



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R15:1990

Rörtryckning och minitunneling

Utförande, metoder, geoteknik m m

**Gösta Aspegren
Bengt Spångberg**

V-HUSETS BIBLIOTEK, LTH



15000

400135420

Byggforskningsrådet

R15:1990

RÖRTRYCKNING OCH MINITUNNELING

Utförande, metoder, geoteknik m m

Gösta Aspegren
Bengt Spångberg

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 870842-8
från Statens råd för byggnadsforskning till Aspegrens
Ingenjörfirma AB, Täby.

REFERAT

Rapportens syfte är att sprida kunskapen om metoden rörtryckning till kommuner och byggnadsföretag och göra känt de stora ekonomiska fördelarna med detta förfarande.

Kunskapen om detta förhållande är etablerad, men enligt vår uppfattning i alltför liten omfattning bland kommuner och byggare.

Ur nationalekonomisk synpunkt måste det vara av en utomordentligt stor betydelse att kunna spara de miljarder som kan vinnas med denna metod i en tid av icke endast krävande nyanläggningar utan även för en nyomläggning av landets nu i stort sett uttjänta ledningsnät.

I enlighet med ovannämnda syfte har rapporten ej tyngts med mer ingående arbetsbeskrivningar i konstruktivt hänseende såsom när använda vattentät betong i brunnsanläggningarna etc.

Andra må komma efter med de handböcker, som kan komma att anses erforderliga i detta avseende.

I Byggeforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

Denna skrift är tryckt på miljövänligt, oblekt papper.

R15:1990

ISBN 91-540-5160-6
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1990

INNEHÅLL

- 1. INNEHÅLL**
 - 1.1 Problem
 - 1.2 Projekt
 - 1.3 Rapport
- 2. UTFÖRANDE, METOD, M.M.**
 - 2.1 Problemet
 - 2.2 Beskrivning av metoden
 - 2.21 Beskrivning av utrustning och anläggningar
 - 2.3 Tunneldrivning
- 3. GEOTEKNIK**
 - 3.1 Geotekniska förutsättningar
 - 3.2 Erforderliga geoparametrar
 - 3.21 Kohesionsjordar
 - 3.22 Friktionsjordar
 - 3.3 Grundvattenförhållanden
 - 3.4 Stabilitets- och sättningsförhållanden
 - 3.5 Geotekniska undersökningar -
- omfattning
- 4. EKONOMI**
 - 4.1 Kostnader
 - 4.2 Kringkostnader - kostnadsjämförelse.
 - 4.3 Merkostnade för schaktning och
spontning av rörgrav - exempel
- 5. FÖRSLAG**
 - 5.1 Utveckling av metoder
 - 5.2 Användningsområden
- 6. SAMMANFATTNING**

BILAGOR

Bilags-

nummer

Innehåll

1. Geotekniska tabellvärden
2. Tillåtna schaktdjup - tabellexempel
3. Större schakter - glidytebetraktelse
4. Diagram - schaktning i lös lera utan spont.
5. Jordtryck - schematisk framställning
6. Aktivt och passivt jordtryck -
- grafisk framställning.
7. Jordtryckskoefficienter
8. Geoteknisk undersökning -
omfattning.
9. Borrsektion - exempel
10. Resume över olycksfall som rapporterats till Kungl Arbetarskyddsstyrelsen under 1949 - 58.

Anmärkning

Bilagor:

- | | |
|---------------|---|
| 1,5,6, och 7 | från handboken BYGG GEO |
| 2,3,4,8 och 9 | - " - Aspegrens Ingenjör-firma AB |
| 10 | - "- Anvisningar för spont i ledningsgrav Kungl. Arbetarskyddsstyrelsen - resumé över schaktningsolycksfall. |

1. INNEHÅLL

1.1 Problem

Dagens problem avseende nedläggning av ledningar på konventionellt sätt i rörgravar medelst schaktning och återfyllning är många och ett behov har anmält sig att finna nya metoder som är mer rationella ledande till bl.a. lägre kostnader.

I det följande lämnas en redovisning punktvis för nu gällande problem för anläggning av ledningar:

1. Miljön

Vid upptagandet av rörgravar uppkommer vanligen en grundvattensänkning inom ett lokalt och allmänt depressionsområde orsakande sättningsskador för byggnationen efter ledningssträckningarna.

Där växtliv förekommer påverkas detta negativt genom de ändrade hydrauliska förhållandena, - en vikande grundvattennivå.

2. Kostnader

Den pågående omläggningen av ledningssystemet till det duplikata medför större rörgravar med ledningar på större djup under mark leder till behov av spontning.

Allt detta och övriga tillkommande merkostnader under redovisade punkter i det föregående och i det följande leder till helt oacceptabla kostnadsökningar påfordrande nya och kostnadsminskande metoder för ledningsanläggningar.

3. Ledningsnätet

Ledningsnätet har under årens gång berikats med signalkablar, värmekulvertar m.m. på sådant sätt att ett "spindel nät" av ledningar uppkommit i våra gator inom tätorterna.

Vid borrning i gatorna inträffar det som regel att säkerhetsavstånden ej kan hållas till befintliga ledningar.

4. Trafikhinder

Vid schaktningsarbetena och återställandet av gata - ibland flera gånger av olika verk - uppkommer ej obetydliga störningar i vår alltmer tätande trafik.

5. Vibrationsskador

Vid bl.a. nedslagning av spont uppstår oftast skadeverkningar genom markvibrationer på närliggande byggnader och anläggningar.

6. Olycksfall

Spontning är ett kostsamt förfarande, som man om möjligt försöker undvika, vilket ej sällan leder till ras med åtföljande olycksfall.

Olycksfall är i övrigt ofta gällande vid rörgravsschaktningar på grund av otillräckligt utförda geotekniska undersökningar eller att undersökningarna helt försumrats.

Olycksfallsstatistiken redovisande skador och dödsfall i sådan omfattning och med siffror, att enbart detta förhållande torde motivera motverkande åtgärder. (Bilaga 10)

En radikal sådan åtgärd är tryckningsförfarandet.

7. Tidsåtgång

En rörtryckning kan som regel utföras under en väsentligt kortare tidsperiod än samma arbete rörande schaktning och spontning.

8. Skadeståndsanspråk

En grundvattensänkning med åtföljande skador liksom olycksfall leder alltid till skadeståndsyrkande från den drabbade parten.

Som framgått av det föregående föreligger stora problem med de nuvarande metoderna - schaktning och återfyllning - miljö och kostnadsmässigt.

Självfallet förekommer de konventionella metoderna så som de beskrivits i det föregående endast som problem så länge som det inte finns andra och mer beprövade metoder som har väsentliga fördelar - och dessa finns.

Rörtryckning finns - om än i liten skala - som metod som tillämpas av ett antal företag.

I det följande har vi velat sprida kunskap om metodens användning och därmed fylla en lucka i bygglitteraturen, som för närvarande inte har gett någon beskrivning eller redogörelse för rörtryckningen - redan detta ett problem.

Må slutligen under denna rubrik ej så långt drivna slutsatser dragas, som att grävmaskinens tid är ute.

För grunda rörgravar och med särskilda grundförhållanden i övrigt får metod väljas baserad på den geotekniska undersökningen.

1.2 Projektet

Avsikten med projektet är att ge en vidare information avseende metoden för en rörtryckning och att i övrigt sprida kunskap rörande de geotekniska förutsättningarna för ett genomförande av ett rörtryckningsprojekt.

Ett antal byggnadsföretag är i dag sysselsatta med rördrivning vars lyckosamma genomförande är beroende av undergrundens beskaffenhet.

Geotekniken har därför givits ett större utrymme i rapporten.

1.2 Rapporten

Det finns en omfattande bygglitteratur, men i det rikhaltiga utbudet saknas för närvarande beskrivningar och kunskap när det gäller en rördrivning och de tekniska och ekonomiska fördelar som kan vinnas med metoden.

Som anförts i det föregående avser vi med rapporten att på ett enkelt sätt sprida kunskap om metoder och de geotekniska förutsättningarna.

2. UTFÖRANDE, METOD M.M.

2.1 Problemet

För ett lyckosamt genomförande av en rörtryckning krävs som regel en omfattande geoteknisk undersökning som underlag.

För ledningar förlagda på större djup erfordras en borrtäthet på ca 5,0 till 10,0 m c/c avstånd och här till en jordbergborrning, där berg kan befaras uppträda ovanför ledningsdjupet.

Därjämte krävs framtagandet av alla de övriga hållfasthetsvärden som hör till en fullständig grundundersökning.

För en rörtryckning har hållfasthetsvärdena skjuvhållfasthet och friktionskoefficienter en utomordentlig stor betydelse för en bestämning av tryckkrafter, rörmaterial m.m.

Även grundvattennivån måste bestämmas till sitt läge på ledningssträckan.

Påträffandet av oförutsett berg vid en rörtryckning kan medföra kostnadsökningar genom att rörtryckningen måste avbrytas och övergång ske till en rörgravsschaktning med alla de merkostnader som är förenade med detta förfarande.

Vid tryckning av större dimensioner kan berget dock avsprängas utan uppehåll i rörtryckningen.

2.2 Beskrivning av metoden

Det principiella förfarandet vid en rörtryckning innebär, att man från en tryckbrunn - vanligen en sänkbrunn med ca 2,0 m diameter - medelst en hydraulisk domkraft trycker fram rören i aktuellt material.

Framför det första röret anbringas ett styrrör av stål, som manövreras hydrauliskt. Framdrivningsriktningen kontrolleras normalt med en laser.

