sten eller block som huvudord för jord som innehåller block och sten till minst 40 % av totala jordmängden, exempelvis sandig stenjord eller sandig blockjord.

Stor förekomst av block kan göra det svårt att schakta.

Block kan utgöra en risk på grund av att de plötsligt kan lossa ur schaktväggar och falla ner i schakten.



Fig. 27. Risk för att block faller ner i schakten.

### FAKTA I KORTHET

- Sten har kornstorlekar mellan 63 och 200 mm.
- Block har kornstorlekar större än 200 mm.
- Det är ovanligt med jordar endast uppbyggda av sten eller block. Om 40 procent av jordmängden består av sten och block kallas jorden för exempelvis sandig stenjord eller sandig, stenig blockjord.
- Stor förekomst av block kan göra det svårt att schakta.

## Morän

Inlandsisen och dess smältvatten eroderade berggrunden. Det lossgjorda materialet krossades och avsattes på olika sätt. Det jordmaterial som avlagrats under isen långt innan själva isavsmältningen kallas bottenmorän och är ofta hårt packat. De material som avsattes under avsmältningen direkt på platsen kallas ytmorän. Morän innehåller alla kornstorlekar från lera till sten och block. Kornen i en morän är ofta skarpkantade bland annat på grund av att de inte har bearbetats av vatten.

Man benämner morän efter den kornstorlek som dominerar och bestämmer moräns egenskaper. Till exempel sandmorän för en morän som i stort betar sig som en sand eller en lermorän som betar sig som en lera. Några andra exempel på benämningar med hänsyn till kornstorleksfördelningen i moränen kan vara sandig siltig morän eller stenig blockmorän.

I områden med morän i markytan är det vanligast att moränen fortsätter ned till bergytan. Men då nedisningen (framryckning) och upptining (tillbakadragning) av inlandisen skedde i cykler kan man även hitta områden där lera eller silt finns under eller mellan moränlager. Moränen kan även innehålla vattenförande skikt eller linser av fint flytbenäget material, vilket kan innebära stabilitetsproblem.

### FAKTA I KORTHET

- Morän består av alla olika kornstorlekar.
- Morän betar sig liknande den jordart som dominerar i moränen. Till exempel betar sig en siltmorän i stort sett som en silt.
- Inuti moränen kan det finnas vattenförande skikt eller skikt med andra/sämre egenskaper – var uppmärksam på förändringar i jordlagren vid schaktning.
- Block kan falla ut ur schakten – välj flackare släntlutning i blockrik morän.
- En siltig morän är erosionskänslig – schaktslänter bör därför täckas vid regn.
- Moränslänter kan naturligt stå mycket branta, men schaktade slänter i motsvarande lutning kan rasa.



Fig. 28. Morän innehåller alla kornstorlekar och kornen är ofta skarpkantade.

Sandiga och grusiga moräner fungerar under grundvattenytan ungefär som sand respektive grus. Moräner med stort siltinnehåll fungerar i princip som silt och är därmed erosionskänsliga och kan ha flytjordsegenskaper.

Jord som består av flera kornstorlekar har vanligen en högre friktionsvinkel än jordar med bara en kornstorlek eftersom de vanligen har en tätare lagring. Exempelvis har en sandmorän en friktionsvinkel mellan 35° och 42° medan en sand har en friktionsvinkel mellan 28° och 35°. En grusmorän har en friktionsvinkel mellan 38° och 45° medan ett grus har en friktionsvinkel mellan 30° och 37°.

När man jämför en moräns egenskaper med en sand (eller lera eller silt) är det väsentligt att tänka på följande:

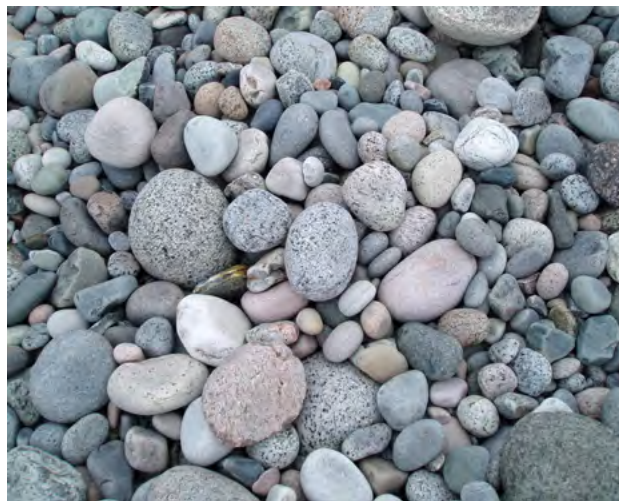
- Bottenmorän (finkornig bottenmorän kallas ibland pinnmo) är hårt packad och har därför ofta en mycket hög friktionsvinkel.
- Kornen i såväl ytmorän som bottenmorän är skarpkantade, vilket gör att de har svårare att rulla mot varandra och därmed håller ihop bättre än rundslipade korn (rundslipade korn har transporterats av vatten, exempelvis isälvsgrus och isälvsand).



**Fig. 29.** Blockrik och storblockig morän.

Vid bedömning av hur en morän uppträder i en schakt behöver man också ta hänsyn till kornens packning, om lager av lera eller silt förekommer i moränen, om det finns vattenförande skikt eller linser av sand eller grus i moränen. Viktigt att tänka på är att slänter i morän kan ofta naturligt stå mycket brantare än slänter i motsvarande jord av enbart en kornstorlek (lera, silt eller sand). Man måste dock vid schaktning vara försiktig med att utnyttja denna egenskap hos morän.

För utförligare beskrivning av svårigheter vid schaktning i morän, se avsnitt 6.6.



© Livellen-commonswiki/CC-BY-SA-3.0

**Fig. 30.** Skarpkantade korn från en morän (vänster) och rundslipade korn (höger).

## Organiska jordar

Vanliga organiska jordarter är dy, torv och gyttna. En organisk jord består till mer än 6 % (räknat på torr massa och kornstorlekar  $\leq 2$  mm) av organiskt material (exempelvis växtdelar och döda djur). När den organiska halten är högre än 20 % anses jorden vara "helt" organisk i sitt beteende och benämns då, oberoende av vilka andra kornstorlekar som jorden innehåller, som dy, torv eller gyttna. Är halten mellan 6 och 20 % benämns jorden exempelvis lerig gyttna, sandig dy.

Dy består av utfälld humus, är svart med en lös och kläbbig konsistens. Färgen ändras bara något vid uttorkning. Dyavlagringar har sällan eller aldrig några stora mäktigheter, vanligen från någon centimeter upp till ett par decimeter.

Torv har en filtig struktur och den har bildats av växtrester på sådana ställen där fuktigheten är så stor att växterna genom vattnet skyddas från förmultning. Torvens egenskaper bestäms av hur nedbruten den är och vilken typ av vegetation som byggt upp den. Torv sjunker ihop mycket även under liten belastning och ställer därför till problem vid byggande. Efter sammanpressning får dock torven en högre hållfasthet, vilket kan utnyttjas inom bland annat vägbyggnad.

Gyttna består av sönderdelade växt- och djurrester rika på fett och äggviteämnen. Färgen är grön- eller brunaktig som ljusnar vid torkning. I naturfuktigt tillstånd har gyttna karaktären av en mer eller mindre elastisk massa. Gyttna har, om den inte får torka ut, låg hållfasthet och är vanligen starkt sättningsbenägen och ställer därför till problem vid byggande.



Fig. 31. Schaktning i torv.



Fig. 32. Torvlager inbäddat i sand.

### FAKTA I KORTHET

- Organiska jordar består till minst 6 % av organiskt material (exempelvis växtdelar och döda djur).
- Vanliga organiska jordarter är dy, torv och gyttna.
- Organiska jordar trycks lätt ihop vid belastning och har låg hållfasthet.



## Fyllning

Fyllning är en av människan skapad jord och kan i princip bestå av vad som helst. Den på platsen naturligt avlagrade jorden kan vara uppblandad med exempelvis överblivna schaktmassor, organiskt material, krossat bergmaterial (sprängsten), byggrester och diverse avfall eller så kan fyllningen helt och hållet vara uppbyggd av dittransporterat material.

Fyllningens egenskaper beror på dess innehåll och hur detta är packat och på grundvattenförhållandena. Egenskaperna kan vara svåra att fastställa och man får vanligtvis utföra en provgropsundersökning för att göra en bestämning. Provgropsundersökning bör alltid utformas av en erfaren geotekniker, se Trafikverkets publikation *Provgropsundersökning*.

Förekomst av förorenade ämnen i fyllningsjord bör alltid undersökas, både av arbetsmiljö- och efterbehandlingsskäl.

Ibland behöver schaktning utföras i äldre sprängstensfyllningar, exempelvis vid ombyggnad av befintliga vägar. Med sprängsten avses utsprängda bergmassor, oberoende av kornfördelning. Egenskaperna för sprängsten kan variera och vara svåra att fastställa. Vanligvis är friktionsvinkeln hög, över 40°.

### FAKTA I KORTHET

- Fyllning är av människan skapad jord.
- Egenskaperna kan variera och vara svåra att bedöma. En väl planerad provgropsundersökning kan krävas.



Fig. 33. Sprängsten.



Fig. 34. Krossad sprängsten.

## 3.2 Undersökningar av geotekniska förhållanden

För att ta reda på vilka geotekniska förhållanden som råder på aktuell plats görs normalt en geoteknisk utredning med undersökningar i fält och laboratorium.

Utredningen syftar till att ta reda på bland annat

- jordlagerföljd (både de med stor och liten tjocklek)
- jorddjup
- grundvattenytans läge
- jordens fasthet
- jordens hållfasthet
- jordens störningskänslighet

Översiktliga uppgifter om jordarter i markytan kan fås från SGU:s jordarts-kartor (webbplats [www.sgu.se](http://www.sgu.se)).

Resultaten från en geoteknisk undersökning i fält och laboratorium finns oftast presenterade i en markteknisk undersökningsrapport, MUR.

I Bilaga 2 ges en kort beskrivning av geologiskt underlag och geotekniska undersökningar och hur dessa tolkas.



Fig. 35. Provtagning med skruvprovtagare.



Fig. 36. I en geoteknisk undersökning utförs bland annat bestämning av grundvattenytans nivå.



# 4 GEOTEKNISK DIMENSIONERING

För att säkerställa att schakten kan utföras säkert ska dimensionering utföras antingen genom beräkning eller genom hävdvunna åtgärder. Kraven på dimensioneringen styrs av föreskrifter som beskrivs nedan. Det är vidare viktigt att känna till benämningen *Geoteknisk kategori* och vilka geotekniska handlingar som ska finnas för att man ska kunna utföra schakten säkert.

## 4.1 Föreskrifter

Dimensionering av schakter ska göras enligt Eurokod (SS-EN 1997-1). Praxis i Sverige är att tillämpa Eurokod tillsammans med ett antal tillämpningsdokument utarbetade av IEG (Implementeringskommission för Europastandarder inom Geotekniken). För schakter är det främst tillämpningsdokumenten *Grunder*, *Stödkonstruktioner* och *Slänter och bankar* som används. Dokumenten förvaltas och revideras av Svenska geotekniska föreningen, SGF.

Dimensionering av schakter på uppdrag av Trafikverket, utförs med hjälp av skriften *TK Geo* och *TR Geo* (baserad på Eurokod). *TK Geo* beskriver Trafikverkets krav för dimensionering och utformning vid nybyggnad, förbättring och tillståndsbedömning av geokonstruktioner för väg och järnväg (utöver Eurokod 7). *TR Geo* anger Trafikverkets råd vid nybyggnad och förbättring av geokonstruktioner för väg och järnväg.

I början av projekteringen ska man ange vilka utredningar, verifieringar och kontroller som krävs för en schakt genom att ange vilken geoteknisk kategori, GK1, GK2 eller GK3, som ska tillämpas. I senare skeden, när utredningen har kommit en bit på väg, kan det finnas skäl att ändra den geotekniska kategorin.

### FAKTA I KORTHET

- Schakter ska dimensioneras enligt Eurokod tillsammans med IEG:s tillämpningsdokument *Grunder*, *Stödkonstruktioner*, *Slänter och bankar* och för Trafikverket *TK Geo*.
- Geoteknisk kategori (GK1–GK3) styr omfattningen av den geotekniska utredningen, hur geokonstruktionen ska verifieras samt hur arbetet ska kontrolleras.

Geoteknisk kategori 1 omfattar små och enkla byggnadsverk som utförs med försumbar risk och kända grundförhållanden. Exempel på förhållanden för vilka GK1 kan tillämpas är följande:

- Uppfyllnader vars mäktighet är mindre än 3 meter.
- Schakter ovan grundvattenytan med djup mindre än 1,5 meter i silt eller lös kohesionsjord och mindre än 3,0 meter i fast jord.

Geoteknisk kategori 2 ska omfatta konventionella typer av byggnadsverk och grundläggning utan exceptionell risk för omgivningspåverkan eller speciella jord- eller belastningsförhållanden. Exempel på förhållanden för vilka GK2 kan tillämpas är följande.

- Schakter i torrhet till högst 1,5 meters djup i silt.
- Schakter till 3,0 meters djup i lera.
- Schakter i torrhet till 5,0 meters djup i friktionsjord (sand och grövre fraktioner).

Om inte förutsättningarna för GK1 och GK2 är uppfyllda ska Geoteknisk kategori 3 tillämpas. I GK3 ställs högre krav på undersökningar och kontroller än i GK2. Bland annat ska normalt en oberoende granskare medverka vid dimensionering och utförandekontroll i GK3.

De begränsningar som gäller för GK1 och GK2 innebär att GK3 krävs för många schakter i närheten av järnvägar, motorvägar och i stadsmiljö.

## 4.2 Geotekniska handlingar

I bygghandlingen redovisas de geotekniska förhållandena i en MUR (Markteknisk undersökningsrapport) som inkluderar resultat från utförda fält- och laboratorieundersökningar. Detta är en faktarapport utformad i enlighet med Eurokod.

Projekteringen av schakten inklusive eventuell stödkonstruktion med tillhörande underlag för kontrollplan redovisas i projekterings-PM. Denna PM är ett arbetsmaterial som redovisas till beställaren och är inte en del av förfrågningsunderlaget eller bygghandlingen. Projekterings-PM delges normalt inte entreprenören.

I en utförandeentreprenad redovisas föreskrivna krav avseende utförandet inklusive släntlutningar i beskrivningstexten (AMA). Av beskrivningen ska även framgå dimensioneringsförutsättningar för temporära konstruktioner samt schakter. Mängdförteckning redovisar de mängder som ska förutsättas vid kalkyl.

### FAKTA I KORTHET

- I bygghandlingen ska de geotekniska förutsättningarna presenteras och konsekvenserna av dessa vara hanterade.
- Geotekniska handlingar omfattar MUR, beskrivning och projekterings-PM.
- Om handlingarna är bristfälliga (exempelvis om det saknas uppgifter om släntlutning, schaktlängder, plats för upplag) bör den schaktansvarige ta upp detta med beställaren.

I en totalentreprenad redovisas de förutsättningar som entreprenören ska ta hänsyn till vid dimensioneringen av de temporära konstruktionerna och schakter i Teknisk beskrivning.

Om underlaget är bristfälligt, exempelvis om släntlutning inte finns angivet och det inte finns geotekniska undersökningar där schaktning ska ske till större djup än 1 meter, bör den schaktansvarige (och/eller den som ska utföra schaktningen) inleda en dialog med beställaren om behov av kompletterande utredning. Ta i detta läge råd och hjälp av en geoteknisk sakkunnig och läs vidare i kapitel 6.

## VEM HAR ANSVAR?

### Totalentreprenad

I en totalentreprenad åligger det entreprenören att utifrån de geotekniska förhållandena och den efterfrågade slutliga konstruktionen ta fram en genomförbar lösning. Det är därmed entreprenören som tar fram såväl släntlutningar som dimensionerar eventuella temporära konstruktioner.

### Utförandeentreprenad

I en utförandeentreprenad är det entreprenörens uppdrag att utföra och

färdigställa den föreslagna konstruktionen. Byggherren ansvarar för att i bygghandlingen redovisa ett förslag avseende markarbetena som är genomförbart även med hänsyn till arbetsmiljö, det vill säga schaktslätter med tillräcklig säkerhetsnivå. Om byggherren har föreskrivit stödkonstruktioner i bygghandlingen, är det dock entreprenörens ansvar att dimensionera dessa temporära konstruktioner med tillräcklig säkerhet.



# 5 FÖRUTSÄTTNINGAR FÖR GOD ARBETSMILJÖ VID SCHAKTNING

I detta kapitel försöker vi reda ut ansvarsrollen för både byggherre och utförare. Genom hela kapitlet följs flödesschemat till höger som illustrerar hur de olika bitarna hänger ihop. Vi har delat in beskrivningen av arbetet för en god arbetsmiljö i två delar; före byggstart och under byggskedet.

## VEM HAR ANSVAR?

### Arbetsgivaren

Det är arbetsgivaren som ska se till att arbetsmiljön är säker. I en säker arbetsmiljö kan man göra sitt jobb utan att bli skadad eller sjuk. Alla arbetsplatser ska vara säkra. Om det sker en olycka kan arbetsgivaren straffas. Ibland finns det flera som har ansvar för en arbetsmiljö. Det kan till exempel vara någon som levererar maskiner till arbetsplatsen eller den som hyr ut

lokalerna. Men det är alltid arbetsgivaren som har huvudansvaret.

### De anställda

De anställda har ansvar för att följa instruktioner och använda skyddsutrustning. De kan också hjälpa till genom att upplysa sin chef eller den som är skyddsombud om brister och risker på arbetsplatsen.





Den lag som styr en säker arbetsmiljö är Arbetsmiljölagen. Bestämmelser om arbetsgivarens ansvar kan hittas i *Arbetsmiljöverkets föreskrifter om systematiskt arbetsmiljöarbete*. Allmänna regler för ansvar i specifika projekt är sammanställda i olika Allmänna bestämmelser, AB, beroende på skede i byggprocessen, entreprenadform med mera. Bygghandlingar som inte stöds av dessa handlingar har utföraren rätt att **inte** följa.

## 5.1 Arbetsmiljöarbete före byggstart

### Lagar och regler

En bra och säker arbetsmiljö förutsätter att man arbetar förebyggande. Det är viktigt att alla som medverkar i ett projekt samverkar och är delaktiga i arbetet med att åstadkomma en tillfredställande arbetsmiljö. Bestämmelser om arbetsgivarens särskilda ansvar för att undersöka, riskbedöma, genomföra och följa upp verksamheten från arbetsmiljösynpunkt finns i Arbetsmiljöverkets föreskrifter *Systematiskt arbetsmiljöarbete*.

I boken *Arbetsmiljöregler* finns en sammanställning av de arbetsmiljöregler som gäller för bygg- och anläggningsverksamheten. Här finns utdrag ur arbetsmiljölagen, förordningar, föreskrifter och allmänna råd (bland annat *Arbetsmiljöverkets föreskrifter om byggnads- och anläggningsarbete*). Lag, förordning och föreskrifter är tvingande.

I *Allmänna bestämmelser* som AB, ABT, ABK (följt av utgivningsår), klargörs ansvar, ekonomi, utförande, organisation och tidplan. *AMA* är ett referensverk där utförande- och materialkrav beskrivs på ett systematiskt sätt, enligt systemet BSAB 96.

För bygg- och anläggningsarbeten finns det ytterligare skrifter som styr eller ger råd för att säkerställa en säker konstruktion, till exempel Eurokod.

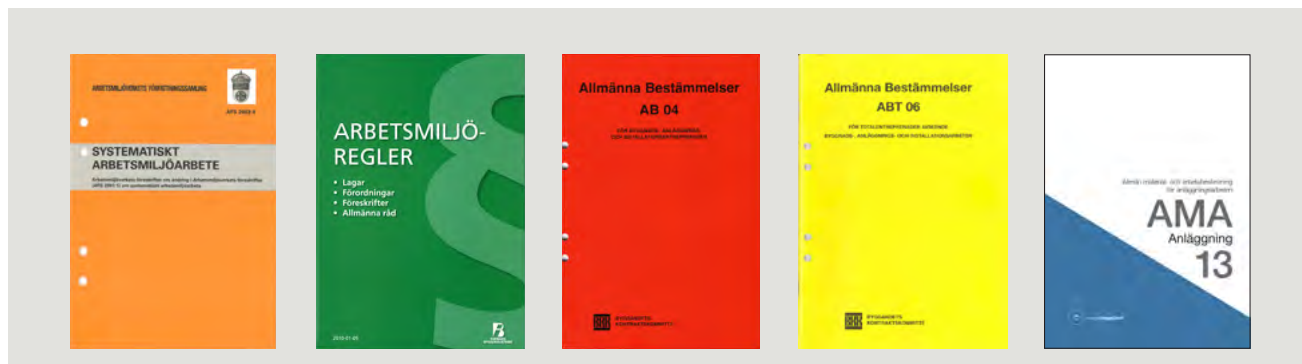


Fig. 37.

## Arbetsmiljöplan – samordning

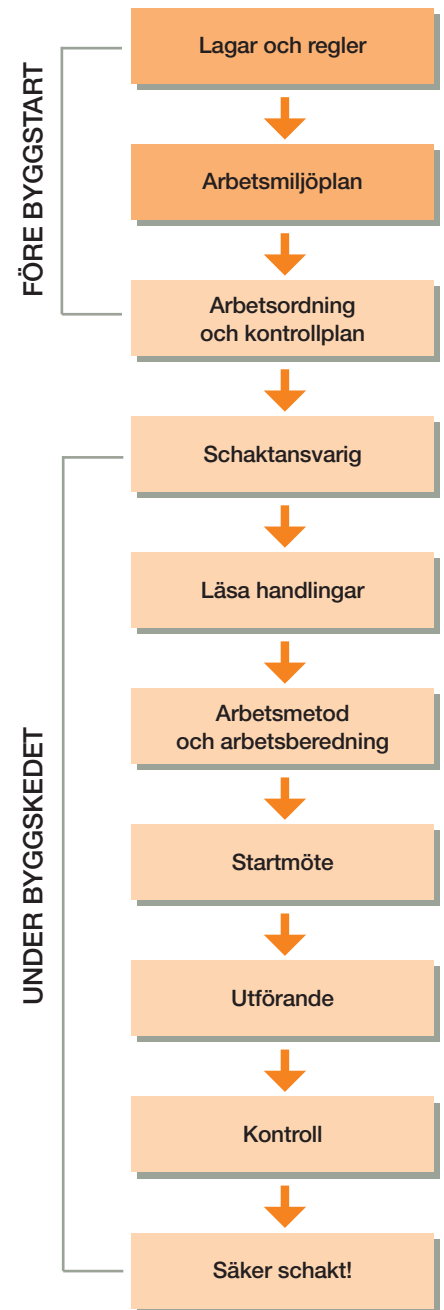
För att skapa förutsättningar för en säker schaktmiljö skall det före byggstart upprättas en arbetsmiljöplan, en arbetsordning och en kontrollplan. Dessa beskrivs nedan, var för sig.

