



# Förstudie Ledningsgravar

Sven A Jonasson



Adress:

Institutionen för vattenförsörjnings- och avloppsteknik

Chalmers Tekniska Högskola

412 96 GÖTEBORG

Nyckelord: Ledningsbyggande, vatten, avlopp, planering, utförande

## **Förstudie Ledningsgravar**

**Sven A Jonasson**



## FÖRORD

Byggforskningsrådet (BFR) har i sin verksamhetsplan för 1981-1985 understrukit behovet av ökade insatser inom sektorn kommunala VA-ledningar. Inom denna sektor har man speciellt nämnt några särskilt angelägna forskningsområden, bland annat forskning kring ledningsgravar.

Vid Geohydrologiska forskningsgruppen, Chalmers Tekniska Högskola (CTH) togs det initiativ till en förstudie. Denna förstudie utfördes under 1981 och våren 1982 vid Geologiska institutionen CTH/GU av undertecknad. Samarbeta har skett med Institutionen för VA-teknik som samtidigt åt BFR har utarbetat en övergripande FoU-plan för "Kommunal VA-teknik" (Bäckman m fl, 1982). Viss komplettering och revidering av föreliggande förstudie har skett under våren 1983. Totalt har förstudien omfattat cirka 3 månaders arbete.

Projektledare vid förstudiens start var Axel Björkman, Institutionen för VA-teknik. Efter det att Gilbert Svensson vid samma institution anställdes som forskningsledare inom "Ledningsteknik" övertogs nämnda funktion av honom.

Göteborg 1983-04-21

Sven A. Jonasson

| INNEHÅLLSFÖRTECKNING                                       | Sid |
|--|-----|
| FÖRORD   | i   |
| INNEHÅLLSFÖRTECKNING                                       | ii  |
| 1. INLEDNING   | 1   |
| 2. RESULTAT AV LITTERATURSÖKNING                           | 3   |
| 3. SYSTEMBESKRIVNING OCH SYSTEMANALYS                      | 5   |
| 3.1 Inledning  | 5   |
| 3.2 VA-systemet  | 5   |
| 3.3 Byggande och drift                                     | 8   |
| 3.4 En begreppsmodell                                      | 10  |
| 4. PLANERING FÖR LEDNINGSBYGGANDE - UNDERLAGS-<br>MATERIAL | 16  |
| 4.1 Allmänt  | 16  |
| 4.2 Tillgänglig geoinformation                             | 17  |
| 4.2.1 Kartor och tidigare undersökningar                   | 17  |
| 4.2.2 Högsta kustlinjen                                    | 20  |
| 4.2.3 Grundvattennivåns variation över året                | 22  |
| 4.3 Geologisk kartering                                    | 23  |
| 4.4 Geofysiska förundersökningsmetoder                     | 24  |
| 4.4.1 Inledning  | 24  |
| 4.4.2 Seismik - seismisk refraktionsmätning                | 25  |
| 4.4.3 Geoelektrik - elektrisk motståndsmätning             | 26  |
| 4.4.4 Magnetometri - magnetisk mätning                     | 29  |
| 4.4.5 Gravimetri - gravimetrisk mätning                    | 29  |
| 4.4.6 Georadar - radarsondering                            | 30  |
| 4.4.7 Erfarenheter från utförd fältstudie                  | 30  |
| 4.5 Geotekniska förundersökningar                          | 32  |
| 4.6 Översiktlig bedömning av korrosionsrisk                | 32  |
| 4.7 Befintliga ledningar                                   | 35  |
| 4.8 Förundersökningarnas betydelse för total<br>ekonomi    | 36  |

|     |  |    |
|-----|--|----|
| 5.  | UTFÖRANDE AV LEDNINGSGRAV  | 39 |
| 5.1 | Geotekniska aspekter   | 39 |
| 5.2 | Arbetarskydd   | 40 |
| 5.3 | Ergonomi vid arbete i ledningsgrav                                       | 40 |
| 5.4 | Läggningsmetoder   | 42 |
| 6.  | VAL AV LEDNINGS- OCH ÅTERFYLLNADSMATERIAL                                | 43 |
| 6.1 | Allmänt  | 43 |
| 6.2 | Laster på ledningar  | 44 |
| 6.3 | Frysrisk och tjäle   | 47 |
| 6.4 | Jämförelse mellan olika ledningsmaterial                                 | 51 |
| 7.  | LEDNINGSGRAVENS HYDRAULISKA FUNKTION                                     | 52 |
| 7.1 | Ledningsgravars inverkan på vattenbalansen                               | 52 |
| 7.2 | Grundvattennivåvariationer   | 55 |
| 7.3 | Stationärt endimensionellt flöde med grundvattenbildning i öppen akvifer | 57 |
| 7.4 | Beräkning av ledningsgravars dränerande effekt                           | 59 |
| 7.5 | Mätteknik i ledning  | 62 |
| 8.  | LEDNINGAR OCH SÄTTNINGAR   | 64 |
| 8.1 | Allmänt  | 64 |
| 8.2 | Förebyggande av sättningar i ledningsgravar                              | 64 |
| 9.  | NY TEKNIK - NÅGRA EXEMPEL  | 67 |
| 9.1 | Inledning  | 67 |
| 9.2 | Isolerade ledningar och "Lätt teknik"                                    | 68 |
| 9.3 | Värmeväxling från avloppsvatten  | 75 |
| 9.4 | Renoveringsteknik  | 76 |
| 10. | FoU-BEHOV  | 78 |
|     | NÅGRA ADRESSER   | 80 |
|     | LITTERATUR OCH REFERENSER  | 83 |





## 1 INLEDNING

Byggnadsforskningsrådet (BFR) har i sin verksamhetsplan för 1981-1985 understrukt behovet av ökade insatser inom sektorn kommunala VA-ledningar.

En bakgrund till detta är de stora investeringar som är nerlagda i befintligt VA-system, och de stora belopp som varje år investeras i nya ledningar. Avloppsledningsnätet i Sverige är idag totalt ca 70 000 km eller ca 10 m per ansluten person. Ledningsnätet har en sådan åldersfördelning att ett stort behov av sanering, omläggning och renovering kan förväntas inom en nära framtid.

En ytterligare bakgrund ges av Eriksson (1982) och Svensson (1982).

Inom föreliggande förstudie har utförts en litteratursökning samt ett försök till nulägesbeskrivning av kunskapsläge och pågående forskning. Vidare har avsikten varit att söka identifiera områden och frågeställningar, där FoU-behov föreligger. Förstudien har i huvudsak ett geologiskt och geohydrologiskt synsätt på ledningsbyggande och ledningsgravar. I anslutning till förstudien har en pilotstudie av geofysiska undersökningsmetoders användbarhet vid projektering av ledningsgravar utförts vid Geologiska institutionen, CTH/GU, som ett examensarbete (Ekholm och Mattsson, 1982).

Inom förstudien används begreppet ledningsgrav som en synonym till rörgrav.

Förhoppningsvis kan föreliggande förstudie läsas med någon behållning av alla de olika personer som är engagerade i samband med ledningsbyggande.

Beträffande nu gällande dimensioneringsnormer och -praxis hänvisas till Mark-AMA, Rörboken (Gustavsberg,

1975), SBN och VA-handboken. Dessa förutsätts allmänt kända. En ny Mark-AMA (Mark-AMA 83) och en ny Rörbok förväntas utkomma under 1983.

Huvuddelen av förstudien utfördes våren 1981. Beträffande sakförhållanden och nytillkommen litteratur har en viss komplettering och revidering skett under våren 1983.

## 2 RESULTAT AV LITTERATURSÖKNING

I samband med att förstudien påbörjades utfördes en litteratursökning ungefär vid årsskiftet 1980/81. Litteratursökningen skedde via Byggdok, datorbaserad interaktiv sökning vid Huvudbiblioteket CTH mot databasen Compendex, samt manuell sökning vid Huvudbiblioteket CTH och V-sektionens bibliotek CTH. Sökorden var "ledning", "ledningsgravar", "pipes" och "pipes and trenches". Publikationer i BFR:s rapportserie, Geohydrologiska forskningsgruppens meddelanden och VAV:s publikationer har följts upp t o m januari 1983.

Totalt erhöles ca 650 referenser. Ett stort antal av dessa var inte relevanta. Detta gäller speciellt från datorsökningen då sökprofilen där var för vid (omfattande).

Referenserna var av följande typ:

- Rapporter
- Handböcker
- Vetenskapliga artiklar ("papers")
- Allmänna tidskriftsartiklar
- Övrigt

Ämnesindelning gav följande resultat:

- Förundersökningar
- Geotekniska aspekter vid ledningsgravsschakt - stämning/spontning
- Arbetarskydd/ergonomi
- Korrosion och korrosionsskydd
- Materialprovning
- Laster på ledningar
- Drift och underhåll
- Renovering
- Övrigt

Speciellt vid datorsökningen erhöles ett antal mer speciella referenser som t ex en referens om utrustning

för grävning av ledningsgravar för olje-pipe-lines på Nordsjöns botten. Detta ger en uppfattning om svårigheten att erhålla relevanta referenser. Sökprofilen tenderade att antingen bli för smal (för speciell) med inga erhållna referenser, eller för vid med en uppsjö av referenser.

En allmän bedömning av erhållna referenser är att huvuddelen av referenserna behandlade en mycket speciell och begränsad frågeställning, eller var av handbokstyp, dvs mycket allmänna.

### 3 SYSTEMBESKRIVNING OCH SYSTEMANALYS

#### 3.1 Inledning

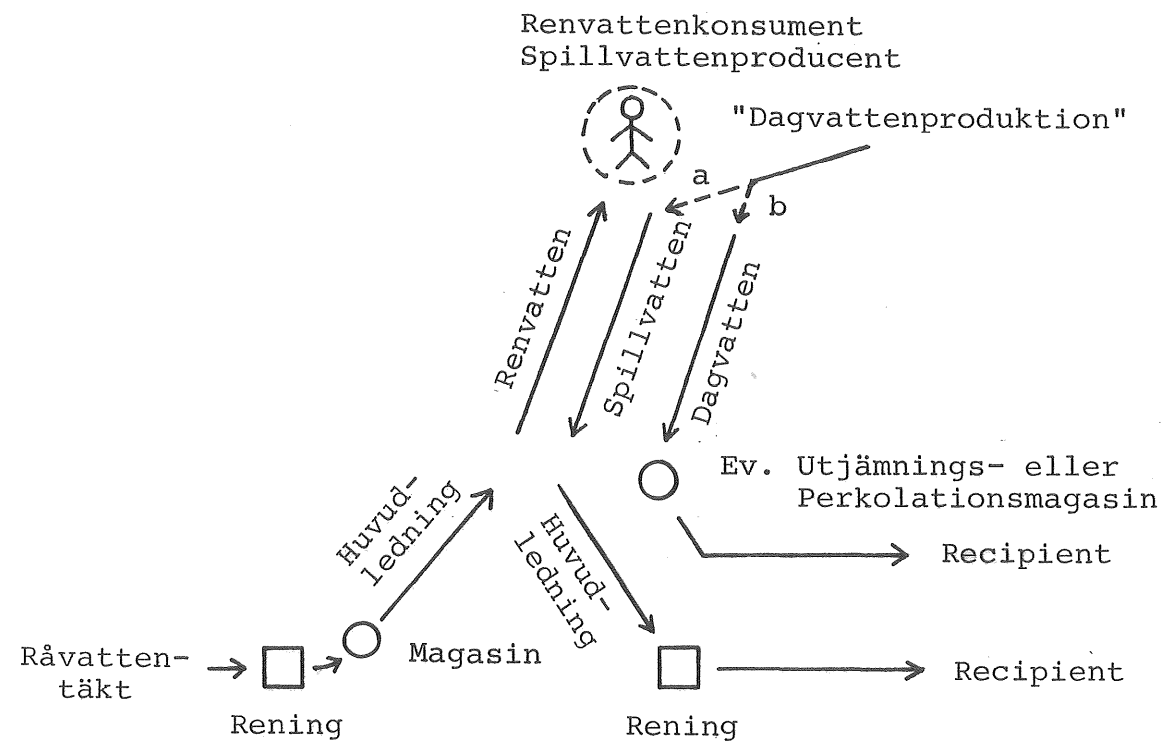
Denna systembeskrivning och systemanalys gör inte på något sätt anspråk att vara fullständig, utan avser enbart att beskriva vissa samband som kan vara av betydelse för utförande och drift av ledningssystem, samt att försöka identifiera problem och frågeställningar där FoU-behov föreligger.

Inom området bedrivs en omfattande forskning av bl a VAV, SGI, Korrosionsinstitutet, materialtillverkare, universitet och högskolor samt enskilda konsult- och entreprenadföretag. En stor del av forskningen finansieras av BFR. Det perspektiv som här läggs på byggande av ledningssystem är att sätta ledningsgraven i förgrunden. Utförande av ledningsgraven samt samverkan mellan ledningsgravsfyllning och dels ledningar, dels omgivande mark är i detta sammanhang det primära.

VA-ledningarna kan uppfattas och behandlas som en del av ett större komponentsystem ("VA-systemet"), som ett eget system ("VA-ledningssystemet") eller som en del i en process ("Byggande och drift av VA-systemet")

#### 3.2 VA-systemet

Vid ett konventionellt betraktande av VA-systemet kan det sägas bestå av komponenter som: råvattentäkt, råvattenreningsverk, magasin, distributionsledningar, serviser, avloppsledningar, brunnar, avloppsreningsverk, recipient etc.



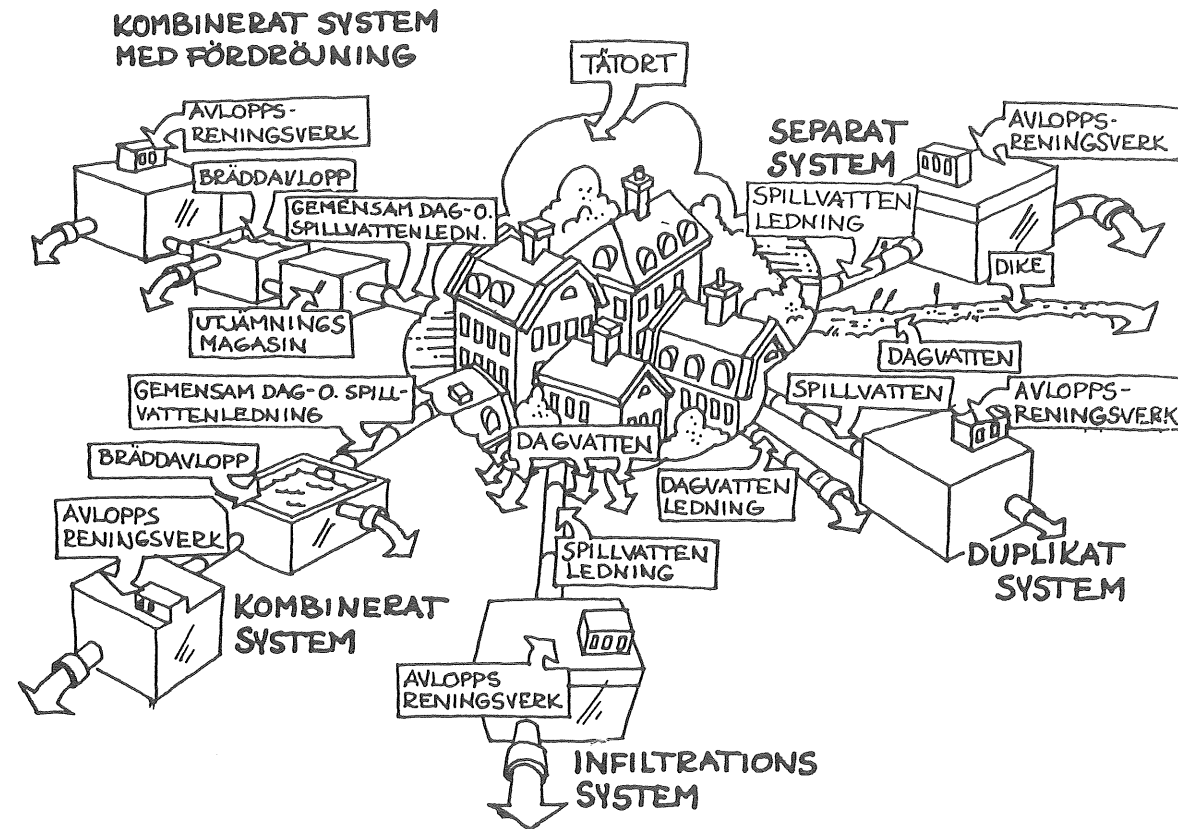
Figur 1 VA-systemet

VA-systemet kan även delas upp i olika delsystem. En uppdelning i två delsystem är uppdelning i vattenförsörjningssystem och i avloppssystem. Beroende på om central eller lokal, gemensam eller enskild lösning väljs, får ledningsgravsbehovet olika omfattning. Se figur 2 och 3.

| Lösning        | Vattenförsörjning                | Avloppshantering                        |
|----------------|----------------------------------|---|
| Central        | Vattenledningssystem             | Avloppsledningssystem + central rening  |
| Lokal Gemensam | Lokal gemensam vattenförsörjning | Lokalt gemensamt avloppssystem          |
| Enskild        | Brunn                            | Avloppsinfiltration, multrum, tank etc. |

Figur 2 Olika lösning av VA-försörjning för enskild konsument.