Massorna i ledningen föres tillbaka till utgångspunkten med ett vattentryck som får verka radiellt genom upptagna hål i rören eller på sätt som beskrives i det följande.

För det senare förfarandet finns andra metoder att avlägsna jorden bl.a. beroende på rörens dimensioner. Vid en klenrörstryckning - 250 - 800 mm - avlägsnas jorden med t ex en jordskruv.

Sedan ett initialt motstånd övervunnits krävs mycket små krafter för att trycka bort den jord som ligger närmast rörens utsida.

I en kohesionsjord och ett löst lagrat friktionsmaterial erhålles här en effekt påminnande om en vattenplaning.

Alltefter det att rören trycks in forslas massorna bort till tryckbrunnen och transporteras upp till markytan.

I lera har framtryckningssträckor på ca 30 till 40 m varit vanligt och sträckor på upptill 100 m om dagen/d har rapporterats.

I sandjordar och andra friktionsmaterial blir framtryckningssträckorna kortare, men även här väsentligt längre per dag än vid användandet av konventionella metoder.

Detta kan härvid jämföras med utförandet av en sponstad rörgrav ned till större djup, som här för genomförandet av alla ingående arbeten kan ta 1 dag.

Sedan tryckbrunnarna utnyttjats för sitt ändamål, kan de ordnas om till nedstigningsbrunnar och på det sättet ingå i ledningsnätet.

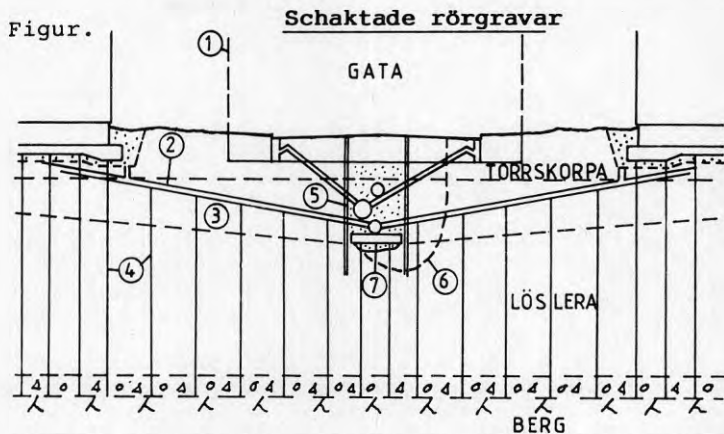
När det gäller val av rördimensioner för en rörtryckning finns här inget hinder för dimensioner i storleksordningen 1200 mm - 2000 mm eller efter behov.

En större dimension kan ibland underlätta tryckningen i svårgenomtränglig mark.

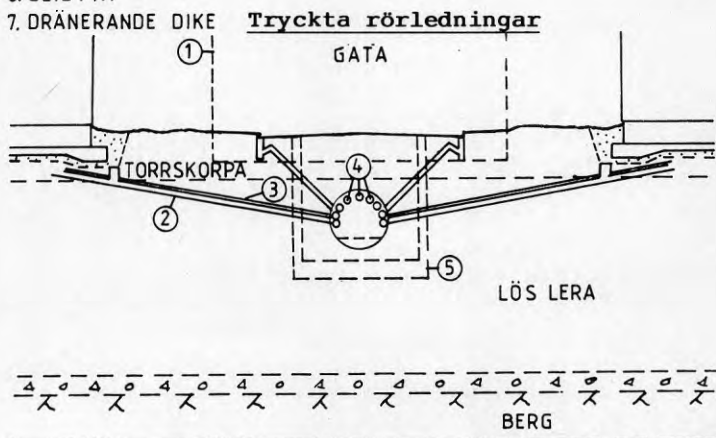
Ett exempel härpå kan ges från en rörtryckning i Alviksvägen i Stockholm för Stockholms VA - verk, där marken består av en grov morän med inslag av stora stenblock.

Från en schaktad grop har här två ledningar 1200 mm tryckts i två olika riktningar 36 resp. 43 m.

Arbetsledaren rapporterar, att man trots den svår-
genomträngliga moränen tryckt 4 meter per dag.
Påträffade block har sprängts inifrån rören.



1. TOMTGRÄNS
2. AVLOPPSSERVIS
3. UTTORKNING 1:10
4. PÅLNING
5. SPONT
6. GLIDYTA
7. DRÄNERANDE DIKE



1. TOMTGRÄNS
2. AVLOPPSSERVIS
3. VATTENSERVIS
4. VATTEN, FJÄRRVÄRME, EL, TELE, NATURGAS, - OCH KABEL-TV-LEDNINGAR
5. TRYCKBRUNN I GATUKORSNING

" Utdrag från tidskriften Rörposten nr. 105, dec. 1986 "

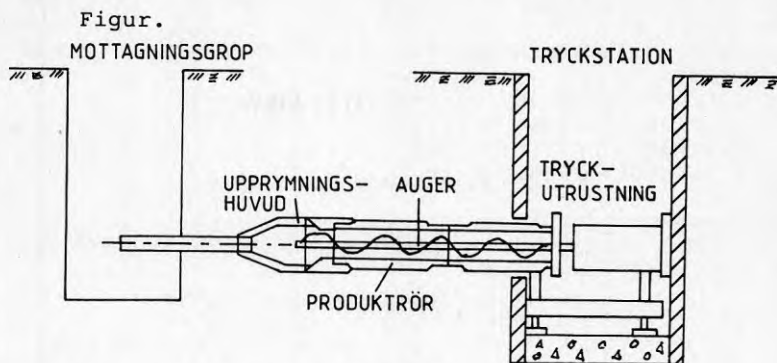
2.21 Beskrivning av utrustning och anläggningar

Utrustning och anläggningars omfattning kan variera allt efter storleken på arbetsvolymen, rördimensioner, tryckta rörledning, sättet för bortförande av massorna från rören - med spolning eller mekaniskt - terrängens utseende m.m.

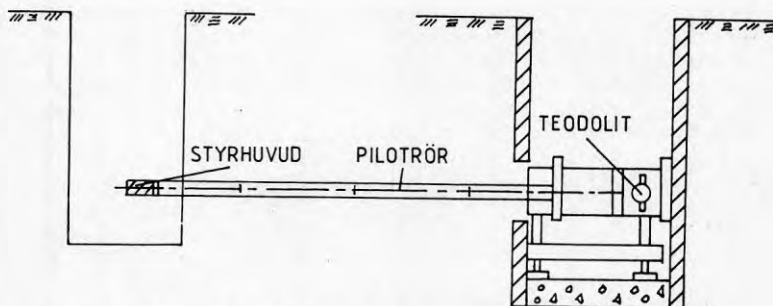
I princip kan anordningarna vara följande:

- en tryckbrunn och en mottagarbrunn utföres.
- en container eller liknande utrymme placeras ovanför tryckbrunnen, där tryckutrustningen placeras och riktas in i önskat profil- och planläge.
- i containern eller annat utrymme över eller vid tryckbrunnen installeras den digitala utrustningen och över tryckbrunnen en travers för hanteringen av utrustningen, rör m.m.
- ett pilot och ett tryckrör anbringas och anordningar för omhändertagande av de med vattenspolning eller på mekanisk väg framtagna massorna.
- nya rör monteras och trycks efter hand som arbetet fortskrider.
- materialet för rören kan vara glasfiberarmerade polyetenrör som visat sig för ändamålet vara särskilt lämpade för rörtryckning, men även betongrör kan användas med fördel.
- den tryckta ledningens riktning i plan och profil styrs med laser vid tryckbrunnen. Informationen överförs till en laserkänslig platta anbringad i styrröret. Justeringen sker automatiskt över data, som på instrumentbordet visar i koordinater läget för pilotrörets styrhuvud.

Styrrörets läge under framdrivningen kan kontrolleras med teodolitavläsning mot en måltavla som är belyst.



UPPRYMNINGSHUVUDET MONTERAT PÅ PILOTRÖRET



PILOTRÖRET TRYCKS GENOM MARKEN

2.3 Tunneldrivning

För en rörtryckning finns i praktisk omfattning ingen gräns för rör- eller kulvertdiametern. Det har visat sig, att det är lätt att trycka rör med diametern två meter eller större, som visats tidigare.

Att använda stora rör har många fördelar. Bland annat är det lättare att arbeta i t.ex. ett tvåmetersrör eller större, där man kan lasta ut massorna med en Bobcat.

För de grövre rören kan användningen vidgas genom att utrymme gives för även andra ledningar. I en avloppskulvert kan t.ex. även ledningar för vatten, fjärrvärme, el, tele, kabel TV, naturgas m.m. installeras.

I kulvertens botten kan dagvattnet avledas.

Efter denna princip kan tunnlar i berg drivas som en rörtryckning med lämpligt anordnade av hydrauliskt manövrerande domkrafter.

3. GEOTEKNIK

3.1 Geotekniska förutsättningar

För utförandet av en rörtryckning krävs i stort sett alla de hållfasthetsvärden, som i övrigt ingår i en komplett geoteknisk undersökning för en anläggning eller ett byggnadsverk.

Kraven på framtagandet av geoparametrar till ett större antal, borrtätheten och en jordbergborrning måste ställas högre.

På sätt som framgår av det följande står och faller ett lyckosamt genomförande av en rörtryckning med det geotekniska underlaget.

3.2 Erforderliga geoparametrar

Enkelt uttryckt krävs framtagning av de geoparametrar som bestämmer jordens motstånd och därmed erforderlig tryckkraft för rördrivningen. Borrtätheten - c/c avstånden 5,0 a`10 m, provtagningarna skall här garantera en kontinuitet i motståndet på planerad rörtryckningssträcka.