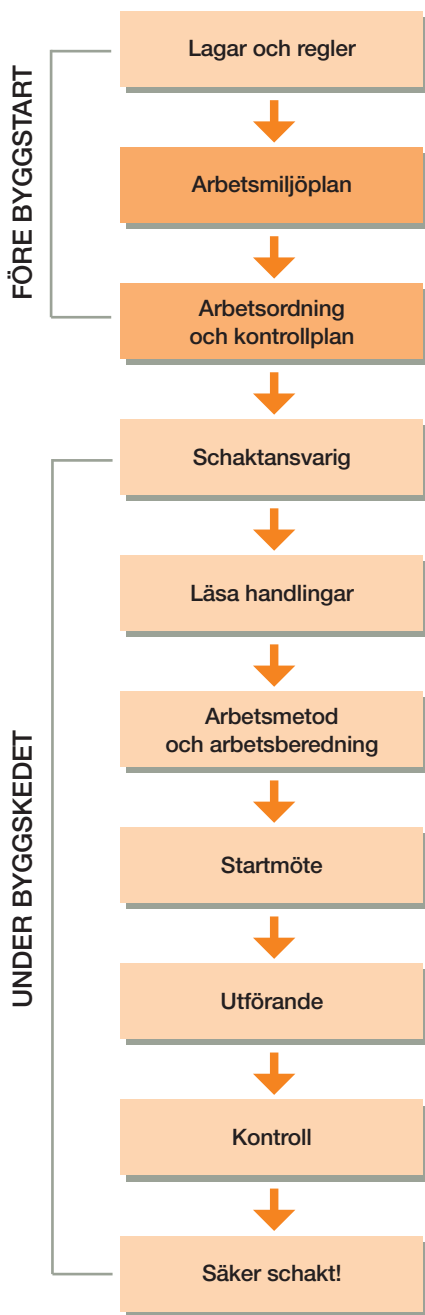
I arbetsmiljölagen och i *Arbetsmiljöverkets föreskrifter för byggnads- och anläggningsarbeten* finns grundläggande bestämmelser om arbetsmiljöansvar vid bland annat byggnads- och anläggningsarbete. Syftet med dessa bestämmelser är bland annat att de som upprättar och samordnar bygghandlingar gör de riskbedömningar och visar sådana lösningar som behövs för att få en säkerhet som uppfyller kraven, inte bara under byggskedet utan även vid det framtida brukandet. Den som låter utföra byggnads- eller anläggningsarbete, det vill säga byggherren, har huvudansvaret för att vid planeringen och projekteringen se till att arbetsmiljösynpunkter beaktas.

Byggherren (uppdragsgivaren) ska utse byggarbetsmiljösamordnare; en samordnare för planering och projektering (BAS-P) samt en för utförandet av arbetet (BAS-U). Även om byggherren utser någon annan än sig själv har byggherren fortfarande ansvar för de uppgifter som byggarbetsmiljösamordnarna har.

I *Arbetsmiljöverkets föreskrifter om byggnads- och anläggningsarbete* finns närmare bestämmelser om vad som gäller vid planering, projektering, samordning, upprättande av arbetsmiljöplan och utförande av byggnads- och anläggningsarbete.

Det är naturligt att de riskbedömningar och lösningar som bestäms vid projekteringen utgör underlag för arbetsmiljöplanen som samordnas av BAS-P. Arbetsmiljöplanen lämnas över till BAS-U som samordnar och följer upp så att arbetet följer gällande regler.





## Arbetsmiljöplan

Regler för när en arbetsmiljöplan måste tas fram finns i *Arbetsmiljöverkets föreskrifter om byggnads- och anläggningsarbete*. Exempelvis måste en sådan tas fram då risk för fall till lägre nivåer föreligger (där nivåskillnaden är två meter eller mer) och där det finns risk för ras, vilket innebär de flesta schakter.

Arbetsmiljöplanen för objektet ska tas fram innan arbetsplatsen etableras. Den ska finnas tillgänglig för alla på arbetsplatsen och anpassas under byggskedet. Planen innehåller bland annat följande:

- Regler för byggarbetsplatsen.
- Beskrivning av hur arbetsmiljöarbetet ska organiseras.
- Åtgärder som behövs i förhållande till annan verksamhet.
- Beskrivning av de särskilda skyddsåtgärder som behövs under byggskedet för att uppfylla kraven i arbetsmiljölagen och i tillämpliga föreskrifter.

När vissa arbeten är aktuella innehåller arbetsmiljöplanen en beskrivning av de särskilda skyddsåtgärder som behövs under byggskedet. Exempel som kräver särskilda skyddsåtgärder (hämtade från *Arbetsmiljöverkets föreskrifter om byggnads- och anläggningsarbete*) och som ska beskrivas i arbetsmiljöplanen är:

- Arbete med risk för fall.
- Schaktningsarbete med risk för ras eller skred.
- Arbete i brunnar och tunnlar.
- Arbete på plats eller område med passerande fordonstrafik.

Arbetsmiljöplanen bör innehålla en APD-plan (arbetsplatsdispositionsplan). I denna framgår hur man planerat för utrymme för bodar, verkstäder och uppdrag samt för förbindelseleder och transportanordningar.

## Arbetsordning

För att uppfylla gällande krav är det nödvändigt att känna till markens beskaffenhet innan arbetet påbörjas. Det är viktigt att valet av släntlutningar, schakt-

I den så kallade AMP-guiden (upprättad av SBUF) finns verktyg och vägledning för hur en arbetsmiljöplan (enligt *Arbetsmiljöverkets föreskrifter om byggnads- och anläggningsarbete*) upprättas. I den finns också mallar för de olika delarna som ingår i arbetsmiljöplanen. AMP-guiden finns på SBUF:s webbplats.

etapper, länshållning, stödkonstruktioner eller andra förstärkningsåtgärder beräknas och bedöms innan markarbetena påbörjas. Förslag på **arbetsordning** tas fram under projekteringskedet. Under projekteringskedet ska genomförbarheten avseende både teknik och arbetsmiljö verifieras. Uppgifterna behöver revideras om det inträffar förändringar på arbetsplatsen eller om det visar sig att uppgifterna i bygghandlingarna inte är korrekta.

Bestämmelser med särskilt sikte på markarbete finns i 72–76 §§ av *Arbetsmiljöverkets föreskrifter om byggnads- och anläggningsarbete*. Där står bland annat att:

- Markarbete skall planeras och genomföras så att stabiliteten i marken blir tillräcklig med hänsyn till de belastningar den kan komma att utsättas för.
- Risken för ras, jordskred, bottenuppträckning eller andra oplanerade förändringar hos marken samt risken för översvämning skall förebyggas.
- Beräkningar och bedömning bör utföras av någon som har nödvändiga geotekniska kunskaper.
- Schaktningsarbeten får påbörjas och utföras endast under ledning av kompetent person.

## Kontrollplan

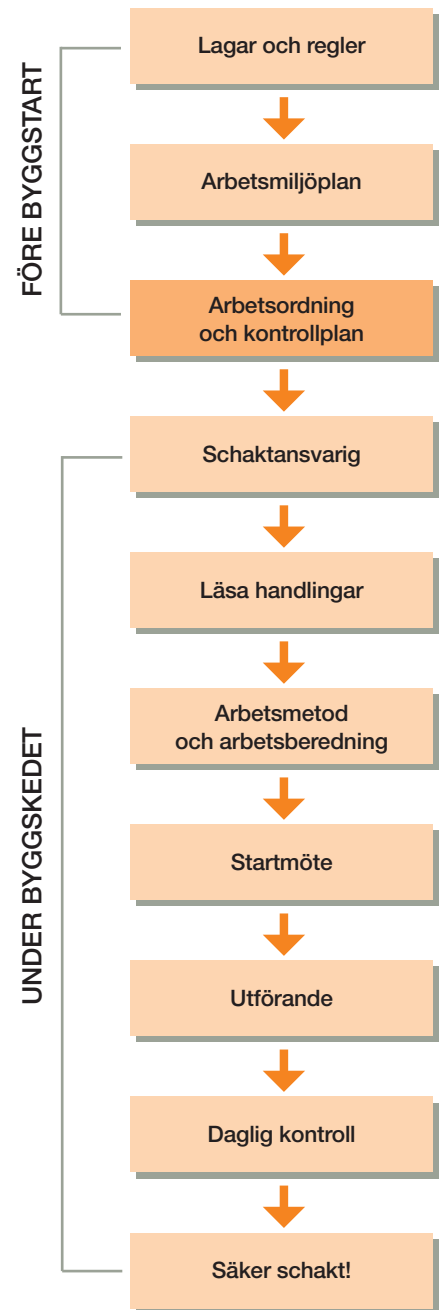
En kontrollplan upprättas för att på ett överskådligt och entydligt sätt kunna kontrollera förutsättningar och antaganden i projekteringsfasen och att konstruktion och jord beter sig som förväntat. Även konstruktionens inverkan på omgivningen ska kontrolleras. Underlag till kontrollplan ska ingå i projekterings-PM, som bearbetas och ingår i bygghandlingen.

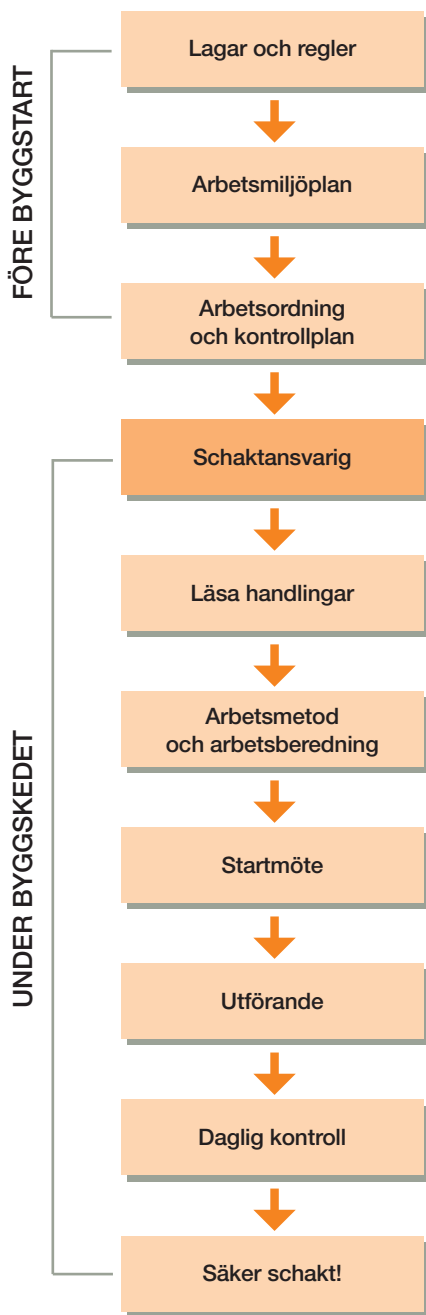
Av kontrollplanen ska följande framgå:

- Förutsättningar och händelser som bör övervakas och kontrolleras.
- Vilka mätningar som ska utföras. För alla mätningar ska gräns- och larmvärden (max tillåtna värden/stoppvärden) anges. Intervall för mätning och redovisning ska också framgå.
- Ett åtgärdsprogram som beskriver vad som ska göras om gränsvärden överskrids.
- Vilka förhållanden som kontrollplanen är baserad på.

Om schakten är mindre än 1,5 meter djup kan den schaktansvarige själv ta fram en kontrollplan (se avsnitt 6.9).

Information avseende kontroll och övervakning finns i kapitel 7.





## 5.2 Arbetsmiljöarbete under byggskedet

### Schaktansvarig

Eftersom schaktning är ett arbete med förhöjd risk måste arbetet planeras, utföras och kontrolleras noggrant och metodiskt. Risker vid schaktarbeten utgörs främst av ras och skred i schaktslänter och kollaps av stödkonstruktioner. Inför schaktarbeten ska en person utses som är ansvarig för att arbetena utförs på rätt sätt. Denna person kallas ”schaktansvarig”. Den schaktansvarige ansvarar i praktiken för att planera, leda och kontrollera schaktningsarbetena på arbetsplatsen. För detta krävs att personen har kunskap och erfarenhet från liknande schaktarbeten.

Att ha arbetsledarkompetens (vara schaktansvarig) innebär att ha kunskap om hur arbetet ska utföras på ett säkert sätt samt att ha erfarenhet i nivå med aktuell svårighetsgrad, det vill säga vara en kompetent person. Schaktansvarig ansvarar för att planera, leda och kontrollera schaktningsarbetena på arbetsplatsen.

För alla schaktarbeten ansvarar projektchefen (eller motsvarande) för att en schaktansvarig utses, vanligtvis platschef/produktionschef. För att kunna utses som schaktansvarig är det lämpligt att personen har följande meriter eller motsvarande:

- Genomgått kursen BAM – (Bättre Arbetsmiljö).
- God kännedom om arbetssättet, till exempel gått kursen Säker schakt (ges av Byggindustrin), eller motsvarande.
- Flera års erfarenhet av schaktningsarbeten av motsvarande komplexitet med hänsyn till materialtyp/jordart, grundvattenförhållanden, schaktdjup inklusive påverkan av omgivande terräng, konstruktioner och anläggningar.

Den schaktansvarige bör vara närvarande på arbetsplatsen för att kunna utföra den dagliga tillsynen och ta de beslut som krävs för att uppnå tillräcklig säkerhet då ett eller båda av nedanstående kriterier uppfylls:

- Schakten är djupare än 1,5 meter (gäller för alla typer av jordar).
- Schakten utförs i friktionsjord med grundvattenytan över schaktbotten.

Den schaktansvarige ansvarar för att schakten är säkert genom att:

- Utföra riskinventeringar
- Involvera geotekniker vid rätt tillfälle.

- Utföra och dokumentera arbetsberedningar.
- Gå igenom arbetsberedningen med arbetslaget, och se till att den finns tillgänglig för dem.
- Tillsä se att underlag till arbetsberedning för utförande av markarbeten enligt AMA efterföljs.
- Hålla arbetsberedningen aktuell.
- Se till att föreskrivna checklistor och arbetssätt används.
- Omedelbart avbryta arbetet vid avvikelser från projektering/arbetsberedning och därefter korrigerar arbetet.

## Läsa handlingar

Ett första steg vid planering av schaktarbetena är att läsa de handlingar som är framtagna av byggherren för projektet. Information om aktuella jordlager, rekommenderade släntlutningar och laster bör finnas med. Hjälp vid studier av handlingar som beskriver geotekniska undersökningar finns i Bilaga 2.

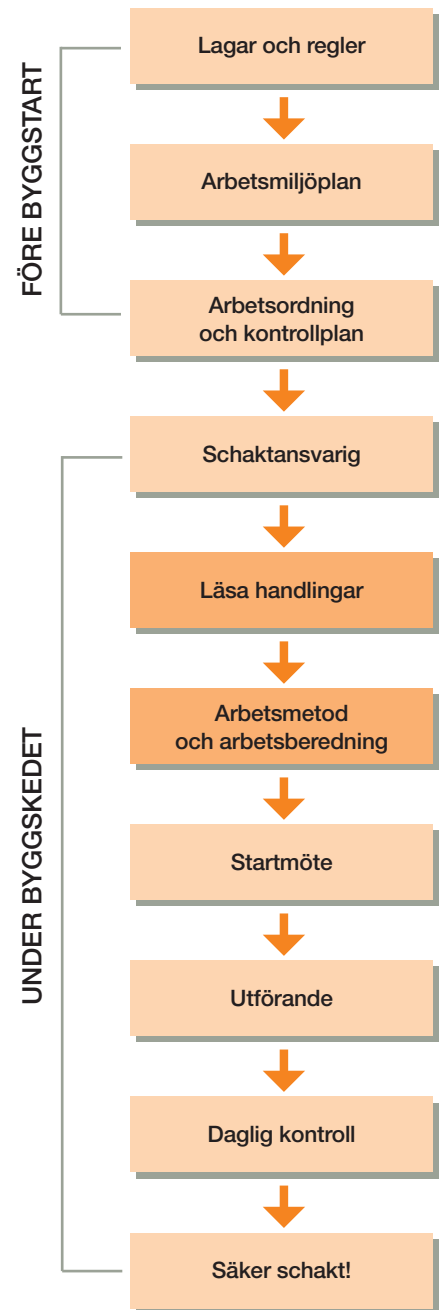
## Arbetsmetod och arbetsberedning

Innan schaktning påbörjas behöver arbetsledare, schaktansvarig, grävmaskinist med flera som ska utföra arbetet, planera hur arbetet ska genomföras (välja arbetsmetod) med avseende på säkerhet och risker genom att beakta följande:

- Underlag för schaktarbete enligt AMA Anläggning kapitel C (se nästa sida).
- Föreskrifter om tillåtna belastningar närmast schakten.
- Behov av kompletterande geotekniska undersökningar/analyser och andra uppgifter för att arbetet ska kunna genomföras säkert.
- Krav på särskild ordningsföljd av arbetena eller andra åtgärder med hänsyn till schaktens stabilitet.
- Verksamheter i och invid schaktgropen.
- Hur länge schaktgropen ska stå öppen (vatten- och tjälproblem, långtidsdeformationer).
- Vilken övervakning och uppföljning av förhållandena krävs?
- Krävs ytterligare kompetenser/erfarenheter?

Före produktionsstart bör förberedelserna checkas av mot *Checklista inför produktionsstart*, se Bilaga 3.

I arbetsberedningen ska planerat tillvägagångssätt för arbetena och en kontrollplan beskrivas i detalj. Arbetsberedningen omfattar de säkerhetsåtgärder



som skall vidtas och följas upp dagligen under arbetets genomförande. Arbetsberedningen tas fram gemensamt av arbetslaget och arbetsledningen vid ett arbetsberedningsmöte.

I AMA finns angivet vilka regler som gäller för framtagande av arbetsberedning och vad den ska innehålla, se rutan nedan.

Arbetsberedningen bör checkas av mot *Checklista daglig kontroll*, se Bilaga 4, och förslag till dagordning för arbetsberedningsmöte med tillhörande *Mall Arbetsberedning*, se Bilaga 5.

## Arbetsberedning – särskilda risker

Vid förekomst av okända och eller förorenade ämnen i marken ska en beredningsplan upprättas utifrån *Arbetsmiljöverkets föreskrift om kemiska arbetsmiljörisiker*. Behov av skydd mot inandning av farliga ämnen från marken eller som schaktarbetet orsakar, ska utarbetas.

### UNDERLAG FÖR ARBETSBEREDNING FÖR UTFÖRANDE AV MARKARBETE. UTDRAG UR AMA ANLÄGGNING 13, KAPITEL C

Skriftligt underlag för arbetsberedning ska upprättas för arbeten som kan påverka

- arbetsmiljö och säkerhet
- omgivning såsom byggnader/anläggningar, mark, vatten och luft
- tredje man

Dock ska skriftligt underlag för arbetsberedning alltid upprättas

- vid schakt och/eller fyllning i/på finjord, med en nivå-skillnad mellan schaktbotten och omgivande mark eller fyllning överstigande 2,0 m
- vid arbeten som utförs inom område där jordens odränerade skjuvhållfasthet understiger 10 kPa
- vid schakt mer än 1,0 m under grundvattenytan i silt eller friktionsjord vid samtidig aktiv sänkning av grundvattennivån
- vid arbeten som kan befaras ha inverkan på grundvatten i omgivningen eller medföra transport av föroreningar
- vid risk för skadliga deformationer och rörelser hos omgivande mark, ledningar, konstruktioner och anläggningar.

Underlag för arbetsberedning ska innehålla

- detaljerad beskrivning av arbetenas utförande inklusive etapper/skeden
- restriktioner för utförandet (till exempel inbördes ordning, milstolpar, utrustning, belastningar, arbetstider, vattenstånd)
- beskrivning av huvudsakliga risker
- kontrollmätningar inklusive larm- och gränsvärden
- förebyggande och avhjälpande åtgärder.

Underlag för arbetsberedning ska vara baserade på beräkningar eller bedömningar och ska omfatta arbetenas samtliga skeden/etapper. Beräkningar och bedömningar ska vara dokumenterade och biläggas underlaget.

Underlag för arbetsberedning ska dokumenteras i enlighet med Eurokod (SS-EN 1997-1:2005) samt riktlinjerna i IEG rapport 4:2008, rev. 1, inklusive erforderliga ritningar och skisser.

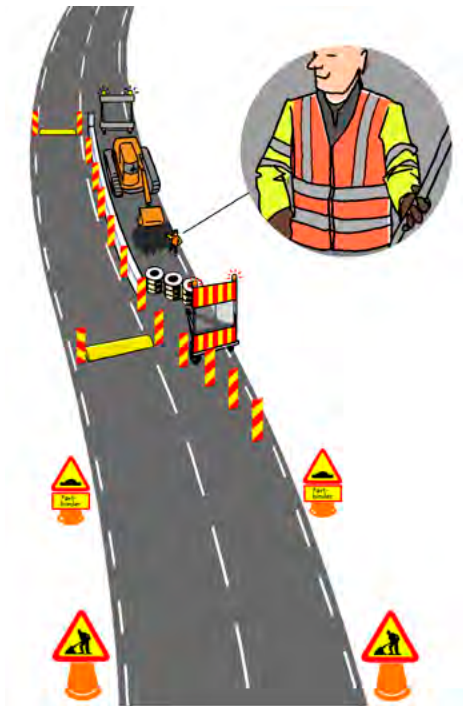
Underlag för arbetsberedning ska delges beställaren.

Före schaktning utförs invid berg där sprängning nyss utförts behöver risken för sprängladdningar som inte detonerat och lösa block utredas. Eventuellt krävs bergrensning eller speciell skyddsutrustning.