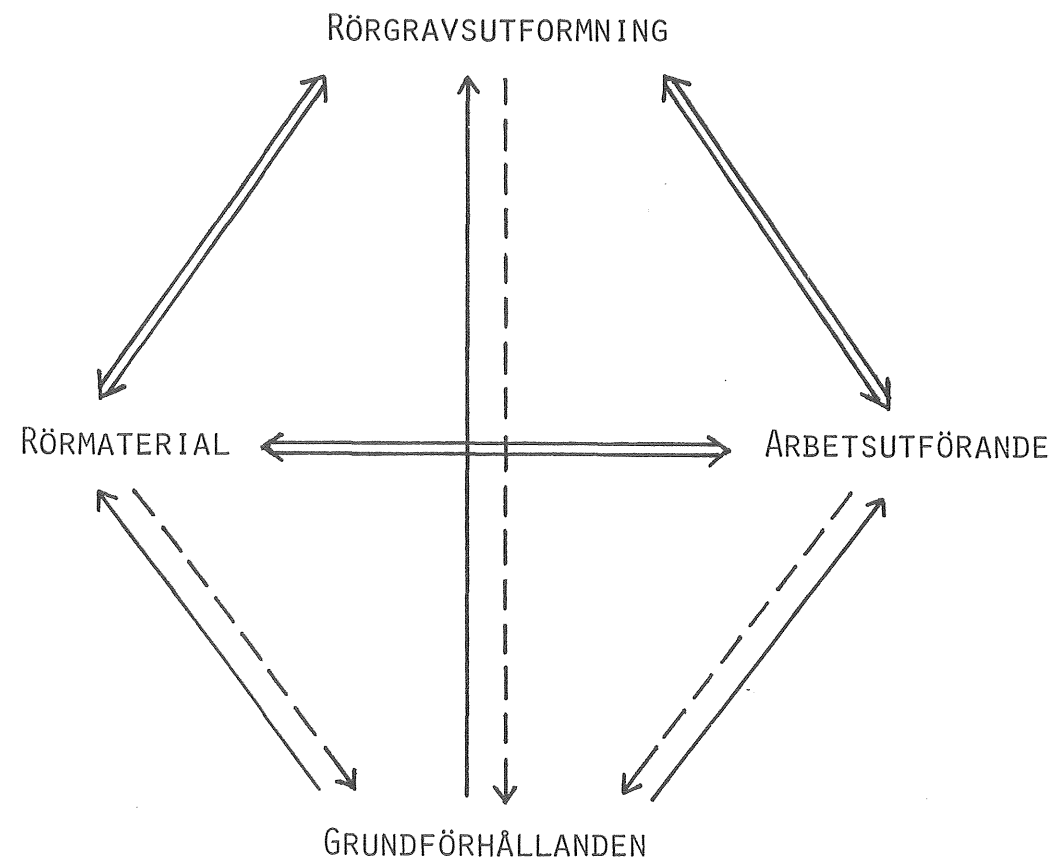
Ett flertal varianter förekommer. Beträffande en omfattande beskrivning av lokala system hänvisas till Bjur m fl (1983).



Figur 3 Olika avloppsledningssystem. Från Holmstrand och Lindvall (1979).

Med ett mindre konventionellt synsätt är de olika komponenter som ingår i ett VA-ledningssystem rörmaterial, rörgravsutformning, grundförhållanden och arbetsutförande.

Grundförhållandena är givna medan val av rörmaterial, rörgravsutformning och arbetsutförande beror härav, samt av varandra.



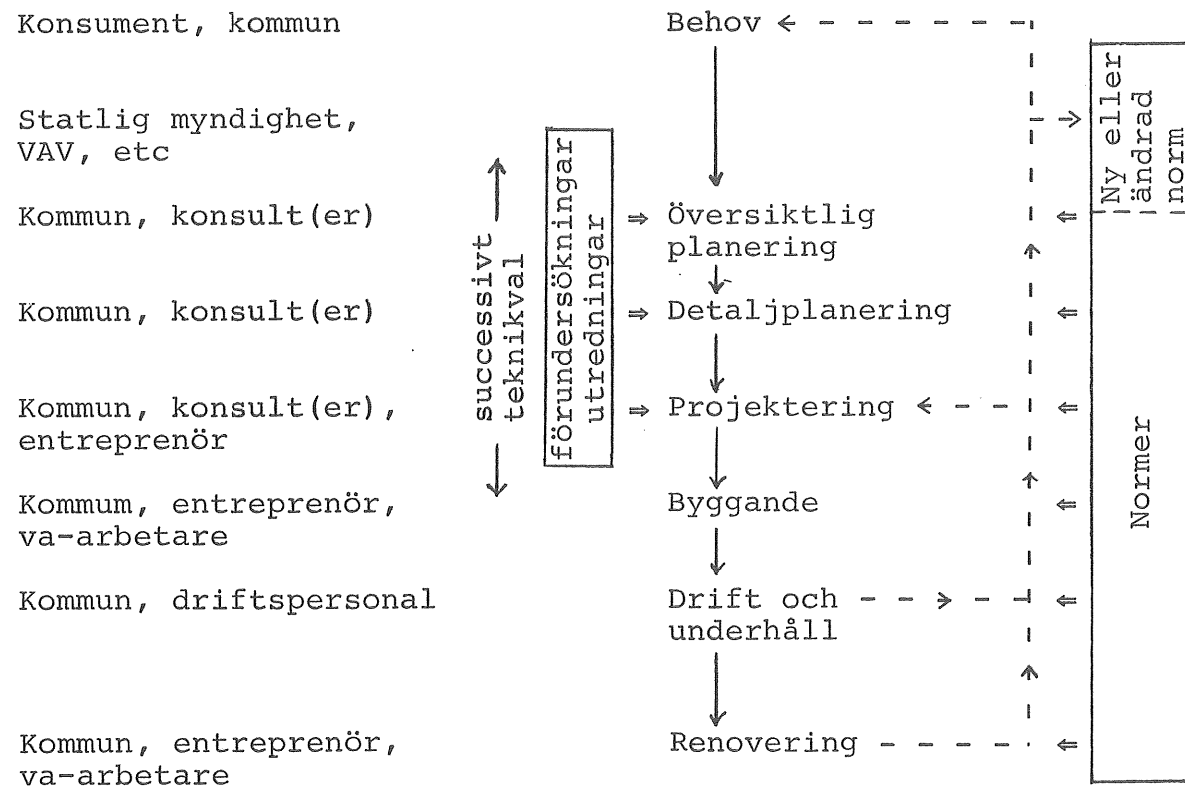
Figur 4 Påverkan mellan olika komponenter i VA-ledningssystemet.

Att grundförhållandena inte påverkar valet av de andra faktorerna mer än vad som idag är fallet får skyllas på bristande kunskaper om bl a ledningskorrosion och hur geohydrologiska förhållanden påverkar driftsskedet för VA-system.

### 3.3 Byggande och drift

Byggande och drift av VA-system kan grovt förenklat illustreras av figur 5.



Agerande/aktör/intressent :

⇒ , ← information eller normkrav  
 < - - - erfarenhetsåterföring

Figur 5 Byggande och drift av VA-system.

Processen från planering, projektering och byggande till drift, underhåll och renovering omfattar ofta en tidsperiod på 50-100 år. Från planering till färdig ledning kan tidsrymden variera från ca ett till tio år.

Inom processen finns ett stort behov av kommunikation mellan olika intressenter och aktörer. Under själva planeringsfasen och byggnadsfasen är denna kommunikation god och formerna härför är väl etablerade.

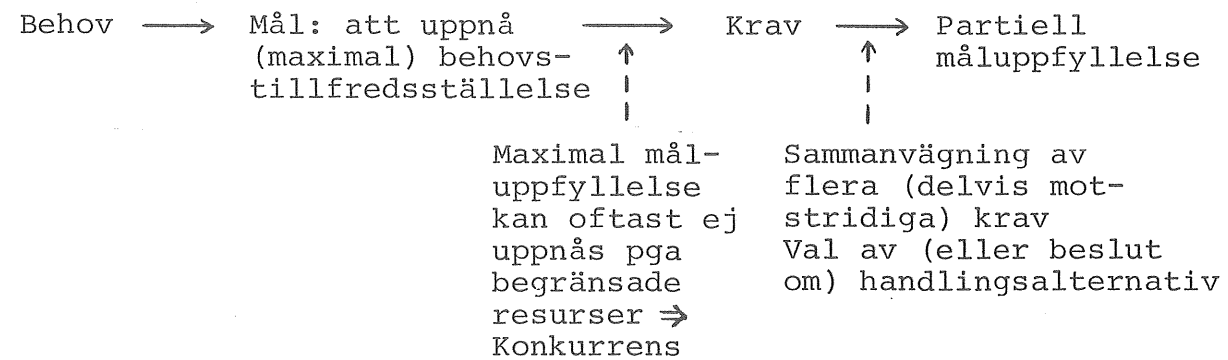
Däremot är erfarenhetsåterföring från drifts- och underhållsfasen till tidigare faser ej lika omfattande. Formerna för detta är också i hög grad utvecklade.

Det borde föreligga ett stort FoU-behov angående systematiserade former för erfarenhetsåterföring inom hela VA-byggnadsprocessen.

### 3.4 En begreppsmodell

För en mer ingående analys av processen "Byggande och drift av VA-systemet" kan en enkel begreppsmodell vara till hjälp.

Lednings- och ledningsgravsbyggandet initieras av ett behov. I de fall individen inte kan (eller får) tillfredsställa behovet på egen hand uttrycks behovet i form av krav på samhället. Olika individers krav jämkas samman, varefter ett samhälleligt mål ställs upp. För att nå detta mål kan olika (alternativa) medel användas. Val av vilka mål samhället skall ha, och vilka medel man skall utnyttja sig av, sker i en beslutsprocess med olika "aktörer" och intressenter. Jämför även med avsnitt 1.2 "Mål och krav inom VA-tekniken", Bäckman m fl (1982).



Figur 6 En enkel begreppsmodell.

#### Behov

Det finns ett antal teorier om behov. Den mest kända behovsteorin är sannolikt den amerikanske psykologen Maslow's teori. Följande beskrivning av teorin är hämtad från Claesson och Lindblom (1971).

En central tankegång i Maslows teori är att det sker en gradvis utveckling av behoven i samband med mognaden. När enklare behov på "lägre" nivå har blivit tillfredsställda, framträder mer komplicerade behov på en "högre" nivå.

1. Fysiologiska behov  
Så länge dessa inte är tillfredsställda, kommer de att dominera individens situation. När de å andra sidan är tillgodosedda, betyder de föga för individens aktuella behovssituation.
2. Behov av säkerhet  
Dessa behov gäller både yttre trygghet och känslomässig upplevelse av säkerhet.
3. Behov av tillgivenhet och kärlek
4. Behov av uppskattning  
Detta behov rör våra prestationer i arbetet och på andra områden. Vi vill att andra ska uppskatta våra insatser och vi vill känna självförtroende inför andra.
5. Behov av självförverkligande  
Denna nivå ställer mera komplicerade krav. Målen kan vara relativt abstrakta och svårbegripbara, men de har att göra med att vi vill fullständigt utnyttja vår förmåga. Målen är inte i så hög grad knutna till det egna jaget.
6. Behov av kunskaper för deras egenvärde  
Detta behov kan ibland förenas med det förra - exempelvis hos en vetenskapsman eller en konstnär.

Man kan säga att VA-hanteringen (inklusive lednings- och ledningsgravsbyggande) primärt syftar till att tillfredsställa fysiologiska behov och till viss del behovet av säkerhet (dagvattenssystemet).

Lite tillspetsat kan man säga att även behoven av uppskattning, självförverkligande och kunskaper för deras egenvärde kan tillfredsställas av VA-hantering. Atminstone för de individer som arbetar inom VA-byggnadsprocessen eller forskar kring VA-teknik.

#### Mål och medel

För att uppnå ett visst uppställt mål kan man ofta använda sig av olika medel. Man kan i detta fall antingen använda sig av det medel som ger den största måluppfyllelsen eller det medel som ger mest måluppfyllelse i förhållande till resursåtgång (tid, pengar). Valet står här mellan maximal måluppfyllelse eller optimal måluppfyllelse. Eftersom resurserna normalt är begränsade är optimal måluppfyllelse det som vanligen eftersträvas.

Målet för samhällets VA-hantering måste vara att VA-hantering skall vara så billig som möjligt efter att vissa grundläggande krav har uppfyllts. Dessa krav omfattar funktion, säkerhet och miljöskydd.

Målen för samhällets VA-forskning torde således vara:

- Att finna billiga och funktionella VA-system.
- Att bestämma kravnivåer för funktion, säkerhet och miljöskydd.
- Att finna metoder för att optimera processen för byggande och drift av VA-system.
- Att finna metoder för att optimera VA-systemet.
- Att vidmakthålla befintligt system så länge som möjligt.

Dessa forskningsmål skall uppnås med begränsade resurser. Alltså skall även forskningen optimeras.

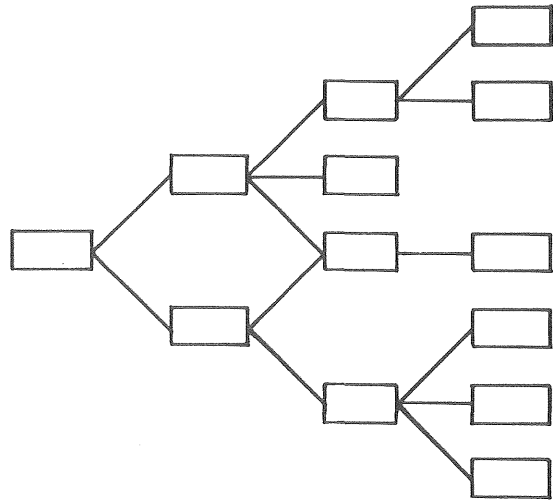
Ett exempel på mål och medel inom VA-hantering ges i figur 7.

Figur 7 Ett exempel på Mål och Medel inom VA-hanteringen.

| MÅL: Billigare ledningsbyggande |   |   |  |                              |  |                   |
|---------------------------------|---|---|--|------------------------------|--|-------------------|
| MEDEL                           | Minskade ledningsdimensioner<br>⇒ mindre ledningsgrav                     | Ytligare ledningar<br>⇒ mindre schaktdjup           | Billigare material   | Bättre projekteringsunderlag | Mer rationell läggningsteknik                | Utjämnade flöden  |
| Åtgärd                          | Separering av dagvatten från kombinerat system<br>Separatsystem eller LOD | Ledningarna måste isoleras<br>Eventuell uppvärmning | Produktutveckling beträffande rör<br>Lokala fyllnadsmassor | Mer förundersökningar        | Metodutveckling och utveckling av utrustning | Utjämningsmagasin |
| Negativa bieffekter             |   | Ökade driftskostnader                               |  |                              |  |                   |
| Positiva bieffekter             |   | Mer lättåtkomligt vid problem                       |  |                              |  |                   |

### Beslutsprocess

För att analysera en besluts- eller valsituation kan man ofta ställa upp ett s k beslutsträd. I detta kan man för ett visst mål se vilka medel som finns tillgängliga. Vidare kan man analysera olika vägar att nå samma mål.



Figur 8 Beslutsträd

Vad som är mål i en nivå är medel i nästa. Att utveckla bättre metoder för att registrera grundvattennivåer kan vara ett mål i sig, men det är också ett medel för att kunna bestämma hur mycket grundvatten som läcker in i en ledning.

En mer omfattande och allmän beskrivning över beslutsprocessen och värdering av olika alternativ ges i Sanne (1973).

Värderingsmetoder, analysmetoder och konsekvensanalys speciellt inom VA-tekniken beskrivs av Bendixen och Jansson (1978). Beslutsteori och användning av beslutsträd vid ett spottningsobjekt beskrivs av Olsson och Stille (1980).

Aktörer"/Intressenter

Genom att försöka identifiera aktörerna i samband med byggande av ledningar och ledningsgravar kan ett antal problemområden och forskningsbehov lättare identifieras.

Dessa aktörer är:

- Konsumenten
- Samhällsplaneraren (politiker, arkitekt)
- Projektören
- Geoteknikern
- Entreprenören
- Anläggningsarbetaren
- Kommunens driftspersonal
- Fackförbund
- Materialtillverkare
- Branschorganisationer
- Normgivande organ och myndigheter.

Målen varierar för aktörerna/intressenterna, delvis beroende på var man befinner sig i förhållande till VA-systemet. Vissa av parterna i processen har dessutom uttalade eller svagt uttalade mål.

#### 4 PLANERING FÖR LEDNINGSBYGGANDE - UNDERLAGSMATERIAL

##### 4.1 Allmänt

Vid planering av ledningsdragning utgår man i allmänhet från ett konstaterat eller planerat behov av teknisk försörjning. Med hänsyn tagen till aktuell teknik, befintligt system och planerat system, gäller det att förbinda punkt A och punkt B med rätt dimensionerad och mest ekonomisk ledning. I vissa enstaka fall påverkar möjligheter och kostnader för teknisk försörjning, planering och lokalisering av ny bebyggelse.

De frågor beträffande markegenskaper som man önskar svar på vid planering och projektering av ledningar kan vara bl a följande:

Topografi

Avrinningsområde

Andel berg/lera/silt/grövre friktionsjord?

Sprängningsbehov?

Behov av spontning och stämpning?

Inom lermark - torrskorpa?

- djup till fast botten?

Hydrologi och grundvattenförhållanden

- grundvattennivå?

- portryck?

- dränering?

- behov av länshållning?

- risk för bottenuppträckning?

Behov av grundförstärkning?

Korrosionsrisk?

Nödvändigt underlagsmaterial kan finnas tillgängligt eller behöva införskaffas eller kompletteras med hjälp av förundersökningar.