Oförmodad förekomst av berg och/eller block i rörtryckningssträckan kan komma att helt rasera det ekonomiska syftet med anlita metod vid en klenrörstryckning.

Samma förekomster kan emellertid, där de är kända vid projekteringen inplaneras tekniskt och kostnads-mässigt i rörtryckningen med ny placering av tryckbrunnar, omläggning av rörsträcka m.m.

Där t ex skjuvhållfasthetsvärdena är nödvändiga för bestämning av tryckkrafterna för framdrivning av rör, är de även erforderliga för beräkning av bl a aktivt och passivt motstånd för tryckbrunnar utförda som sänkbrunnar.

3.21 Kohesionsjordar

Tryckkrafterna skall här övervinna motståndet hos leran uppkommet genom kohesionen vid styrrörets mantelyta och spetsarean. Med ökande värden på skjuvhållfastheten och minskande för sensitiviteten erfordras en större tryckkraft.

En initial tryckkraft för framdrivning av röret i startögonblicket byggs alltså upp av mothållande geovärden - främst av skjuvhållfasthet och sensitivitet - varefter tryckkraftsbehovet minskas eller omsättes i en ökad framdrivningshastighet i det att skjuvhållfastheten erhåller ett lägre - mot 0 sjunkande värde genom störning av omgivande material.

Med rätta värden och i rätt material kan en sådan framdrivning ske att man med en "vattenplaningseffekt" kan utföra rördrivningen på längre sträckor. Exempel finns på trycklängder uppåt 70 till 100 m/dag.

Det är här av utomordentlig vikt, att lägga på minnet, att ovannämnda effekt går helt förlorad vid ett längre uppehåll i rördrivningen. Rören "växer" härvid fast i marken genom kohesionen och det kan härvid bli nödvändigt att anlägga en ny brunn eller att med en vattentillförsel häva motståndet.

Sammantaget gäller vid rörtryckningens början en initial tryckkraft för övervinnandet av spetsmotståndet och ett lägre mantelmotstånd.

Under tryckningen förutsättes spets- och särskilt mantelmotståndet och därmed tryckkraften avsevärt minskas på grund av en störning - effektivtrycket går mot noll - i omslutande lera som ovan anförts.

Ett längre uppehåll i rörtryckningen medför alltså att kohesionen - effektivtrycket ökar med tiden och rörlängden - ökad mantelarea på sådant sätt att tillgänglig tryckkraft blir otillräcklig för fortsatt rördrivning utan skarvning med en ny tryckbrunn.

Erforderliga tryckkrafter för en framdrivning av rör byggs upp, dels av ett spetsmotstånd, dels av ett mantelmotstånd - enkelt redovisat i det följande:

Spetsmotståndet i lera kan sättas till;

$$9 c A_s = Q_s$$

Där: c = lerans skjuvhållfasthet i t/m^2

A_s = styrrörets front i m^2

Mantelmotstånd: beräknat enligt uttrycket;

$$d c A_m = Q_m$$

där; d = korrektionsfaktor beroende på rörmaterial,
lerans sensitivitet m.m.

$$c = \text{lerans skjuvhållfasthet} - t/m^2$$

$$A_m = \text{rörets mantelyta} \quad \gamma d = m^2 \text{lm}$$

Spetsmotståndet kan vid klenare dimensioner vara försumbart i förhållandet till mantelmotståndet.

Jämför här en grupp av kohesionspålar med yttermått B x L, varvid pålgruppens brottlast blir:

$$Q \text{ brott} = 2 D (L + B) c + 9 BLC$$

Tryckkrafterna har sina största värden initialt och härvid när det gäller mantelytan och övervinnandet av motverkande skjuvhållfasthetskrafter.

Vid en framdrivning av ett rör i en lera där effektivtrycket och därmed skjuvhållfasthetsvärdet nästan är nära noll är även mantelmotståndet försumbart.

I stillestånd på en längre sträcka blir förhållandet det motsatta, där mantelmotståndet överskrider tillgängliga tryckkrafter.

3.22 Friktionsjordar

I princip gäller för en rörtryckning i en friktionsjord en minskning av effektivtrycket och därmed tryckkraften. Materialet kan här liksom för en lerförekomst låta sig störas för erhållande av en framgångsrik rörtryckning.

Erforderliga tryckkraften i en friktionsjord är beroende av det vertikala effektivtrycket på rördrivningsdjupet.

Friktionsjordens skjuvhållfasthetsvärden är helt beroende på den inre friktionsvinkeln och det rådande trycket i jorden.

Den vertikala effektivspänningen kan sättas till:

$$\bar{\sigma} = \sigma - u ; \quad \bar{\sigma} = \gamma (h - h_1) + \gamma' h_1$$

$$\tau = \bar{\sigma} \operatorname{tg} \varphi$$

där: $\bar{\sigma}$ = det vertikala effektivtrycket i t/m^2 .

σ = totaltrycket i t/m^2 ;

u = vattentrycket i t/m^2

h = jordens mäktighet mätt till rörhjässan i meter.

h_1 = grundvattenytans läge i förhållande till rörhjässan i meter;

γ' = jordens densitet under grundvattennivån mätt i t/m^3 ;

τ_f = dränerad skjuvhållfasthet i t/m^2 ;

φ = jordens inre friktionsvinkel.

Ett högt grundvattenstånd minskar alltså erforderlig tryckkraft med sjunkande värde på den vertikala effektivspänningen.

Största tryckkraften blir gällande i torrt material. Tryckkraften kan minskas med en vattentillförsel på sådant sätt, att ett upptryck skapas och därmed ett lågt vertikaltryck - "mineralkornen i jordmaterialet lättar från varandra".

3.3 Grundvattenförhållanden

En hög grundvattennivå har en positiv inverkan för en rörtryckning liksom en vattentillförsel i övrigt med en positiv effekt på erforderlig tryckkraft.

I en kohesionsjord - lera - överlagrande en friktionsjord representeras grundvattennivån av den hydrauliska trycklinjen.

Denna trycklinje kan vid högt grundvattenstånd stå över marken.

Vanligen går linjen dock på ett visst djup under markytan.

Vid en punktering av leran med rör ned till det vattenförande lagret i friktionsjorden under leran inställer sig grundvattennivån efter trycklinjen.

Vattnet i leran består ovanför trycklinjen av kapillärt betingat vatten med negativt porvatten-tryck och under linjen med ett positivt porvatten-tryck.

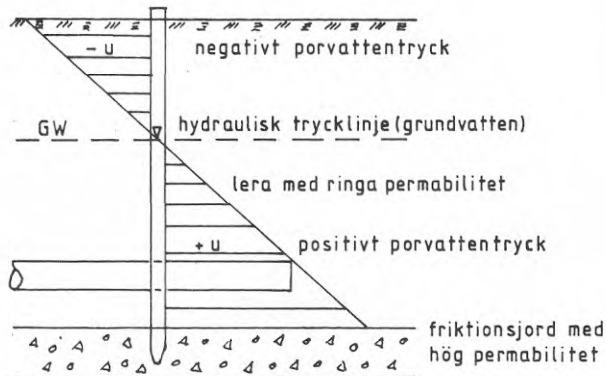
Totalt förekommer vattnet i leran som fritt porvatten och vatten som är bundet till kornen i leran med dipolverkan.

För en rörtryckning är det fria porvattnet av intresse i det att porerna slås sönder i lerskelettet under framdrivningen med en förlust av den mothållande skjuvhållfastheten och effektivtrycket underlättande rörtryckningen.

Rör och framdrivningsanordningar bör därför vara så utformade att leran störes i högsta möjliga grad närmast röret.

Figur

Tryckförhållanden



3.4 Stabilitets- och sättningsförhållanden

Vad som under denna rubrik tagits upp till behandling skiljer sig i stort sett inte från den geotekniska behandlingen i övrigt för vatten- och avloppsledningar. Och kunskaperna finns att inhämta i den geotekniska facklitteraturen.

För rörledningarna och tryckbrunnar tillkommer emellertid faktorer som kräver ett särskilt beaktande avseende den konstruktiva utformningen av tryckbrunnarna liksom för rörledningarna att vi funnit det nödvändigt att medtaga detta kapitel för fullständighetens skull.

Beträffande rörledningarna gäller där de förläggs på större djup att inga sättningar uppkommer i sättningsbenäget material, men väl risken för rörknäckning som måste motverkas med val av lämpligt rörmaterial.

Aktivt och passivt jordtryck - friktionsjord

I tryckbrunnen uppkommer vid rörfrämdrivningen ett aktivt och ett passivt jordtryck.

Vidkommande risken för en brunnsförskjutning blir dock det passiva jordtrycket avgörande och därmed dimensionerande.

Med förenklat synsätt avseende mobiliserade glidytorer, angreppsvinklar för resulterande krafter m.m. kan för praktiskt bruk följande redovisade formler nyttjas.

Vid en horisontal markyta blir det aktiva jordtrycket

$$P_{\text{akt}} = (\gamma h^2/2 + qh) \operatorname{tg}^2 (45^\circ - \varphi/2) = \\ = K_a (\gamma h^2/2)$$

Uttrycket K_a är härvid jordtryckskoefficienten för det aktiva jordtrycket.