Tunga transporter går ofta intill schakter. Det måste ordnas skydd så att maskiner inte kör ner i schakten eller riskerar att tippa material ner i schakten. Vid schaktning i närheten av trafik fås den högsta säkerheten om arbetsplatsen helt separeras från motorfordon, cyklar och fotgängare. För att klara säkerheten krävs att man gör planeringen i god tid. I *Arbetsmiljöverkets föreskrifter om byggnads- och anläggningsarbete* §§ 81–86 beskrivs bland annat hur man ska ta hänsyn till trafiken.

Flera allvarliga rasolyckor har inträffat vid schaktning i nära anslutning till befintliga ledningar i gator. Troligtvis beror dessa olyckor på att det är ont om utrymme och att man därför använder alltför branta släntlutningar. Planering för dessa arbeten måste därför göras i god tid för att klara säkerheten och få tillstånd från till exempel lednings- och markägare. Det bör finnas färdiga underlag till arbetsmiljö- och trafikordningsplaner vid akuta arbeten, eftersom det i sådana fall ofta inte finns tid till planering.

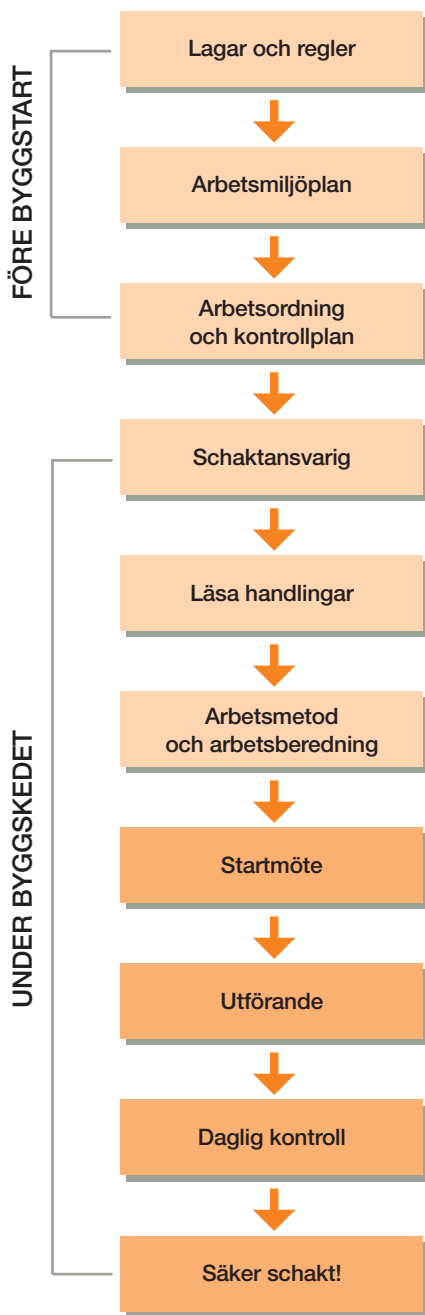
För att ta sig till och från schakten måste det finnas trappa eller ramp med skyddsräcke. Tänk även på att ordna utrymningsmöjligheter i händelse av fara så att utrymning kan ske snabbt och säkert samt att det är svårare att utrymma i smala schakter.



**Fig. 38.** Exempel på trafik- och skyddsanordningar vid avstängning för schaktning. Vägen är flerfilig och enkelriktad.

**Fig. 39.** Exempel på tillträdesled.





## Startmöte

Då arbetsberedning har tagits fram och denna har checkats mot *Checklista inför produktionsstart* (se Bilaga 3) hålls ett startmöte med berörd personal. Syftet med startmötet är att informera och diskutera med samtliga berörda vad som står i arbetsberedning och att klargöra följande:

- Ansvarsfördelningen.
- Vilka svårigheter och risker som föreligger och vilka åtgärder som ska vidtas för att minimera dessa.
- Att det är allas ansvar och möjlighet att avbryta arbetet vid förhållanden som kan medföra fara.
- Innehåll i den kontrollplan som upprättats, inklusive gränsvärden för mätningar, vem som ansvarar för vad och vad man gör om gränsvärdena överskrids.

## Utförande

Under utförandet är det allas ansvar att utföra arbetena enligt arbetsberedningen. Det är allas ansvar att informera om säkerhetsrisker och att avbryta arbetet om man upptäcker felaktigt utförande eller andra faror.

## Daglig kontroll

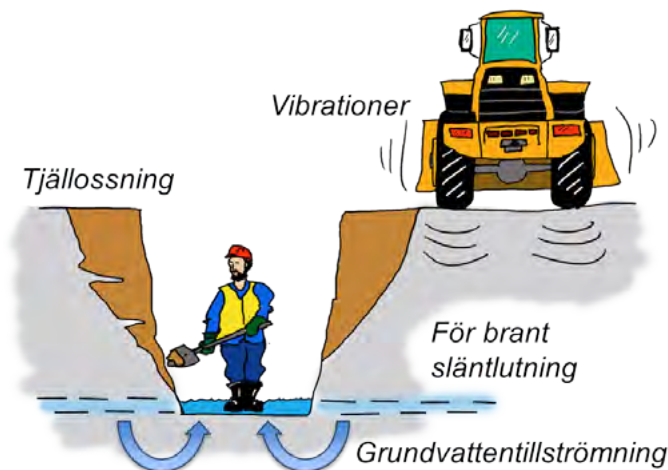
Dagliga kontroller ska följas enligt uppsatt kontrollplan och det är viktigt att man är uppmärksam på eventuella avvikelser. Om mätningarna ger stora differenser eller om angivna gränsvärden överskrids är det viktigt att följa de instruktioner som framgår av kontrollplanen.

## 6 UTFÖRANDE AV SCHAKTARBETE

När man bygger med stål, trä eller betong så är byggmaterialet väl känt. När man bygger med jord, till exempel en schakt, så är byggmaterialets (jordens) egenskaper endast stickprovsvis undersökt. Jord är också ett svårbedömt byggmaterial därför att dess egenskaper i många fall förändras under den tid det tar att utföra en schakt, till exempel på grund av väderlek och ändringar i grundvattenförhållanden. Jordens egenskaper påverkas också av till exempel pålning och vibrationer från byggmaskiner.

Olika jordarter beter sig olika när man schaktar i dem. Efter ett inledande avsnitt om laster har vi därför delat in beskrivningen av schaktarbete efter jordart – lera, silt, sand och grus, morän och fyllning. Ofta schaktar man genom flera jordlager med skilda egenskaper varför vi har ett särskilt avsnitt som beskriver problem under sådana förhållanden.

Hjälpmiddel för utförande av schakt med slänt och val av dimensionerande släntlutning beskrivs i avsnitt 6.9. En orientering om stödkonstruktioner ges i avsnitt 6.10.



### FAKTA I KORTHET

- Jord är ett svårbedömt byggmaterial vars egenskaper kan förändras under schaktning till följd av väderlek, grundvatten, pålning och vibrationer.
- Olika jordarter beter sig olika när man schaktar i dem.
- Stabiliteten för slänterna påverkas av väderleken.

**Fig. 40.** Jordens egenskaper förändras med väderlek (exempelvis tjäle), ändringar i grundvattenförhållanden och andra arbetens utförande (exempelvis vibrationer). Här har man valt för brant släntlutning med hänsyn till detta.



Pålning och vibrationer från trafik och byggmaskiner kan leda till ökade laster mot schaktväggar.

Om du tror det finns en risk att en last är för stor eller att konstruktionen inte är dimensionerad för den aktuella lasten – meddela schaktansvarig!

## 6.1 Laster mot schaktväggar

Jord är ett tungt byggmaterial; de flesta jordar är dubbelt så tunga som vatten, med egentyngder på nästan 2 ton/m<sup>3</sup>. Ju djupare, brantare och mer utbrett man schaktar, desto mer tryck från jorden måste en schaktvägg (schaktad slänt eller stödkonstruktion) hålla emot.

Förutom att hålla emot bakomliggande jords egentyngd så måste schaktväggen också hålla emot laster som kommer från upplag (till exempel schaktmassor), byggmaskiner, byggnader och, om grundvattnet är sänkt inom schakten, last från vattentryck utanför schaktgropen.

För schakter i friktionsjord är det främst laster nära släntkrön som har betydelse. För schakter i lera och silt kan även laster relativt långt från släntkrön vara kritiska för stabiliteten.

Ofta arbetar man med lyft in i och ur schakten med hjälp av en maskin som står nära schaktkanten. Lasterna, exempelvis från ett hjul eller framkanten av en larv, koncentreras då till schaktkanten. De lokala lasterna i släntkrön eller stag eller stämp i en stödkonstruktion kan då bli stora.

Under och efter kalla årstider kan tjäle och smältvatten ge upphov till laster, speciellt mot stödkonstruktioner.

Pålning kan leda till ett ökat tryck bakom en schaktvägg på grund av jord trängs åt sidan vid påslagningen.



Fig. 41. Maskiner orsakar stora laster nära släntkrön.

### FAKTA I KORTHET

- Laster mot schaktväggar kan komma från upplag, byggmaskiner, byggnader och grundvatten.
- Laster kan också uppstå på grund av tjäle, vibrationer och pålning.

Om en belastning känns osäker, meddela schaktansvarig.

Pålning och vibrationer från trafik och byggmaskiner kan leda till att jordens hållfasthet minskar och jordens mothållande tryck exempel mot en spont under schaktbotten, kan minska.

## 6.2 Schaktarbete i lera

Jämfört med en friktionsjord har en lera låg vattengenomsläpplighet och hållfastheten kan vara låg även på stora djup. Dessa egenskaper betyder mycket för hur lera (och liknande jordar) uppför sig vid schaktning.

Jordarter som liknar lera är lermorän, sulfidjord, dy och gytta. Dock har lera vanligen låg hållfasthet medan lermoräner vanligen har hög hållfasthet. Dy och gytta har vanligen en mycket låg hållfasthet.

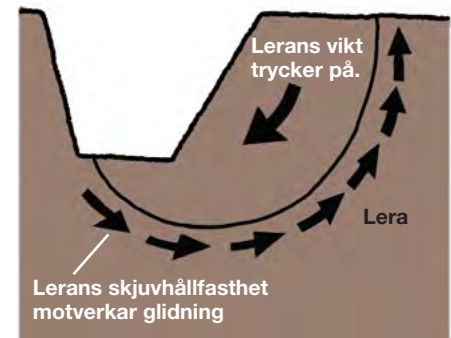
### Skred

När lera överbelastas brister den längs glidytor som ofta har en böjd, cirkulär form. Jorden i den utglidande volymen omlagras oftast inte särskilt mycket. Lerans hållfasthet motverkar glidningen. Detta förlopp kallas skred. Jämför ras som beskrivs i avsnittet om schaktarbete i sand och grus.

En leras hållfasthet kan minska vid höga portryck, vanligen i vattenförande skikt av silt eller sand inbäddade i eller under lerlagren, och leda till skred.



**Figur 43.** Skred på grund av för brant schaktslännt i kombination med höga portryck i siltskikt i leran orsakat av ihärdigt regnande.



**Fig. 42.** Glidyta i lera med påverkande krafter.

### FAKTA I KORTHET

- Lämplig slänlutning är starkt beroende av schaktdjupet (slänstens höjd).
- Skred kan nå djupt och sträcka sig långt in i schakten.
- Torksprickor kan fyllas med vatten och orsaka skred.
- Schaktbotten kan tryckas upp av underliggande grundvattentryck.

## Totalstabilitet

När schakt utförs i jord med lerlager kan stabiliteten i en volym som omfattar jorden bakom, under och framför slänten, totalstabiliteten, bli för låg även om själva schaktslänten, lokalstabiliteten, är tillräckligt stabil.

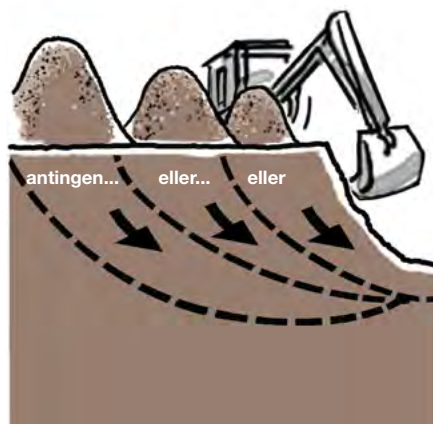


Var noga med placering av upplag och leder för byggtrafik. Det krävs ibland stora avstånd till släntkrön.



**Fig. 44.** Skred som orsakats av att totalstabiliteten var för låg.

Även upplag eller byggtrafik långt från släntkrön kan därför utlösa skred i lera om hållfastheten inte är tillräcklig.



**Fig. 45.** Upplag långt från släntkrön kan försämra stabiliteten.

## Sprickor

Nära markytan finns ofta sprickor i lera. Jämfört med en sprickfri lera blir möjliga glidytor kortare och därmed blir krafter som håller emot en utglidande jordmassa mindre. När sprickorna fylls med regnvatten, bildas vattentryck som försämrar stabiliteten ytterligare. En slänt som i början ser ut att kunna stå brant kan således efter en tid skreda längs sådana sprickor, speciellt om sprickorna fylls med vatten vid regn eller snösmältning.



Fig. 46. Vattenfyllda sprickor försämrar stabiliteten.



Utför flackare slänter om det finns risk för att vattenfyllda sprickor försämrar stabiliteten!

## Smala schakter

Även ett skred med liten utbredning kan bli farligt om schakten är smalt.



Fig. 47. Ett litet skred kan bli farligt i en smal schakt.



Utrymningsmöjligheter (stegar) speciellt viktiga i smala schakter!

## Schaktlängd och utåtriktade hörn

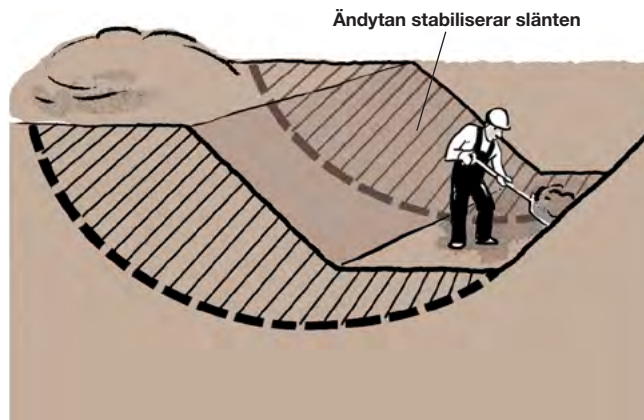
Korta schakter är stabilare än långsträckta schakter. Det beror på att det i en kort schakt finns mothållande kohesionskrafter, i ändarna av den jordvolym som vill skreda ut, som är stora i förhållande till tyngden av jordvolymen. Är schakten längre blir de mothållande kohesionskrafterna i ändytorna, ändyteeffekterna, små i förhållande till tyngden av den jord som vill skreda ut. Även i utåtriktade slänthörn kan ändyteeffekter vara förhållandevis små.



Att schakta i korta etapper och direkt återfylla innebär mindre risk för ras och skred i lera jämfört med schakter i långa etapper.

Schaktslänter vid utåtriktade hörn kan behöva göras flackare än intilliggande schaktslänter.

När man arbetar med rörgravar är det bättre om grävmaskinen står vid rörgravens ände (kortsida) än vid långsidan.



Figur 48. Säkrare att arbeta i kortare etapper.

## Hydraulisk bottenuppträckning

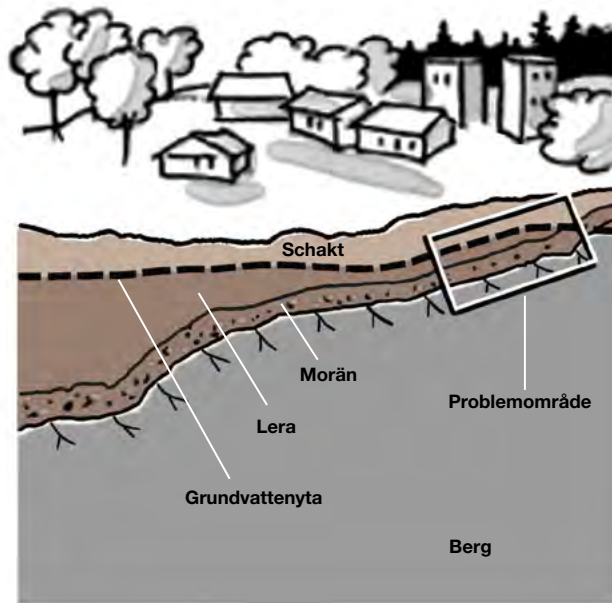
Svårigheter med vattentryck underifrån kan uppstå när lerlagret under schaktbotten blir tunt, till exempel vid övergången från lera till grövre mer genomsläpplig jord.

Vattentrycket i den grövre jorden vill då lyfta upp den tunna och täta schaktbotten av lera. En så kallad hydraulisk bottenuppträckning kan inträffa såväl i schakter med slänt som i schakter med stödkonstruktioner.

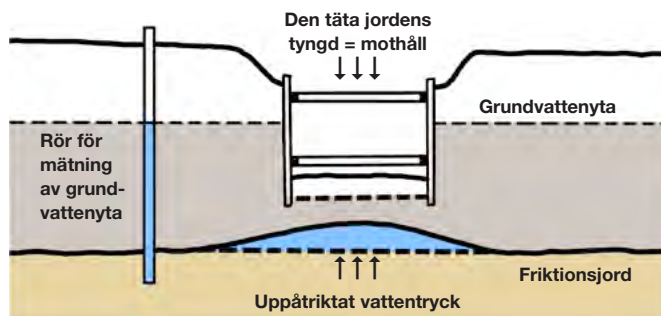
Även tunna lager (skikt) av grövre jord med högt vattentryck kan orsaka uppträckning och skred. Högt vattentryck kan till exempel uppkomma vid riklig nederbörd.

Högt vattentryck och därmed risk för hydraulisk bottenuppträckning, kan också förekomma i gränsen mellan lera och underliggande moränlager ovan berg.

Om hydraulisk bottenuppträckning inträffar så blir det svårt att arbeta på grund av att schaktbotten blir förstörd, schaktstabiliteten kan äventyras och det kan också leda till grundvattensänkning i omgivningen.



**Fig. 49.** Där flacka områden övergår i höjdryggar finns ofta sluttande berggrund med vattenförande morän under lera. Hydraulisk bottenuppträckning och inströmning av jord kan inträffa vid schakt i sådana övergångar.



För att förhindra hydraulisk bottenuppträckning kan grundvattentrycket sänkas med hjälp av pumpning i brunnar eller genom användning av blödarrör (rör som sätts genom schaktbotten ned till den grövre vattenförande jorden).

När det finns risk för hydraulisk bottenuppträckning är det viktigt att man mäter grundvattentrycken i den underliggande grövre jorden både innanför och utanför schakten.

**Fig. 50.** Hydraulisk bottenuppträckning, orsak och övervakning.



## Erosion av grundvatten

Vattenförande grövre jord kan förekomma inlagrad i eller under tätare lager av lera eller silt. Vid schakt kan sådana lager bli frilagda och framträngande vatten kan erodera schaktslänthen och också föra med sig mycket silt och sand ut från bakomliggande jord. Detta kan leda till omfattande sättningar eller stabilitetsproblem.

Ensgraderad grus- och sandjord släpper normalt lätt igenom vatten, varför man ofta uppmärksammar vattenflöden från sådana lager i schaktväggar. Inströmningen kan dock uppkomma plötsligt vid schakt i en övergång från lera eller finkornig (tät) silt till ett vattenförande lager med grus, sand eller silt.



**Fig. 51.** Inströmmande sand och silt under spontfot. Sand- och siltlagret överlagras av tät lera.



Vid risk för erosion kan täckning med geotextil och motfyllning av grus (filter) lösa problemet.

Ibland behövs också grundvattensänkning och schaktning i korta etapper.

## Vibrationer

Högsensitiv lera ( $St > 30$ ) är känslig för kraftiga vibrationer (till exempel av sprängning) eller omrörning och kan då bli flytande. Känsligheten innebär en risk för att ett inledande skred leder till fler bakåtgripande skred med stor omfattning. Kvikclera ( $St > 50$ ) är speciellt känslig. Uppgift om förekomst av kvicklera ska framgå av projekteringshandlingarna. Se vidare i Bilaga 2 avseende sensitivitet och utvärdering av geotekniska undersökningar.

## Släntlutning

Släntlutningen betyder mycket för säkerheten i en lera och lämplig släntlutning är starkt beroende av schaktdjupet, det vill säga släntens höjd.

Schakter till små djup i lera kan således ofta utföras med branta slänter som inte kräver så mycket utrymme. I breda schakter i lera kan man dock behöva flacka ut slänter på grund av otillräcklig totalstabilitet (risk för uppkomst av långa glidytor som sträcker sig in i schakten).

Skjuvhållfastheten i en schaktad lerslänt minskar med tiden (på grund av avlastning och krypning). I schakter som ska stå öppna en längre tid behöver därför slänterna vara flackare än i schakter som ska stå öppna under kortare tid.



I lera, var noggrann med utsättning av släntkrön och att schaktning följer utsättningen.

## Tecken på överbelastning

Brott i lera och silt sker ofta hastigt men föregås ibland av små rörelser som uppstår när leran eller silten är på gång att bli överbelastad. Dessa små rörelser kan observeras genom kontroll av sprickor och mätningar i marken bakom slänten, se kapitel 7.



Tänk på detta vid schaktning i lera  
(i viss mån även lermorän, sulfidjord, dy och gyttja)

Placera inte upplag eller tunga maskiner vid släntkrön – ta reda på säkerhetsavståndet!

Om schaktbotten känns gungig:

- det finns risk för bottenuppträckning!
- överväg utrymning och återfyllning med jord eller vatten!

Om sprickor i markytan bakom slänter ser ut att vidgas:

- det finns risk för bristande totalstabilitet!
- överväg utrymning och återfyllning med jord eller vatten!

Om schakten stått öppen under längre tid än planerat:

- tänk på att stabiliteten kan minska vid förändringar i väderleken!

En smal schakt kan vara mer riskabel än en bred.

Organiska jordar komprimeras lätt vid belastning och kan därför orsaka sättningsskador.

Organiska jordar har låg hållfasthet.

## 6.3 Schaktarbete i silt

Silt utgör med avseende på kornstorlek och andra egenskaper, en övergång mellan lera och friktionsjord. Man brukar därför kalla silt för mellanjord. Silt kan i en del fall (speciellt finkornig silt) bete sig som en lera och i en del fall bete sig som en friktionsjord. Silt har lätt för att erodera och siltens egenskaper är mycket beroende av den mängd vatten som den innehåller. Jordarter som liknar silt är siltmorän och siltig sand.