## 4.2 Tillgänglig geoinformation

### 4.2.1 Kartor och tidigare undersökningar

Det underlagsmaterial som idag finns att tillgå beträffande markegenskaper i Sverige är:

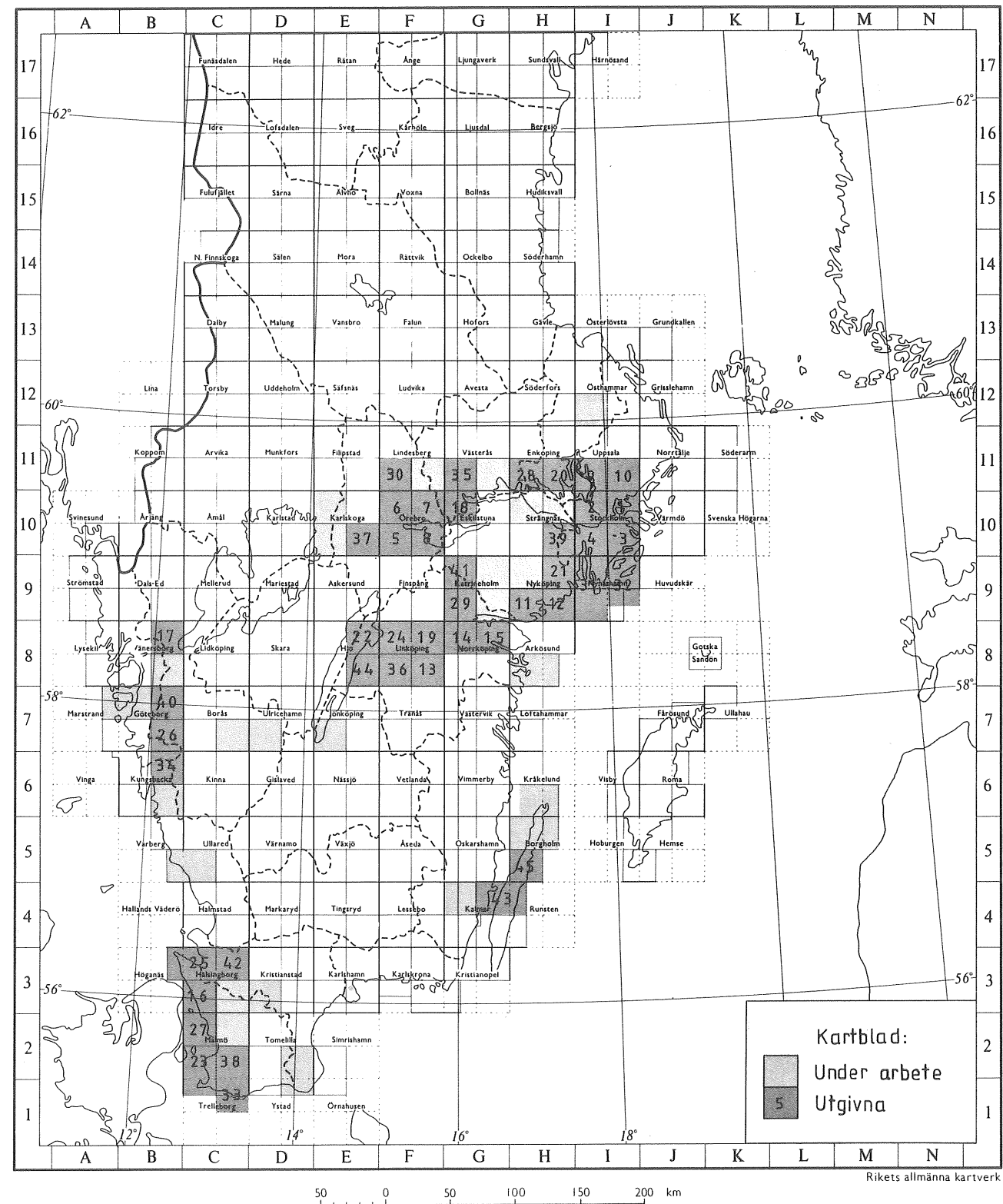
- a Topografiska kartan 1:50000
- b Ekonomiska kartan 1:10000
- c Planeringskartor, vanligen 1:10000 - 1:1000
- d Flygbilder LMV "omdrevet", s/v 1:30000
- e Geologiska kartor SGU
  1. Kombinerad jord/berggrundskarta
  2. Berggrundskarta
  3. Jordartskarta
  4. Hydrogeologisk karta
- f Specialutredningar, specialkartor etc.

Beträffande underlagsmaterial som redovisas ovan är det ordnat från minst detaljerad till mest detaljerad geoinformation. Underlagsmaterialet a-d ger information om topografi samt viss indirekt information om geologiska och geotekniska förhållanden.

Beträffande de geologiska kartorna från SGU är de av varierande ålder, detaljeringsgrad och skala. Jordartsförhållanden redovisas för karteringsdjup (ca 50 cm) och gäller ytkartering. Punktvis lämnas uppgifter om jordlagerdjup och jordlagerföljd. De nyaste och mest detaljerade jordartskartorna i SGU:s serie Ae (skala 1:50000, utgivna från 1964) finns enbart för delar av södra Sverige, se figur 9.

Beträffande de geologiska kartor som givits ut eller givs ut av SGU hänvisas till SGU (1981).

SERIE Ae  
 JORDARTSGEOLOGISKA KARTBLAD I SKALA 1:50 000,  
 SÖDRA OCH MELLERSTA SVERIGE



Underlaget till kartbladen utgörs av Topografisk karta över Sverige.  
 Det första kartbladet utgavs 1964.

Figur 9 Översikt över Sveriges Geologiska Undersöknings  
 jordartsgeologiska kartor i serie Ae. Från SGU (1981).

Specialutredningar och specialkartor finns i olika utsträckning för olika områden, och har ett mycket varierande utseende. Det kan t ex röra sig om tidigare utförda geotekniska utredningar, grundvattenutredningar och specialkartor för olika ändamål, som byggnadsgeologiska och ingenjörsgelogiska kartor. Detta material finns vanligen inte samlat utan är tillgängligt enbart hos respektive uppdragsgivare och konsult. Materialet kan alltså finnas hos kommuner, vägverket, SJ, länsstyrelser, SGI, SGU och privata konsulter.

Några kommuner har systematiska arkiv för geologiska och geotekniska undersökningar som utförts i kommunen. I Göteborgs kommun har Stadsbyggnadskontoret lagrat alla utförda geotekniska sonderingar på data. Sonderingens koordinater, datum och vem som utfört undersökningen registreras. Vidare finns punkterna inritade på översiktskartor i skala 1:4000 som ajourförs. Härigenom underlättas avsevärt arbetet med att ta reda på om det finns utförda sonderingar i ett område, samt att via Stadsbyggnadskontorets arkiv eller respektive konsult få fram sonderingsresultaten och få en uppfattning om områdets principiella geologiska uppbyggnad.

Vissa kommuner (t ex Stockholmskommunerna) har tagit fram byggnadsgeologiska kartor för hela eller större delen av kommunen.

En ingenjörsgelogisk eller byggnadsgeologisk karta är en geologisk karta, som kompletterats med sonderingar för att utröna (beskriva) områdets uppbyggnad i djupled samt hydrologisk information. Dessutom innehåller den ingenjörsgelogiska/byggnadsgeologiska kartan vanligen någon form av utvärdering, typ byggbarhet, markkostnadsindex, skredrisker, sättningskänslighet, möjligheter att infiltrera dagvatten etc. Ofta är skalan storskalig (skala 1:10000-1:1000). En utförlig beskrivning om ingenjörsgelogiska kartor och kartering ges i Holmstrand (1981).

I ett flertal kommuner är dock det geologiska/geotekniska underlagsmaterialet dåligt eller obefintligt vid översiktlig planering och detaljplanering. Många gånger saknas även detta material i det skede när det är aktuellt att projektera och utföra ledningsarbeten. Beroende på storleken av arbetet utförs först nu geotekniska undersökningar eller så börjar man gräva direkt ändå.

Det är uppenbart att riskerna härigenom blir stora för förseningar av ledningsarbetet, kostnadsökningar, olyckor, skador på utförda ledningar på grund av ojämna sättningar eller korrosion samt för olämplig störning av områdets vattenbalans.

Det enda sättet att minska dessa risker är att se till att det redan tidigt i planeringsprocessen finns geoinformation av tillräcklig omfattning och lämpligt slag tillgänglig. Planering av ledningsdragning och projektering av ledningar och ledningsgravsutförande sker härefter med utgångspunkt från denna geoinformation.

För närvarande pågår inom Geohydrologiska Forskningsgruppen vid Chalmers Tekniska Högskola ett forskningsprojekt "Geohydrologi i bebyggelseplanering". Detta projekt behandlar frågor som när i planeringsprocessen vilken geoinformation bör tas fram och hur denna information bör presenteras.

Det finns dock även ett forskningsbehov om speciell geoinformation vid byggande av ledningar/ledningsgravar.

#### 4.2.2 Högsta kustlinjen

Högsta kustlinjen (HK) är den högsta nivå som havet (samt Baltiska issjön och Ancylussjön) nått under och efter den senaste istiden.

Högsta kustlinjen är väsentlig i ledningsbyggnadssammanhang på grund av att det är främst under denna nivå som glaciala och postglaciala leror med låg hållfasthet och låg resistivitet förekommer. Även ovan HK kan leror dock förekomma som issjösediment eller moränlera.

Ungefärlig omfattning av områden under HK framgår av figur 10.



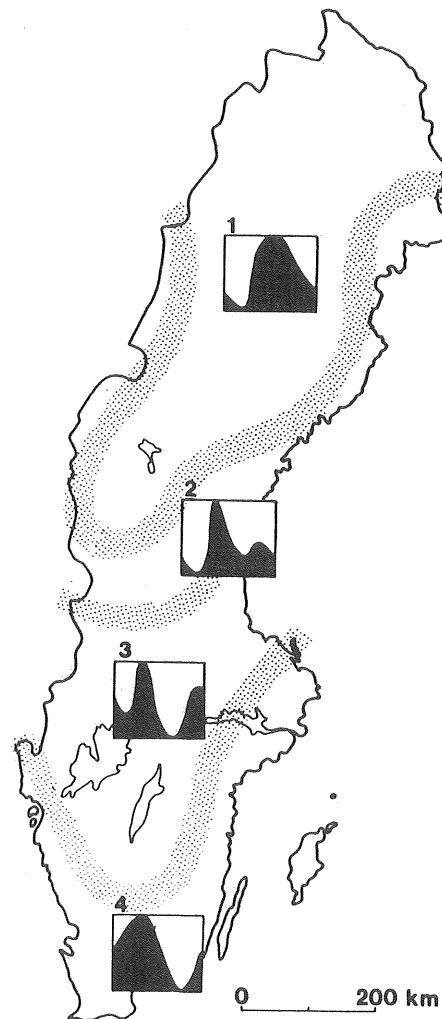
Figur 10 Ungefärlig omfattning av områden under högsta kustlinjen (HK). Efter Lundegårdh m fl (1970).

Det kan konstateras att större delen av Sveriges befolkning är bosatt inom områdena under högsta kustlinjen. Här finns även de större tätorterna (Stockholm, Göteborg, Norrköping, Uppsala, Örebro, Linköping m fl). Inom dessa områden har mark med relativt goda grundförhållanden i stor utsträckning tagits i anspråk. Nyexploatering har i allt större utsträckning fått ske inom områden med relativt dåliga grundförhållanden. För att

kunna bygga på och i lös lera fordras som regel någon form av grundförstärkning. Havs- och brackvattenavsatta leror har låg resistivitet. Detta medför stor risk för korrosion. Mer om detta i avsnitt 4.6.

#### 4.2.3 Grundvattennivåns variation över året

Grundvattennivån är (förutom överläckning mellan ledningar) av största betydelse för risken för inläckage i ledningar. Eftersom grundvattenbildningen varierar över året varierar även grundvattennivåerna. Det principiella utseende för denna variation framgår av figur 11 nedan.



Figur 11 De fyra regimerna hos grundvattenmagasinen i Sverige. Diagramrutans längd motsvarar ett år. Från Nordberg och Persson (1979).

Information om storleken på denna variation i grundvattenobservationsrör i olika jordar i skilda delar av Sverige kan erhållas från SGU, Grundvattennätet.

Informationen erhålls som årsserier ur vilka den normala variationen över året, max- och min-nivåer samt aktuell nivå kan utläsas. Man bör observera, att även terrängläget har en stor betydelse för variationens storlek.

För närvarande (82/83) är ett forskningsprojekt "Val av dimensionerande grundvattennivå" vid Geologiska institutionen CTH/GU under avslutning. Inom detta projekt studeras hur man från en kortare observationsserie, vid ett byggojekt, med hjälp av grundvattennätets långa observationsserier skall kunna finna dimensionerande högsta och lägsta grundvattennivå.

Genom att vid schaktning observera jordmånsprofilen samt grundvattennivån kan man ofta dra vissa slutsatser om grundvattennivåns normala fluktuation.

#### 4.3 Geologisk kartering

Om det befintliga geologiska underlagsmaterialet är dåligt kan det vara motiverat med en översiktlig geologisk sk linjekartering i den planerade sträckningen för ledningen. Denna kartering utförs då som en ytkartering av jordarterna. Karteringsdjup är ca 50 cm (under plogsula vid åkermark).

Med kännedom om den geologiska historien i området kan sedan en god prognos om jordarter även på något djup samt schaktbarhet och sprängningsbehov göras. Oftast kompletteras linjekarteringen med en geofysisk och/eller geoteknisk profilering. Den geologiska karteringen tjänar då som underlag för att placera sonderingar så att optimal information erhålls.

#### 4.4 Geofysiska förundersökningsmetoder

##### 4.4.1 Inledning

Geofysiska undersökningsmetoder används i stor utsträckning idag för prospektering, kartering och andra typer av undersökningar av geologisk lagerföljd eller geologiska förhållanden.

Geofysiska undersökningsmetoder kan, beroende på metod och vad som skall undersökas, användas från markytan, i borrhål, från flygplan eller från båt.

Genom att använda "ytgeofysiska metoder" kan huvuddragen av de geologiska förhållandena i djupled snabbt fastställas och antalet undersökningsborrningar därigenom reduceras. Valet av geofysisk metod måste göras på geologiska grunder, likaså planläggningen av de geofysiska mätningarna. För att geofysiska mätningar skall kunna bli framgångsrika måste det existera enkla, distinkta, mätbara fysikaliska egenskaper i jord- och berggrund. Vidare får de geologiska förhållandena inte vara alltför komplexa för att möjliggöra en geologisk tolkning av mätresultaten. Konnektionsborrningar är nödvändiga för tolkning av mätresultaten.

De geofysiska undersökningsmetoder som framför allt är aktuella vid planering och projektering av ledningsbyggande är:

- Seismik - Hammarseismik
- Sprängseismik
- Geoelektrik
- Magnetometri
- Georadar

De olika metoderna kommer att beskrivas kortfattat i det följande.



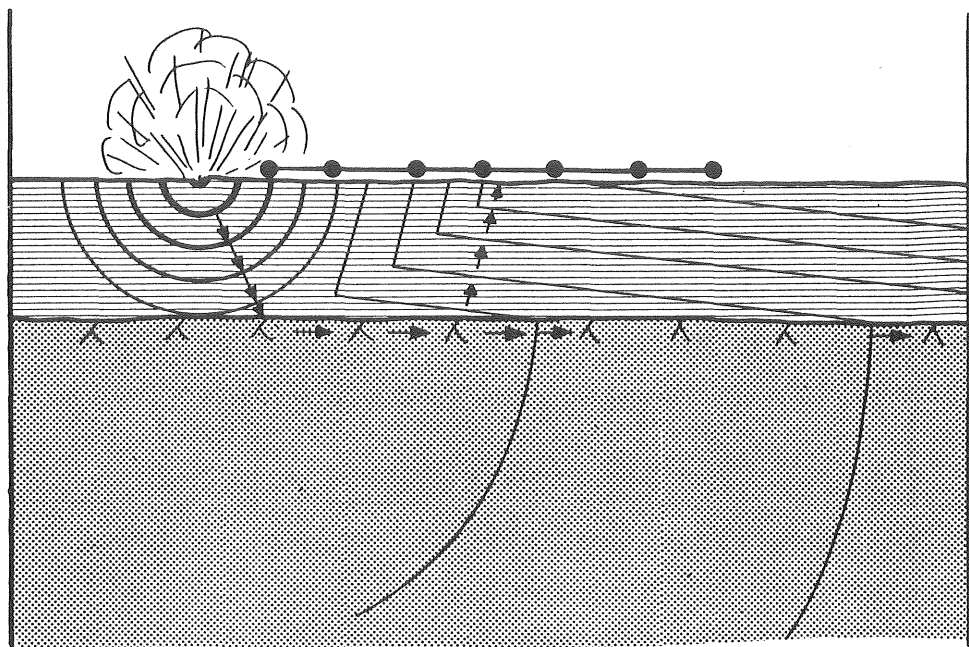
Utomlands används i stor utsträckning geofysiska undersökningar i detta sammanhang, se till exempel Harris & Thornton (1978), Jergman (1981) och Porturas (1982). Geologin är dock i stor utsträckning annorlunda än i Sverige.

För en mera ingående beskrivning av de olika metodernas teori hänvisas till någon lärobok i ämnet, till exempel Dobrin (1976) eller Telford m.fl. (1976). Beträffande georadar hänvisas till Fält (1980) och Ulriksen (1982). Vidare hänvisas till broschyrer från tillverkare och generalagenter för utrustning (se lista i bilaga "Några Adresser").

Utvecklingen beträffande geofysik som används på ringa eller måttliga djup (<100 m) sker framför allt mot att göra fältarbete och utvärdering så enkelt som möjligt.