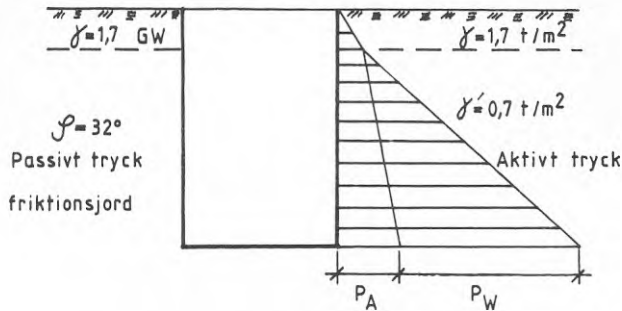
Jordtryckets intensitet $P_a = K_a (\gamma z + q)$ är trycket per ytenhet på djupet z under marknivån.

Intensiteten på grund av jordens egenvikt växer rätlinjigt med ökat djup under marknivån medan en last på marken $K_a = q$ är konstant.

Jordtrycksresultanten av egenvikten verkar på höjden $h/3$ och överlasten q på $h/2$ över brunnens underkant.

Figur

Tryckkrafter på tryckbrunn



Det passiva jordtrycket beräknas i princip sätt som för det aktiva jordtrycket .

Jordkilen som uppkommer när brunnens överkant rör sig från jorden rör sig i detta fall mot brunnsväggen och uppåt varvid uttrycket K_A får motsatt tecken i uttrycket:

$$\text{tg}^2 (45^\circ + \varphi/2).$$

Aktivt och passivt jordtryck - kohesionsjord

Jordtryckets intensitet p_A är på djupet $z =$
 $= \gamma z + q - 2 c$ och

$$P_A = \gamma h^2/2 + qh - 2 ch + (2c - q)^2 / 2 \gamma$$

Det passiva jordtrycket utföres som i det föregående men med omvända tecken (de negativa förtecknen).

Med en grundvattenyta i nivå med markytan eller på annan nivå över schaktbotten reduceras jordtrycket med vattentrycket.

Med en vattenyta över marknivån tillkommer det totala vattentrycket för denna del.

Det aktiva jordtrycket uppkommer alltså när brunnen förskjuts bort från den angränsande jordmassan varvid tryckkretsjunkern intill dess förskjutningen nått ett visst värde - minivärde. Detta värde innebär normalt en förskjutning uppående till 0,1 till 0,5 % av brunnshöjden.

Det passiva jordtrycket uppkommer när brunnen rör sig mot den angränsande jordmassan varvid jordtrycket ökar till ett maxvärde, vilket normalt inträffar vid en förskjutning av brunnsväggen med ca 1,0 till 5,0 % av brunnshöjden.

Schakt för brunnsanläggningar

I ett schakt upptaget i en lera, kan schaktet som regel utföras i torrhet under grundvattennivån - den hydrauliska trycklinjen - på grund av lerans tätande effekt.

En lera kan innehålla mycket vatten men har en låg permeabilitet- vattengenomsläpplighet.

Ett schakt stående under en längre tid får emellertid så småningom en vattentillförsel och härvid i en glacial varvig lera över sandskikt och efter ytterligare en tid efter strömningsvägarna i leran.

Vid schaktningen blir leran som regel alltid störd medförande ett visst utflöde av fritt porvatten.

Ett schakt under grundvattennivån i en friktionsjord fylls dock med vatten i takt med urschaktningen.

Vid upptagandet av ett större schakt för en brunnsanläggning kan det för hanteringen i detta vara erforderligt med en grundvattensänkning. I en lera blir detta även fallet, där schaktets botten kommer nära eller i direkt beröring med underliggande vattenförande lager i en friktionsjord.

Vid en grundvattensänkning uppkommer kring schaktet - brunnen - ett lokalt och ett allmänt depressionsområde.

Det lokala depressionsområdet bildar härvid en sänkningsträtt med en övre diameter vars storlek är beroende av den per tidsenhet uppfordrade vattenmängden och omgivande materials vattengenomsläpplighetstal. En stor uppfordrad vattenmängd och ett mycket vattengenomsläppligt material framkallar härvid en flacksänkningsträtt med en stor övre diameter och ett större allmänt depressionsområde blir även gällande.

Då en grundvattensänkning framkallar en lastökning på marken och härvid marksättningar är det av största vikt att grundvattensänkningen anpassas på sådant sätt att närliggande byggnader och anläggningar ej skadas.

En grundvattensänkning, där en sådan anses vara nödvändig bör vara temporär.

Sänkbrunnar i en lerbeförekomst

För undvikande av en grundvattensänkning enligt det föregående kan anläggningen utföras som en sänkbrunn. Brunnen får härvid sjunka ned till erforderligt djup under en samtidig urschaktning.

Vid schaktningen i en lera ökar härvid skjuvspänningen med ökande schaktdjup intill dess skjuvspänningen uppnått samma värde som lerans skjuvhållfasthetsvärde.

Ett förhållande som bör undvikas då en djupare schaktning leder till ett markgenombrott innebärande att marken utanför brunnen sjunker och schaktbotten trycks upp.

Säkerhetsfaktorer - schaktning i en lera

Beräkningsgrunderna för en bestämning av tillåtet schaktdjup för en brunnsanläggning är beroende av schaktets storlek, undergrundens beskaffenhet, grundvattennivåns läge, djupet till fast botten m.m.

Beräkningsförfarandet får därför prövas i varje särskilt fall med utgångspunkt resultaten från en geoteknisk undersökning.

Under vissa förhållanden enligt ovan beräkningarna utföres med ledning av nedanstående formel:

$$F = \frac{Nc}{\gamma D + q}$$

där: F = säkerhetsfaktorn - 1,3 för ett temporärt schakt.

Nc = dimensionslös stabilitetsfaktor - erhålles ur diagram.

c = lerans skjuvhållfasthet i t/m^2

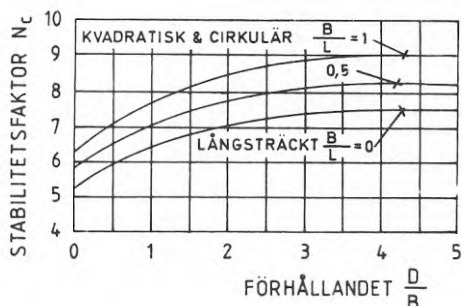
D = schaktdjupet i meter

= lerans densitet i t/m^3

q = belastningen på marken invid brunnen schaktet.

Som regel utföres sänkbrunnarna med en botten - gravitationsbetong - till sin tyngd så beräknad att såväl en upptryckning som en sättning för brunnen motverkas.

Diagram



Säkerhetsfaktorer - schaktning i en friktionsjord.

Vid schaktningar i en friktionsjord i torrhet och ovanför grundvattennivån kan detta oftast ske utan spont om utrymme finns för en släntning för schakt-sidorna lagda i lutningar i överensstämmelse med omgivande materials inre friktionsvinklar.

Vid schaktningar på större djup och under grundvatten-nivån erfordras vanligen en spont varvid arbetena utföres under en samtidig länshållning.

För förhindrandet av en bottenuppträckning på grund av inströmmande vatten i schaktet måste vissa stabili-seringsvillkor vara uppfyllda.

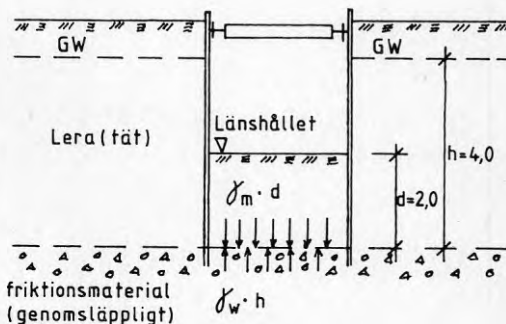
Grundbrott kan allmänt motverkas om den hydrauliska tryckgradienten hos vattnet minskas genom att ström-ningsvägarna förlängs eller genom en minskning av det totala tryckfallet.

Vid spontade schakt förlängs strömningsvägarna genom att man driver ned sponten till större djup. Som en allmän regel gäller här att man slår ned sponten lika djupt under schaktbotten som denna ligger under grundvattennivån.

Fig.

Hydraulisk bottenuppträckning

Stabilitetsvillkoret
är att jordtyngden
 $\gamma_m \cdot d$ skall vara
större än upptrycket
 $\gamma_w \cdot h$;



I ovanstående figur redovisas ett fall på en hydraulisk bottenuppträckning inträffande när ett genomsläppligt lager friktionsjord överlagras av en tät schaktbotten.

3.5 Geotekniska undersökningar - omfattning

Undersökningarnas omfattning blir självfallet beroende av bland annat undergrundens beskaffenhet. ledningsdjup, förekomst av fyllning på mark, m.m.

I stadsområden med ett ledningsdjup på ca 5,0 m:s djup erfordras som regel en förborrning till fyllningens underkant följt av en maskinell viktsondering eller trycksondering ned till friktionsjorden och en motorslagsondering i denna.

Där berg kan befaras uppträda i ledningslinjen utföres en jordbergborrning i sektioner där slantberg kan riskeras uppträda.

Observationsrör nedföres för en grundvattenbestämning och kolvborrprovtagningar för laboratorieundersökningar utföres för framtogandet av lerans hållfasthetsvärden där så erfordras och härvid särskilt där ett sänkbrunnsförfarande blir gällande.

För undvikande av berg- och/eller blockförekomster i och ovanför ledningslinjen äventyrande förfarandet med en rörtryckning erfordras en borrtäthet på 5,0 till 10,0 m.