### FAKTA I KORTHET

- Silt betar sig i en del fall som lera och i en del fall som friktionsjord.
- Silt har lätt att erodera.
- Egenskaperna för en schakt i silt förändras och är svårbedömda.
- Inre erosion, ”piping”, kan inträffa om grundvatten strömmar upp genom schaktbotten. Schaktbotten förlorar då sin bärlighet.
- Tjälning kan leda till omfattande hävning.
- Tjällossning kan leda till omfattande uppluckring.

### Totalstabilitet

Lerig silt kan ha låg vattengenomsläpplighet och därför fungera som en lera. I en schakt där det finns lerig silt i eller under schaktbotten kan det därför, förutom ytliga brott i slänter, även inträffa djupare och mer bakåtgripande skred på samma sätt som beskrivs för lera, det vill säga totalstabiliteten kan vara för dålig.

### Hydraulisk bottenuppträckning

Silt, liksom lera, förekommer ofta som ett tätt lager ovanför en underliggande mer genomsläpplig grövre jord. Om den underliggande grövre jorden har ett högt grundvattentryck så kan schaktbotten tryckas upp.

Även tunnare lager (skikt) av grövre jord med högt vattentryck kan orsaka uppträckning och skred. Högt vattentryck kan till exempel uppkomma vid riklig nederbörd.

Se beskrivning av hydraulisk bottenuppträckning under avsnitt 6.2.

## Ytvattenerosion

Silt och sand är lättroderade material varför strömmande vatten från nederbörd, smältvatten eller läckande ledningar kan spola med sig stora mängder silt och finsandpartiklar. Denna så kallade ytvattenerosion kan bilda raviner dit mer vatten söker sig och processen kan därmed bli självförstärkande. Om jordmaterial spolats bort från släntfot kan det bli fara för skred.



Fig. 52. Ytvattenerosion i vägslänt.

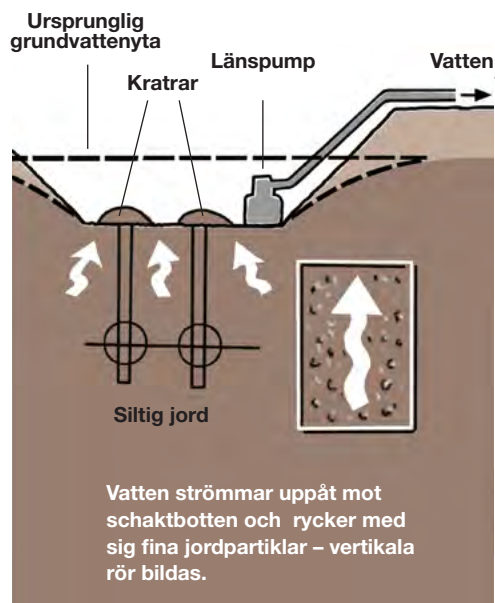


En bra dränering med diken utmed släntrön, så kallade överdiken, och i släntfot (med erosions-skydd) minskar risken för problem med ytvattenerosion i silt och sand.

Schaktslänter i silt kan behöva skyddas mot nederbörd, till exempel med en presenning.



Fig. 53. Erosionsskydd av schaktslänt.



**Fig. 54.** Inströmning av grundvatten orsakar piping.

## Erosion av grundvatten

Vattenförande grövre jord kan förekomma inlagrad i eller under tätare lager av lera eller silt och orsaka erosion, se avsnitt 6.2.

När vattentrycksskillnader uppstår vid länshållning, så vill vattnet flöda mot det lägre trycket. Om siltjorden har hög vattengenomsläpplighet (innehåller sand och grus) så kan flödet bli så stort att det drar med sig siltkorn och bilda ”rör” i jorden. Så kallad ”piping” (eller inre erosion) uppstår. Piping syns ofta som kraterbildningar i schaktbotten eller schaktslätten.

Rörbildningen luckrar upp jorden och kan på kort tid försämra stabiliteten väsentligt.

Vid stora vattentrycksskillnader eller om silten är ensgraderad (inte innehåller så stor mängd grövre korn) kan jorden bli flytande. Detta kan inträffa vid länshållning i löst lagrad silt (och sand). Fenomenet kallas ibland kvicksand.

Om schaktbotten mister sin bärförmåga på grund av ”piping” eller flyttillstånd så kallar man det för hydrauliskt grundbrott.

Det farliga är om grundvattnets trycknivå är för hög. Även om tillrinningen är mycket liten, som ofta i silt, kan det uppstå uppluckrings- och flytproblem.



↑ **Fig. 55.** Kraterbildning (piping) i schaktbotten.



→ **Fig. 56.** Grundvattenerosion i silt.



Vid schakt strax under grundvattenytan kan man ofta använda filter, till exempel geotextil och grus, som håller emot inströmning av silt men medger inströmning av vatten.

Vid schaktning djupt under grundvattenytan krävs grundvattensänkning. Det kan då vara bra att påbörja sänkningen innan schaktarbetena kommit igång. Man kan till exempel använda wellpoint-metoden (sugning/undertryck i många och smala brunnsrör/grundvattenrör).

Se skriften *Länshållning vid schaktningsarbete*.

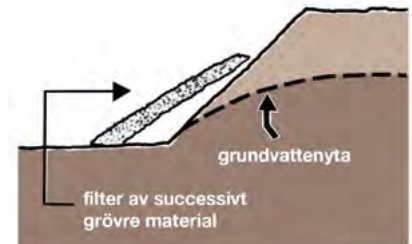


Fig. 57. Filter vid schaktslätter i silt.



Fig. 58. Grundvattensänkning med well-point.



Fig. 59. Schaktning med filter i silt.



Om det är svårt att sänka grundvattenytan tillräckligt vid schaktslänter och siltjorden riskerar att flyta ut, kan man lägga ut filter på schaktslänten.

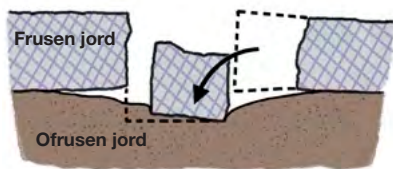


Fig. 60. Farliga överhäng av frusen (tjälad) jord.

## Tjäle

Ett allvarligt fall kan uppstå när man schaktar i tjälad jord och schaktningen går ner i flytbenägen jord som inte tjälats. Om den flytbenägna jorden spolats bort kan det bildas farliga överhäng av frusen jord som riskerar att falla ner och skada någon i schakten.

Tjälning av silt kan bli omfattande och leda till hävning och uppluckring (vid efterföljande tining).



Frostskydd av schaktbottnar och schaktslänter i silt bör utföras under vintertid.

## Byggtrafik och vatten på schaktbotten i silt

Silt har en stor förmåga att suga upp och hålla vatten. Det kan därför hända att en fast och till synes torr schaktbotten i silt snabbt förstörs på grund av bearbetning av byggtrafik eller annan byggverksamhet. En fast schaktbotten i silt kan också förstöras på grund av regn, tillrinning av annat ytvatten eller vid en höjning av grundvattenytan.



Utför schaktbotten i silt med lutning mot diken, lägg ut filter (grus) och var noga med länshållning.

För att få en bärig schaktbotten kan det också vara lämpligt att avsluta schaktarbetet mot botten med slätkantad skopa.

## Släntlutning

När man beräknar lämplig släntlutning för en siltjord så måste man tänka på att siltjordars egenskaper är svåra att mäta och att de varierar mycket med till exempel fuktighet. En del av de egenskaper man tänker använda vid beräkning kan verifieras genom provgroppsundersökning, se Trafikverkets publikation *Provgroppsundersökning*.

## Tecken på överbelastning

Brott i lera och silt sker ofta hastigt men föregås ibland av små rörelser som uppstår när leran eller silten är på gång att bli överbelastad. Dessa små rörelser kan observeras genom kontroll av sprickor och mätningar i marken bakom slänten, se kapitel 7.



Tänk på detta vid schaktning i silt

Placera inte upplag eller tunga maskiner vid släntkrön – ta reda på säkerhetsavståndet!

Om schaktbotten känns gungig – det kan finnas risk för bottenuppträckning eller piping (inre erosion)!

Om sprickor i markytan bakom slänter ser ut att vidgas:  
– Det finns risk för bristande totalstabilitet!  
– Överväg utrymning och återfyllning med jord eller vatten!

Om vatten med siltpartiklar tränger fram någonstans från schaktsidorna:  
– Det finns risk för att hålrum har bildats inne i schaktslänten som i sin tur kan orsaka sättningar och ras!

Om vattnet i schakten blir smutsigt och det bildas kratrar i schaktbotten:

– Det finns risk för piping (inre erosion) och flytjord!  
– Överväg utrymning och återfyllning med jord eller vatten!

Om en tidigare jordfuktig slänt torkar ut eller blir vattenmättad av nederbörd:

– Stabiliteten kan ha försämrats!

Smala schakter kan vara farligare än breda om det sker ett ras eller skred! Det kan saknas utrymme för att kasta sig åt sidan!



## 6.4 Schaktarbete i sand och grus

Sand och grus är friktionsjordar där det framförallt är friktionskrafterna mellan kornen som bestämmer hur jordarna beter sig. En annan egenskap hos sand och grus som skiljer dem från lera och silt, är deras höga vattengenomsläpplighet.

### Ras

När sand- och grusjordar överbelastas rasar jorden ut och de olika kornen rör sig fritt i för hållande till varandra. Brottet sker ofta längs ytliga, raka (plana) glidytor. Detta förlopp kallas ras. Jämför med skred som beskrivs i avsnittet om schaktarbete i lera.



Fig. 61. Ras i Värmland, 1997.

### FAKTA I KORTHET

- I schakter under grundvattenytan blir vatteninströmningen stor och det blir svårt att hålla läns utan filter eller annan åtgärd.
- Inre erosion, "piping", kan inträffa om grundvatten vill strömma upp genom schaktbotten. Schaktbotten förlorar då sin bärighet.

### Erosion av grundvatten

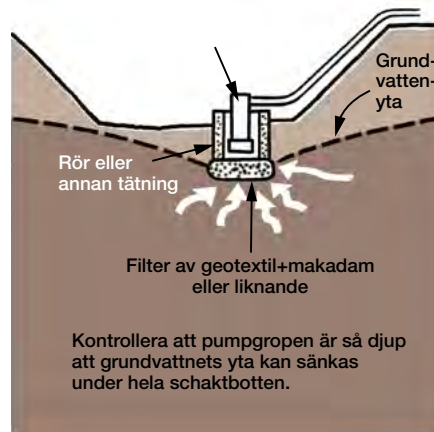
Vid schakt under grundvattennivån kommer grundvattnet att strömma in mot schakten. Vattenströmningen riskerar att luckra upp och erodera schaktslän-ten och schaktbotten. I grusjordar lyckas man på grund av stor vattentillströmning ofta hålla läns bara några decimetrar under grundvattenytan. Även i sandjordar kan det vara svårt att hålla läns under grundvattenytan.

Innehåller jorden mellansand eller finare partiklar kan inströmningen vara svårare att upptäcka. Det finns då också en risk för att det inströmande vattnet drar med sig finare partiklar och bildar rör inne i jorden (piping). Se avsnittet om erosion av grundvatten i avsnitt 6.3.



Fig. 62. Grundvattenerosion i sand.

Med hänsyn till sättningsrisk i omgivande mark och risk för uttorkning av brunnar finns det ofta restriktioner på hur mycket och under hur lång tid grundvattnet får sänkas.



**Fig. 63.** Sänkning av grundvattennivån med pumpgropp.

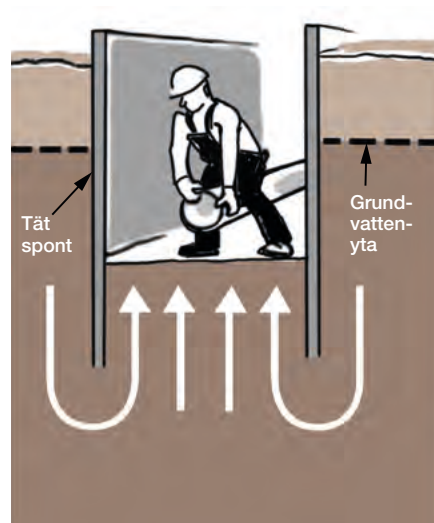


För att undvika problem med strömmande grundvatten i sand och grus kan man sänka grundvattennivån innan schaktning eller schakta under vatten.

Grundvattennivån kan ofta sänkas med pumpbrunnar. Pumpbrunnar installeras lämpligen i kanterna av en schakt där de, förutom att sänka trycket i jorden under schaktbotten, även sänker trycket under slänterna på ett bra sätt.

Sänkningen ska normalt övervakas med grundvattenrör och/eller porttrycksmätare i och utanför schakten.

Se skriften *Länshållning vid schaktningsarbeten*.



**Fig. 64.** En tät spont förlänger vattnets väg till schakten.



För att minska omgivningspåverkan och pumpinsats kan en tät spont användas för att förlänga vattnets väg till schakten.

Det kan också vara möjligt att tätta jorden, till exempel genom injektering. Man måste då tänka på att den tätade jorden kan tryckas upp om underliggande vattentryck blir för stort.

## Jord blir till vätska (liquefaction)

Löst lagrad sand under vatten kan vid stöt eller annan vibration uppföra sig som en vätska och flyta iväg. Sådana stötar, exempelvis av sprängning, ska därför normalt undvikas. Fenomenet kallas *liquefaction*. I många områden i världen som är utsatta för jordbävningar är liquefaction ett återkommande problem.



Fig. 65. Jord blir vätska (liquefaction).

## Falsk kohesion

I nyschaktade slänter finns ofta sammanhållande krafter som beror på fukthalten och slänten kan stå mycket brantare än vad man kan räkna fram med enbart friktionskrafter. Man brukar kalla de här sammanhållande krafterna för falsk kohesion.

Om jorden torkar ut eller blir vattenmättad försvinner sammanhållningen och slänten kan inte stå kvar i samma lutning som innan.

## Ytvattenerosion

Vatten från nederbörd, smältvatten eller läckande ledningar kan spola med sig stora mängder sand från oskyddade schaktslänter eller schaktbotten på liknande sätt som för silt. Se avsnittet om ytvattenerosion i avsnitt 6.3.



**Fig. 66.** Falsk kohesion möjliggör en mycket brant slänt i sand eller silt men vid uttorkning eller genomblötning kan den falska kohesionen försvinna och slänten rasa.

## Släntlutning

Vilken släntlutning som är stabil är, till skillnad från lera, inte direkt beroende av släntens höjd.



Tänk på detta vid schaktning i sandiga och grusiga jordar!

Placera inte upplag eller tunga maskiner vid släntkrön – ta reda på säkerhetsavståndet!

Om en tidigare jordfuktig slänt torkar ut eller blir vattenmättad på grund av nederbörd:

– Stabiliteten försämras!

Sand och grus släpper lätt igenom vatten. Svårigheter kan uppstå med länshållning på grund av stor vatteninströmning!

Om vattnet i schakten blir smutsigt och det bildas kratrar i schaktbotten:

– Det finns risk för piping (inre erosion) och flytjord.

– Överväg utrymning och återfyllning med jord eller vatten!

Löst lagrad sand kan vid vibrationer falla ner i fastare lagring och orsaka sättningar.

## 6.5 Schaktarbete i skiktad jord

Vissa jordar som bildats i vatten under och efter senaste istiden har blivit skiktade (olika jordarter avlagrade växelvis i tunna eller tjocka skikt). Lera och silt har ofta bildats på detta sätt. Ofta underlagras lera eller silt av grövre jord av morän. Det kan också finnas lager med sand och grus inlagrad i finare jord av lera och silt. I moräner kan det förekomma lager med mer ensgraderad jord.

### Erosion

Risk för erosion kan uppstå när grövre jord släpper igenom ytvatten till underliggande jordlager. Ytvatten koncentreras på det underliggande tätare skiktet och bildar en stark vattenströmning. Schaktslänten eroderas av vattenströmningen.

Ensgraderad grus- och sandjord släpper normalt lätt igenom vatten varför man ofta lätt kan uppmärksamma vattenflöden från sådana lager i schaktväggar. Inströmningen kan dock komma plötsligt vid schakt i en övergång från lera eller finkornig (tät) silt till ett vattenförande lager med grus, sand eller silt. Se avsnittet om erosion av grundvatten, i avsnitt 6.3.

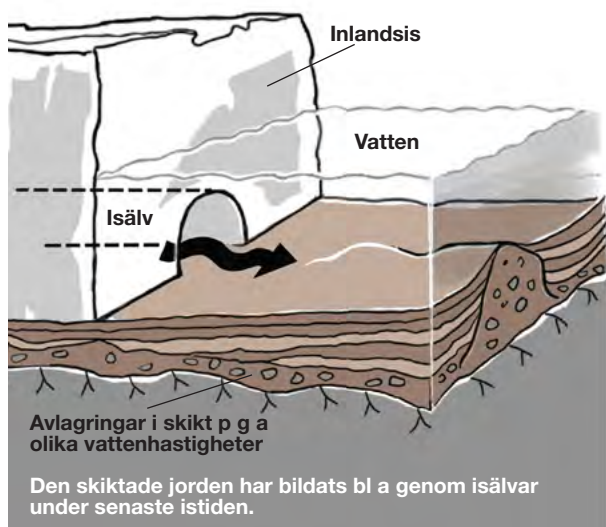
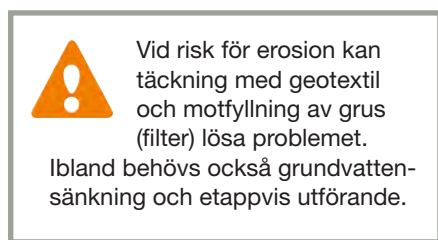


Fig. 67. Vattenförande grövre jord kan också förekomma inlagrad i eller under tätare lager av lera eller silt.



Fig. 68. Eroderande vattenströmning på skikt av silt eller lera.

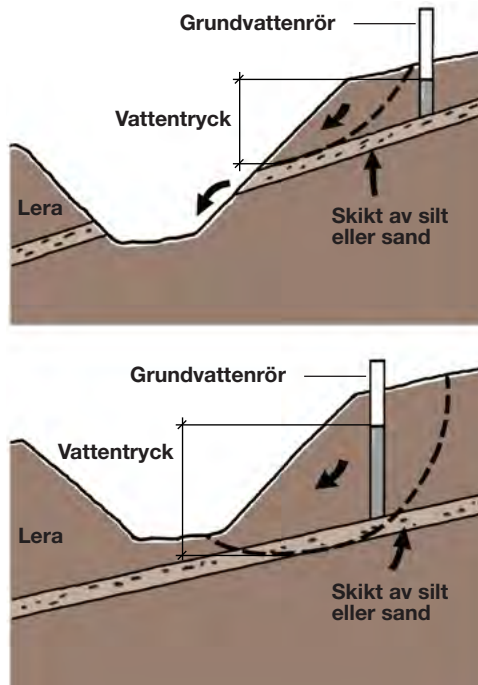
## Hydraulisk bottenuppträckning

Vattentrycket i vattenförande jordlager kan lyfta ovanförliggande täta jordlager.

Vid grävning genom flera jordlager, eller i skiktad jord, är det därför nödvändigt att mäta grundvattentrycket. Grundvattensänkning kan krävas, se avsnittet om hydraulisk bottenuppträckning i avsnitt 6.2.



Ibland kan det krävas grundvattensänkning i skikt med högt portryck.



**Fig. 69.** Stabiliteten kan försämrans genom höga vattentryck i vattenförande skikt.



Tänk på detta vid schaktning i skiktade jordar!

Vattenflöden kan vara koncentrerade till genomsläppliga tunna lager. I schakter kan detta orsaka erosion och hydraulisk bottenuppträckning.

### FAKTA I KORTHET

Morän innehåller många kornstorlekar. Ofta är det den dominerande kornstorleken som bestämmer moränens egenskaper, exempelvis silt för siltmorän.

Morän är ofta fastare än motsvarande ensgraderad jord. Man ska dock vara uppmärksam så att man inte överskattar stabiliteten i en morän:

- Det kan finnas inlagrade skikt med låg hållfasthet.
- Det kan finnas sprickor som kan vattenfyllas och öka lasten mot en schaktvägg.
- Moränens hållfasthet minskar om jorden torkar ut eller blir vattenmättad.
- Block kan falla ut plötsligt från schaktväggar.



Morän fungerar i princip som motsvarande ensgraderad jordart.

Till exempel så uppför sig lermorän i princip som lera. För tips om schaktarbete i olika typer av morän, se därför avsnitten för aktuell jordart. Tänk dock på att moräner ofta är fastare än motsvarande ensgraderad jordart, se vidare kapitel 3.

## 6.6 Schaktarbete i morän

Morän är en månggraderad jord, det vill säga den innehåller korn med många olika storlekar (graderingar). Oftast är det den dominerande kornstorleken som bestämmer moränens egenskaper. Därför fungerar moräner med stort siltinnehåll ungefär som silt, och sandiga och grusiga moräner under grundvattenytan ungefär som sand respektive grus. Vanligen är dock moräner fastare än motsvarande ensgraderad jord (de flesta moräner har avsatts djupt under inlandsisen och därmed utsatts för höga spänningar). I moräner kan det förekomma inlagringar av andra jordarter.



**Fig. 70.** I undre delen av fotografiet syns ett ljust lager med sand och grus inlagrat i siltiga partier av en morän. Sådana lager kan orsaka stabilitetsproblem.

## Allmänt om stabilitet i morän

Många moränavlagringar är mycket fast lagrade. De kan därför vara svåra att schakta i och de ser ut att vara mycket stabila. Man ska dock vara uppmärksam så att man inte överskattar stabiliteten i en morän, bland annat på grund av de problem som vi beskriver i detta avsnitt.

## Inlagrade linser av annan jordart

Det kan finnas inlagrade skikt eller linser av annan jord. I sådana skikt, till exempel av vattenförande silt eller sand, kan glidning uppstå på grund av ett högt vattentryck. Den vattenförande jorden i skiktet kan också orsaka erosion. Se avsnittet om erosion av grundvatten i avsnitt 6.2.

## Vatten och avlastning

Moräners hållfasthet kan öka på grund av falsk kohesion och negativa portryck (kapillärt sug). Egenskaperna förändras dock om den torkar ut eller blir vattenmättad (vid nederbörd).



**Fig. 71.** Skikt i morän kan bestå av vattenförande silt eller sand som kan orsaka stabilitetsproblem.



**Fig. 72.** Vattenförande skikt i finkornig morän.



## Torksprickor

Torksprickor i täta moräner (till exempel lermorän) kan leda till extra vatten-tryck efter nederbörd, vilket försämrar stabiliteten på samma sätt som i lera.