#### 4.4.2 Seismik - seismisk refraktionsmätning

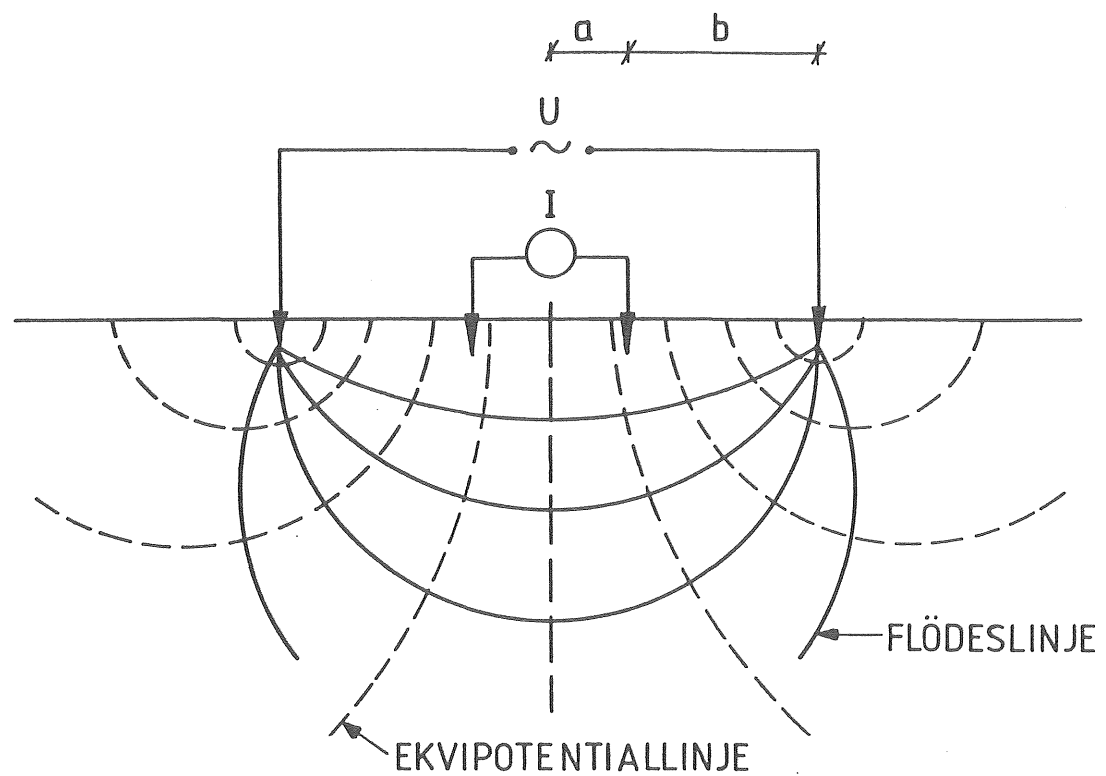
Metoden bygger på att tryckvågor från en detonerande sprängladdning (eller ett kraftigt slag) fortplantar sig med olika hastighet i olika jord- och bergarter samt i olika tillstånd av jord- och berggrund. Genom att placera lyssnarstationer, s k geofoner, på vissa avstånd från skottpunkten längs en profillinje kan tryckvågens hastighet bestämmas. De impulser geofonerna erhåller omsätts till elektriska signaler, som förstärks och registreras på ett oscilloskop eller på en filmremsa (seismogram), vilken framkallas direkt i fält. Denna registrering ligger sedan till grund för beräkningen av exempelvis jorddjup och strukturer i berggrunden. En väsentlig förutsättning för normal utvärdering av refraktionsmätning är att hastigheten tilltar nedåt i lagerföljden. Konnektionsborrningar är nödvändiga. Bedömningen av mätvärden måste ske på geologiska grunder.



Figur 12 Seismisk refraktionsmätning.

#### 4.4.3 Geoelektrik - elektrisk motståndsmätning

Vid den geoelektriska metoden bestämmer man en jords resistivitet, som i huvudsak är en funktion av vattenhalten, vattnets jonhalt och materialets porstruktur. I de flesta fall har ett finkornigare material högre vattenhalt (och därigenom lägre resistivitet) än ett grövre material i samma läge.



Figur 13 Principerna för elektrisk motståndsmätning.

Vid elektrisk motståndsmätning sänds en elektrisk ström genom grunden mellan två (yttre) "strömelektroder". Samtidigt mäts potentialskillnaden mellan två (inre) "mätelektroder" belägna symmetriskt på linjen mellan de två förstnämnda elektroderna (figur 13). Med kännedom om strömstyrkan genom systemet, potentialskillnaden mellan de två (inre) elektroderna samt avståndet mellan samtliga elektroder kan det elektriska motståndet (resistiviteten) i grunden beräknas. Ju större elektrodavståndet är desto djupare tränger strömmen ned. Genom att successivt öka elektrodavståndet kan man sålunda från en uppställningsplats för instrumentet få ett antal värden och en kurva på den skenbara resistiviteten (ett genomsnittsvärde på den verkliga resistiviteten i de olika skikten). Utvärderingen görs med hjälp av typkurvor eller med hjälp av dataprogram. En nödvändig förutsättning för tolkning är, att grunden uppbyggs av planparallella lager, vilket innebär begränsningar i användbarhet. Konnektionsborrningar och god kännedom om geologin i undersökningsområdet krävs.

Om man enbart är intresserad av förhållandena på ett visst djup (om det t ex är berg, morän eller lera) kan man med ett lämpligt, fast elektrodavstånd utföra s.k. geoelektrisk profilering.

Med hjälp av geoelektrik kan man, förutom att bestämma jordlagerföljd, även bedöma korrosionsrisk. Det har nämligen visat sig att jordresistiviteten är en av de viktigaste faktorerna som bestämmer korrosionsprocessen för metall i jord. En låg resistivitet medför högre korrosionshastigheter.

I följande tabell ges exempel på resistivitet för några olika jordar.

Tabell 1 Några olika jord- och bergarters resistivitet. Från Camitz (1980a) och Ekholm och Mattson (1982).

| <u>Jord/Bergart</u> | <u>Resistivitet, ohm m</u> |          |
|---------------------|----------------------------|----------|
| Lera                | 1 -                        | 80       |
| Gyttja, dy          | 5 -                        | 30       |
| Humusjord           | 10 -                       | 40       |
| Silt                | 10 -                       | 100      |
| Torv                | 20 -                       | 120      |
| Sand                | 100 -                      | 5000     |
| Skifferjord         | 300 -                      | 700      |
| Grus                | 400 -                      | 5000     |
| Morän               | ca 1000                    |          |
| Sandsten            | 35 -                       | 4000     |
| Diabas              | 450 -                      | 3500     |
| Granit              | 5000 -                     | 1000000  |
| Gabbro              | 100000 -                   | 15000000 |

Det bör påpekas att om jorden innehåller högre halt av salter, kan de resistivitetsvärden som angetts i tabellen bli väsentligt lägre. Detta är vanligt i t ex leror på Västkusten.

#### 4.4.4 Magnetometri - magnetisk mätning

Metoden baserar sig på uppmätning av intensitetsvariationer hos det jordmagnetiska fältets vertikalkomponent. Denna variation påverkas normalt av växlande halt av magnetiska mineral (främst magnetit) hos bergarterna, men även av förekomst av magnetiska metaller i jord.

Magnetisk mätning utförs i viss omfattning vid grundvattenprospektering, främst för att i jordtäckt terräng lokalisera gångar, t ex diabasgångar eller basiska massiv som påverkar grundvattenrörelserna. Vid ledningsbyggande kan stål- och järnledningar samt elkablar detekteras med denna metod.

#### 4.4.5 Gravimetri - gravimetrisk metod

Med den gravimetriska metoden mäts tyngdkraftsfältet i en viss punkt med mycket stor noggrannhet. Ett överskott (t ex tunga bergarter) eller underskott (t ex stort jorddjup) av materia jämfört med normalsituationen ger en avvikelse (anomali) i tyngdkraftsfältet.

Med nya förfinade instrument som medger mätning av mycket små tyngdkraftsanomalier, kan exempelvis en större grusås under lera lokaliseras, liksom jordfyllda djupa svackor i berg.

Tyvärr är metoden mer tidsödande än till exempel magnetometri, och borde för närvarande lämpa sig mindre väl som förundersökningsmetod vid ledningsbyggande.

#### 4.4.6 Georadar - radarsondering

Radarsöndering är en undersökningmetod som gör det möjligt att "se" ner i marken med hjälp av reflekterande radarimpulser (elektromagnetiska vågor). Resultatet är kontinuerliga profiler. Föremål av någon dm<sup>3</sup> volym kan upptäckas. Radarimpulsernas penetration bestäms främst av markens elektriska ledningsförmåga. Hög ledningsförmåga (= låg resistivitet) medför dålig penetration. Detta innebär att georadar har dålig djupträngningsförmåga i leror.

#### 4.4.7 Erfarenheter från utförd fältstudie

I anslutning till denna förstudie har en fältstudie av geofysiska undersökningsmetoders användbarhet vid projektering av ledningsgravar utförts vid Geologiska institutionen CTH/GU, som ett examensarbete (Ekholm och Mattsson, 1982).

Fältstudien utfördes inom ett upprustningsområde med fritidshus och villor strax väster om Onsala kyrka, Kungsbacka kommun, i samband med omläggning av VA-ledningar. Geologin i området bestod av en ändmoränrygg med lera i omgivande sänkor. Moränen var svallad i ytan, och svallmaterial hade även förts ut ovanpå leran.

Den ledningsprofil som undersöktes med olika geofysiska metoder gick i huvudsak inom bebyggt område, men en kortare sträcka gick i oexploaterad mark.

De geofysiska metoder som användes var magnetometri, geoelektrik, seismik och georadar. Resultatet från de geofysiska metoderna jämfördes med dokumentering av schaktgravens väggar vid uppgrävningen.

Geofysiska metoders möjligheter och begränsningar vid användning inom naturmark är väl dokumenterad. Här skall framför allt konstateras de erfarenheter som är speci-

fika för utförd fältstudie och denna speciella tillämpning.

Magnetometrin användes i detta sammanhang för att söka lokalisera nedgrävda VA-, el- och teleledningar. Detta lyckades visserligen, men ett flertal icke förväntade (och icke relevanta) störningar uppträdde även. Dessa var bl a från staket, elskåp och luftledningar.

Geoelektriken gav goda resultat inom den ej exploaterade marken. Inom bebyggt område stördes mätningarna av höga självpotentialer, orsakade av en i vägen (parallellt med mätprofilen) nedgrävd 10-kV elledning, samt "skrot" i fyllnadsmaterialet för befintlig grusväg.

Seismiken gav goda resultat längs hela den undersökta sträckningen. Däremot har tunna lager (<1 m) varit svåra eller omöjliga att identifiera.

Georadar-sonderingen gav även den goda resultat, i huvudsak likvärdiga med resultaten från seismiken. Även i detta fall har det varit svårt eller omöjligt att identifiera tunna lager. Upplösningen beträffande strukturer så nära markytan (0-2 m) som här framför allt varit av intresse är dock större hos georadarmetoden än hos seismiken. Enskilda block och rör har kunnat identifieras. Fördelen med georadar-sonderingen är framför allt att man erhåller en kontinuerlig profil.

Liksom vid många andra metoder är resultatet vid geofysiska undersökningar i mycket hög grad beroende på erfarenhet och skicklighet hos den som utför och utvärderar undersökningen.

#### 4.5 Geotekniska förundersökningar

De geotekniska förundersökningsmetoder som är aktuella vid ledningsbyggande är de normala geotekniska metoderna. Här ingår olika former av sondering, vingborrning, provtagning och laboratorieundersökningar.

Om geologisk linjekartering och/eller geofysiska undersökningar först används kan vanligen antalet sonderingar minskas. Vidare kan sonderingspunkter väljas så att optimal mängd information erhålls.

Angående FoU-behov beträffande geotekniska fältundersökningar hänvisas till Ottosson (1982).

#### 4.6 Översiktlig bedömning av korrosionsrisk

##### Inledning

För att kunna göra bedömningar om korrosionsrisk måste man ta i beaktande olika typer av korrosion, olika typer av ledningsmaterial, olika jordarters/återfyllnadsmaterials betydelse för korrosionsprocesserna samt hydrogeologiska faktorer. Se Mattson (1970), Gustavsberg (1975), Camitz (1980a, b), VA-handboken (1981), och Escalante (1981).

Utomlands används ofta olika typer av förstärkt korrosionsskydd om man konstaterar ökad korrosionsrisk. De bedömningsscheman som används utomlands kan vanligen ej överföras direkt till svenska förhållanden då man oftast har andra typer av jordar.

##### Metallrör

Ett förslag (GFI, 1978) till bedömning av korrosionsrisk för metallrör enligt visas i figur 14. Resistivitet bestäms lämpligen i fält med geoelektrikutrustning.

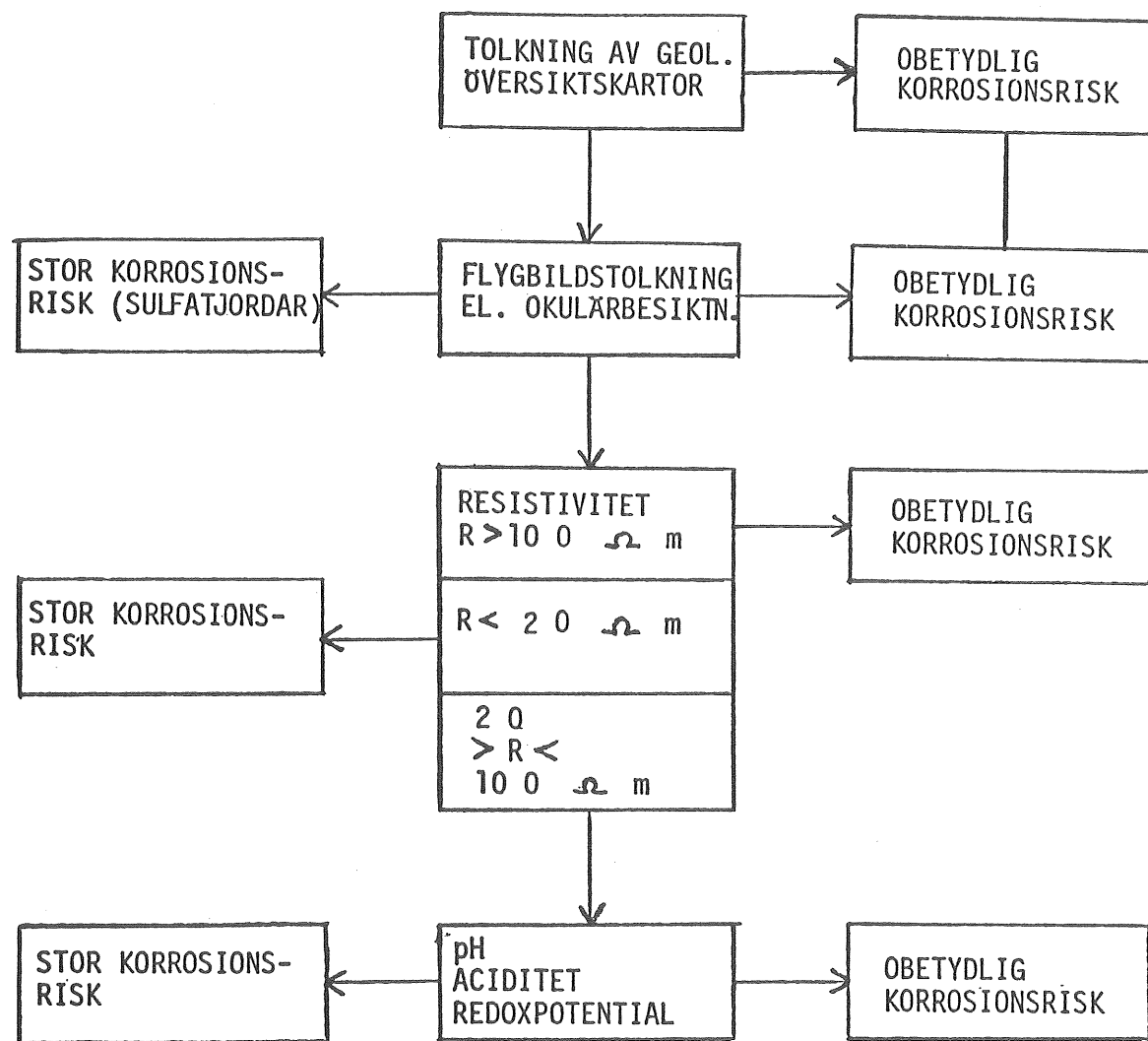
"Obetydlig korrosionsrisk" i figur 14 innebär i princip



fria händer vid ledningsval. Metalledningar kan användas utan korrosionsskydd.

"Stor korrosionsrisk" innebär begränsat ledningsval. Metalledningar kan ej användas utan omfattande korrosionsskydd.

En låg resistivitet hos jord medför inte i sig att korrosion uppstår. Om korrosion av någon orsak uppstår kan en låg resistivitet däremot i mycket hög grad påverka korrosionshastigheten.



Figur 14 Översiktlig bedömning av korrosionsrisk för metallrör. Modifierat efter GFI (1978).

Betongrör

Vid bedömning av korrosionsrisk hos markförlagda betongrörsledningar kan tabellen nedan användas.

Tabell 2 Gränsvärden enligt Bonzel för bedömning av angreppsförmågan på betong hos naturliga vatten. Från VA-handboken (1981).

|  | Angreppsförmåga |                                 |              |
|--|-----------------|---------------------------------|--------------|
|  | svag            | stark                           | mycket stark |
| 1. pH-värde  | 6,5-5,5         | 5,5-4,5                         | < 4,5        |
| 2. Kalklösande kolsyra(CO <sub>2</sub> ) enligt Heyer, | mg/l 15-30      | 30- <del>30</del> <sup>60</sup> | > 60         |
| 3. Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> )            | mg/l 15-30      | 30-60                           | > 60         |
| 4. Magnesium (Mg <sup>2+</sup> )                       | mg/l 100-300    | 300-1500                        | > 1500       |
| 5. Sulfat (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )             | mg/l 200-600    | 600-2500                        | > 2500       |

Om faktorerna 1-5 ger olika angreppsförmåga gäller den högsta angreppsförmågan. Om två eller flera faktorer ligger i övre fjärdedelen av ett område ökas angreppsförmågan ett steg.