I det följande redovisas lämplig geo-utrustning m.m. svarande mot olika grundförhållanden:

| <u>Utrustning</u> | <u>Grundförhållanden</u> |
|---|--|
| Borrbandvagn el. liknande | Förborrning i fyllning och bergbestämning under friktionsjord. |
| Motorslagmaskin | Berg och/eller block i i friktionsjordar. |
| Viktsondering - maskin eller manuell. Trycksondering. | I ler- och friktionsförekomster. |
| Observationsrör | Grundvattenbestämning i lösa jordarter. |
| Kolvborr | Provtagning i lerförekomst |
| Laboratorieutrustning | Analysering av kolvborrprover tagna i lera avseende hållfasthetsvärden |

Kann-, skruv-, spadbörning m.fl.

Undersökningsresultaten kan i allt väsentligt komma till användning för beräkning av tryck- och nedstigningsbrunnar utförda som sänkbrunnar.

4. EKONOMI

4.1 Kostnader

I det följande redovisas kostnaderna i dagens priser för en klenrörstryckning för ett antal objekt:

| Objekt År-utfört. Enreprenör | Längd meter | Dimen- sion mm | Grundbeställ- ning. kronor | Pris i kronor per löpmeter |
|---|----------------|----------------------|--|----------------------------------|
| Maratonv. 1985 - 1986 Lundby | 126 | 400 | 1 012 000 | <u>6 700</u> |
| ----- | | | | |
| Bromstensv 1987 Lundby | 280 + 20 | 400 | 1 302 000 <u>102 000</u> 1 404 000 | <u>4 700</u> |
| ----- | | | | |
| Kv. Löpet 1987 BINAB | 211 59 | 300 650 | 1 229 000 <u>99 000</u> 1 328 000 | <u>4 900</u> |
| ----- | | | | |
| Tröskverksv.145 1988 Lundby | 145 | 400 | 469 000 | <u>3 200</u> |
| ----- | | | | |
| Kanslerv. 1988 BINAB | 65 | 500 | 404 000 | <u>6 200</u> |
| ----- | | | | |
| Del av Mjöl-236 vägen. Underlev. Lundby Huv.lev NOL 1988 | 400 | | 995 000 | <u>4 200</u> |
| ----- | | | | |
| Magasin v. 1988 - BINAB | 271 | 200 | 1 288 000 | <u>4 800</u> |

Anm. endast 45 m utförda pga berg

4.2 Kringkostnader

Med utgångspunkt i en jämförelse mellan en rörtryckt respektive en schaktad och spontad rörsträckning avseende arbetsinsatser och miljökonsekvenserna kan man i stora drag tänka sig nedanstående förteckning:

| | Rörtryckning | Schaktning - och spontning |
|---|-------------------|--|
| Schaktning och återfyllning | ingen | erforderlig |
| Spontning | ingen | erforderlig i större eller mindre omfattn. |
| Återställande av gata | mindre omfattn. | större omfattn. |
| Maskinell utrustning | samma "-" | samma "-" |
| Ledningar och brunnar | "- "-" | "- "-" |
| Trafikhinder | ringa | oftast omfattande. |
| Grundvatten-sänkning | ingen eller ringa | ofta förekommande |
| Sättningsdrabbade byggnader | inga | ofta |
| Tidsåtgång - jämförelsevis | ringa | större |
| Geoteknik - borrtäthet jämförelsevis | tät | gles |
| Twister, skadeståndsanspråk för sättnings-skador. | ringa el.inga | ofta omfattande |

4.3 Merkostnad för schaktad och spontad rörgrav.

Följande kostnadsberäkning upptagande merkostnaden i dagens prisläge för en schaktad rörgrav - 5 m djup och med en dagbredd på 2,0 m - är mycket schematisk och må av den som tar del av den justeras på det sätt vederbörande finner lämpligt med utgångspunkt i sin erfarenhet.

| <u>Åtgärd</u> | <u>Enhet</u> | <u>Mängd</u> | <u>å-pris</u> | <u>Kostnad</u> |
|--|----------------|--------------|---------------|----------------|
| Schaktning och återfylln. | m ³ | 10 | 83:- | 830:- |
| Spontning-Larsenspont | m ² | 10 | 800:- | 8000:- |
| Bärlager | m ² | 2 | 30:- | 60:- |
| Asfalt | m ² | 4 | 50:- | 200:- |
| Anordningar, avstängning, vattenlänsning m.m. | | | | 400:- |
| Summa entreprenadkostn i kronor/meter ca | | | | 9 500:- |
| Mervärdeskatt | | | | 360:- |
| Byggherreomkostnader 25 % | | | | 2 400:- |
| Total kostnad i kr/m | | | ca. | 12 300:- |

Införes arbetskostnader och andra kringkostnader per arbetsdag räknat och ställs i relation till en tryckt rörlängd på ca 30 m/dag mot kanske ca 2 m/dag för den schaktade rörgraven.

Man kan som anförts i inledningen komma att ha vissa invändningar avseende sättet för att ta fram ovanstående kostnader i detta speciella fall.

För en rörtryckning tillkommer så t.ex. ökade kostnader för geotekniska undersökningar och den maskinella utrustningen.

Men hur man än lägger till och/eller drar ifrån i marginalerna vid en jämförelse mellan de olika metoderna så blir besparingen totalt sett betydande vid en användning av tryckningsförfarandet.

Vilket har varit syftet att visa med anført exempel.

Tilläggas må att en spontning under vissa förhållanden på större ledningsdjup kan medföra kostnader i storleksordningen 800:- till 3 000:- kronor/m².

5. FÖRSLAG

5.1 Utveckling av metoder

Ett ökande antal företag har börjat använda rörtryckning som metod för framdragning av ledningar och kunskaperna härför är under spridande.

En del företag är härvid mer rutinerade än andra, varför det torde vara angeläget inte minst ur ekonomisk synpunkt att vinna en mer jämn kunskapsnivå på sätt som till del givits i det föregående.

I det följande ges samlat och i korthet förslag och beaktanden:

1. Geoteknik

Noggranna undersökningar med tätborrningar

2. Utsättningar

Införskaffandet av uppgifter av läget för befintliga ledningar i gata samt en noggran utsättning av borrhållningar på sådant sätt att säkerhetsavstånd kan hållas till ledningar, kablar m.m.

3. Brunnar

Tryckbrunnar och härvid sänkbrunnar bör för skiftande undergrunder kunna standardiseras med avseende på bl.a. gravitationsbotten, trycksektioner m.m.

4. Tryckutrustning

Även tryckutrustningen torde kunna utföras i "paket" försedd med anordningar för styrning, högtrycksspölning m.m.

Den digitala utrustningen och anordningar för upptagning av massor m.m. kan tänkas bli inrymt i ett transportabelt utrymme.

5. Rörledning

I lerjordar och i vissa fall även sandjordar där det är angeläget att störa det till rören anslutande materialet till ett effektivtryck nära eller lika med noll

Anordning härför kan vara tänkbar att anbringa på styrröret.

Med utgångspunkt i behov enligt det föregående torde man kunna mobilisera företag och andra verksamheter med kunskaper rörande maskinell utrustning m.m.

5.2 Användningsområden

Förutom rörtryckning som sådan kan den härför använda utrustningen även nyttjas för andra ändamål exemplifierade i det följande:

- rengöring av avloppsledningar medelst spolning eller mekaniskt.
- rengöring av vattenledningar från rost.
- inspektion av ledningsbeståndet - gamla ledningars skick.
- lagning av fogar med injektering.
- rotbekämpning.
- infodring av rörledningar.
- förstärkning av gamla ledningar
- kontroll av ledningars profil och planlägen.

Genom den ökade åtkomligheten av ledningarna kan säkert flera användningsområden vara tänkbara.

Möjligheten av att trycka stora dimensioner på ett i förhållande till nuvarande metoder mindre kostsamt sätt möjliggör även en förläggning av fler ledningar i en dagvattenkulvert t.ex. ledningar för gas, signal, el, vatten, värme m.m.

Anläggning av permanenta och/eller provisoriska (tillfälliga) skyddsrum under mark är också tänkbar.

Rent allmänt sett tillåter den ekonomiska tryckmetoden, att härför lämpliga anläggningar och verksamheter kan förläggas under jord - tunnlar under mark i stället för broar etc.

SAMMANFATTNING

Rapportens syfte är att sprida kunskapen om metoden rörtryckning till kommuner och byggnadsföretag och göra känt de stora ekonomiska fördelarna med detta förfarande.

Kunskapen om detta förhållande är etablerad, men enligt vår uppfattning i alltför liten omfattning bland kommuner och byggare.

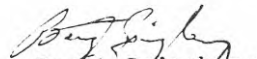
Ur nationalekonomisk synpunkt måste det vara av en utomordentligt stor betydelse att kunna spara de miljarder som kan vinnas med denna metod i en tid av icke endast krävande nyanläggningar utan även för en nyomläggning av landets nu i stort sett uttjänta ledningsnät.

I enlighet med ovannämnda syfte har rapporten ej tyngts med mer ingående arbetsbeskrivningar i konstruktivt hänseende såsom när använda vattentät betong i brunnsanläggningarna etc.

Andra må komma efter med de handböcker, som kan komma att anses erforderliga i detta avseende.