## Blockutfall

Det finns risk för att block faller ner från schaktslänter i morän om underliggande finare jord som håller upp blocket flutit ut på grund av nederbörd eller uttorkning, eller vid tjällossning.

## Provgropsundersökning

En del av de egenskaper man har använt vid beräkning kan verifieras genom provgropsundersökning, se Trafikverkets publikation *Provgropsundersökning*.



**Fig. 73.** Flackare släntlutning kan behövas på grund av fara för blockutfall. Blockrensning utförs lämpligast med grävmaskin



Tänk på detta vid schaktning i morän!

Det kan finnas torksprickor i täta moräner (till exempel lermorän) som kan fyllas med vatten och minska stabiliteten på samma sätt som i lera.

Block kan falla ut plötsligt från slänter om underliggande finare jord flutit ut.

Hydraulisk bottenuppträckning kan orsakas av inlagrade vattenförande sediment.

Moränen betar sig i princip som den jordart som dominerar. Exempelvis kan hydrauliskt grundbrott inträffa i sandmorän.

Var uppmärksam så att du inte överskattar stabiliteten (många faktorer spelar in)!

Om en tidigare jordfuktig slänt i morän blir uttorkad eller vattenmättad av nederbörd kan den rasa! Lagom mycket jordfukt håller samman jordpartiklarna men blir det för blött eller för torrt så släpper sammanhållningen.

Finkornig morän, exempelvis siltmorän, är erosionskänslig och schakten bör skyddas mot regn.

En slänt i sitliga, sandiga och grusiga moräner kan teoretiskt inte utföras brantare än den så kallade friktionsvinkeln. Med hänsyn till en rimligt säkerhetsmarginal krävs dock flackare släntlutning än så. Vid schakt under grundvattenytan krävs ytterligare åtgärder för en säker schakt.

## 6.7 Schaktarbete i fyllning

För fyllningar (fyllnadsmassor), där uppgifter saknas om vad de består av och hur tjock fyllningen är, krävs geotekniska undersökningar. Man måste då tänka på att egenskaperna ofta inte kan bestämmas med standardiserade metoder och att variationen i egenskaper kan vara mycket stor. De geotekniska undersökningarna bör kompletteras med provgropsundersökning för att bedöma lämpliga släntlutningar och åtgärder såsom länshållning. För provgropsundersökning se Trafikverkets publikation *Provgropsundersökning*. Miljöundersökningar ska utföras om föroreningar inte kan uteslutas.



Tänk på detta vid schaktning i fyllning!

Fyllning kan bestå av nästan vad som helst.

Egenskaperna för en fyllning kan vara svåra att fastställa och man får vanligtvis göra en provgropsundersökning.

## 6.8 Schaktarbete i smala och djupa schakter

I smala, djupa schakter, exempelvis brunnar, kan problem uppstå med hydrauliskt grundbrott, hydraulisk bottenuppträckning och annan bottenuppträckning, se avsnitt 6.10. Dessutom kan syrebrist, koncentration av lättantändliga gaser och luftföroreningar uppstå.

Man kan behöva speciell ventilation och flyktvägar måste fungera (det är ont om plats för att komma undan ett ras).

Svavelväte (luktar som ruttna ägg) är en giftgas som bildas vid schakt i sulfidjordar som främst förekommer utmed norrlandskusten. Vid trånga schakt i sulfidjord kan det krävas särskild ventilation och/eller särskild skyddsutrustning.



Det finns enkel utrustning som man kan bära med sig som varnar för syrebrist och farliga gaser.

Se upp för risken med bottenuppträckning i smala schakter.

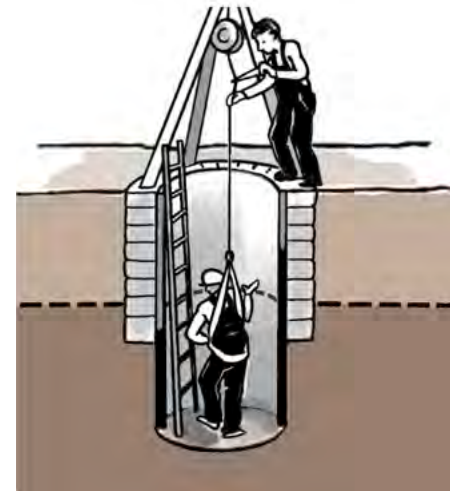


Fig. 74. Att rensa eller fördjupa en brunn kan vara farligt.

## 6.9 Utförande med slänt

Översiktligt kan man säga att schakt med slänt fungerar bra när schakten inte ska bli djup, när det finns gott om utrymme vid sidan om den blivande schakten och när grundvattenytan ligger djupt.

### Stabilitet och släntlutning

Smala schakter som ska stå öppna under en kortare tid är generellt sett stabilare än breda schakter som ska stå öppna under en längre tid. Tänk dock på att det är svårare att sätta sig i säkerhet i en smal schakt än i en bred, om ett ras skulle inträffa.

I naturen ser man ofta branta slänter i silt- och sandjordar, till exempel i bäckraviner. I sådana slänter finns ofta sammanhållande krafter av vegetation, fuktighet och, för siltjordar negativa portryck (undertryck).

Schaktslänter i silt- och sandjordar utsätts dock ofta, till skillnad från bevuxna slänter, för erosion av ytvatten och/eller uttorkning. Det är inte heller så lätt att i en schaktslänt mäta och ta hänsyn till sådant som ökar hållfastheten i



Fig. 75. Naturlig, brant slänt i Näsåker.

naturliga slänter, till exempel fuktighet, sammankittning (kemiska reaktioner) och negativa portryck ("sug").

Med andra ord går det oftast inte att ställa schaktslänter i sand och siltjordar lika brant som de naturliga slänterna om man vill ha en säker arbetsplats.

Släntlutningen har stor betydelse för stabiliteten, både i själva slänten och för längre glidytor som sträcker sig in i schakten. Släntlutningar i lera behöver göras flackare ju högre slänten är eftersom lerans hållfasthet vanligtvis har endast en svag ökning med djupet.

Den släntlutning som framgår av typsektion (enligt avsnittet nedan) eller som tagits fram av geotekniker ska följas även om en slänt verkar kunna ställas i betydligt brantare vinkel. Att den i praktiken kan ställas brantare beror på att föreslagna släntlutningar ska ge en tillräcklig säkerhetsmarginal mot brott. Säkerhetsmarginalen krävs därför att det alltid, oavsett hur noga man har undersökt jorden, kvarstår osäkerheter, bland annat om hur jordens hållfasthet och grundvattentrycket varierar.

## Grunda schakter

Om schaktdjupet är mindre än eller lika med 1 meter och det inte finns några uppgifter om jorden på den plats där schaktning ska utföras rekommenderas följande:

- Ta reda på jordart i markytan i området. Beställ en jordartskarta från SGU. Denna kan för många områden i Sverige levereras digitalt inom några minuter. Jordartskartan visar jordarten i eller närmast markytan. Ta dessutom minst ett jordprov från området och bestäm jordart (lera, silt, sand, grus eller morän).
- Gräv en provgrop och se hur jorden uppför sig. Placera provgropen invid den plats där schaktning ska utföras och gräv till minst samma djup och med en representativ schaktlängd som för den blivande schakten.
- Låt provgropen stå öppen ett dygn och se vad som händer. Spärra av så att ingen kan ramla ned i schakten.
- Var uppmärksam på om vatten sipprar fram ur slänten och om flytjordstendenser uppträder.
- Placera ett öppet slitsat rör med filter i schakten innan den fylls igen; då kan grundvattennivån avläsas direkt i röret.

### FAKTA I KORTHET

- Översiktligt kan man säga att schakt med slänt fungerar bra för grunda schakter och när det finns gott om utrymme vid sidan om den blivande schakten och när grundvattenytan ligger djupt.
- Naturliga branta slänter i silt och sand kan stå betydligt brantare än schaktslänter i samma jord på grund av skyddande och stabiliserande effekter av vegetation och sugkrafter.
- Slänter i lera behöver göras flackare ju högre slänten är.
- Föreskriven släntlutning ska följas även om en slänt verkar kunna gå att ställa betydligt brantare.
- Typsektioner kan användas i en del enkla fall.

## Typsektioner

För en del okomplicerade fall kan schaktansvarig använda generella typsektioner enligt Bilaga 6 utan konsultation av geotekniker. Det finns typsektioner för utformning i friktionsjord över grundvattenytan och, för lerschakter, över och under grundvattenytan.

Observera att typsektionerna **inte** kan användas i följande fall, utan schaktutförandet ska då utformas av geotekniker:

- Om det finns risk för hydraulisk bottenuppträckning.
- Om jordlagren består av silt. Förhållandena för silt varierar mycket (på grund av dess vatteninnehåll) och är svårbedömda.
- Om det finns högsensitiv lera (och kvicklera) eftersom den kan bli flytande vid påverkan från vibrationer eller omrörning.

För att kunna använda typsektionerna krävs följande:

- För lera (inklusive moränlera) måste man bestämma tjockleken på torrskorpan, lerans hållfasthet, belastningar vid släntkrön och grundvattentytans läge.
- För friktionsjord måste man veta grundvattentytans läge och belastningar vid släntkrön.

Det är viktigt att poängtera att typsektionerna inte är utformade med hänsyn till eventuella rörelse- och deformationskrav, till exempel för angränsande anläggningar och fastigheter.

Arbetsgång för användning av typsektioner framgår av tabell 6:1 och typsektionerna finns presenterade i Bilaga 6.

Schaktdjup	Arbetsgång
0–1 meter	Schaktansvarig kan själv utforma schakten. Se avsnitt om grunda schakter i avsnitt 6.9.
1–1,5 meter	<p><b>Över grundvattenytan:</b> Schaktansvarig kan själv utforma schakten.</p> <p><b>Under grundvattenytan:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ För schakter i friktionsjord ska schakten utformas i samråd med geotekniker. Se avsnitt om grunda schakter i avsnitt 6.9.</li> <li>■ För schakter i lera ska schakten utformas i samråd med geotekniker, alternativt kan man använda sig av de generella typsektionerna (se Bilaga 6).</li> </ul>
1,5–4 meter	<p>Schakten utformas i samråd med geotekniker.</p> <p>I undantagsfall kan schaktansvarig använda generella typsektioner:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ För utformning i friktionsjord över grundvattenytan.</li> <li>■ För utformning i lera kan typsektionerna användas för båda fallen, dvs för schakt både över och under grundvattenytan (se Bilaga 6).</li> </ul>
4 meter och djupare	Schakten utformas i samråd med geotekniker.

Tabell 6:1. Arbetsgång för typsektioner.



Tänk på detta vid utförande med slänt!

Vilken släntlutning som är stabil beror på jordarter, grundvattenförhållanden och laster. Se vidare i kapitel 6 under respektive jordart.

Tänk på att naturliga slänter ofta kan stå brantare än schaktade slänter.

## FAKTA I KORTHET

- De risker för brott i jord som beskrivits tidigare, till exempel på grund av otillräcklig totalstabilitet, förekommer också när man schaktar med stödkonstruktion.
- Stödkonstruktioner kan exempelvis utformas med tät stålspont eller glesspont (berlinerspont).
- Med tät stålspont kan man täta mot grundvatten över och under schaktbotten.
- Det finns andra stödkonstruktioner, till exempel spontkassetter eller schaktslädar, som exempelvis kan användas för rörgravschakter.
- Stödkonstruktioners stabilitet är ofta beroende av hållfastheten i jorden under schaktbotten.
- Hållfastheten i jorden under schaktbotten kan försämrans av pålning, spontslagning eller annan störning.
- De största riskerna för överbelastning och otillräcklig stabilitet uppkommer ofta i schaktskeden, innan schakt och stödkonstruktion är färdigställda.

## 6.10 Utförande med stödkonstruktion

I lösa jordar och för djupare schakter när utrymmet och andra förhållanden inte medger schakt med slänt, krävs spont eller liknande stödkonstruktion, för att förhindra ras, skred och/eller skadliga sättningar. Sponten kan också krävas för att man ska kunna sänka grundvattentryck och förhindra uppluckring och upplyftning av schaktbotten. Ytterligare information om stödkonstruktioner finns exempelvis i *Sponthandboken* och i IEG Tillämpningsdokument *Stödkonstruktioner*.

I det här kapitlet beskriver vi hur några av de tidigare beskrivna typerna av brott i jord även kan uppstå när man schaktar med stödkonstruktioner.

Vi inleder med en kort introduktion av de vanligaste typerna av stödkonstruktioner och hur de fungerar när det gäller stabilitet.

### Utformning av stödkonstruktioner

Stålprofiler som slås eller vibreras i lås med varandra, en så kallad ”tätspont av stål”, ger en tät och kraftig spontvägg (spontväggen har ett högt böjmotstånd). Denna typ av spont är tät hela vägen ner till spontfot.



Fig. 76. Tät stålspont.

I blockig jord kan det vara svårt att få ned en tätspont i lås och det kan då krävas en glesspont. För en glesspont slår, vibrerar eller borrar man ned rör (eller andra stålprofiler). Successivt under schaktningen stöttar man sedan jorden i mellanrummen mellan rören med plåtar, brädor eller sprutbetong. Observera att man då inte kan bygga ned väggen under schaktbotten och därmed kan man inte täta mot grundvatten på samma sätt som med en tätspont.

I lös jord, exempelvis lera och löst packad sand kan det gå att installera enklare sponter i trä eller plast.

Sponter förankras ofta framåt med stämp. Ibland krävs dock bakåtförankring med stag, till exempel för att underlätta arbeten inne i schakten. Stagen förankras bakom sponten i berg eller jord. Installation av stag kan leda till be-



**Fig. 77.** Glesspont (berlinerspont) under utförande.



**Fig. 78.** Spontkassetter är förtillverkade spontväggar som lyfts och trycks ner i schakten.





Fig. 79. Schaktsläde.

svärande sättningar bakom sponten. Det är därför viktigt att välja en lämplig installationsmetod för att minimera omgivningspåverkan och se till att den fungerar som avsett.

När man kommit ned till schaktbotten är det i många fall lämpligt att gjuta en platta av grovbetong på schaktbotten. Grovbetongen fungerar som en stämpling av sponten. Gjutningen måste vanligen utföras etappvis för att sponten ska ha tillräckligt stabiliserande mothåll inne i schakten innan grovbetongen brunnit. Efter gjutning av grovbetong kan man ibland ta bort en stämplnivå och på så sätt göra det lättare att utföra arbeten i schakten.

Förutom med konventionella sponter kan stödkonstruktioner anordnas med spontkassetter, schaktslädar, KC-pelare, pålväggar (tätt installerade pålar) eller slitsmurar (i smala schakter gjutna väggar).

Schaktslädar kan vara lämpliga för rörgravar. Släden dras fram i rörgraven med en grävmaskin och schakten utförs successivt.

Spontkassetter och schaktslädar installeras endast till ett begränsat djup under schaktbotten. Om grundvattenytan ligger över schaktbotten finns risk för jordflytning under spontkassetten eller schaktsläden.

## Laster och översyn av dimensionering

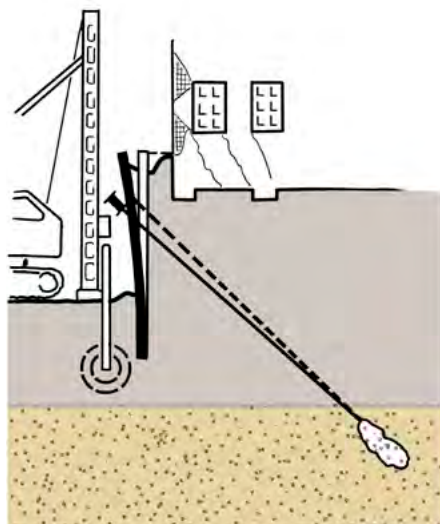
De största lasterna är vanligen, liksom för slänter, tryck från bakomvarande jord och grundvatten samt upplag, byggmaskiner eller andra laster bakom stödkonstruktionen. Under kalla årstider kan tjäl- och isbildning bakom sponten ge krafter som måste medräknas. Köld medför också en större risk för sprödbrott i stål. För att förebygga tjälproblem kan sponten dräneras, isoleras och/eller värmas upp.

Under varma årstider måste man ibland ta hänsyn till att stål utvidgas, men om det inte kan utvidgas på grund av inspänning, så kan det bildas stora krafter i stålet. Detta kan exempelvis ske i förspända stämp.

Förspänningar i stag och stämp innebär att krafter kommer in i en stödkonstruktion. Till exempel ger förspänning i lutande dragstag vertikala krafter i en spontvägg.

Pålning kan leda till ökat jordtryck bakom en spont och, om pålning utförs i schakten, minskat mothållande jordtryck framför en spont på grund av störningen av jorden.

Även sprängning kan i vissa fall ge laster mot en spont. Olyckslaster kan också behöva medräknas. Exempel på olyckslaster är påkörningslaster mot



Figur 80. Pålning i schakt kan leda till minskat jordtryck framför sponten på grund av störning av jorden.

fastsatta räcken och oplanerad belastning på horisontella stämp, till exempel av ett upplag med balkar.

Ofta uppkommer störst belastning i spontvägg eller förankringar i schaktskeden innan man byggt färdigt sponten, till exempel innan hammarbandet är i funktion. Det är därför viktigt att kontrollera laster från grävmaskiner, upplag, sprickor i mark, spontrörelser och dylikt för alla aktuella schaktskeden.

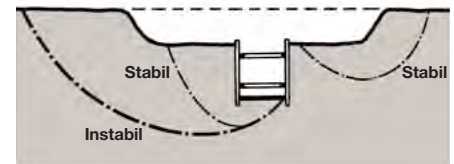
Dimensioneringen av en spont måste ses över efter att installationen av spontprofilerna utförts. Det kan till exempel ha gått mycket lättare att få ned profilerna än vad man förväntat sig, vilket kan tyda på att jorden har en lägre hållfasthet än förutsatt. Det kan också vara så att profilerna inte gått att få ned till avsett djup vilket leder till att större krafter än de förväntade i stället måste tas upp genom ytterligare förankringar.

## Totalstabilitet för schakter med stödkonstruktion

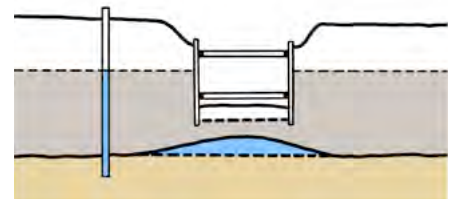
Ett antal svåra ras- och skredolyckor har orsakats av att man inte kontrollerat stödkonstruktionens **totalstabilitet**. Det finns exempel på sponter som rasat på grund av att man endast hade kontrollerat stabiliteten för den avschaktade slänten och för området just närmast sponten men missat att kontrollera stabiliteten för en större glidyta som berörde både avschaktad slänt och spont. För en spontkonstruktör är det viktigt att känna till markförhållandena och laster i hela området kring sponten och ta hänsyn till flera lastfall vid beräkningarna.

## Hydraulisk bottenuppträckning inom stödkonstruktion

Hydraulisk bottenuppträckning kan inträffa när en schakt i tät jord (lera eller silt) närmar sig ett lager med mer genomsläpplig jord. Tyngden av den täta jorden i schaktbotten räcker då inte till för att hålla emot trycket från vattnet i den genomsläppliga underliggande jorden. Genomsläppliga jordar är till exempel grus, sand, morän och silt. Tunna skikt av genomsläpplig jord kan vara svåra att uppträcka.



**Fig. 81.** Flera lastfall kan behöva kontrolleras i en beräkning av spontens totalstabilitet.



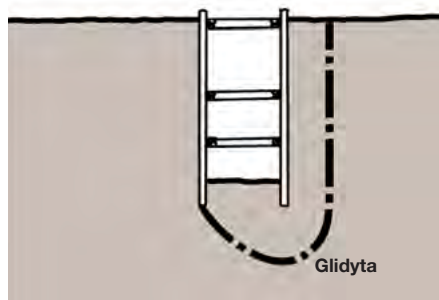
**Fig. 82.** Exempel på hydraulisk bottenuppträckning vid stödkonstruktion till följd av alltför högt grundvattenstryck i vattenförande jordlager nära schaktbotten i tät jord.

## Hydrauliskt grundbrott inom stödkonstruktion

Täta sponter används ofta för att man ska kunna utföra torra schakter i silt och sand där grundvattenytan ligger högre än schaktbotten. Vattenströmning på grund av högt grundvattentryck i förhållande till schaktbottennivån kan i sand och silt leda till hydrauliskt grundbrott. Genom vattenströmningen luckras schaktbotten upp och förlorar sin bärighet och sin mothållande förmåga mot sponten.

Tecken på hydrauliskt grundbrott är att vatten strömmar upp i schakten på olika platser och ofta bildas kratrar på schaktbotten. När vattenströmningen är mycket omfattande flyter jorden i vattenströmmen. Jorden har då tappat hela sin bärförmåga och så kallad kvicksand har uppstått.

I grövre jord är risken för kvicksandsfenomen liten, men vattenströmningen kan leda till inre erosion av finmaterial. Den inre erosionen leder till nedsatt bärighet i jorden och eventuellt sättningar bakom sponten på samma sätt som för schakt med slänt.



**Fig. 83.** Bottenuppträckning som kan liknas vid ett bärighetsbrott för en smal schaktgrav.

## Annan bottenuppträckning inom stödkonstruktion

I lera eller annan kohesionsjord kan ett brott uppstå i leran under spontfoten. Brottet är att likna vid ett bärighetsbrott. Brottytan ser olika ut för bred respektive smal schakt.

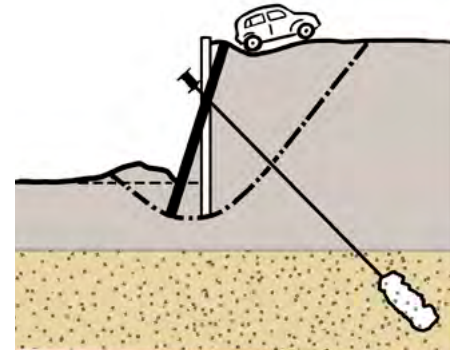
## Stödkonstruktionens bärförmåga

Konsolponter och oftast även stagade stödkonstruktioner, är beroende av att jorden i schaktbotten är intakt och ger stöd. Det är därför viktigt att schakt inte utförs till större djup än föreskrivet, att pålning inte försämrar bärförmåga i jorden inom schakten och att inte bottenuppträckning eller bottenuppluckring uppstår.