Undersökningen kan behöva kompletteras med avseende på grundvattnets strömningshastighet som påverkar korrosionshastigheten. Se även Westberg m fl (1969).

Vid risk för korrosion har man att välja mellan specialrör med 20-40% större godstjocklek eller annat material.

Den allmänna försurning som pågår idag av vatten och mark torde medföra en kraftigt ökad betongkorrosion. Ett avsevärt forskningsbehov torde finnas.

Inom korrosionsområdet bedriver Korrosionsinstitutet ett antal projekt. Ett stort forskningsbehov med tvärvetenskaplig inriktning föreligger.

#### 4.7 Befintliga ledningar

Vid schaktning av ledningsgrav är det väsentligt att veta var tidigare ledningar och kablar finns.

För att få information om detta kan ritningar (kartor) och/eller sökutrustning utnyttjas. Om bra ritningsmaterial finns minskar behovet av sökutrustning och tvärtom.

Som sökutrustning används bl a metalledektorer. Ytterligare utrustning beskrivs i Rörboken (Gustavsberg, 1975). Av de geofysiska metoderna kan magnetometri (för magnetiska metaller) och georadar även användas för sökning av ledningar

Beträffande befintliga VA-ledningar finns ju denna information redan hos kommunen (Gatukontor/Byggnadskontor/Tekniskt kontor). Informationen om elkablar kan erhållas från eldistributören. Även detta kan vara ett kommunalt verk. När det gäller telekablar propagerar Televerket: "Ring innan du gräver". Härutöver kan det finnas fjärrvärme och gasledningar i marken.

I vad mån information om denna tekniska försörjning finns samlad på ett ställe och lätt tillgänglig torde variera från kommun till kommun.

Ett forskningsprojekt som berör samordning av kommunalt kartmaterial pågår i Borås (Axelsson et al, 1982). Idén är att grundkartor i vissa gemensamma skalor utnyttjas av olika kommunala kontor.

Olika information finns på tilläggsblad. En grundkarta kan läggas samman med t ex ett blad som innehåller teknisk information om samma VA-ledningar (t ex diameter, lutning etc).

På samma vis kan en grundkarta, ett blad med VA-ledningars läge och ett blad med läge för elkablar läggas samman. Systemet blir flexibelt och olika information kan kombineras.

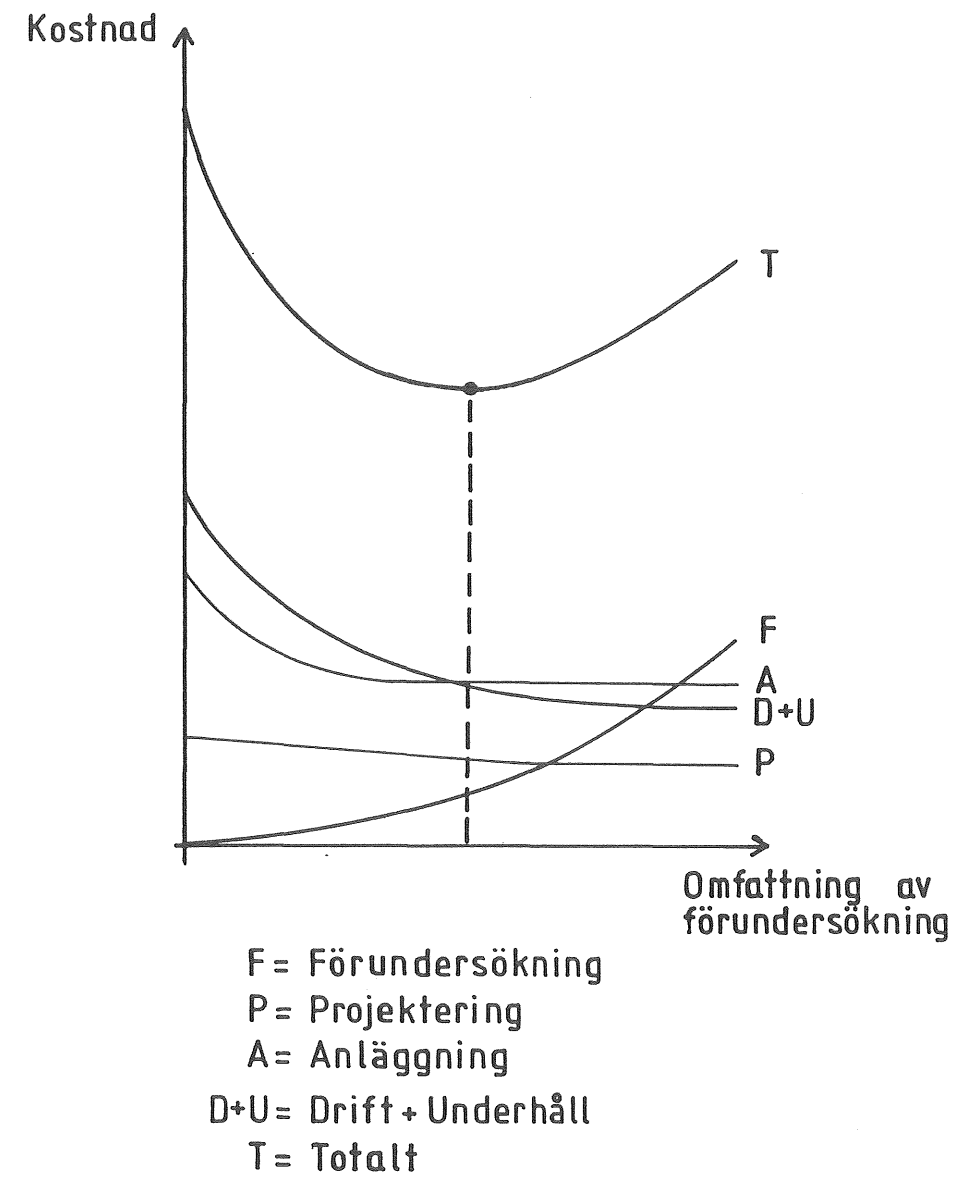
I takt med att datorer, terminaler och kringutrustning (som digitaliserings- och ritbord) blir billigare torde allt mer information om ledningar och kartor kunna läggas på data. System för detta samt sådana systems säkerhet är ett område med FoU-behov. Ett projekt som behandlat system för överföring av kartinformation mellan kartdatabanker redovisas i Kommunförbundet (1980).

#### 4.8 Förundersökningars betydelse för total ekonomi

Omfattningen av förundersökningar kan vara mycket varierande. Allt ifrån mycket översiktliga till mycket omfattande förundersökningar förekommer. Kostnaderna för förundersökningar blir härigenom av mycket varierande storlek. Många gånger kan det vara svårt att motivera kostnader för en förundersökning då det kan vara svårt för planerare och politiker att bedöma hur totalkostnaden påverkas.

I det följande ges ett hypotetiskt exempel, som dock kan tjäna som underlag för en diskussion.

Vi kan konstatera att ju mer omfattande förundersökning som utförs desto dyrare blir denna. Kostnadsfunktionen kan tänkas ha ett utseende som i figur 15, då mer omfattande undersökningar vanligen omfattar mycket sonderingar och specialundersökningar (i fält eller i laboratorium).



Figur 15 Optimering av årlig totalkostnad för en anläggning, i detta fall en VA-ledning.

Vi vet att en mer omfattande förundersökning ger ett bättre projekteringsunderlag, och vi kan anta att projekteringskostnaden härigenom kan minska i viss utsträckning. En viss minimikostnad för projekteringen kan dock ej underskridas. Anläggningskostnaden påverkas i sin tur av hur omfattande och bra projekteringsunderlaget är. På så vis kan goda förundersökningar minska anläggningskostnaden, men även här bara i viss utsträckning.

Drift och underhåll påverkas sanolikt i högre utsträckning av förundersökningarnas och projekterings omfattning då sådana kostnader som rensning, reparation eller omläggning (på grund av korrosions- eller sättningssskador) faller under denna rubrik.

På detta vis kan vi bestämma en lägsta totalkostnad för ledningen. De olika kostnadsfunktionerna i figur 15 är svåra att bestämma. Men om kostnader för drift och underhåll tas med i den ekonomiska kalkylen torde mer omfattande förundersökningar än vad som idag är vanligt väl kunna motiveras.

## 5 UTFÖRANDE AV LEDNINGSGRAV

### 5.1 Geotekniska aspekter

Vid projektering och utförande av ledningsgrav är geotekniken av central betydelse. Såväl förundersökningar, problem och lösningar är de som allmänt förekommer inom geotekniken.

Förundersökningarna består bland annat av olika former av sonderingar, vingborrning, provtagning och laboratorieundersökningar.

Problemen innefattar bland annat stabilitet hos schaktväggar, skredrisk, risk för bottenuppträckning, länshållningsproblem och ojämna sättningar på färdig konstruktion.

Lösningarna innefattar spontning, stämpning, grundvattnavsänkning, pålning, stabilitetsförbättring och grundförstärkning med hjälp av kalkpelarmetod m m. Kalkpelarmetoden (och dess användning vid ledningsgrav) beskrivs ingående i Boman m fl (1979).

Frågeställningar som delvis löses med hjälp av geotekniska metoder är bestämning av bergnivå och sprängningsbehov, samt konsekvenser av dränering av omgivande mark under utförande av ledningsgrav.

Bland de frågeställningar där FoU-behov föreligger är:

Kostnadsjämförelse mellan kalkpelarmetod och spontning för olika typer av ledningsbyggande.

Kan jetinjektering (Eriksson och Svensson, 1980) användas för tätning samt som ett alternativ till pålning och kalkpelarmetod?

## 5.2 Arbetarskydd

Arbetarskydd regleras i huvudsak genom de olika anvisningar som finns.

Arbetarskyddet kan delas upp på frågor om akut risk och frågor som berör risk för skador på längre sikt.

Bland frågorna om akut risk finns bl a frågor om säkerhet hos spont och risk för bottenuppträckning av schakt. Dessa typer av frågeställningar kan i allmänhet lösas genom goda förundersökningar, noggrann projektering, kontroll av arbetsmaskiner och material samt anvisningar beträffande arbetsutförande. Lösningarna är oftast tekniska. Se till exempel Teknologföreningen (1976). Information är av väsentlig betydelse. Se till exempel Arbetarskyddsstyrelsen (1981).

Frågor som berör risk för skador på längre sikt är sådana frågor som berör ergonomi, arbetsställning, utformning av arbetsredskap och exposition för hälsofarliga eller hälsovådliga ämnen. Analys av arbetsställningar och yrkesskador, utveckling av arbetsredskap och forskning om gränsvärden ligger oftast till grund för medicinska-tekniska lösningar på problemen. Information är naturligtvis även här av största betydelse.

## 5.3 Ergonomi vid arbete i ledningsgravar

Kartläggning av bland annat ergonomiska brister i nuvarande arbetsmetoder vidläggning av betongrör har utförts inom ett projekt som redovisas av Björk m fl (1979).

Härigenom initierades en studie om ergonomi vid arbete i ledningsgravar. Denna redovisas i Andersson m fl (1980), från vilket följande avsnitt är ett sammandrag.

Arbete i ledningsgravar har alltid varit hårt, tungt och präglat av svåra arbetsskador. Arbetet har ofta utförts



i trånga schakt med ofta enkla hjälpmedel som ordinär skyffel och spett. Fyllnadsmaterialet har heller inte valts för att underlätta arbetet.

Byggergonomilaboratoriet vid KTH, har i det projekt som rapporten redovisar utprovat ergonomiskt erforderligt arbetsutrymme för arbete i ledningsgravar, undersökt olika ledningsbäddmaterials inverkan på arbetsbelastningen samt provat olika utrustning. Dessutom togs en prototyp till ett allsidigt handverktyg för rörlägningsarbete fram.

Undersökningen avgränsades till rördimensioner mellan 100 och 400 mm, d v s dimensioner som i stor utsträckning hanteras manuellt. Såväl oarmerade betongrör som plaströr ingick i undersökningen.

Experimenten bedrevs i huvudsak i Byggergonomilaboratoriets fullskalelaboratorium under medverkan av rörläggare från Stockholms Vatten- och Avloppsverk.

För ändamålet uppfördes i laboratoriet en fullskalemodell av en ledningsgrav. Försöken utgick från Mark-AMA:s typsektioner för ledningsgravar.

Undersökningen fann att arbetsutrymmet väsentligt påverkar såväl hjärtfrekvensen, tidåtgången som arbetsupplevelsen vid arbetet. Ett minsta fritt utrymme på 45 cm på var sida om ledningen måste finnas vid släntlutning 5:1 för att tillgodose rimliga ergonomiska arbetskrav. Förarbetet i ledningsgraven kräver minst en 90 cm bred grav. Manövrering av markvibratorer har då inte beaktats.

Beträffande bäddmaterial fann man att en mjuk kornstruktur och en allsidig kornfördelning ger minskad arbetsbelastning. I första hand bör ett naturmaterial väljas och inte ett krossmaterial, vilket i allmänhet

har en mycket hög inre friktion och således kräver större arbetsinsats och tar längre tid att arbeta med.

Tabell 3 Bottenbredd för typsektioner enligt Mark-AMA 1972 och rapportens resultat.

| Lednings-<br>dimension d<br><br>(mm) | Botten-<br>bredd b        |                                       | Förändring<br><br>(m) |
|--------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|-----------------------|
|                                      | Enligt<br>Mark-AMA<br>(m) | Enligt rappor-<br>tens förslag<br>(m) |                       |
| < 100                                | 0.6                       | 1.0                                   | +0.4                  |
| 150                                  | 0.6                       | 1.05                                  | +0.45                 |
| 200, 225                             | 0.7                       | 1.1                                   | +0.4                  |
| 250                                  | 0.7                       | 1.15                                  | +0.45                 |
| 300                                  | 0.8                       | 1.2                                   | +0.4                  |
| 400                                  | 0.9                       | 1.3                                   | <u>+0.4</u>           |
| 500                                  | 1.2                       | 1.4                                   | +0.2                  |
| 600                                  | 1.3                       | 1.5                                   | +0.2                  |
| 800                                  | 1.6                       | 1.7                                   | +0.1                  |
| 1000                                 | 1.8                       | 1.9                                   | <u>+0.1</u>           |
| 1200                                 | 2.1                       | 2.1                                   | $\pm 0$               |
| 1400                                 | 2.3                       | 2.3                                   | $\pm 0$               |
| 1600                                 | 2.5                       | 2.5                                   | $\pm 0$               |

#### 5.4 Läggningsmetoder

Den största kunskapen om läggningsmetoder för olika typer av rör för ledningar (samt hur detta påverkar ledningsgravens utformning) finns hos entreprenörer och kommuner med arbeten i "egen regi".

Läggningsmetoderna har stor betydelse för ekonomi, funktion och arbetarskydd.

Ett projekt som behandlat transport och läggning av betongrör redovisas av Björk m fl (1979 och 1980).

## 6 VAL AV LEDNINGS- OCH ÅTERFYLLNADSMATERIAL

### 6.1 Allmänt

Vid val av lednings- och återfyllnadsmaterial måste en hel rad faktorer tas i beaktande. Bland dessa kan nämnas:

Befintliga geologiska och geohydrologiska förhållanden och förutsättningar.

Risk för korrosion.

Laster som ledningen kan komma att utsättas för.

Acceptabla deformationer hos flexibla ledningar med avseende på funktion.

Tolerabla sättningar för ledning och återfyllnad i ledningsgrav, samt eventuell vägöverbyggnad.

Tjälfritt djup, eller dimensionerande maximal köldmängd att ta hänsyn till vid grunt förlagda ledningar.

Massbalansering av schakt och återfyllnadsarbete.

Tidsplanering för arbetet.

Tidpunkt för arbetets utförande i förhållande till brukstidpunkt.

Flera av de uppräknade faktorerna behandlas på annan plats i denna förstudie.

## 6.2 Laster på ledningar

Ett rör i mark utgör ett i hög grad komplext hållfasthets- tekniskt problem där samverkan mellan rör och omgivande jord är av avgörande betydelse inte bara för rörets bärförmåga i jord utan även för den vertikala jordlastens storlek. Avgörande är styvhetsförhållandet mellan rör och kringfyllning.

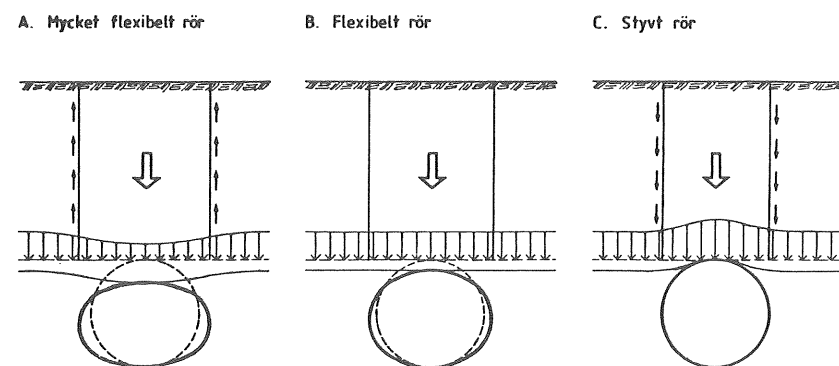
Flexibla ledningar medför att lasten kan omfördelas runt röret vid deformation. Till flexibla ledningar kan plaströr samt slanka stålrör och ståltrummor räknas.

Omfattande studier av samverkan mellan rör och mark samt dimensionering av plaströr redovisas av Molin (1967, 1971, 1973, 1975 och 1981). Belastningar på betongrör i mark behandlas bland annat av Jansson (1965), Molin och Olofsson (1978) samt Eggwertz (1982).

Följande beskrivning är i huvudsak utdrag från Molin (1981).