Täby den 31 augusti 1989


Gösta Aspegren


Bengt Spångberg

Tabell G04:22a Indelning av mineraljordar i kornfraktioner

| Huvudgrupper | | Undergrupper | |
|-----------------------|----------------|--------------|----------------|
| Benämning | Kornstorlek mm | Benämning | Kornstorlek mm |
| <i>Block och sten</i> | | | |
| Block | > 600 | Grovblock | > 2000 |
| Sten | 600–60 | Grovsten | 600–200 |
| | | Mellansten | 200–60 |
| <i>Grovjord</i> | | | |
| Grus | 60–2 | Grovgrus | 60–20 |
| | | Mellangrus | 20–6 |
| | | Fingrus | 6–2 |
| Sand | 2–0,06 | Grovsand | 2–0,6 |
| | | Mellansand | 0,6–0,2 |
| | | Finsand | 0,2–0,06 |
| <i>Finjord</i> | | | |
| Silt | 0,06–0,002 | Grovsilt | 0,06–0,02 |
| | | Mellansilt | 0,02–0,006 |
| | | Finsilt | 0,006–0,002 |
| Ler | < 0,002 | Finler | < 0,0006 |

Tabell G04:5 Ungefärliga värden på friktionsvinkeln ϕ' hos friktionsjordar

| Lagringstäthet | Jordart | | | | |
|----------------|---------|------|---------------------|---------------------|-----------------------|
| | Sand | Grus | Sand- mo- rän | Grus- mo- rän | Maka- dam- sten |
| Lös | 28° | 30° | 35° | 38° | 40° |
| Fast | 35° | 37° | 42° | 45° | 45° |

| Benämning | Överkonsolideringskvot OCR |
|-----------|-------------------------------|
|-----------|-------------------------------|

| | |
|---|---------|
| Normalkonsoliderad eller svagt överkonsoliderad | 1 – 1,5 |
| Överkonsoliderad | 1,5–10 |
| Starkt överkonsoliderad | > 10 |

| Benämning | Lagringstäthet |
|-----------|----------------|
| Lös | < 0,3 |
| Medelfast | 0,3–0,8 |
| Fast | > 0,8 |

| Norm | Benämning | Antal halvvarvsvidningar med 100 kg last för 0,2 m sjunkning |
|------|-----------|--|
|------|-----------|--|

| | | |
|-----|------|------|
| SBN | Lös | 1–15 |
| | Fast | > 15 |

| | | |
|-------------------------|-----------|----------|
| Vägverkets bronormer | Medelfast | minst 10 |
| | Fast | minst 30 |

Tabell G04:21b Typiska värden på skrymdensitet

| Materia | Skrymdensitet i t/m ³ | | |
|------------------------|-----------------------------------|----------------------|---|
| | Vatten- mättad (ρ_m) | Under (ρ') | Ovan vatten- ytan (ρ) |
| Torv och dytorv | 1,0–1,1 | 0,0–0,1 | Vanligen kapillärt vattenmättade, se ρ_m |
| Dy och gyttja | 1,2–1,4 | 0,2–0,4 | |
| Lera och silt | 1,4–2,0 | 0,4–1,0 | |
| Sand och grus | 2,0–2,3 | 1,0–1,3 | 1,6–2,0 |
| Morän | 2,1–2,4 | 1,1–1,4 | 1,8–2,3 |
| Makadam och sprängsten | 1,9–2,2 | 0,9–1,2 | 1,4–1,9 |

Tabell G04:22f Klassificering efter odränerad skjuvhållfasthet

| Benämning | Odränerad skjuvhållfasthet τ_{fu} , kPa |
|-------------|---|
| Mycket lös | < 12,5 |
| Lös | 12,5–25 |
| Halvfast | 25 – 50 |
| Fast | 50 – 100 |
| Mycket fast | > 100 |

Sensitiviteten S_f anger förhållandet mellan den odränerade skjuvhållfastheten i ostört och omört tillstånd. Finkorniga jordar kan klassificeras med hänsyn till sensitivitet enligt tabell :22g.

Tabell G04:22g Klassificering efter sensitivitet

| Benämning | Sensitivitet |
|----------------|--------------|
| Lägsensitiv | < 8 |
| Mellansensitiv | 8 – 30 |
| Högsensitiv | > 30 |

Tabell G04:31 Överslagsvärden på permeabilitet och tätvärde för olika jordarter

| Jordart | Permeabilitet m/s | Tätvärde |
|------------------------------------|----------------------|----------|
| <i>Moräner (välgraderad jord)</i> | | |
| Grusig morän | $10^{-5} - 10^{-7}$ | 5–7 |
| Sandig | $10^{-6} - 10^{-8}$ | 6–8 |
| Siltig morän | $10^{-7} - 10^{-9}$ | 7–9 |
| Lerig morän | $10^{-8} - 10^{-10}$ | 8–10 |
| Moränlera | $10^{-9} - 10^{-11}$ | 9–11 |
| <i>Sediment (ensgraderad jord)</i> | | |
| Fingrus | $10^{-1} - 10^{-3}$ | 1–3 |
| Grovsand | $10^{-2} - 10^{-4}$ | 2–4 |
| Mellansand | $10^{-3} - 10^{-5}$ | 3–5 |
| Finsand | $10^{-4} - 10^{-6}$ | 4–6 |
| Grovsilt | $10^{-5} - 10^{-7}$ | 5–7 |
| Mellansilt-finsilt | $10^{-7} - 10^{-9}$ | 7–9 |
| Lera | < 10^{-9} | < 9 |

| Erforderliga skjuvhållfast- hetsvärden kPa | Tillåtna schaktdjup i m under mark | | | | |
|---|------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|--|
| | Utan sprickor F=1,5 | Med sprickor F=1,5 | Vattenfyllda sprickor F=1,5 | Med slänt- lutning 1:1,5. F=1,5 | Med F=1,3 vertikalt schakt utan sprickor |
| 6 | 1,0 | 0,7 | 0,6 | 1,4 | 1,2 |
| 8 | 1,4 | 1,0 | 0,8 | 1,9 | 1,6 |
| 10 | 1,7 | 1,2 | 1,0 | 2,4 | 1,9 |
| 12 | 2,0 | 1,4 | 1,2 | 2,9 | 2,4 |
| 14 | 2,4 | 1,7 | 1,4 | <u>3,4</u> | 2,7 |
| 16 | 2,7 | 1,9 | 1,6 | 3,8 | 3,1 |
| 18 | 3,0 | 2,2 | 1,8 | 4,3 | <u>3,5</u> |
| 20 | <u>3,4</u> | 2,4 | 2,0 | 4,8 | 3,9 |
| 22 | 3,7 | 2,6 | 2,2 | 5,3 | 4,3 |
| 24 | 4,1 | 2,9 | 2,4 | 5,7 | 4,7 |
| 26 | 4,4 | 3,1 | 2,6 | -- | 5,0 |

Anmärkning:

I torrskorpeleror med mer än 50 kPa kan cisternschakten utföras till förhållandevis stora djup med vertikala slänter utan spont.

Geoteknisk undersökning:

Skjuvhållfasthetsvärden framtagas (vingborr eller kolv) varje meter till aktuellt djup.

Skrubborring till aktuellt djup för undersökning av eventuella silt- och sandskikt. Maskinell viktsondering (före vingborring). Sondborresultaten kan eventuellt vara sådana - indikerande torrskorpelera - att skjuvhållfasthetsvärdena ej behöver framtagas separat.

Mark- och grundvattenförhållanden undersökes om så påfordras av förhållandena - förekomst av sand- och siltskikt.

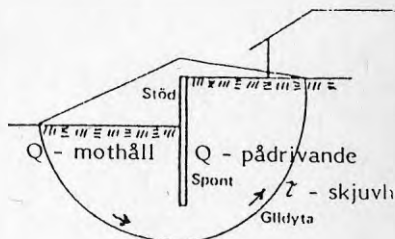
För beräkningarna har lerans densitet antagits till ett medelvärde av $1,5 \text{ t/m}^3$.

Större schakt - glidytor

Beräkningar för utförande av större schakt

För bredare och större schakt - till vilka cisternschakt bör räknas - beräknas erforderligt schaktdjup med hjälp av glidytekalkyler.

På sätt som framgår av figuren gäller för den valda glidykans rotationscentrum att säkerheten mot markgenombrott utgöres av skillnaden mellan de pådrivande krafterna (jord-, punkt- och linjelaster) till höger om rotationscentrum och de mothållande krafterna (jordmassan och lerans skjuvhållfasthetsvärden efter glidytan) till vänster evad det gäller jordmassan.



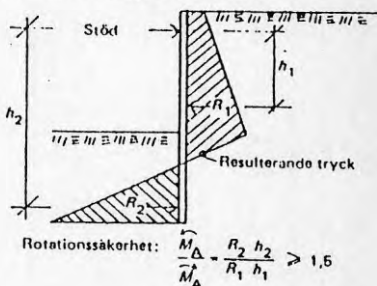
I figuren tillkommer spontväggen som en mothållande kraft.

Med ett betraktande av spontväggen som en vertikal balk, där stödreaktionerna motsvarar förankringskrafterna på förankringsnivån med det spontdjup under schaktbotten som leder till att förhållandet mellan pådrivande och mothållande moment kring förankringsnivån är lika med 1,0 erhålles figuren nedan.

Vid flera förankringsnivåer fördelas jordtrycken på sådant sätt att en jämvikt enligt ovan erhålles.

Figuren visar rotationsstabiliteten på en förankringsnivå.

Spontdjupet under schaktbotten beräknas som regel med utgångspunkt i ett antal jämviktsvillkor som skall uppfyllas för stabilitetsförhållandena.



Dessa villkor kan listas enligt det följande:

- med avseende på rotationen kring stagnivån bör förhållandet mellan pådrivande och mothållande moment vara minst 1,5.
- glidyterna under sponten skall ha en betryggande säkerhet i sina mothållande skjuvhållfasthetsvärden.
- spontens vertikalbärförmåga skall vara betryggande.
- för en vattenströmning in till schaktet skall strömnings - inläckningsvägen - göras så lång som möjligt relaterat till den inströmnande vattenmängden och strömningsgradienten.