## Övrig stabilitetshänsyn för stödkonstruktioner

När man utformar en schakt med stödkonstruktioner måste man även bedöma följande:

- Omfattningen av de skador som kan befaras uppkomma vid ras eller skred.
- Behov och möjligheter att övervaka konstruktionens funktion och rörelser.
- Hur länge stödkonstruktionen är tänkt att användas.
- Om konstruktionen kan integreras i blivande eller befintlig anläggning.



**Fig. 84.** Jorden under schaktbotten gav inte tillräckligt stöd på grund av för låg lokalstabilitet.



Tänk på detta vid utförande med stödkonstruktion!

Stödkonstruktionens utformning påverkas av vilka jordarter, grundvattenförhållanden och laster som råder på platsen. Se därför vidare i kapitel 6 under respektive jordart.

Schaktningen har väl inte utförts till större djup än planerat? Jorden under schaktbotten behövs ofta för att hålla emot tryck från jorden utanför schakten.

Om ståljud uppkommer kan det kan vara tecken på att stålet är överbelastat, vilket kan vara mycket kritiskt.

Verkar schaktbotten bli lös eller har kratrar uppstått? Om schaktbotten blir instabil kan hela stödkonstruktionens stabilitet vara i fara.



# 7 KONTROLL OCH ÖVERVAKNING AV SCHAKTER

## 7.1 Kontrollplan

Brott i en schakt föregås i de allra flesta fall av pågående rörelser, sättningar, uppkomst av sprickor med mera. Genom övervakning kan man många gånger upptäcka tendenser till brott i tid. Motåtgärder hinner då vidtas och risken för person- och egendomsskador minskar.

Övervakning ska utföras enligt den kontrollplan som upprättats av projektören eller geoteknikern (se kapitel 5). Under utförandet kontrollerar personalen schakten och omgivningens (mark, vatten, byggnader) beteende, genom syn och mätningar. Mätvärden jämförs mot förutsatta förhållanden och gränsvärden. Gränsvärden ska vara bestämda med hänsyn till den aktuella jordens egenskaper och omgivningens tålighet. Gränsvärden ska anges för varje ingående arbetsmoment. Om personalen upptäcker något som avviker från vad som är förutsett eller planerat så ska åtgärd vidtas enligt kontrollplanen.

Det är viktigt att den första besiktningen och de första mätningarna görs innan schaktarbeten eller omfattande förarbeten, till exempel grundvattensänkningar, påbörjas. En del mätningar kräver lång tid för att ställa in sig, till exempel portrycksmätningar (lera och silt). De bör därför starta lång tid innan schaktarbetena påbörjas. Som hjälp i den dagliga övervakningen kan *Checklista daglig kontroll* i Bilaga 4 användas.

### FAKTA I KORTHET

- Genom övervakning, i form av syn och mätningar, kan tendenser till brott upptäckas i god tid.
- Den första besiktningen och de första mätningarna ska göras före schaktarbeten eller omfattande förarbeten, till exempel grundvattensänkningar, påbörjas.
- Övervakningen ska utföras enligt uppställd kontrollplan och om gränsvärden uppnås eller om något oförutsett inträffar ska föreskrivna åtgärder vidtas.

## 7.2 Besiktning

Innan schaktarbeten påbörjas bör man exempelvis besiktiga sprickor och sättningar i närliggande byggnader, sprickor och sättningar i omgivande mark och lutning hos träd och stolpar. När schaktarbeten har påbörjats bör man kontrollera följande med besiktning:

- Sprickor och sättningar i marken bakom släntkrön eller spont.
- Erosion och uttorkning.
- Utströmmande vatten.
- Uppluckring (piping) i släntfot och av schaktbotten.
- Hävning av schaktbotten.
- Stämmer jordart, fasthet och fuktighet med handlingen?
- Gungande schaktbotten.
- Rörelse bakom släntkrön med hjälp av en syftlinje markerad med exempelvis stakkäppar längs släntkrön eller spontens överkant.
- Rörelse hos träd och stolpar.

För uppställd arbetsordning bör man studera om:

- Arbetsplanen följs vad gäller schaktdjup, schaktlängd (om schaktning i etapper), tid som schakten står öppen och avschaktningsplaner.
- Maskiner står och laster placerats på angivna platser.
- Schakten är avspärrad, fallförhindrande åtgärder och utrymningsvägar ordnade.
- Slänter rensats från sten och block.
- Det har tillkommit aktiviteter som kan påverka stabiliteten för schakten, så som vibrationer av pålning, packning, sprängning, tung trafik.



Fig. 85. Sprickor på grund av markrörelser.



Fig. 86. Syftlinje.



Fig. 87. Lutande stolpar.



Fig. 88. Schakt till 4 m djup som saknar skydds-  
anordning (vilket är ett lagkrav).



## 7.3 Mätningar

För alla typer av schakter bör man tänka igenom vilka mätningar och kontroller som krävs.

Grundvattennivå kan mätas med grundvattenrör vars filter installeras i vattenförande skikt (kan finnas flera skikt och därför kan grundvatten behöva mätas på flera nivåer).

I mäktigare lager av tätare jordar (lera och silt) kan det krävas mätning med portrycksgivare (ibland på flera nivåer). Tryck och nivåer ska korrigeras för aktuellt lufttryck.

Rörelser i jord kan mätas genom exempelvis:

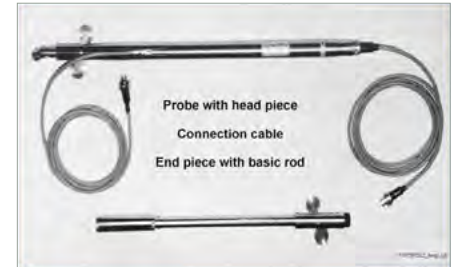
- Mätning av sprickor i mark och byggnader (bredd, längd och nivåskillnad).
- Avvägning av dubbar eller pegglar för mätning av sättningar.
- Inmätning av mätpunkter för mätning av rörelser i markytan (helst i tre riktningar).
- Inklinometer för mätning av horisontella rörelser i jorden.

För schakter med stödkonstruktioner bör man göra följande mätningar och motsvarande kontroller mot vad som var förväntat:

- Spontens neddrivningsdjup.
- Spontens neddrivningsmotstånd.
- Rörelser i spontens överkant och utefter spontens djup (inklinometer).
- Mätningar av deformation i hammarband och stämp.
- Mätningar av last i stag och stämp.



Fig. 89. Utrustning för grundvattenmätning med filterspetsar och lod.



**Fig. 90.** Inklinometermätning med exempel på utrustning.



**Fig. 91.** Station med portrycksmätning samt exempel på filterspetsar (BAT MkIII). Foto (lilla figuren): BAT.



## 8 LITTERATURLISTA

AMA Anläggning 13 – Allmän material- och arbetsbeskrivning för anläggningsarbeten. Svensk Byggtjänst. 2014.

AMP-guiden – verktyg och hjälpmedel för att ta fram arbetsmiljöplaner. Svenska byggbranschens utvecklingsfond. SBUF.

Arbetsmiljoregler för bygg- och anläggningsverksamhet. Sveriges Byggindustrier. 2011.

Arbetsmiljöverket, 2014. Arbetsmiljöstatistik Rapport 2014:1. Arbetsskador 2013.

Arbetsmiljöverkets författningssamling, AFS 1999:3. Föreskrifter om byggnads- och anläggningsarbete samt allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna.

Arbetsmiljöverkets författningssamling, AFS 2011:19. Föreskrifter om kemiska arbetsmiljörisker samt allmänna råd om tillämpningen av föreskrifterna.

Arbetsmiljöverkets författningssamling, AFS 2001:1. Systematiskt arbetsmiljöarbete.

Eurokod 7. Dimensionering av geokonstruktioner, Del 1: Allmänna regler. SS-EN 1997-1.

Eurokod 7. Dimensionering av geokonstruktioner, Del 2: Marktekniska undersökningar. SS-EN 1997-2.

IEG (Implementeringskommissionen för Europastandarder inom Geotekniken), dokument:

- IEG rapport 2:2008. Tillämpningsdokument – EN 1997, Grunder.
- IEG rapport 6:2008. Tillämpningsdokument – EN 1997-1, Kapitel 10 och 11, Slänter och bankar.
- IEG rapport 2:2009. Tillämpningsdokument – EN 1997-1, Kapitel 8, Stödkonstruktioner.

- IEG rapport 10:2010. Tillämpningsdokument EN 1997-2, Marktekniska undersökningar i fält och laboratorie.
- IEG rapport 2:2010. Rapportering av geotekniska fältundersökningar (jord) – omfattning och fältprotokoll.

Länshållning vid schaktningsarbeten. Statens geotekniska institut, SGI/SBEF, Vägforskningsgruppen. 2009.

Provgropsundersökning. Vägverket. Publikation 2006:59.

Sponthandboken, Handbok för konstruktion och utformning av sponter. Byggeforskningsrådet. Publikation T18, 1996.

Schakta säkert – säkerhet vid schaktning i jord. Arbetsmiljöverket och Statens geotekniska institut. Andra upplagan. 2003.

TK Geo. Trafikverkets krav för dimensionering och utformning vid nybyggnad, förbättring och tillståndsbedömning av geokonstruktioner för väg och järnväg. Trafikverket.

TR Geo. Trafikverkets råd vid nybyggnad och förbättring av geokonstruktioner för väg och järnväg. Trafikverket.

# BILAGOR

## **BILAGA 1**

Klassificering av jordarter baserat på kornfraktioner

## **BILAGA 2**

Geologiskt underlag och geotekniska undersökningar

## **BILAGA 3**

Checklista inför produktionsstart

## **BILAGA 4**

Checklista daglig kontroll

## **BILAGA 5**

Mall arbetsberedning

## **BILAGA 6**

Typsektioner för grunda schakter



# Bilaga 1

## Klassificering av jordarter baserat på kornfraktioner

Av tabell B1:1 framgår hur jordarter indelas baserat på kornfraktioner. Efter-  
som jordar sällan består endast av en kornstorlek benämns jordarterna baserat  
på hur stor del av jorden de olika kornstorlekarna utgör. Benämningen består  
av ett huvudord som kan föregås av en eller två adjektiv, se tabell B1:2. Då  
jorden exempelvis huvudsakligen består av grus (>40 %) och innehåller minst  
20 % sand, så benämns jordarten sandigt grus (förkortas saGr).

**Tabell B1:1. Klassificering av jordarter baserat på kornfraktioner.**

Huvudfraktion	Underfraktioner	Beteckning	Fraktionsgränser mm	Kännetecken
<b>Mycket grov jord</b>	Stora block	LBo	>630	
	Block	Bo	>200 till 630	Större än handboll/bowlingklot.
	Sten	Co	>63 till 200	Mellan bandyboll/grapefrukt och handboll.
<b>Grovjord</b>	Grus	Gr	>2 till 63	Mellan hagel och bandyboll.
	Grovgrus	CGr	>20 till 63	
	Mellangrus	MGr	>6,3 till 20	
	Fingrus	FGr	>2 till 6,3	
	Sand	Sa	>0,063 till 2,0	Mellan socker (urskiljbart) och hagel. Klumpar ej i torrt tillstånd.
	Grovsand	CSa	>0,63 till 2,0	
	Mellansand	MSa	>0,2 till 0,63	
	Finsand	FSa	>0,063 till 0,2	
<b>Finjord</b>	Silt	Si	>0,002 till 0,063	Klumpar i torrt tillstånd. Kan tryckas sönder till mjöl. Vattenglansigt vid skakprov. Utrullningsprov 4–6 mm.
	Grovsilt	CSi	>0,02 till 0,063	Strävt pulver.
	Mellansilt	MSi	>0,0063 till 0,02	
	Finsilt	FSi	>0,002 till 0,0063	Lent pulver.
	Lera	Cl	≤0,002	Utrullningsprov <2 mm. Hårda klumpar i torrt tillstånd. (Går inte att klämma sönder.)
	Morän	Mn		Osorterad jordart. Kantiga korn.



**Tabell B1:2. Riktvärden för indelning av mineraljordarter på basis av ingående mängd av olika fraktionsstorlekar.**

Fraktion	Jordartsbenämning*		Fraktionsstorlek i viktprocent av total jordmängd	Fraktionsstorlek i viktprocent av material ≤ 63 mm (gräns mellan sten och grus)	Fraktionsstorlek i viktprocent av material ≤ 0,063 mm (gräns mellan silt och sand)
	Tilläggsord	Huvudord			
<b>Block</b>		Blockjord	>40 (block+sten)**		
	något blockig		<5		
	blockig		5–20		
	mycket blockig		>20		
<b>Sten</b>		Sten	>40 (block+sten)**		
	något stenig		<10		
	stenig		10–20		
	mycket stenig		>20		
<b>Grus</b>		Grus		>40	
	grusig			20–40	
<b>Sand</b>		Sand		>40	
	sandig			20–40	
<b>Silt+lera (finjord)</b>	något siltig			5–15	<20
	något lerig			5–15	≥20
	siltig			15–40	<20
	lerig			15–40	≥20
		Silt		>40	<10
	lerig	Silt		>40	10–20
	siltig	Lera		>40	20–40
		Lera		>40	>40

\* Som jordart används också olika former av morän. Morän betecknas Mn. De olika kornen i en morän är kantiga på grund av krossning under isen och kornen förekommer inte i någon speciell ordning.

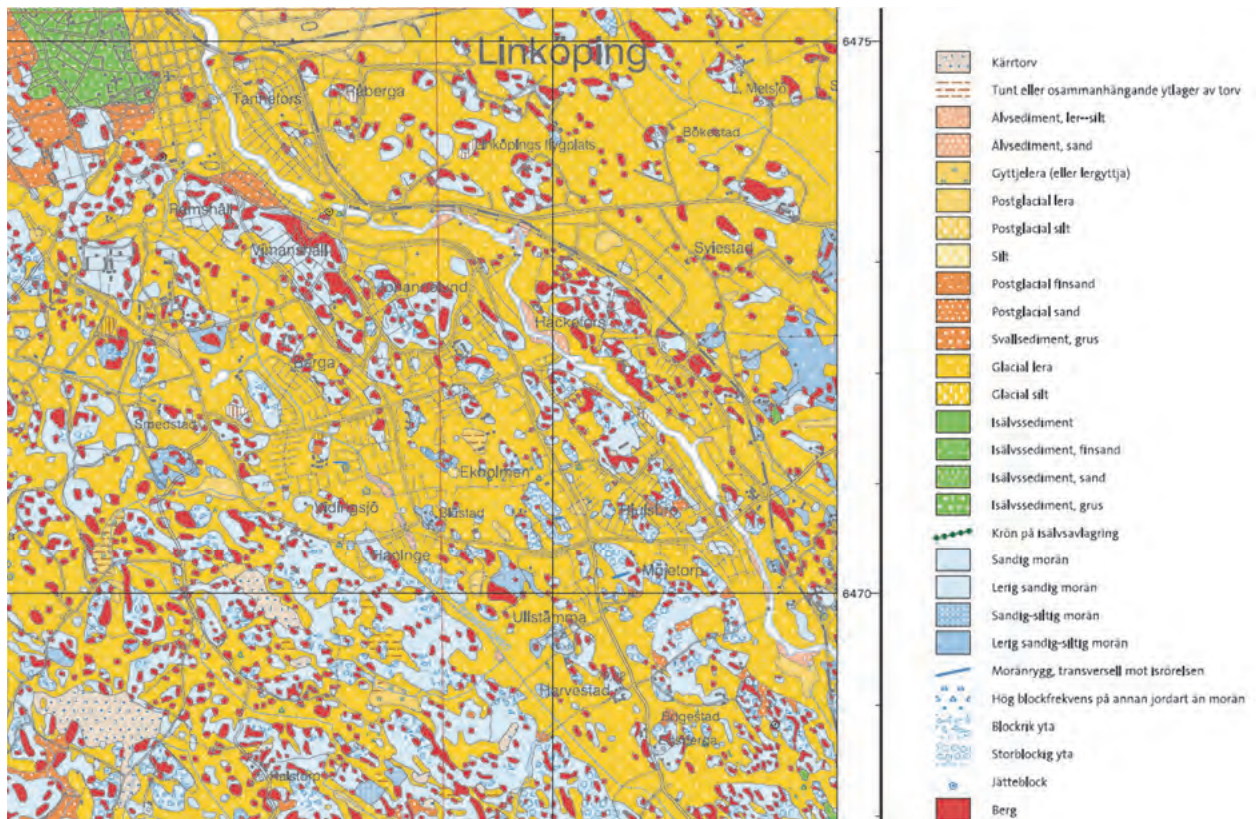
\*\* När halten av block + sten är minst 40% av totala jordmängden används huvudorden block- eller stenjord, beroende på vilken av dessa fraktioner som överväger.

## Bilaga 2

### Geologiskt underlag och geotekniska undersökningar

Sveriges geologiska undersökning, SGU, tar fram plankartor visande jordarter i eller precis under markytan. Kartorna kan beställas digitalt via SGU:s kartgenerator, [www.sgu.se](http://www.sgu.se). I figur B2:1 visas ett exempel på en jordartskarta över Linköping.

I en geoteknisk undersökning utför man bland annat sonderingar (i syfte att fastställa jorddjup, jordens fasthet/lagringsräthet, förekomst av skikt, hållfasthet), provtagning för analys på laboratorium (i syfte att bestämma jordart,



Figur B2:1. Jordartskarta över Linköping, del av (källa SGU, kartgenerator [www.sgu.se](http://www.sgu.se))

jordens egenskaper) samt grundvatten- och portrycksmätningar. Resultat från undersökningar redovisas med text och ritningar i en markteknisk undersökningsrapport (MUR).

### Exempel geoteknisk undersökning i område med lera

I ett område längs Göta älv utfördes en geoteknisk undersökning i syfte att bestämma områdets risk för skred. Jordlagren i området består av lera. I samband med utredningen utfördes ett antal geotekniska fält- och laboratorieundersökningar. I figur B2:2 visas en planritning över en del av området där olika undersökningar har utförts. I figur B2:3 visas exempel på en sektionsritning över samma område där resultat från undersökningarna kan utläsas, se figur B2:4.

**Tabell B2:1. Geotekniska undersökningar utförda i borrhöjningar redovisade i figur B2:2.**

Borrhöjning	Undersökning
U02131P1	Portrycksmätning
Samtliga punkter	Sonering i jord (CPT och/eller statisk) för bestämning av bland annat jorddjup och jordlagrens fasthet(lagringstäthet)
U02132 U02133	Vingsonering för bestämning av hållfasthet i lera
U02131 U02132 U02133	Provtagning med skruv (störd) och kolvborr (ostörd) för jordartsbestämning och provanalys i laboratorium.

## Redovisning i plan (urval)

### Sonderingar

- Enkel sondering
- Statisk sondering
- CPT-sondering
- Dynamisk sondering

### Tillägg för djup- och bergbestämning

- Sondering avslutad utan att stopp erhållits
- Sondering till förmodad fast botten
- Sondering till förmodat berg
- Sondering < 3 m i förmodat berg
- Sondering > 3 m i förmodat berg

### Provtagning

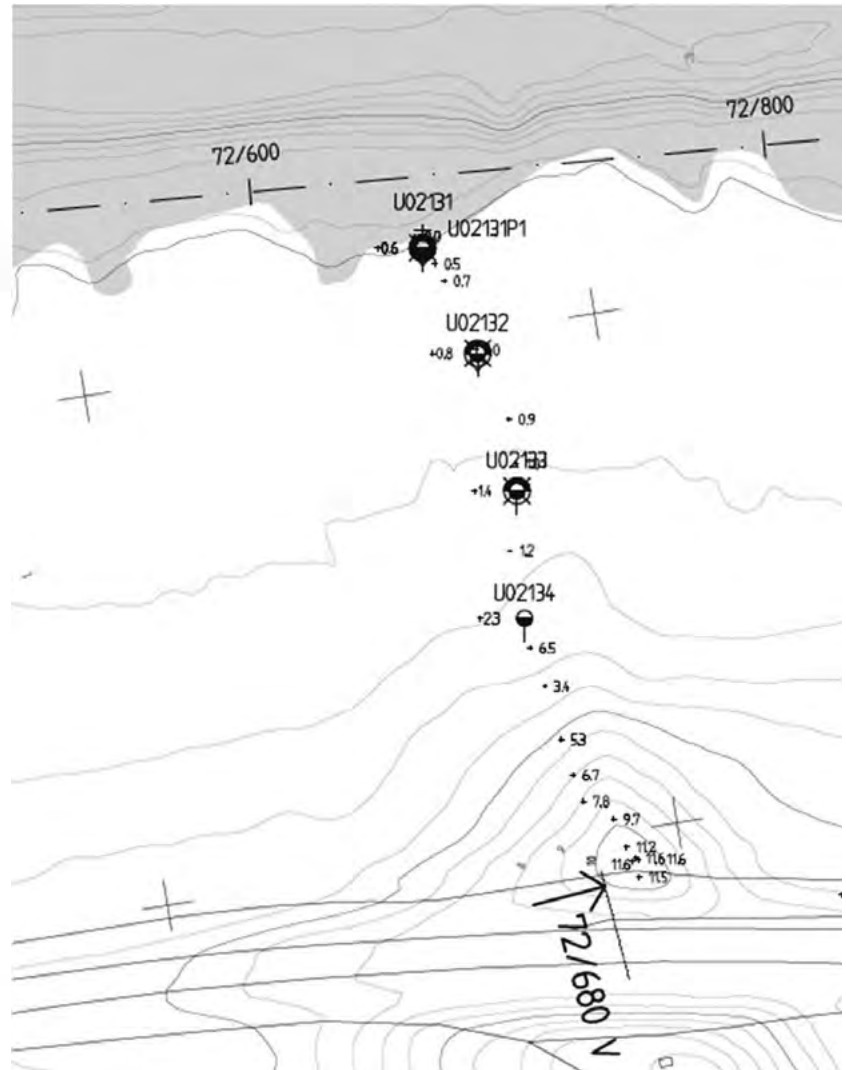
- Störd provtagning
- Ostörd provtagning
- Provgrop