### Rörlastens storlek

I figur 16 illustreras inverkan av styvhetsförhållandet rör/kringfyllning på den vertikala rörlastens storlek. Avgörande är därvid den vertikala rörelsen hos rörhjässa respektive hos kringfyllningen vid sidan av röret.



Figur 16 Inverkan på rörlasten av styvhetsförhållandet rör/kringfyllning. Från Molin (1981).

Fall A representerar ett mycket slankt rör och en eftergivlig sidofyllning där en större vertikal rörelse kan tänkas uppstå hos rörhjässa än hos intilliggande kringfyllning. Genom valvbildning i fyllningen över röret uppstår då en viss avlastning över röret och motsvarande tryckökning vid sidan av röret.

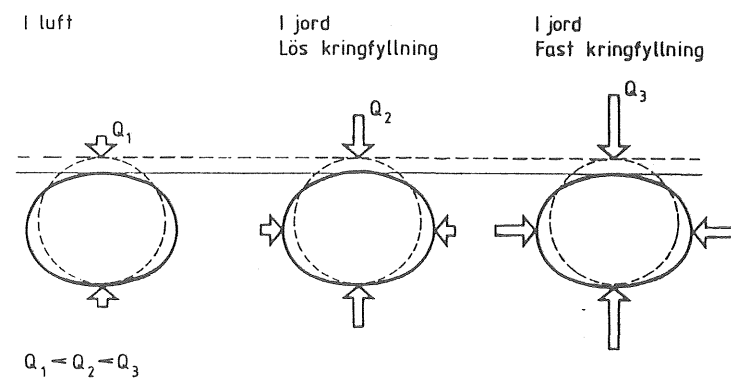
Fall B representerar det fall där rörets deformation är lika med sättningen hos fyllningen vid sidan av röret. I detta fall erhålls samma tryck över som vid sidan av röret, ett tryck som är lika med överlagringstrycket i jorden på rörhjässans nivå.

Fall C representerar det fall att röret är styvare än fyllningen vid sidan av röret. I detta fall uppstår en tryckökning över röret i förhållande till överlagringstrycket i jorden.

Beroende på rörstyvhet kan plaströr tillhöra vilket som helst av fall A, B eller C.

### Samverkan rör/kringsfyllning

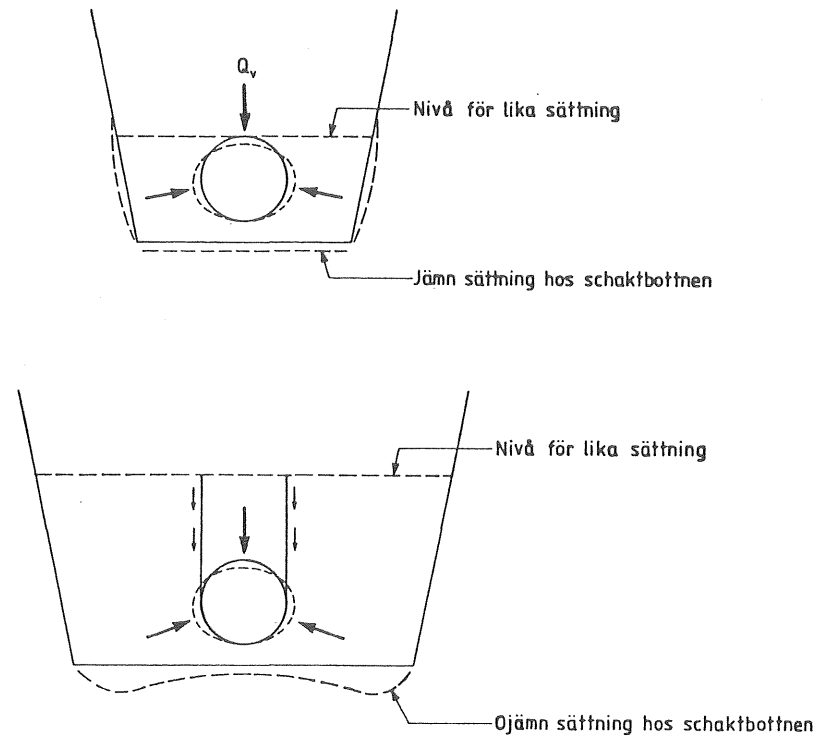
Hos ett flexibelt rör i jord, dvs ett rör med förmåga till stor deformation utan skador, bestäms deformation och påkänningar av i vilken grad samverkan sker mellan rör och kringfyllning. En väl packad kringfyllning har sålunda en mer uppstyvande inverkan på röret än en löst utfylld, figur 17.



Figur 17 Kringfyllningens inverkan på deformationen hos ett flexibelt rör. Från Molin (1981).

Vid ökad rörstyvhet minskar kringfyllningens inverkan på rördeformation och påkänningar.

En ojäm sättning i botten av en rörgrav bidrar till en ökning av lasten på röret genom lokal bankverkan runt röret. Det är också sedan gammalt känt att en ökad rörgravsbredd ger en ökad belastning på styva rör.



Figur 18 Deformationsförhållandena i smal respektive bred rörgrav i sättningsbenägen lera. Från Molin (1981).

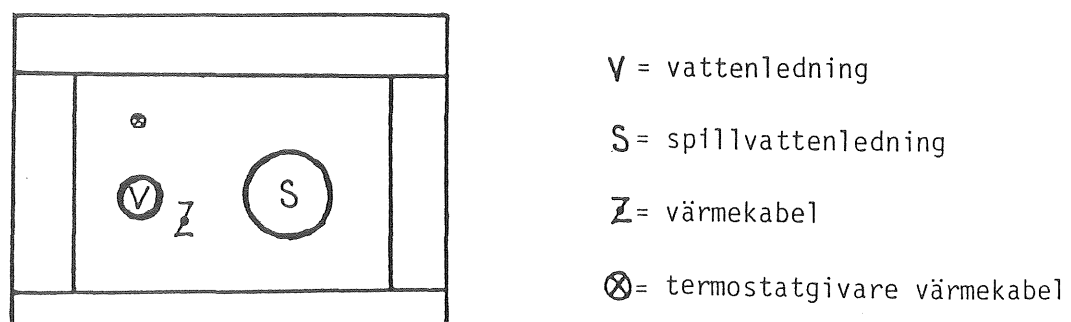
### 6.3 Frysrisk och tjäle

Kostnaderna förläggning av VA-ledningar påverkas i hög grad av det djup på vilket ledningarna måste läggas. Läggningsdjupet för VA-ledningar har traditionellt bestämts av risken för frysning. Det s k "tjälfria djupet" har bestämts erfarenhetsmässigt (empiriskt) samt genom studier av bl a Jansson (1964, 1968). Dessa studier och erfarenheter ligger till grund för gällande normer VAV P14 (1969) och SBN 1980 avsnitt 51:16. I ett kallt klimat kan erforderligt läggningsdjup bli stort. För att reducera kostnaderna har på senare tid olika system för ytligare lagda ledningar utvecklats. Detta kräver markisolering och/eller extra uppvärmning. Dessa system grundar sig i huvudsak på den forskning som utfördes av NBI och de differentierade anvisningar gällande läggningsdjup för VA-ledningar som gavs ut i

Norge under 1970-talet (NBI, 1976 och Gundersen, 1979).  
 Beträffande VA-ledningar i kallt klimat pågår forskning  
 för närvarande vid Högskolan i Luleå, finansierad av  
 Bygghälsningsrådet.

Öhman (1982) redovisar ett projekt som syftat till att  
 funktionskontrollera ett grunt förlagt ledningssystem,  
 dimensionerat efter norska anvisningar.

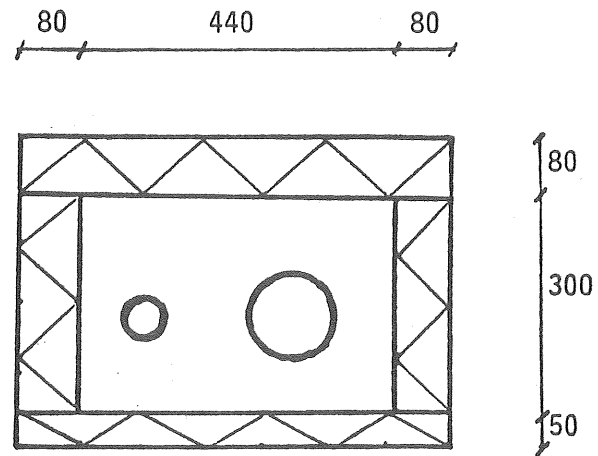
Det studerade systemet är beläget i Lycksele och har  
 bestått av vatten- och spillvattenledning i en lådformad  
 isolering av strängsprutad polystyrencellplast. Dessutom  
 har det i "lådan" även funnits värmekabel och termostat-  
 givare för densamma (figur 19 och figur 20).



Figur 19 Representativt ledningstvärsnitt. Från  
 Öhman (1982).

Förutom lufttemperatur har temperaturer mätts vid  
 ledningar, samt innanför och utanför isolering i ett  
 flertal punkter.





Figur 20 Dimensioner för isolerlåda. Från Öhman (1982).

Detaljerade beräkningar av temperaturer i marken och ledningssystemet kan göras med någon matematisk-numerisk modell. Ett exempel på sådana modeller är de modeller som används av Jordvärmegruppen, CTH vid beräkning och simulering av horisontella jordvärmesystem.

Som indata till dessa modeller krävs t ex materialens värmeledningsförmåga och värmekapacitet samt lufttemperatur, avloppsvattnets temperatur och temperatur vid "undre rand" (kan vara årsmedeltemperatur eller grundvattnets medeltemperatur).

Beträffande noggrann bestämning av värmeledningsförmåga och värmekapacitet i olika jordar pågår forskning om detta vid Geologiska institutionen CTH/GU inom Jordvärmegruppens vid CTH ram, se Sundberg (1982).

Värmeledningsförmåga och värmekapacitet för några olika rörmaterial och jordarter ges i tabell 4.

Tabell 4 Värmeledningsförmåga och värmekapacitet för några olika rörmaterial och jordarter. Sammanställd med data från Eklöf (1969), VA-handboken (1981) och Byggforskningsrådet (1981).

|                 | Värmelednings-<br>förmåga<br>W/m <sup>o</sup> C | Värme-<br>kapacitet<br>kWh/m <sup>3</sup> °C | Referens    |
|-----------------|---|--|-------------|
| Vatten          | ≈ 0.6   | ≈ 1.2  | BFR         |
| Is (-4°C)       | ≈ 2.2   | ≈ 0.5  | ---         |
| Gråjärn         | 50-60   | 0.89-1.09                                    | VA          |
| Segjärn         | 25-42   | 0.98-1.41                                    | ---         |
| Stål            | 54  | 1.00   | ---         |
| Koppar          | 340   | 0.97   | ---         |
| Mässing         | 115   | 8.87-9.30                                    | ---         |
| Aluminium       | 160   | 0.72   | ---         |
| PVC             | 0.16  | 0.33-0.46                                    | ---         |
| ABS             | 0.24  | 0.39-0.52                                    | ---         |
| PEL             | 0.35  | 0.54   | ---         |
| PEH             | 0.46  | 0.60   | ---         |
| PEX             | 0.38  | 0.14   | ---         |
| PP              | 0.14  | 0.48   | ---         |
| Betong (torr)   | ≈ 1.7   | ≈ 0.61                                       | --- + Eklöf |
| Lergods         | 2   | 0.49   | VA          |
| Stengods        | 2   | 0.59   | ---         |
| Lera, silt      | 0.1-1.0   | 0.2-0.5                                      | BFR         |
| ", vattenmättad | 1.0-2.0   | 0.5-1.0                                      | ---         |
| Sand, grus      | 0.1-1.0   | 0.2-0.4                                      | ---         |
| ", vattenmättad | 1.0-2.5   | 0.4-0.8                                      | ---         |
| Morän           | 0.5-1.5   | 0.2-0.5                                      | ---         |
| ", vattenmättad | 1.5-2.5   | 0.4-0.8                                      | ---         |
| Torv, dy        | 0.1-1.0   | 1.0-1.2                                      | ---         |

I energibesparande syfte har även metoder för att utvinna energi från avloppsvatten tagits fram, som t ex

avloppsvärmeväxlare. Om dessa används i enskilda hushåll kan resultatet bli avsevärt lägre temperatur hos avloppsvattnet med i sin tur en ökad risk för frys- och tjäl-skador.

#### 6.4 Jämförelse mellan olika ledningsmaterial

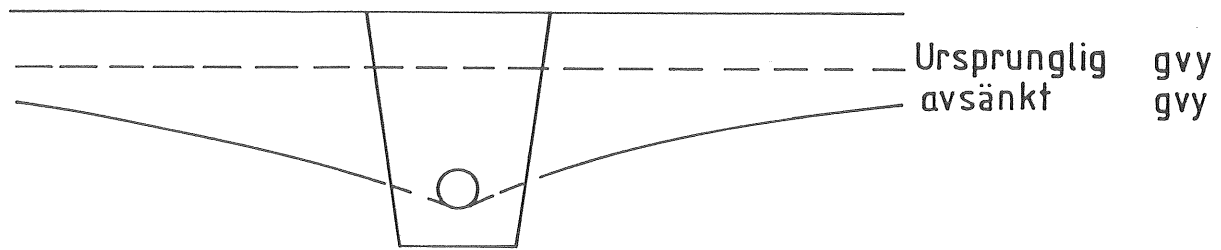
En omfattande beskrivning av olika ledningsmaterial ges i Rörboken (Gustavsberg, 1975) samt i VA-handboken (1981).

Det torde finnas ett stort FoU-behov av analys av jämförelse mellan olika ledningsmaterial beträffande läggingskostnad, funktion, livslängd, möjlighet till renovering etc.

## 7 LEDNINGSGRAVARNS HYDRAULISKA FUNKTION

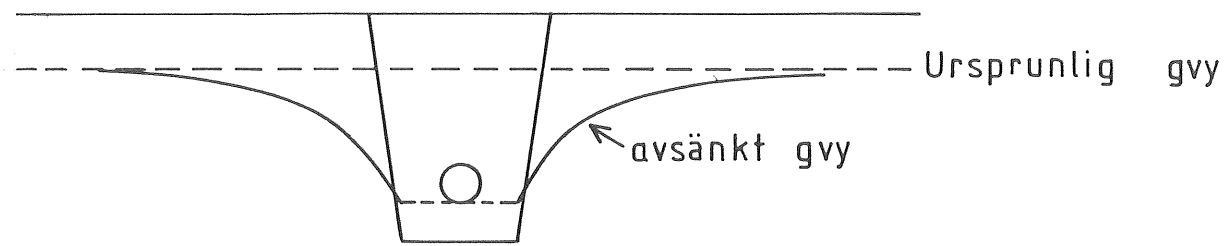
7.1 Ledningsgravars inverkan på vattenbalansen

Byggande av ledningar och utförande av ledningsgravar påverkar vattenbalansen i ett område i hög grad. Förutom tillfällig påverkan i själva byggnadsskedet kan ledningsgravar medverka till en utdränering på lång sikt. Naturliga dämmande bergströsklar sprängs kanske bort, och i lerområden fungerar ledningsgraven och dess fyllning som en dräneringskanal. Dräneringseffekten förstärks ofta av att ledningarna är otäta. Förutom att inläckage i ledningar kan orsaka sättningar kan sättningar naturligtvis orsaka skador på ledningar som i sin tur ökar inläckaget. Återfyllning i ledningsgravar är oftast friktionsmaterial då man ej vill orsaka skador på ledningarna och man samtidigt inte vill ha sättningar i färdig överbyggnad.



Grundvattenytans avsänkning vid grovt material  
(ledningsgravsfyllnad ungefär som omgivande material)

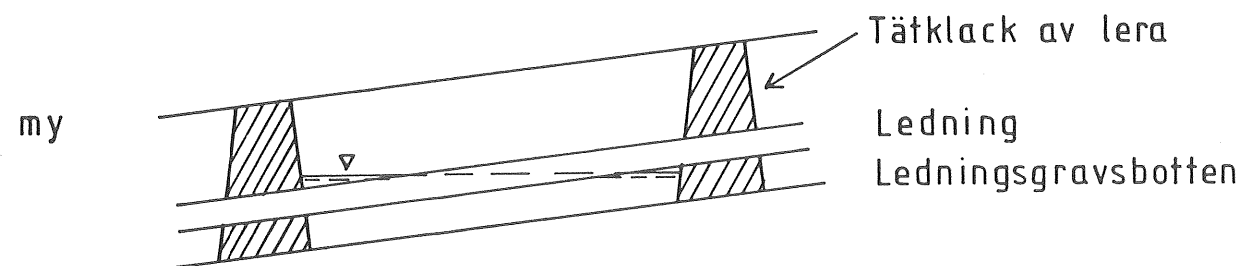
Figur 21 a Grundvattenytans avsänkning vid grovt material.



Grundvattenytans avsänkning vid finkornigt material  
(ledningsgravsfyllnaden mycket grövre än omgivade material)

Figur 21 b Grundvattenytans avsänkning vid finkornigt material.

En metod att motverka dräneringseffekten av ledningsgravar är att utföra tätklackar av lera tvärs ledningsgraven (figur 22). Tätklackarnas funktion är emellertid omdiskuterad. Bristande funktion beror bl a på att det är svårt att packa leran tillfredsställande runt ledningar med tillgängliga redskap, speciellt under redan utlagda rör. Tätklackar kan orsaka korrosion på ledningar av metalliskt material då s k luftningsceller skapas. Tätklackarnas funktion motverkas av läckande ledningar. Även om VAV:s täthetskrav vid kontroll (provtryckning) av utförd ledning uppfylls kan inläckaget till ledningen vara avsevärt (Carlstedt, 1975).



Figur 22 Ledningsgrav med tätklackar av lera (längsprofil).