För temporära spontkonstruktioner, som det här är fråga om kan något förhöjda tillåtna spänningar för spontplankor medgivs i vissa fall och härvid för trä och stål 12 respektive 180 MPa och för stål SIS 1311.

Vidkommande arbetsutförandet för sponten är det av vikt, att hammarband och strävor hänges upp eller fästes i spontsidan på sådant sätt, att de inte kan falla ned i det fall den horisontella lasten på hammarbandet skulle minska.

Upphängningen kan här ske med hängslen av plattstång eller trävirke, vinkelstång, rundstål eller med hyllor av plåt.

Vid permanenta konstruktioner svetsas eller skruvas hammarbänderna fast vid spont av stål.

Aktivt och passivt jordtryck

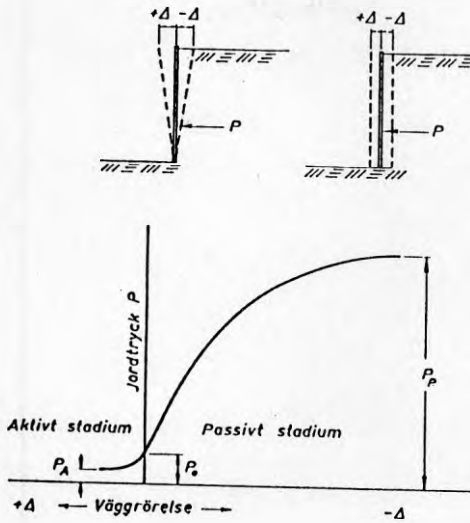
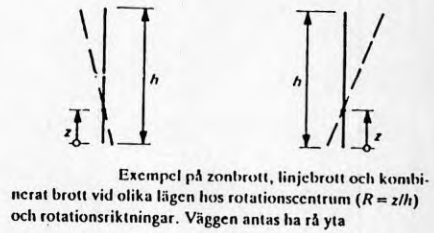
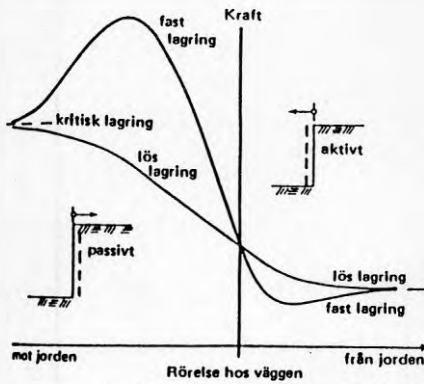
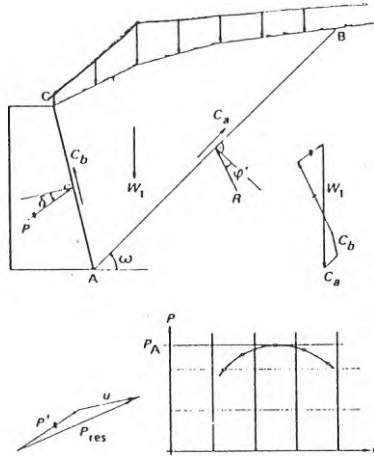


Fig. 6: I. Schematisk framställning av sambandet mellan jordtryckets storlek och stödskonstruktionens rörelse.

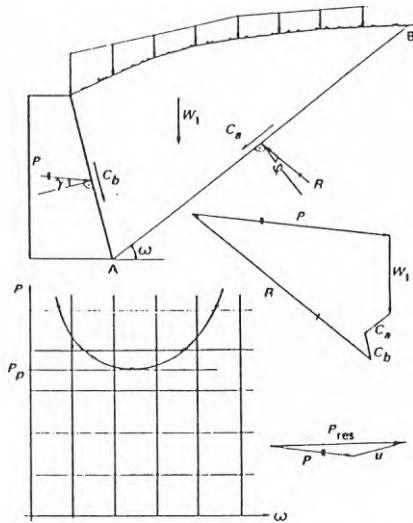


Inverkan av en stödskonstruktionens rörelse på jordtryckets storlek, exemplifierad för fast och löst lagrad friktionsjord

Aktivt och passivt jordtryck, grafisk lösning

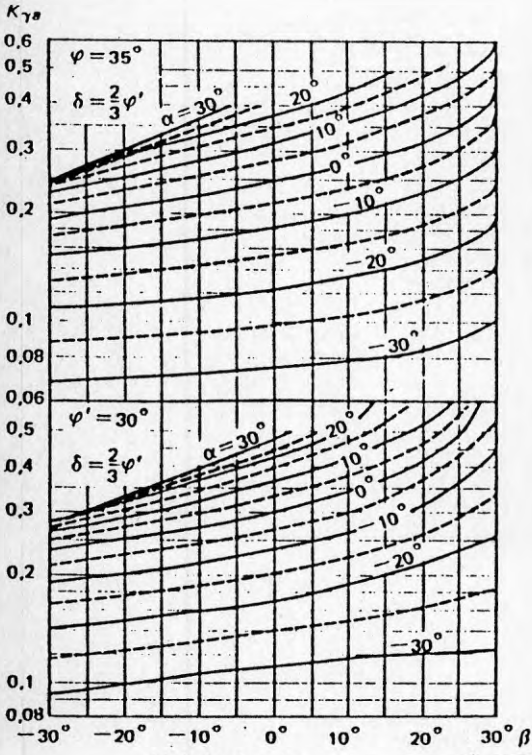


Grafisk metod för bestämning av aktivt jordtryck

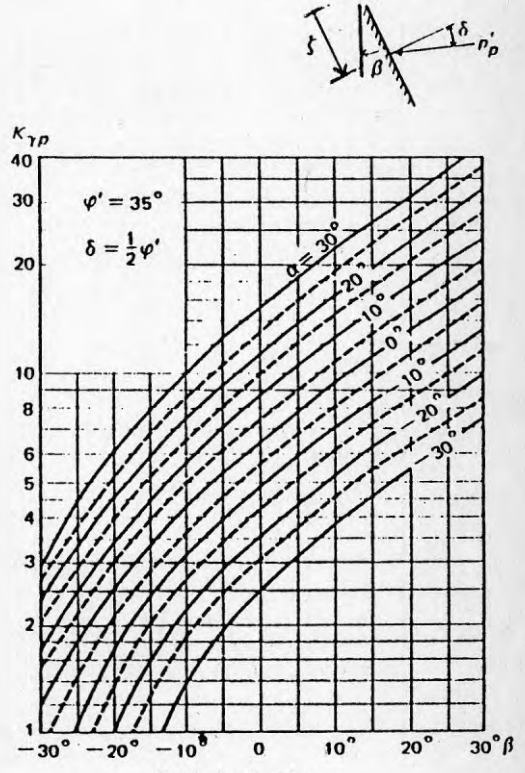
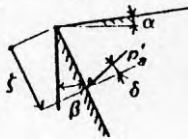


Grafisk metod för bestämning av passivt jordtryck

Jordtryckskoefficienter, aktivt och passivt jordtryck



Aktivt jordtrycks-koefficient som funktion av markytans lutning α och vägglutning β . Jordtrycksvektorn $p'_a = K_a \gamma' \zeta$



Passiv jordtrycks-koefficient K_p som funktion av markytans lutning α och vägglutning β . Jordtrycksvektorn $p'_p = K_p \gamma' \zeta$



GEOTEKNISK UNDERSÖKNING - OMFATTNING

Undersökningarnas omfattning blir helt beroende av undergrundens beskaffenhet och bör därför ibland utföras i etapper.

Efter en första provborrning med en maskinell viktsondering och skruvborrning med konstaterande av en mäktig torrskorpelera och i övrigt förhållanden, som kan bedömas vara lämpliga för en schaktning utan spont - kan undersökningarna begränsas till nämnd insats.

En okulärbesiktning och eller uppgifter från tidigare undersökning på platsen kan leda till, att någon grundundersökning ej behöver utföras.

Därest en förstainsats leder till påträffandet av en lös lera och förhållandena i övrigt synes påfordra detta bör undersökningarna utvidgas till att omfatta framtagandet av de hållfasthetsvärden, som äro erforderliga för bestämning av schaktutförandet.

I det följande redovisas den ungefärliga omfattningen av en undersökning påfordrad av påträffade grundförhållandena:

| <u>Grundförhållanden</u> | <u>Undersökningarnas omfattning</u> |
|---|--|
| Friktionsjord på berg | Bergbestämning med motorslagmaskin. |
| Torrskorpelera med stor mäktighet | Maskinell viktsondering. |
| Torrskorpelera på en enligt sondborrindikationerna överkonsoliderad lera - sjunkningar för 100 och 75 kg. | Maskinell viktsondering. Beräkningar för schakt på erfarenhetsmässigt bedömda skjuvhållfasthetsvärden. |
| Torrskorpelera 0,5 - 2,0 m på en lös lera - viktsond-sjunkningar för 15 - 75 kg | Maskinell viktsondering. Provtagning och framtagning av skjuvhållfasthetsvärden medelst vingborrning eller lab.und. Skruvborrning för undersökning av silt- och sandskikt. Leran har en stor mäktighet. Skjuvhållfasthetsvärdena tillåter schaktning utan spont till planerat djup. Inga ytterligare undersökningar erfordras. |
| Grundförhållanden i enlighet med det föregående. | Viktsondering, vingborrning, skruvborrning Erhållna värden tillåter ej en schaktning spont till planerat djup. Grundvattenbestämning utföres med observationsrör och med porttrycksmätning i det leran innehåller varviga skikt och inslag med silt och sand. Undersökningar i enlighet med det föregående |
| Grundförhållanden i enlighet med det föregående men med varierande djup till berg, som delvis ligger på schaktbottennivå. | |

I det ovan anförda har endast medtagits "huvudfall".