### In situförsök

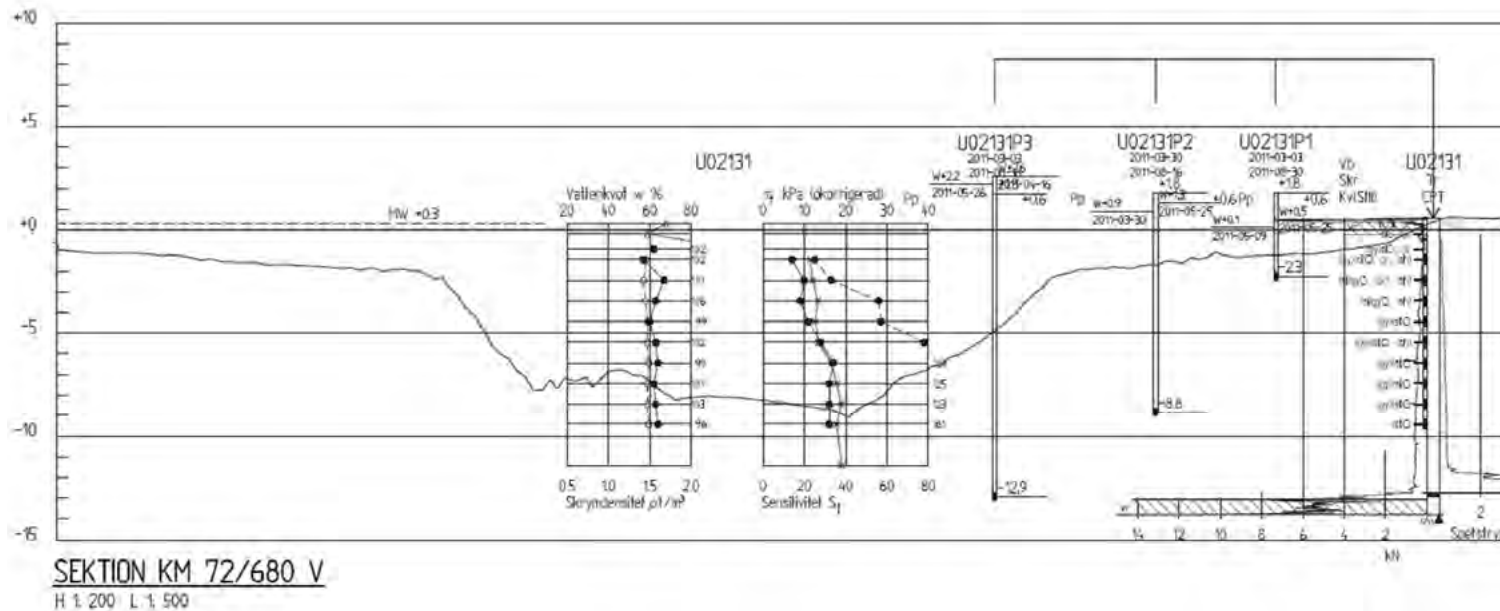
- Vingförsök
- Pressometerförsök

### Hydrogeologiska undersökningar

- Vattennivå bestämd, t ex i provtagningshål
- Grundvattennivå bestämd vid korttidsobservation i öppet system
- Grundvattennivå bestämd vid långtidsobservation i öppet system
- Portrycksmätning

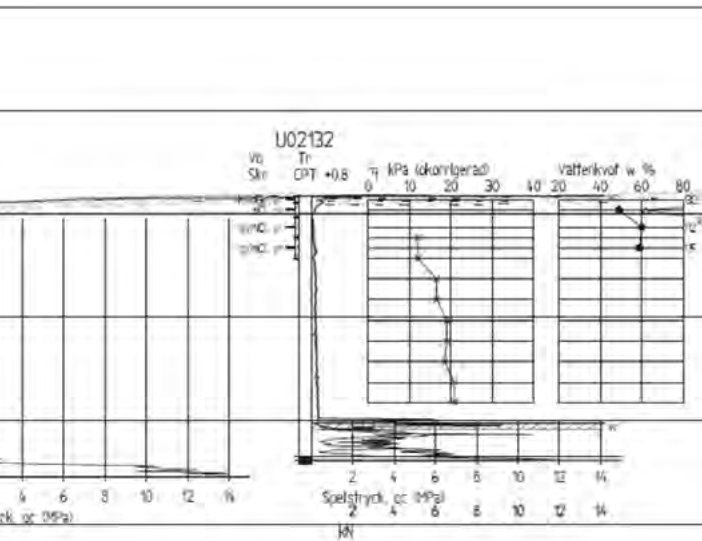


**Figur B2:2.** Plan med geotekniska undersökningar i slänt mot Göta älv. Förklaring till utförda undersökningar ges i tabell B2:1 på motstående sida. Symbolernas betydelse redovisas ovan till vänster. Redovisning i sektion av undersökningarna framgår av figur B2:3.



Borrpunkt	Resultat
U02131 U02132	Skruvprovtagning och kolvprovtagning visar lera (Cl) som är gyttjig och siltig (Gy/Si) och innehåller skalrester (Sh, shell)
U02131	Leran har en naturlig vattenkvot kring 60% (fyllda, runda ringar), en flytgräns kring 100% (ofyllda trianglar), och sensitiviteter som ökar med djupet och från nivån -5,5 förekommer kvicklera, sensitivitet $S_t > 50$ , (fyllda, runda ringar med streckad linje).
U02131 U02132	CPT och trycksondering (Tr) visar homogena jordförhållanden ner till mellan 10 och 12 meters djup där mycket fastare jord förekommer.
U02131 U02132	Jordens skjuvhållfasthet ( $\tau_p$ , benämns oftare $c_u$ ) bestämd med vingsondering och konförsök visar att hållfastheten ökar med djupet från ca 10 kPa till ca 20 kPa på 12 meters djup *)
U02131P	Porttrycksmätning visar en grundvattenyta ca 1,2 m under markytan (nivå + 0,6).
*) Observera att i fält uppmätt odränerad hållfasthet ska reduceras om jordens flytgräns ( $w_L$ ) är över 43% innan de används vid beräkningar. De reducerade värdena ska framgå av bygghandlingen.	

**Figur B2:3. Sektion längs Göta älv med geotekniska undersökningar samt förklaring till utförda undersökningar. Symbolernas betydelse redovisas i figur B2:4 på motstående sida.**



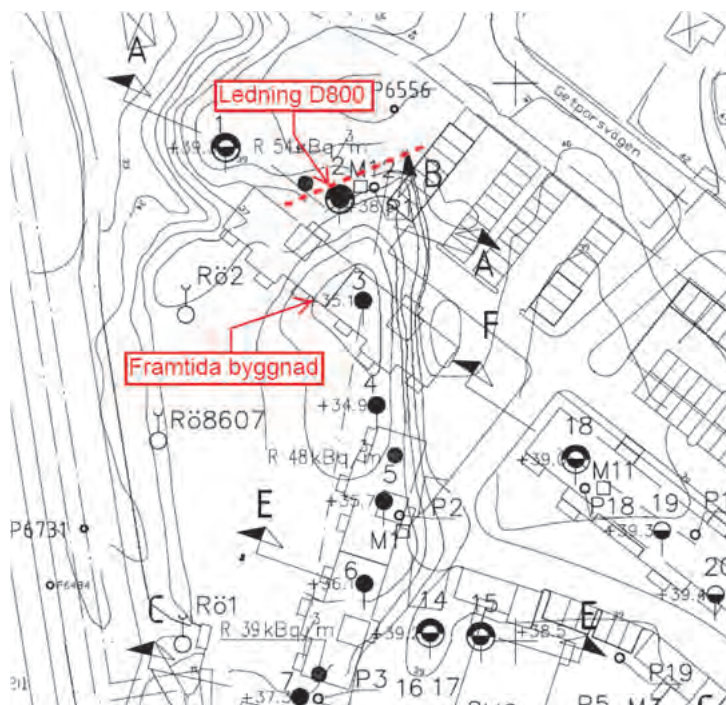
## Redovisning i sektion (urval)

- Sondering avslutad utan att stopp erhållits  
(motsvarar  $\circ$  för beteckning i plan)
- Sonden kan ej neddrivas ytterligare enligt för metoden normalt förfarande  
(motsvarar  $\circ$  för beteckning i plan)
- Stopp mot sten eller block  
(motsvarar  $\circ$  för beteckning i plan)
- Block eller berg  
(motsvarar  $\circ$  för beteckning i plan)
- Stopp mot förmodat berg  
(motsvarar  $\circ$  för beteckning i plan)
- Jord-bergsondering.  
sondering i förmodat berg  
(för beteckning i plan motsvarar  
 $\circ$  vid mindre än 3 m i förmodat berg  
 $\circ$  vid minst 3 m i förmodat berg)
- skjuvhållfasthet (oreducerad enligt konförsök)  $C_u$  kPa
- sensitivitet enligt konförsök  $(S_v)$
- naturlig vattenkvot (vikt-% av torrsubstans)  $(w)$  %
- konflytgräns (finlekstal)  $(w_L)$  %
- skrymdensitet  $(\rho)$  t/m<sup>3</sup>
- vingförsök (oreducerad)  $(T_v)$  kPa

Figur B2:4. Förklaring till i figur B2:3 utförda undersökningar och symbolernas betydelse.

## Exempel geoteknik undersökning i område med friktionsjord

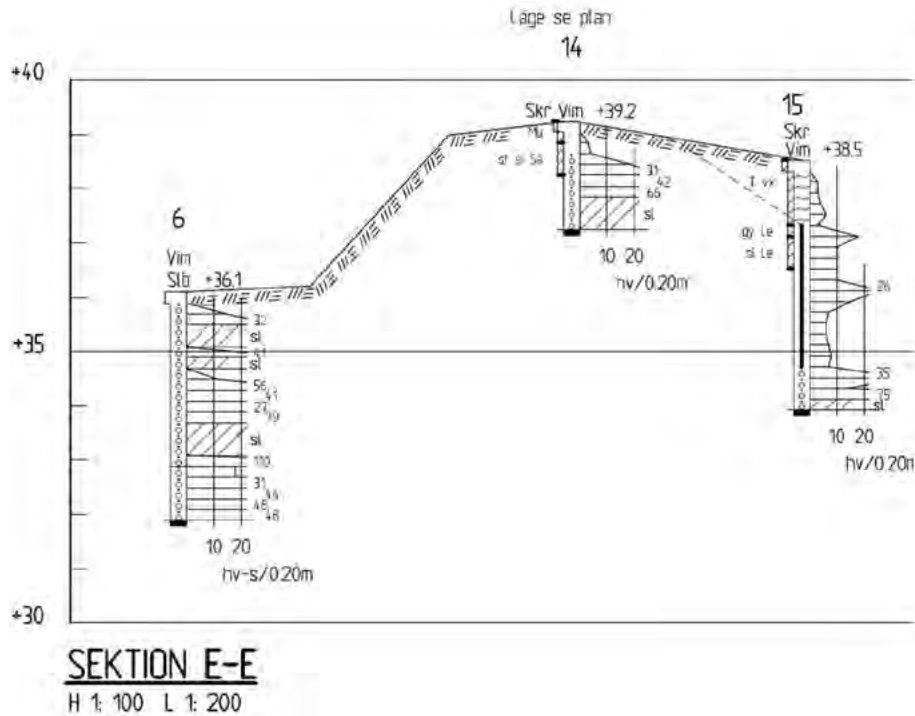
I ett kvarter i Haninge kommun utfördes en geoteknisk undersökning inför planerna på att uppföra bostadshus. Jordlagren i området utgörs av både kohe-sions- och friktionsjord. I figur B2:5 visas en planritning över en del av området där undersökningar har utförts. I figur B2:6 visas exempel på en sektionsritning över samma område där resultat från undersökningarna kan utläsas.



**Figur B2:5.** Plan över utförda geotekniska undersökningar i ett tidigt skede vid planläggning av nya bostadshus. Förklaring till utförda undersökningar redovisas i tabellen till höger. Symbolernas betydelse framgår av figur B2:2.

Resultat i sektion från undersökningarna presenteras i figur B2:6.

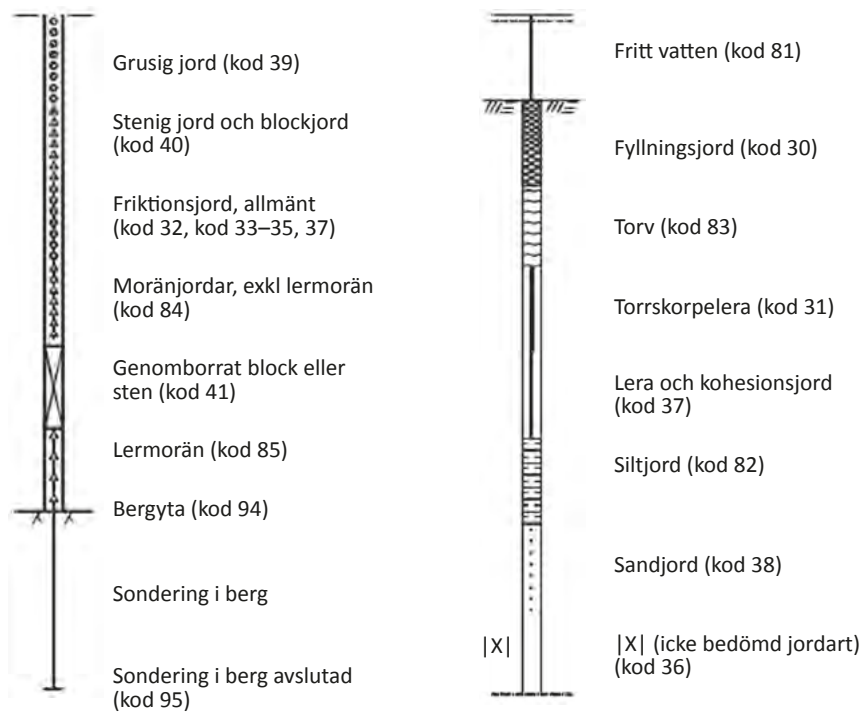
Borrpunkt	Undersökning
6, 14, 15	Sondering i jord för bestämning bland annat av jorddjup och jordlagrens fasthet/lagringstäthet
6	Sondering i jord och berg för bestämning av jorddjup
14, 15	Störd provtagning med skruv för jordartsbestämning och provanalys i laboratorium
Rö1	Grundvattenmätning med öppet rör



Borrpunkt	Resultat
6, 14, 15	Viktsonderingen (maskinell) visar varierande jordförhållanden. I huvudsak förekommer friktionsjord (sand och grus) med mäktigheter varierande mellan cirka 2 och 10 meter. I ett borrhål förekommer dock överst torv och därunder lera med en mäktighet av cirka 3 m. Leran underlagras av friktionsjord (grus). Slagborrningen har inte kunnat utföras till större djup än viktsonderingen.
14, 15	Skruvprovtagning visar sand (Sa), grus (Gr), torv (T) med växtdelar (vx) och lera (Le) som är gyttjig och som är gyttjig och siltig (Gy/Si) och innehåller skalrester (Sh, shell)
Rö1	Resultat från grundvattenmätningen framgår inte av ritningen men låg som högst på nivån +33. (5,5 m under markytan)

**Figur B2:6.** Sektion med geotekniska undersökningar utförda enligt figur B2:5 samt förklaring till utförda undersökningar. Symbolernas betydelse redovisas i figur B2:7.





**Figur B2:7. Symbolernas betydelse för de geotekniska undersökningarna utförda enligt figur B2:6.**

# BILAGA 3

## Checklista inför produktionsstart

<b>Sektion:</b>	<b>Datum:</b>
<b>Schaktningsansvarig:</b>	<b>Signatur:</b>

Nr	Kontrollera att	Ok	Ej ok, åtgärd krävs	Ej aktuellt	Åtgärdat
1	Släntlutning finns angivet i arbetsberedningen.				
2	Rasskyddssystem eller annan temporär stödkonstruktion är beskrivna.				
3	Eventuella avlastningsschakter finns angivna i arbetsberedningen.				
4	Möjlig tid för schakt att stå öppen känd och finns med i planeringen.				
5	Eventuell täckning av schaktslänter finns med i planeringen.				
6	Arbetslaget är rätt bemannat för det aktuella arbetet.				
7	Rätt utrustning/maskiner finns tillgängliga.				
8	Maskinerna är rätt placerade i förhållande till släntens stabilitet.				
9	Schaktmassorna är rätt placerade i förhållande till släntens stabilitet.				
10	Beredskap finns för att hantera ett nödläge i riskutsatta moment.				
11	Nödvändig och fungerande utrustning finns tillgänglig för länshållning.				
12	Vid schakt i lera: Förekommer vattenförande skikt under leran så att det finns risk för hydraulisk bottenuppträckning? Detta kan vara kritiskt då trycknivån i grundvattnet i detta skikt är högre än en nivå motsvarande den för schaktbotten.				
13	Kontrollplan är upprättad.				
14	Nollmätningar är gjorda på kontrollpunkter.				
15	Marken kring schakten är blockrensad.				
16	Plats finns för placering av massor.				
17	Samordning utförd med omkringliggande verksamhet.				
18	Aktuella väderförändringar påverkar inte arbetsförhållandena.				
19	Ledningsanvisning (el, tele, VA, fjärrvärme etc) är genomförd.				
20	Skyddsåtgärder är vidtagna för eventuella luftburna ledningar. (Ex låsa maskin i höjdläge, göra ledning spänningslös etc).				
21	Området är säkrat mot tredje man.				
22	Kantskydd/avstängning är uppställda (för personer och fordon).				
23	All onödig utrustning och alla maskiner är borttagna från området.				

FORTS.

FORTS.

Nr	Kontrollera att	Ok	Ej ok, åtgärd krävs	Ej aktuellt	Åtgärdat
24	Säkert tillträde i och ur schakten är ordnat.				
25	Maskinflöden är separerade från personflöden.				
26	Temporär belysning är på plats.				
27	Beredskap finns för att hantera föroreningar i marken.				
28	Bärighet temporära vägar OK (dim. utifrån t ex axel-boggityck etc).				
29	Det inte finns anledning att misstänka förekomst av farliga eller explosiva gaser i schakten, syrebrist.				
30	Åtgärder är vidtagna för att förhindra drunkning.				
31	Behövs provgropar längre fram i schaktlinjen?				



## Tänk på att!

### Vad gäller risker för ras:

- En kubikmeter lera väger ca 1,6–1,8 ton och en kubikmeter friktionsjord väger ca 1,8–2,0 ton!
- Schakten får inte stå öppen längre tid än vad den geotekniska utredningen anger.
- Friktionsjordens hållfasthet reduceras under den tid som schakten står öppen till följd av uttorkning eller nederbörd.
- Smala schaktgravar är farligare än breda vid ras eftersom det inte finns utrymme att komma undan.
- Laktta extra stor försiktighet vid vistelse nära schaktvägg även i utbredda schakt.
- Var uppmärksam på förändringar i jordmaterialet, och meddela schaktansvarig!
- Var särskilt uppmärksam när det pågår aktiviteter nära schakten som skapar vibrationer, ex sprängning, pålning, jordpackning eller tung trafik
- Se upp med sprickor nära markytan. Vid regn och snösmältning vattenfylls sprickorna och risken för skred ökar. Välj då flackare lutning eller täck slänten.
- Täck en slänt som behöver stå öppen lite längre med ett vattentätt material, exempelvis en presenning, för att förhindra att den torkar och förlorar stabilitet.
- Arbetena ska ske med grävmaskin placerad vid kortsidan av ledningsgravsschakt.
- Maskiner ska i möjlig mån arbeta vinkelrätt mot schakt och fyll.
- Schakta i korta etapper och fyll igen allt eftersom.
- Var uppmärksam på grundvattennivån. Om det finns vattenförande friktionsjord under lera finns risk för bottenuppträckning.
- Särskilda avlastningsschakter kan göras genom att områden omkring själva schakten schaktas av för att därigenom minska belastningen på slänterna.

- Välj i första hand metoder och maskiner som minimerar vistelsetiden nere i schakten. Inga medarbetare ska vara i schakten om det inte är nödvändigt.
- Endast de maskiner och det material som behövs för att utföra de aktuella arbetsuppgifterna får finnas nere i schakten.
- Tänk på att ta hänsyn till eventuella vibrations-/rörelsekrav på omkringliggande anläggningar och fastigheter.

### Vad gäller hantering av vatten (geotekniker konsulteras för åtgärder):

- Håll koll på grundvattenytans läge genom att installera grundvattenrör med spetsen i det vattenförande lagret.
- Vid schakt i silt under grundvattenytan måste ofta grundvattnet sänkas och en metod är då att använda så kallad wellpoint vilket innebär att man innan schaktarbetet startar sätter ned sugspetsar utanför schakten under grundläggningsnivån och pumpar bort vatten.
- Bottenuppträckning kan undvikas genom sänkning av grundvatten med läns pump, samt i vissa fall med s k blödarrör.
- För att undvika att ytvatten från högre liggande mark rinner ned i schakten kan avskärande diken göras.

### Vad gäller risk för att föremål faller ner i schakten:

- Material ska aldrig läggas upp nära schaktkanten eftersom det kan falla ner i schakten eller orsaka ett ras genom dess vikt.
- Säkerställ att schaktkanterna har skydd mot fallande föremål.



# BILAGA 4

## Checklista daglig kontroll

Sektion:	Datum:
Schaktningsansvarig:	Signatur:

Nr	Kontrollera att	Ok	Ej ok, åtgärd krävs	Ej aktuellt	Åtgärdat
<b>Allmänt</b>					
1	Geotekniken stämmer med handlingarna.				
2	Schaktens djup stämmer med handlingarna.				
3	Grundvattennivån ligger på föreskriven nivå.				
4	Släntlutning stämmer enligt arbetsberedningen.				
5	Belastning på markytan närmast schaktkanten stämmer enligt det som föreskrivits i arbetsberedningen.				
6	Ytvatten hanteras rätt (t ex med hjälp av avskärande diken)				
7	Ingen farlig sprickbildning har tillkommit ovan eller i slänt.				
8	Inga rörelser förekommer i eller ovan slänt.				
9	Slänterna är rensade från stenar och block.				
10	Inga okända vattenförande skikt förekommer.				
11	Inga okända skikt av silt/sand förekommer.				
12	Fordons stoppunkt vid schakten är tydliggjord.				
13	Avstängningar och fallförhindrande åtgärder är ordnade.				
14	Säkert tillträde i och ur schakt (ex släntrappa, stege) är på plats.				
15	Materialupplag/fordon är rätt placerade enligt arbetsberedning.				
16	Inga tecken på föroreningar, giftiga ämnen, explosiva gaser eller syrebrist.				
17	Åtgärder som förhindrar drunkning är ordnade.				
18	Schakten återfylls kontinuerligt för att förhindra att den står öppen längre än arbetsberedningen tillåter.				
<b>Extra vid schakt i lera:</b>					
19	Föreskriven etapplängd tas ut av schakten (gäller främst VA-arbeten).				
20	Inget inläckage av vatten i slänt eller släntfot.				
21	Ingen upptryckning av schaktbotten förekommer.				
22	Ingen friktionsjord förekommer nära under schaktbotten.				