Då man eftersträvar självfall i både dagvattenledningar

och spillvattenledningar kommer ledningsgravar nästan alltid att förläggas i topografiska lågpunkter i terrängen som dalbottnar och dylikt. Undantag utgör i princip bara tryckavloppssystem. Både ytvatten, grundvatten och sprickvatten (i sprickor och torrskorpelera) rinner mot den topografiska lågpunkten.

Beroende på geologisk bildning, topografiskt läge, nederbördsförhållanden etc kan ledningar och ledningsgrav ligga helt ovan grundvattenytan, periodvis under grundvattenytan eller helt under grundvattenytan. Grundvattenytans läge varierar även sett över året. Om en otät ledning ligger över grundvattenytan hela året finns ingen risk för inläckage, men å andra sidan finns risker för förorening av grundvattnet på grund av utläckage.

De åtgärder man kan vidta för att undvika utdränering genom ledningar och ledningsgravar är:

Noggranna förundersökningar.

Bedömning av geohydrologiska faktorer som jordarter, grundvattennivå i förhållande till markytan, grundvattenströmning etc.

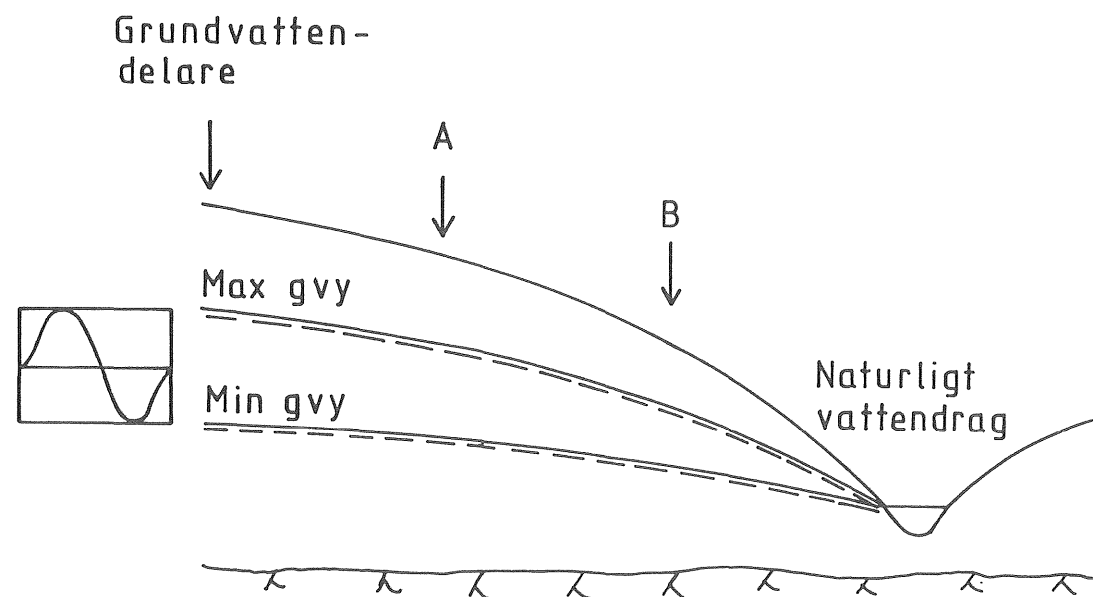
Högre täthetskrav på ledningar i sättningskänsliga områden, områden med ledningar under grundvattenytan och ledningar tidvis under grundvattenytan.

En beräkning av grundvattenytans avsänkning på grund av läckande ledningar och/eller ledningsgravens dränerande funktion kan göras med hjälp av någon lämplig allmän hydrogeologisk formel för dränering. Se till exempel Huisman (1972) eller följande avsnitt.

## 7.2 Grundvattennivåvariationer

Grundvattnets nivå varierar över året. Detta beror på att grundvattenbildningen varierar över året. Under vintern med tjälning och snö minskar grundvattenbildningen radikalt, varför grundvattennivån sjunker. Vid snösmältningen sker en kraftig grundvattenbildning med stigande grundvattennivå till följd.

Grundvattennivåvariationens storlek varierar från jordart till jordart. Jordar med hög infiltrationskapacitet, liten effektiv porositet och (under ytskiktet) låg permeabilitet får största variationerna. Detta gäller i allmänhet för morän. Även terrängläget spelar stor roll.

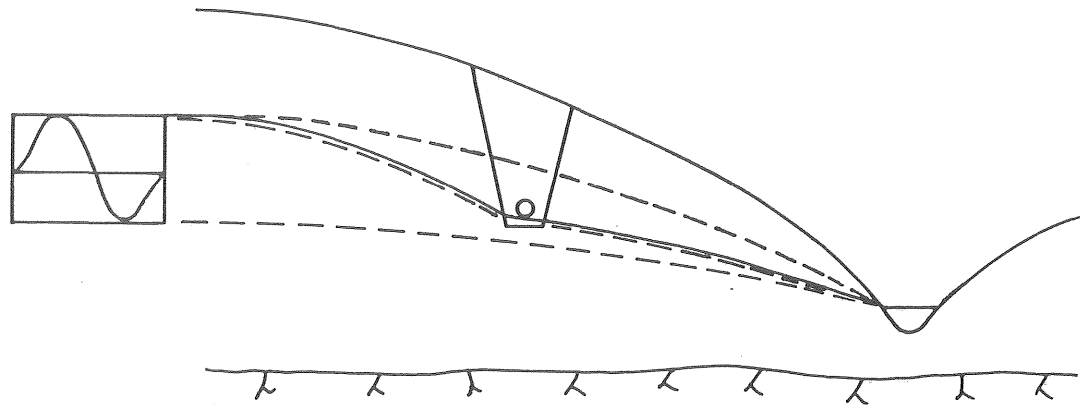


Figur 23 Schematisk framställning av grundvattennivåns variation över året.

Om vi studerar figur 23 kan vi konstatera att grundvattennivåns variation över året är likadan i punkt A och punkt B som vid grundvattendelaren. Amplituden är dock mindre (amplitud i B < amplitud i A < amplitud vid grundvattendelaren).

Grundvattennivåernas normala variation över året för de olika grundvattenregionerna beskrivs i figur 12. Dessa olika förlopp beror på olika nederbörds- och avdunstningsförhållanden samt olika temperaturer.

Detta förhållande att grundvattennivån varierar över året har betydelse både för utförande och drift av ledningssystem.



Figur 24 Ledning som verkar dränerande under en del av året.

En ledning/ledningsgrav där underkant/botten ligger mellan övre och undre grundvattennivå kommer under en period av året att stå under grundvatten. Om ledningen läcker eller ledningsgravsmaterialet är mer permeabelt än omgivande mark kommer ledningen/ledningsgraven att verka dränerande under denna period.

Det kan vara svårt att konstatera att en ledning under en del av året står under vatten, eftersom ledningsläggningen kan ha skett under den period av året då grundvattennivån står lågt. För en morän kan t ex variationen uppgå till mer än 3 m.

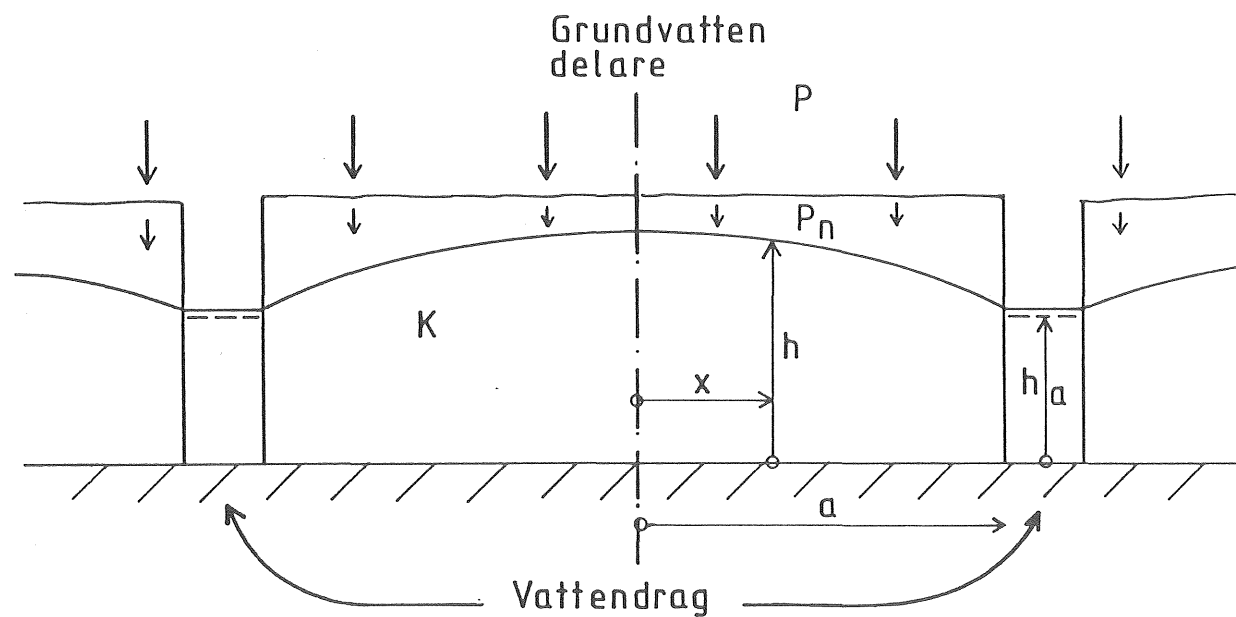
Information om grundvattennivåns variation i någon viss jordart i någon del av landet kan erhållas från SGU,



Grundvattennätet. Det bör dock återigen framhållas att terrängläget spelar en avsevärd roll.

### 7.3 Stationärt endimensionellt flöde med grundvattenbildning i öppen akvifer

Om vi känner till (eller kan bestämma) grundvattendelaren samt grundvattenbildningens storlek kan grundvattentäns nivån analyseras enligt nedan. Ytterligare en förutsättning är att vattennivån i det avvattnade diket eller ledningen är konstant, dvs att kapaciteten är minst lika stor som produkten av nederbördsintensitet och avvattnad area. Definitioner enligt figur nedan (modifierad från Ejdeling, 1981).



Figur 25 Beteckningar.

$P_n$  i figuren är grundvattenbildningens medelintensitet och  $K$  är jordens permeabilitet.

$$P_n = \frac{\Sigma P - \Sigma ET - (\Sigma R/A) - \Delta M}{\Delta t} \quad (1)$$

där

$\Sigma P$  = summanederbörd (m)

$\Sigma ET$  = summerad evapotranspiration (m)

$\Sigma R$  = summerad ytavrinning (m<sup>3</sup>)

$A$  = avrinningsområdets yta (m<sup>2</sup>)

$\Delta M$  = magasinsförändring  
(t ex snöackumulation eller  
snösmältning, positivt tecken  
betyder ökad magasinering)

$\Delta t$  = betraktad tidsperiod (s)

Om vi betraktar tillflödet per längdenhet dike eller ledning får vi:

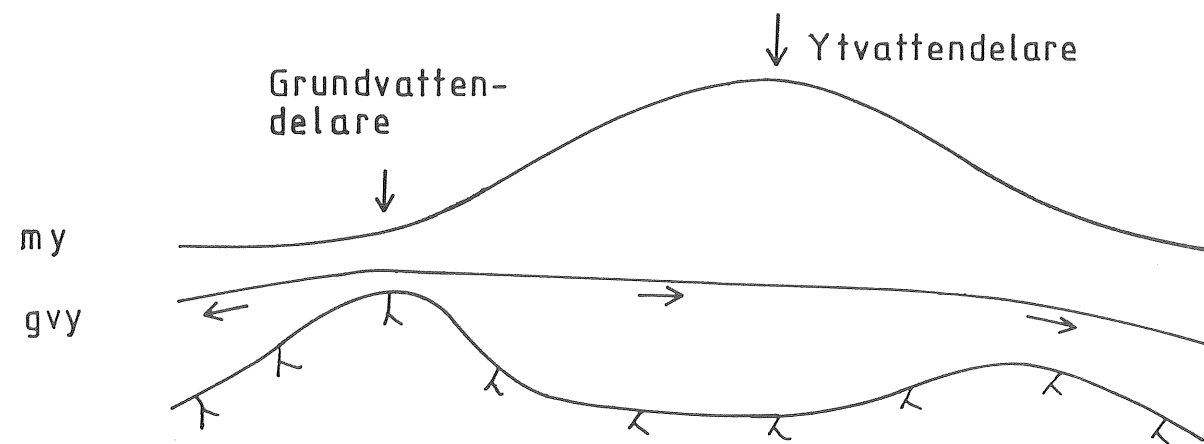
$$q = 1 \cdot h \cdot v = h \cdot \left(-K \frac{\partial h}{\partial x}\right) = P_n \cdot x \quad (2)$$

vilket ger:

$$h^2 = h_a^2 + \frac{P_n}{K} (a^2 - x^2) \quad (3)$$

Totala inflödet per längdenhet i ett av vattendragen (dikena, ledningarna) är  $Q_b = 2 a P_n$  (dvs basflödet).

Observeras bör att yt- och grundvattendelare inte nödvändigtvis behöver sammanfalla även om de ofta gör det.



Figur 26 Exempel på när yt- och grundvattendelare ej sammanfaller.

#### 7.4 Beräkning av ledningsgravars dränerande effekt

Om vi betraktar en ledningsgrav och dess ledningar som dränering för omgivande mark kan vi använda oss av följande ekvationer och beräkningar (från Olsson, 1976).

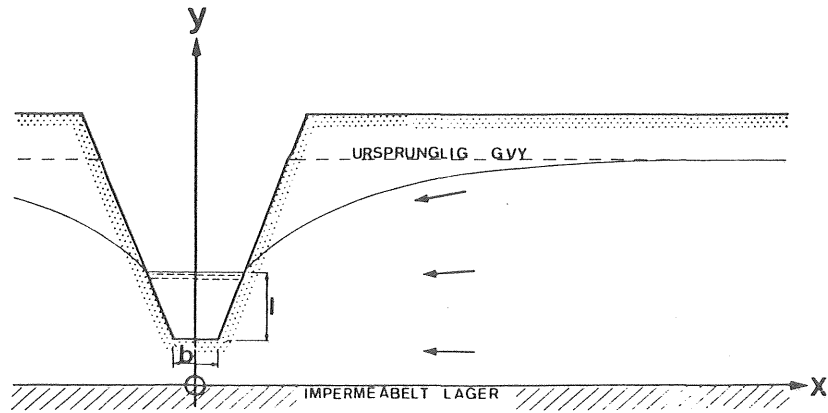
Grundvattnets strömning vid dränering följer Darcy's lag:

$$v = K I \quad (4)$$

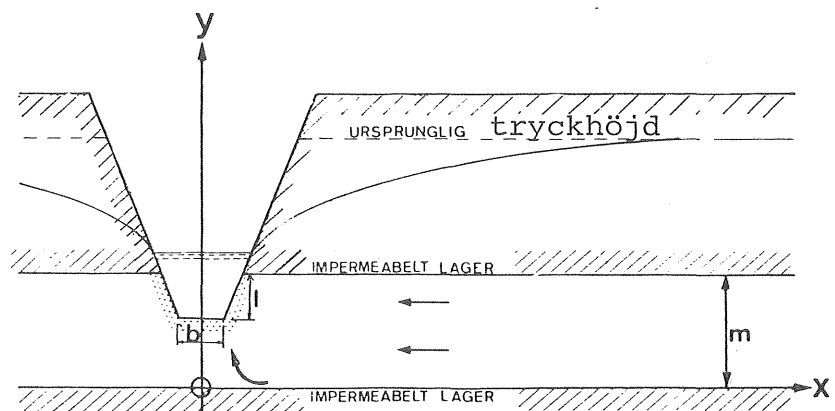
och

$$q = v A = K I A \quad (5)$$

Hydrauliska gradienten  $I$  kan betecknas som  $dy/dx$  och arean blir vid öppen akvifer  $y L$  och vid sluten akvifer  $m L$ . Se figur 26 och figur 27.



Figur 27 Grundvattnets strömning till ett dräneringsdike vid öppen akvifer. Från Olsson (1976).



Figur 28 Grundvattnets strömning till ett dräneringsdike vid sluten akvifer. Modifierat från Olsson (1976).

Om inströmningen till diket sker likformigt från båda sidor blir det totala inflödet  $2q$ , och vid en öppen akvifer får vi följande samband:

$$Q = 2q = K L \frac{(y_2^2 - y_1^2)}{(x_2 - x_1)} \quad (6)$$

Vid en sluten akvifer får vi:

$$Q = 2 q = 2 K m L \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} \quad (7)$$

Dessa båda samband är grundformler som är generellt tillämpbara, men de förutsätter att diket är i stort sett nedfört till ett underliggande icke permeabelt lager. Denna förutsättning är sällan uppfylld. En god approximation kan erhållas genom att ovan angivna medelarea ersätts med verklig inströmningsarea till diket (ledningsgraven), dvs  $A = L (2l+b)$  enligt figur 25 och figur 26.

Sambanden (6) och (7) blir då:

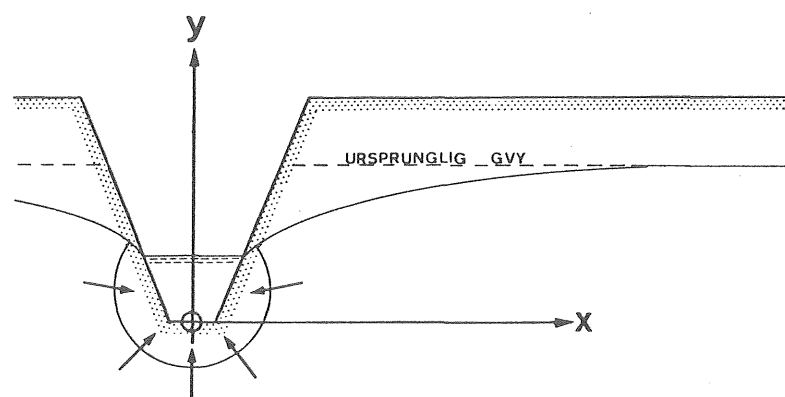
$$Q = 2 q = 2 K L (2l+b) \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} \quad (8)$$

Denna approximation gäller då för både slutna och öppna akviferer.