I en friktionsjord - sand, grus - kan det bli nödvändigt att bestämma grundvattenytans läge.

I vissa fall kan marken överlagras av en mer eller mindre mäktig sprängstensfyllning. För undersökning av underliggande marklager måste då först en förborrning utföras med en borrbandvagn, från vilken även provtagning och andra eventuella undersökningar får utföras.

Borrsektion

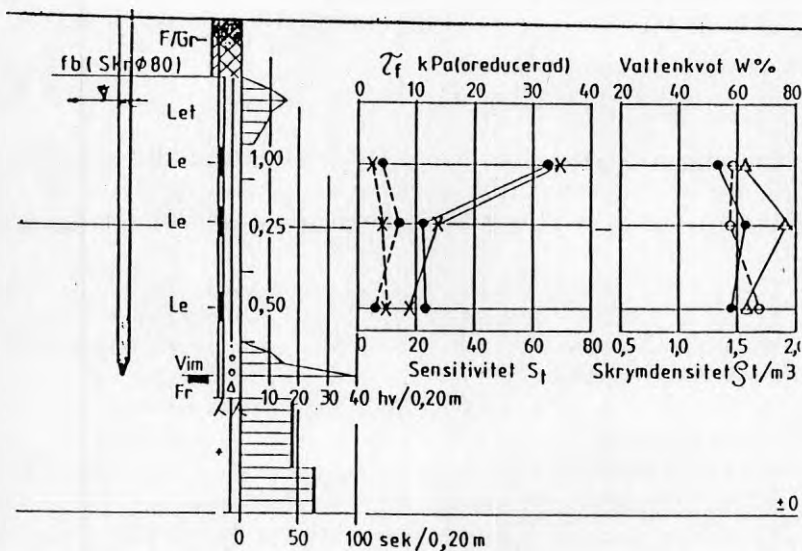
Sektionen utvisar resultatet av en förborrning genom en fyllning, sprängsten eller liknande.

Efter förborrning med borrhandsvagn har utförts en maskinell viktsondering och en motorslagssondering ned i friktionsjorden under leran.

Då borrhandsstopp erhållits på sådant djup, att planerade ledningar och brunnar ligger på större djup, har undersökningarna fortsatt med en jord-bergborrning med borrhandsvagn för en block- och bergbestämning.

Därjämte har kolborrprover upptagits för bestämning av lerans hållfasthetsvärden. Analyserna har tagits fram på ett geotekniskt laboratorium.

Grundvattenrör har nedförts bredvid borrhandspunkten.



Resumé över schaktningsolycksfall som rapporterats till Kungl. Arbetarskyddsstyrelsen under 10-årsperioden 1949-58

Under 10-årsperioden 1949—58 har 27 st. olycksfall vid ras i utgrävningar rapporterats till Arbetarskyddsstyrelsen. Av dessa har 16 st. medfört dödsfall medan 11 st. medfört icke dödande personskador, som dock oftast varit av svår art. I de 16 olycksfallen med dödsfall har sammanlagt 20 personer förolyckats.

Antalet icke rapporterade skador samt olyckstillbud är med säkerhet mycket stort.

Av de rapporterade olycksfallen har det största antalet, 23 st., inträffat i rörgravsschakter och liknande schakter, medan de 4 övriga olycksfallen gäller schakt för grundpelare till berg (2 fall), grundschakt för källare till husbyggnad samt schakt i lera för större reningsbrunn.

Vid de olycksfall, som inträffat i rörgravar och liknande schakter, har schakterna i vissa fall haft relativt blygsamma djup. Schaktdjupen framgår av nedanstående tabell.

| Djup i m | Antal olycksfall |
|----------|------------------|
| 1,7—2,0 | 5 |
| 2,1—2,5 | 4 |
| 2,6—3,0 | 9 |
| 3,1—3,5 | 4 |
| 3,6—4,0 | 1 |

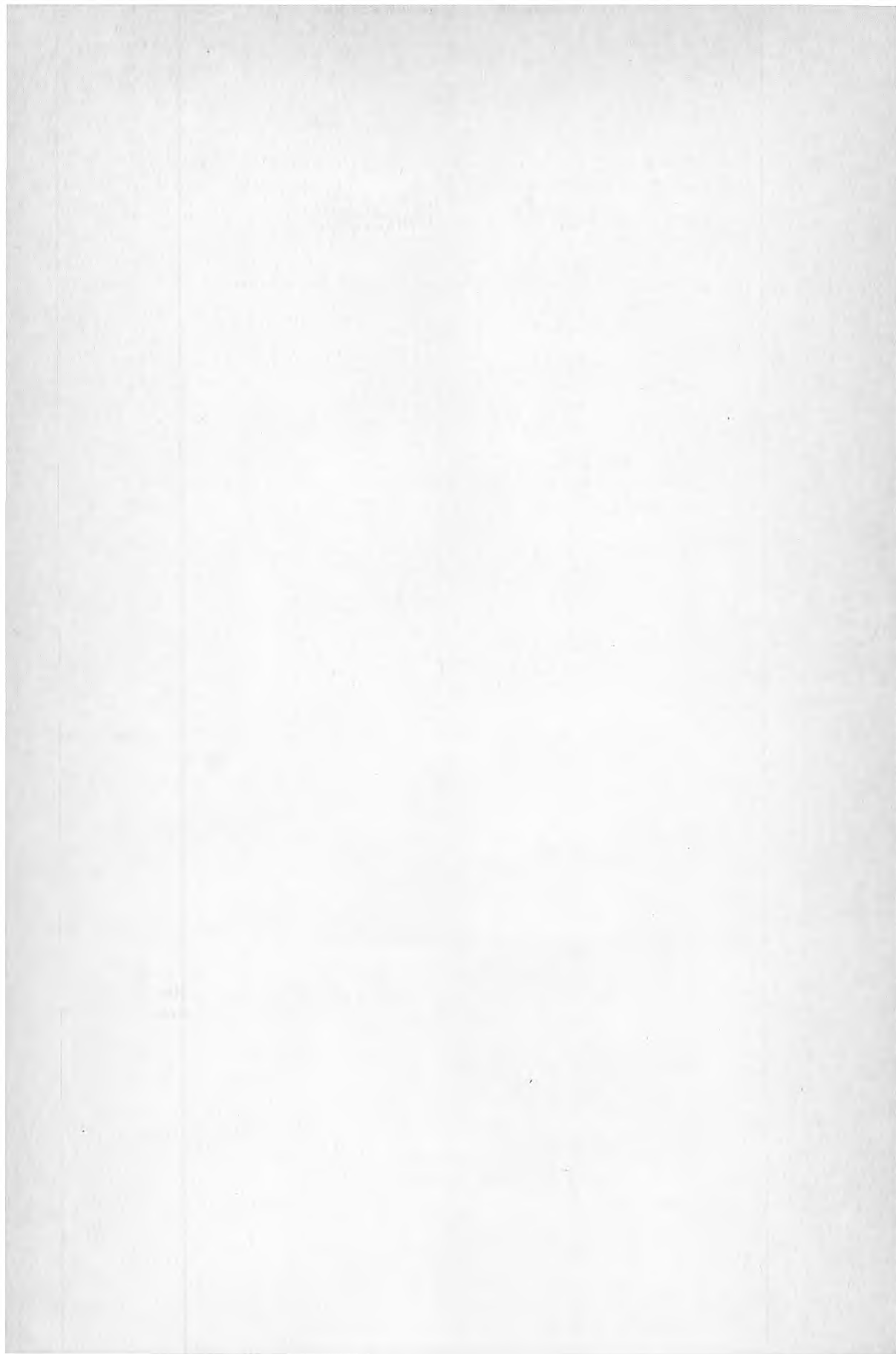
S:a 23

I samtliga dessa rörgravsschakter och liknande utom ett har schaktningarna utförts utan stämning eller spontning och orsaken till olycksfallen kan i allmänhet sägas vara att grävningen utförts med för branta väggar,

I 10 av dessa fall har gravarna utförts i utfylld mark, som ju ofta är opålitlig. I 4 av fallen har olyckorna berott på utrasade murar eller stenar. Vid de olycksfall som leké gällt rörgravsschakter eller liknande har orsakerna varit följande.

1. Schakt i lera för grundpelare till berg. Utförd stämning var för klen dimensionerad.
2. Schakt i lera för grundpelare till berg. Sänkbrunn användes. Pelarhålet var beläget vid foten av en 2,6 m hög slänt i lutning 1: 1. Ras skedde i slänten på grund av underminering genom schaktning vid sänkbrunnens botten. Rasmassorna fyllde sänkbrunnen.
3. Grundschakt för källare till husbyggnad. Schakten var 4 m djup och schaktväggarna var i det närmaste lodräta. Stämning eller spontning hade ej utförts på den del som rasade.
4. Schakt i lera för större reningsbrunn för avlopp. Utförd spont var för klen dimensionerad och gav vika. Lermassor fyllde ut schakten på några sekunder. Olyckan krävde fyra människoliv.

I ett flertal av ovan relaterade olycksfall har arbetsgivaren ställts under åtal.



**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 870842-8
från Statens råd för byggnadsforskning till Aspegrens
Ingenjersfirma AB, Täby.**

R15: 1990

ISBN 91-540-5160-6

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6801015

**Abonnemangsgrupp:
V. Anläggningsteknik**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst
171 88 Solna**

Cirkapris: 41 kr exkl moms