FORTS.

FORTS.

Nr	Kontrollera att	Ok	Ej ok, åtgärd krävs	Ej aktuellt	Åtgärdat
<b>Extra vid användning av rasskyddssystem:</b>					
23	Tillsyn av rasskyddssystemet utförs enligt tillverkarens anvisningar.				
24	Rätt lyftanordning används vid lyft och förflyttning av rasskyddssystemet.				
25	Rasskyddssystemet används enligt tillverkarens anvisningar (ex med avseende på belastningar på hydrauliska stämp etc).				







# BILAGA 5

## Mall för arbetsberedning

1. Vad ska ingå i arbetsberedningen?  
Beskriv kortfattat var arbetsberedningen börjar respektive slutar. Avgränsa.
2. Krav enligt handlingar  
Gällande ritningar, bestämmelser, normer.
3. Delmoment / arbetsgång  
Bryt ner aktivitetens olika delar till en serie av delmoment i den ordning de utförs. Detaljnivån bör vara tillräcklig för att alla ska förstå processen.

### Risk / åtgärder

Finns risker i delmomentet? Hur kan vi påverka risken? Beskriv vilka föreslagna åtgärder som är planerade att användas för att denna risk inte ska inträffa.

### Förberedelser / förutsättningar

Vilka förberedelser / förutsättningar är nödvändiga i delmomentet för att vi ska lyckas med arbetet och få rätt kvalitet?

### Egenkontroll

Kryssa i de delmoment som behöver egenkontrolleras och klargör vad som ska kontrolleras.

4. Resurser  
Säkerhetsutrustning  
Behov av skydd och personlig säkerhetsutrustning. Behov av utrustning för omhändertagande av kemikaliespill.

### Maskiner

Typ. Antal.

5. Material / verktyg  
Mängd. Leveranstider. Förpackning. Plats. Mottagningskontroll.
6. Kalkyl tid/resurs  
Utförandetid enligt kalkyl. Materialkostnad enligt kalkyl.
7. Verklig tid / resurs  
Utförandetid verklig. Materialkostnad verklig.
8. Varför avvikelse?  
Var verklig utförandetid / materialkostnad högre / lägre än kalkylerad?  
Om ”Ja”, varför?
9. Kontrollkrav  
Uppföljning egenkontroll
10. Deltagare vid arbetsberedning  
Signatur från den produktionspersonal som har tagit del av aktuell arbetsberedning.
11. Utbildningskrav  
Behov av utbildning → rätt kompetens

## Mall arbetsberedningsmöte

Projekt	Projektnummer		Upprättad av	Datum	Nr
Aktivitet/Arbetsberedning för	Startdatum	Slutdatum	1. Vad ska ingå i arbetsberedningen?		
2. Krav enligt handlingar					Egenkontroll
3. Delmoment/arbetsgång	Risker	Föreslagna åtgärder/kommentarer	Förberedelser / förutsättningar för att lyckas med delmomentet		
4. Resurser: säkerhetsutrustning och maskiner		5. Material och verktyg			
6. Kalkylerad tid och resurs		7. Verklig tid och resurs			
8. Varför avvikelser mot kalkylerad tid och resurs?		9. Kontrollkrav			
10. Följande produktionspersonal har tagit del av aktuell arbetsberedning		11. Utbildningskrav			
Vid behov – Kunden tagit del (datum och signatur)		Utfört enligt ovan			



## BILAGA 6

### Typsektioner för grunda schakter

Typsektioner för lera, moränlera och friktionsjord.

För schaktdjup mellan 1,5–4 meter kan schaktansvarig använda generella typsektioner utan konsultation av geotekniker. Detta för utformning i friktionsjord över grundvattenytan och för lerschakter under grundvattenytan. Typsektionerna är inte utformade med hänsyn till eventuella rörelsekrav, till exempel i angränsande anläggningar och fastigheter.

Typsektionerna är framtagna som stöd för schaktansvarig vid val av utformning och för att ge generella riktlinjer för hur man utformar en schakt på ett säkert sätt när det inte finns tid för fullständiga utredningar. Typsektionerna är endast dimensionerade för att ta hand om risker för ras och skred och inte risk för deformationer som exempelvis kan skada intilliggande byggnader. Med stöd av geotekniker kan ofta släntutformningen optimeras jämfört med de häri generella typsektionerna.

Om det finns risk för hydraulisk bottenuppträckning så ska inte typsektionerna användas, ta då hjälp av en geotekniker. Typsektionerna gäller under förutsättning att vattentrycket i underliggande vattenförande lager av friktionsjord inte motsvarar en fri grundvattenyta som ligger över nivån för schaktbotten.

Om du med utgångspunkt från typsektionerna bedömer föreslagna släntlutningar i bygghandlingen som osäkra så ska du alltid:

- a. Inleda en diskussion kring säkert utformande av schakten. I vissa fall kan det även krävas en dialog med beställaren kring schaktens utformning.
- b. Kontakta en geotekniker om du behöver ytterligare stöd i detta arbete.

Det finns inga typsektioner för:

- silt eftersom det är en vattenkänslig jord som blir flytande vid regn
- terrasser under grundvattennivån
- sensitiv lera ( $S_t > 30$ ) som blir flytande vid exempelvis vibrationer eller omrörning ( $S_t$  = hur känslig leran är för ”omrörning” och ”yttre påverkan”).

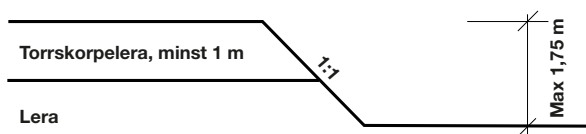
## 1. Typsektioner för lera

En schakt i lera kan utformas säkert i släntlutning 1:1 enligt de sex typsektionerna nedan.

För att kunna välja typsektion måste du ha uppgifter om följande:

- **Jordlager:** Hur tjock är torrskorpeleran? Vilken hållfasthet har leran under torrskorpeleran? Hållfastheten beskrivs med symbolerna  $c_{uk}$  (tidigare  $\tau_{fu}$ ) och avser odränerad karakteristisk skjuvhållfasthet, korrigerad med hänsyn till jordens flytgräns,  $w_L$ , (enligt SGI Information 3, 2007).
- **Belastning:** Ska det ligga material eller ska det ske transporter invid släntkrön? Hur stor blir belastningen i så fall? Observera att markytan 1 meter från släntkrön ska hållas fri från belastning av till exempel massor eller fordon.

### Typschakt 1 – Lera 10 kPa



#### Förutsättningar

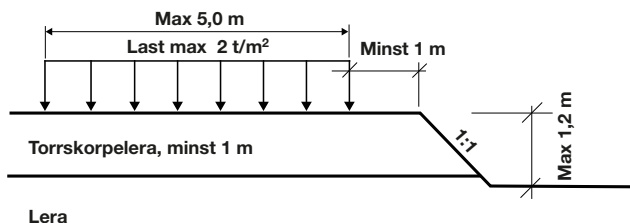
##### Jordlagren

Överst ska det finnas minst en meter tjock fast torrskorpelera och därunder ska lerans skjuvhållfasthet,  $c_{uk}$  eller  $\tau_{fu}$ , vara minst 10 kPa.

##### Belastning

Ingen belastning bakom släntkrön.

### Typschakt 2 – Lera 10 kPa



#### Förutsättningar

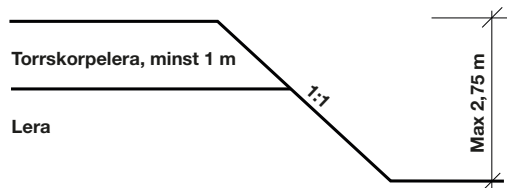
##### Jordlagren

Överst ska det finnas minst en meter tjock fast torrskorpelera och därunder ska lerans skjuvhållfasthet,  $c_{uk}$  eller  $\tau_{fu}$ , vara minst 10 kPa.

##### Belastning

Max 2 ton/m<sup>2</sup> (20 kPa), fördelat enligt figur.

### Typschant 3 – Lera 15 kPa



#### Förutsättningar

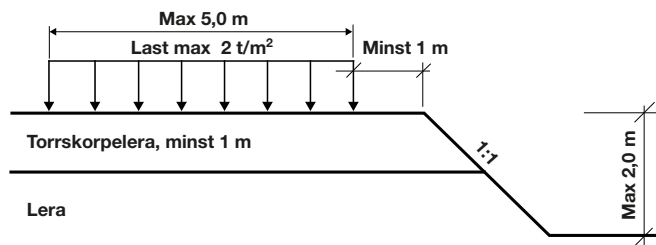
##### Jordlagren

Överst ska det finnas minst en meter tjock fast torrskorpelera och därunder ska lerans skjuvhållfasthet,  $c_{uk}$  eller  $\tau_{fu}$ , vara minst 15 kPa.

##### Belastning

Ingen belastning bakom släntkrön.

### Typschant 4 – Lera 15 kPa



#### Förutsättningar

##### Jordlagren

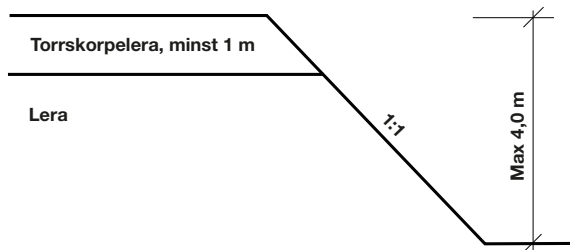
Överst ska det finnas minst en meter tjock fast torrskorpelera och därunder ska lerans skjuvhållfasthet,  $c_{uk}$  eller  $\tau_{fu}$ , vara minst 15 kPa.

##### Belastning

Max 2 ton/m<sup>2</sup> (20 kPa), fördelat enligt figur.



### Typschant 5 – Lera 20 kPa



#### Förutsättningar

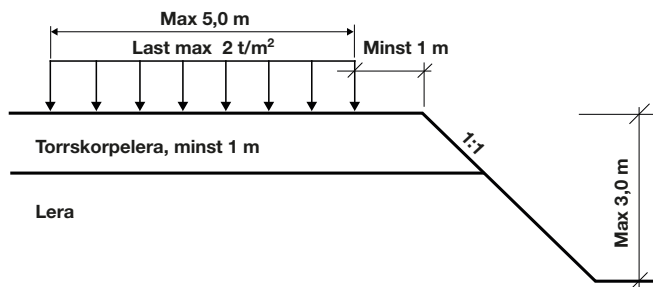
##### Jordlagren

Överst ska det finnas minst en meter tjock fast torrskorpelera och därunder ska lerans skjuvhållfasthet,  $c_{uk}$  eller  $\tau_{fu}$ , vara minst 20 kPa.

##### Belastning

Ingen belastning bakom släntkrön.

### Typschant 6 – Lera 20 kPa



#### Förutsättningar

##### Jordlagren

Överst ska det finnas minst en meter tjock fast torrskorpelera och därunder ska lerans skjuvhållfasthet,  $c_{uk}$  eller  $\tau_{fu}$ , vara minst 20 kPa.

##### Belastning

Max 2 ton/m<sup>2</sup> (20 kPa), fördelat enligt figur.

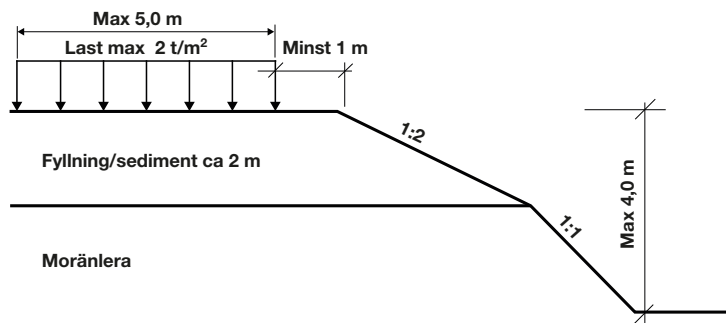
## 2. Typsektioner för moränlera

En schakt i moränlera kan utformas säkert i släntlutningar enligt de två typsektionerna nedan.

För att kunna välja typsektion måste du ha uppgifter om följande:

- **Jordlager:** Vilken hållfasthet har moränleran under det övre jordlagret? Hållfastheten beskrivs med symbolerna  $c_{uk}$  eller  $\tau_{fu}$  och avser odränerad karakteristisk skjuvhållfasthet, korrigerad med hänsyn till jordens flytgräns,  $w_L$ , (enligt SGI Information 3, 2007). Grundvattenytan skall inte ligga högre än 2 meter under befintlig markyta.
- **Belastning:** Ska det ligga material eller ska det ske transporter invid släntkrön? Hur stor blir belastningen i så fall? Observera att markytan 1 meter från släntkrön ska hållas fri från belastning av till exempel massor eller fordon.

### Typschakt 7 – Moränlera 100 kPa



#### Förutsättningar

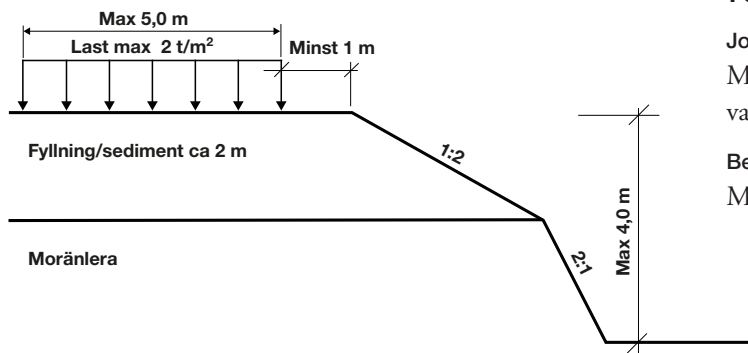
##### Jordlagren

Moränlerans skjuvhållfasthet,  $c_{uk}$  eller  $\tau_{fu}$ , ska vara minst 100 kPa.

##### Belastning

Max 2 ton/m<sup>2</sup> (20 kPa), fördelat enligt figur.

### Typschakt 8 – Moränlera 200 kPa



#### Förutsättningar

##### Jordlagren

Moränlerans skjuvhållfasthet,  $c_{uk}$  eller  $\tau_{fu}$ , ska vara minst 200 kPa.

##### Belastning

Max 2 ton/m<sup>2</sup> (20 kPa), fördelat enligt figur.

För typsektionerna för lera och lermorän gäller följande kontrollplan:

- Krav på utförande
  - Kontroll av rörelse ska utföras med stakkäppar vid släntkrön eller spännband över schakten med ett inbördes avstånd av 4 meter.
- Krav på kontroll
  - Under tiden för schakt och under tiden för det att schakten står öppna ska kontrollerna enligt *Checklista daglig kontroll* utföras av schaktansvarig
- Krav på åtgärder vid avvikelser från givna förutsättningar
  - Alla schaktarbeten avbryts omedelbart
  - I de fall avvikelserna går att justera görs så, annars kontaktas geotekniker
  - Vid hävning i schaktbotten ska 0,5 meter krossmaterial läggas ut på schaktbotten
  - Vid sprickor i slänten eller bakom släntkrön ska återfyllnad utföras till tidigare schaktnivå

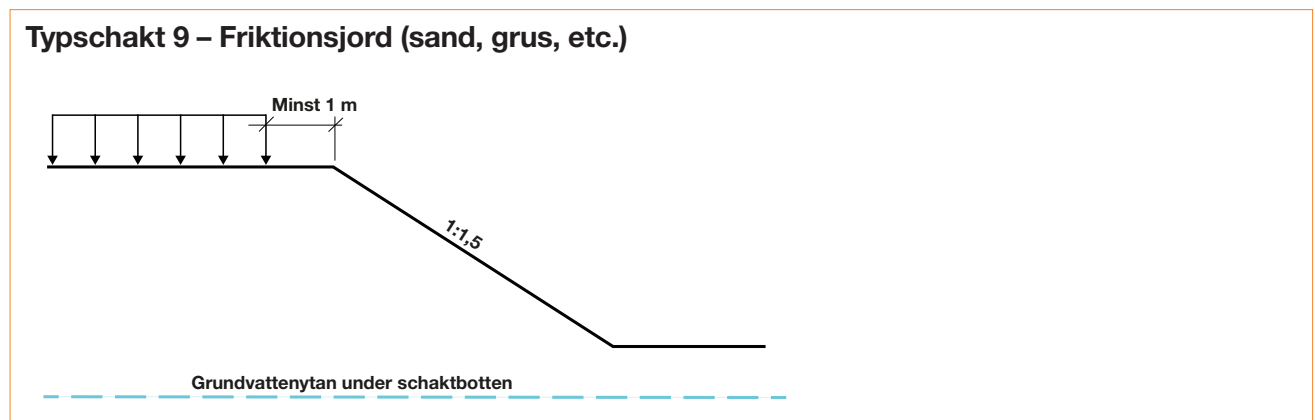
Använd gärna *Checklista daglig kontroll*, Bilaga 4.

### 3 Typsektioner för friktionsjord

För att bestämma en säker släntlutning i friktionsjord måste man veta hur fast lagrad jorden är och på vilken nivå grundvattenytan ligger. Om information saknas behöver en geoteknisk undersökning göras, i enklaste fall i form av att en provgrop grävs för att kontrollera grundvattennivån.

Med en schaktbotten under grundvattennivån fastställs släntlutningen från fall till fall i samråd med geotekniker.

En schakt i sand, grus eller morän kan utformas säkert i släntlutning 1:1,5 (vertikal längd : horisontell längd) eller flackare enligt figuren nedan.



Använd gärna *Checklista daglig kontroll*, Bilaga 4.

# SAKORDSREGISTER

- AMA 40  
AMP-guiden 42  
arbetsberedning 45  
– särskilda risker 46  
arbetsberedningsmöte, mall 113  
arbetsmiljöarbete  
– före byggstart 40  
– under byggskedet 44  
arbetsmiljölagen 40  
arbetsmiljöplan 41, 42  
arbetsordning 42  
arbetsplatsolyckor 7  
artesiskt vatten 19  
avvägning av dubbar 88  
bakåtförankring med stag 79  
bakåtgripande skred 56, 58  
BAM 44  
BAS-P 41  
BAS-U 41  
besiktning 86  
block 19, 27  
blockutfall 15, 72  
blödarrör 55  
bottenmorän 28  
bottenuppträckning inom stödkonstruktion 81, 82  
BSAB 96 40  
byggarbetsmiljösamordnare 41  
bärförmåga, stödkonstruktion 83  
daglig kontroll, checklista 109  
dimensionering 80  
dy 31  
ensgraderad jord 56, 68  
erosion 15, 86  
– av grundvatten 56, 60, 64  
– av ytvatten 59, 67, 74, 82  
– morän 28  
– skiktad jord 68  
Eurokod 35  
falsk kohesion 66, 71  
flytbenäget material 28  
friktionsjord 26, 64  
friktionsvinkel 24, 29  
fyllning 32, 74  
föreskrifter 35  
förspänningar i stag 80  
geologiskt underlag 97  
geoteknisk dimensionering 35  
geoteknisk kategori 35  
geoteknisk sakkunnig 37  
geoteknisk utredning 33  
geotekniska handlingar 36  
geotekniska undersökningar 97  
geotextil 61, 68  
glesspont av stål 79  
glidyta 81  
god arbetsmiljö 39  
grunda schakter 11, 75  
– typsektioner 117  
grundvattenflöde 16  
grundvattennivå 19, 33, 75, 88  
grundvattentryck 69  
grus 19, 24  
gyttja 31  
humusämnen 19  
hydraulisk bottenuppträckning 54, 58, 69, 73, 81  
hydrauliskt grundbrott 60, 82  
hålrum 20  
högsensitiv lera 20, 56, 76  
injektering 65  
inklinometer 88  
inlandsisen 28  
jordars kännetecken 20  
jordartskarta, SGU 75  
jordens störningskänslighet 33  
jordlagerföljd 33  
jordmån 18  
kapillärt sug 71  
klassificering av jordarter 95  
kontroll och övervakning 85  
kontrollplan 43, 85  
kornstorlek/kornfraktioner 19, 95  
kraterbildning 60  
kvicklera 20  
lagar och regler 40  
laster mot schaktväggar 50  
lera/lermorän 28  
linser av annan jordart 71  
liquefaction 26, 66  
långa schaktetapper 12  
länshållning 24  
markteknisk undersökningsrapport, MUR 33, 36  
morän 18, 28f, 55, 68, 70f, 95, 123

mätningar 88  
 negativa porttryck 71, 75  
 olycksrisker 11  
 organisk halt 31  
 organiska jordar 31  
 packning 25  
 peglar 88  
 piping 16, 60, 63, 64, 86  
 porttrycksmätningar 85, 89, 99  
 porvattentryck 19  
 porvolym 25  
 produktionsstart, checklista 105  
 projekterings-PM 36, 43  
 provgrop 75  
 provgropsundersökning 32, 63, 72  
 pumpbrunnar 66  
 pålning 50, 80  
 ras 64  
 samordnare 41  
 sand 19, 24  
 sandmorän 28  
 schaktansvarig 7, 37, 44  
 schaktlängd 54  
 schaktmassor 13  
 schaktsläde 80  
 silt 19, 22  
 skiktad jord 17, 68  
 skjuvhållfasthet 57  
 skred 16, 51  
 smala schakter 53  
 spontkassett 77  
 spontkonstruktion 14  
 sprickor 53  
 sprängsten 32  
 stag 79  
 stakkäppar 86  
 startmöte 48  
 sten 19, 27  
 stämp 79  
 stödkonstruktion 78  
 – bärförmåga 83  
 syftlinje 86  
 syrebrist 73  
 teknisk beskrivning 37  
 temporära konstruktioner 37  
 tjäle 61  
 tjälfarlig 22, 23  
 torksprickor 72  
 torrskorpelera 20  
 torv 31  
 totalentreprenad 37  
 totalstabilitet 52, 58, 81  
 tätspont av stål 78  
 utförandeentreprenad 36  
 vattenförande skikt 28  
 vattengenomsläpplighet 64  
 wellpointmetod 61  
 vibrationer 15, 24, 25, 50, 56  
 ytmorän 28  
 ytvattenerosion 59, 66  
 överbelastning 57, 63