För djupa akviferer med likformig permeabilitet ger Darcy's lag (enligt Olsson, 1976):

$$Q = \pi K L \frac{(y_2 - y_1)}{\ln \frac{x_2}{x_1}} \quad (9)$$

På sikt kommer detta flöde att bli lika med basflödet inom den del av akviferen som ledningen avbördar.



Figur 29 Grundvattnets strömning till ett dräneringsdike vid akviferer med stort djup.  
Från Olsson (1976).

Hela ovanstående resonemang förutsätter att vi har ett öppet dike eller en ledning som är omgiven av en ledningsgravsfyllnad som har större (eller minst lika stor) permeabilitet som omgivande jord.

#### 7.5 Mätteknik i ledning

För att i detalj kunna bestämma inläckage till och utläckage från ledningar krävs god mätteknisk apparatur. Likaledes är det av stor betydelse att ha lämplig utrustning för inspektion och funktionskontroll av nya eller äldre ledningar. Bland den utrustning som finns tillgänglig kan nämnas TV-kamera och filmutrustning.

Speciellt för undersökningar av distributionsvattenledningar och lokalisering av läckor på dessa har mycket mätutrustning tagits fram. Detta på grund av de stora ekonomiska förluster kommunerna kan göra även på måttliga läckor. Se bland annat VAV (1979).

Bland de mer spektakulära metoderna kan flygfotografering med värmekänslig film nämnas. Luleå fick 1979 hjälp av Flygvapnet att lokalisera en större läcka på sitt distributionssystem. Detta kunde göras på 5 timmar med

hjälp av en S37 Viggen. Själva fotograferingen tog 40 minuter. (Ny Teknik 14:1979).

Ett flertal andra mätmetoder finns redovisade i VBB (1981) och KTH (1982).

För nivåmätning av vattengång i befintlig ledning kan slangställningsmätare användas. Genom att jämföra verklig profil med projekterad profil kan ojämna ställningar konstateras (Adestam, 1982).

Det finns ett klart FoU-behov av ytterligare utveckling av mätteknik för funktionskontroll av VA-ledningar.

## 8 LEDNINGAR OCH SÄTTNINGAR

### 8.1 Allmänt

Förutom att läckande ledningar i lermark kan bidra till utbildande av sättningar i denna mark kan även ojämna sättningar orsaka funktionsnedsättning och/eller skador på ledningar. Sättningar i återfyllnad kan orsaka skador på överbyggnad om ledningen ligger under gatumark.

Val av återfyllnad och arbetsutförande har stor betydelse för utbildandet av sättningar i ledningsgrav. Detta beskrivs mer i detalj i följande avsnitt.

### 8.2 Förebyggande av sättningar i ledningsgravar

Detta avsnitt är en sammanfattning av Bergdahl m fl (1979).

På initiativ av Svenska Byggnadsentreprenörföreningen, Vägforskningsgruppen, har en arbetsgrupp i Linköping gjort en förstudie avseende de sättningar som ofta uppstår vid lednings- och gatuarbeten inom exploateringsområden.

Arbetsgruppen bestod av representanter från Tekniska verken i Linköping AB och Statens geotekniska institut.

Undersökningen visade att sättningar på upp till 250 mm kan inträffa över ledningsgravar på 2-5 m djup, trots att viss packning av fyllningen i gravarna utförts. Vidare framkom att de föreskrifter, som finns i t ex Mark AMA 72, ej kan följas när det gäller packning av torrskorpelera och silt.

Fyra olika objekt i Linköping studerades.

Mätningarna visade att sättningarna är störst där schaktdjupet är som störst samt att man vid sidan av ledningsgraven har sättningar på endast några cm. Någon



upphängning på schaktväggarna syns ej ha skett. I djupled är sammantryckningen i huvudsak lika i de uppmätta skikten. Någon effekt av ökad packning nära markytan till följd av trafik eller av ökat överlagringstryck mot djupet har ej kunnat spåras. Densitetsbestämningarna visade vidare att jorden, sedan homogenisering skett, i huvudsak återfått sin naturliga densitet.

Studier av sättningarnas tidsförlopp visar att en stor del av sättningarna inträffar kort tid (2 à 3 veckor) efter återfyllning, men att sättningarna i samband med tjällossning och snösmältning också är av betydelse.

Vid ett studium av kostnaderna för reparation (1975-1977) av tre av objekten fann man, att dessa uppgick till mellan 90 och 165 kr per m ledningsgrav eller till mellan 16 och 25 kr per m<sup>2</sup> gata.

Den närmast till hands liggande åtgärden är att lägga ledningarna tidigare så att sättningarna kan utbildas innan beläggning påförs. Extrakostnaderna för läggning av ledningar, t ex ett halvår före beläggning och byggstart, beräknas uppgå till ungefär halva den ovan angivna summan. Reparationskostnaderna för kvarvarande sättningar bedöms också bli betydligt mindre.

Som jämförelse till ovan nämnda kostnader kan anges att ett utbyte av återfyllnadsmassor från lera till friktionsmaterial, vilket erfarenhetsmässigt ger betydligt mindre sättningar, i Linköping 1977 kostade mellan 90 och 140 kr per m ledningsgrav.

För att minska sättningarna förslås en rad åtgärder och för att värdera dessa sinsemellan föreslås vissa fortsatta undersökningar enligt följande:

- Studium på laboratorium av lera och silts packbarhet och deformationsegenskaper efter

packning samt hur dessa egenskaper kan förändras genom vattenbegjutning eller kalkinblandning.

- Utveckling av knådande redskap för packning i ledningsgravar.
- Studium av erforderlig fyllningstjocklek över ledning före packning.
- Fullskaleförsök med jämförande prov och mätningar.
- Teknisk-ekonomisk studie av olika planlösningar och förinvesteringar som kan användas för att förlänga tiden mellan återfyllning i en ledningsgrav och första beläggning.

## 9 NY TEKNIK - NÅGRA EXEMPEL

9.1 Inledning

Man kan diskutera vad som är "ny teknik". Teknikutvecklingen går så snabbt idag att det ständigt kommer nya lösningar på tekniska problem, nya apparater och nya material. Inom datorteknik och mikroelektronik går utvecklingen så fort att t ex en två år gammal dator ofta räknas som "omodern". Å andra sidan kan man konstatera beträffande kommunal teknik att det kan ta åtskilliga år innan en ny lösning har accepterats. Och det tar ytterligare år innan denna lösning har blivit "beprövad teknik".

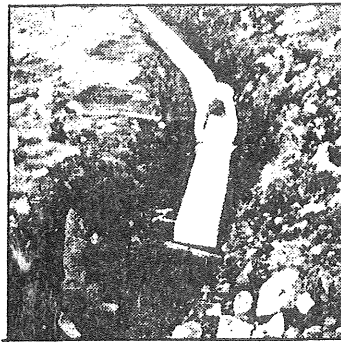
I detta sammanhang menas med ny teknik sådan teknik som introducerats i Sverige under de ca senaste 5 åren. Bland den nya tekniken hamnar då framför allt grunt förlagda ledningar och lätta avloppssystem. Som ytterligare exempel på ny teknik har valts en avloppsvattenvarmeväxlare och en ny renoveringsteknik. Renoveringsmetoder behandlas allmänt av Malmquist och Rastborg (1982). Mer ny teknik som ej behandlas här, utan på annat ställe i förstudien, är kalkpelarmetoden och mätteknik i ledningar.

Jag har i det följande valt att illustrera den "nya tekniken" med tidningsurklipp (från Ny Teknik!).

Beträffande ny teknik finns alltid ett stort dokumentationsbehov och behov av opartisk provning av förutsättningar, möjligheter och begränsningar. Vissa av dessa frågeställningar kan vara FoU-betonade.

9.2 Isolerade ledningar och "Lätt teknik"

NY TEKNIK 1978-11-30

**Rör i lådor  
spar pengar**

Vatten och avloppsledningar kan bara läggas ovanför tjälgränsen om de isoleras. Rockwool presenterar ett nytt sätt att isolera dessa rör med styrencellplast, Styrofoam, i lådform. Därmed minskar schaktkostnaderna och Styrofoamisoleringen uppges dessutom vara 20 procent billigare än traditionella isoleringsmetoder

NY TEKNIK 17:1980

**I stället för frostfritt djup:**

# **Avloppsroren isoleras med cellplast**

Mycket pengar kan sparas om rör för vatten och avlopp läggs i grunda diken i stället för på frostfritt djup. Rören förhindras att frysa genom att de isoleras med cellplast. Ytterligare besparingar i dikesgrävning kan göras genom att dra rören genom husgrunder och genom att lägga kablar för el och tele tillsammans med rören. De nya metoderna för rördragning har studerats vid Norges Byggeforskningsinstitut, NBI.

Det är dyrt att ansluta småhusbebyggelse till vatten och avlopp. Traditionellt gräver man sig ned till frostfritt djup, och det kan betyda 2,5–3 meter eller ännu mera. Sedan läggs rören för avlopp, vatten och regnvatten åtskilda och på olika djup i graven.

Detta sätt att lägga rör medför att man måste schakta stora volymer och ofta även spränga i berget. Vanligtvis gräver man dessutom ett separat men grundare dike för el- och telekablar.

Vid Norges Byggnadsforskningssinstitut har man under tio års tid utvecklat och provat nya metoder för att anlägga vatten och avlopp på ett billigare sätt. Svenska Riksbyggen i Göteborg har samarbetat med NBI. Man har funnit att man genom att isolera rören inte längre behöver gräva så djupa gravar. En meter räcker bra om alla rör läggs på samma djup.

## Värme måste tillföras

Cellplast har visat sig vara det bästa materialet för att isolera rören. Cellplasten tar upp väldigt lite fukt, och behåller därför sin isolerande förmåga bättre än andra material.

För att inte vattnet i rören ska frysa måste de tillföras värme, hur väl de än isoleras. Värme tillförs då vatten flyter genom rören. Framförallt avloppsvattnet tillför mycket värme.

NBI föreslår att man ska lägga rören för vatten och avlopp intill varandra för att de ska kunna "hjälpa varandra" att hålla värmen.

Om ett hus står obebott under någon vecka på vintern så finns det risk för att vattnet i rören fryser till. NBI föreslår därför att vattenledningen ska läggas i en slinga med två anslutningar till huvudstammen. Man föreslår också att ledningarna ska läggas på och täckas över med finmakadam. Finmakadam isolerar ganska bra, och har dessutom förmågan att magasinera värme.

Om vattnet i rören ändå skulle frysa är det bra om man lagt ned en värmekabel i graven. Det är en billig försäkring mot frysning.

Om man kan leda vatten och avlopp genom husgrunden i stället för att gräva sig förbi den, så behöver man inte gräva så långa diken.

Men det är svårt att komma åt rörledningarna för reparation om

de går genom husgrunden. Därför lägger man kopplingarna för husets anslutningar utanför husgrunden där de är lätt åtkomliga för reparation. Genom grunden går då bara rena rörstammar utan kopplingar. Risken för att dessa ska behöva rivs upp för reparation är mycket liten.

Om det är risk för att husgrunden ska sätta sig så bör man inte dra rören genom grunden.

## Kabel i samma dike

Kablar för el och tele brukar läggas i en separat grav. NBI anser emellertid att det går bra att förlägga dessa kablar i samma grav, och på samma djup, som rören.

Om alla dragningar görs på samma djup så minskas risken för att någon kabel eller något rör skadas vid eventuella uppgrävningar för reparationer. Elkabeln avger dessutom lite värme som bidrar till att hålla frosten borta från rören.

Kommunernas vatten- och avloppsledningar ska också kunna läggas grundare. Om de rör som är anslutna till kommunens rörledning är grundförlagda så finns det ingen anledning att djupgräva kommunens rörledningar.

NBI menar att de kommunala rörledningarna bör dras vid sidan om vägarna i stället för under vägbanorna. Då kan snövallarna vid vägsidan hjälpa till att isolera mot kylan.

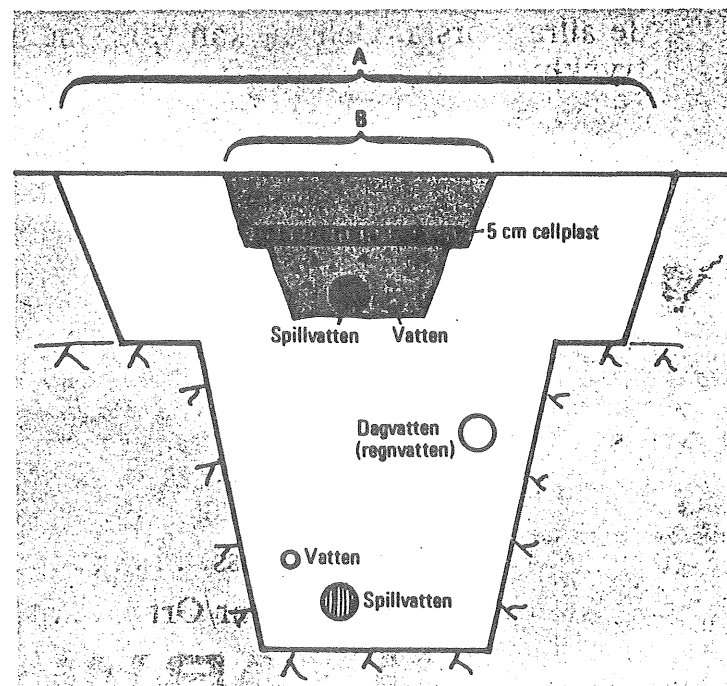
## Noggrann planering

Grunda rörgravar kan alltså spara mycket pengar. Men det krävs en noggrann planering för att man ska kunna åstadkomma sådana gravar. Husen och deras lägsta liggande nivåer måste förläggas på ett sådant sätt i terrängen att avloppet får självfall, utan att för den skull tvingas ned för långt under markytan.

Enligt Hans Berggren på Riksbyggen kan det vara motiverat att anlägga små pumpstationer för avloppsvattnet. På så vis kan man slippa att gräva sig ned mot stora djup bara därför att man måste ha självfall på avloppsvattnet.

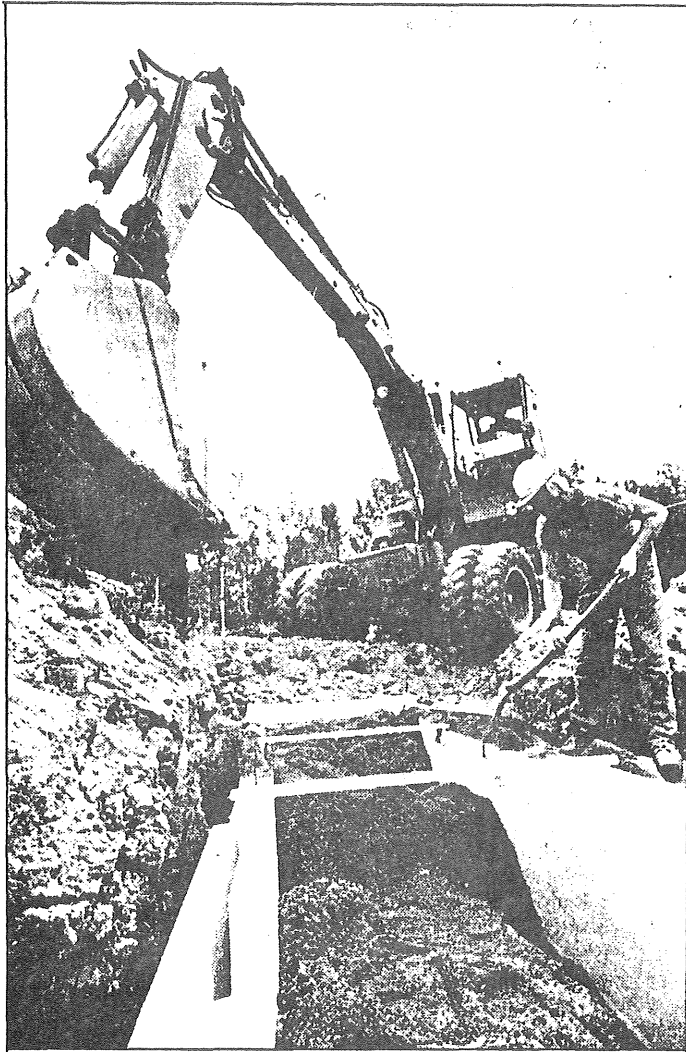
Ett lyckat tillämpande av NBIs recept kräver noggrann samordning. Husplacering, dragning av kommunens rörledningar och av el- och telekablar är alla verksamheter som påverkar, och som själva påverkas av anläggandet av vatten och avlopp.

JAN LOTHIGIUS



Stora pengar kan sparas om man isolerar vatten- och avloppsrör i stället för att gräva ner dem 3–4 meter till frostfritt djup. Samtidigt slipper man dagvattenledningar: regnvattnet samlas upp i makadamfyllningen runt rören.

NY TEKNIK 42:1980



## ISOLERADE LEDNINGAR

*Vattenledningar som isoleras med lådor av styrencellplast behöver inte grävas ner så djupt. Arbetet går snabbare och blir billigare. Förslaget kommer från företagsgruppen "Lätt kommunalteknik." Enligt gruppen bör rörledningar och el- och telekablar kunna läggas i samma rörgrav. I Sverige finns regler för avstånden mellan olika ledningstyper som försvårar en sådan lösning. Men i Norge har ledningar lagts tillsammans.*

# LÅGT TRYCK I AVLOPPET

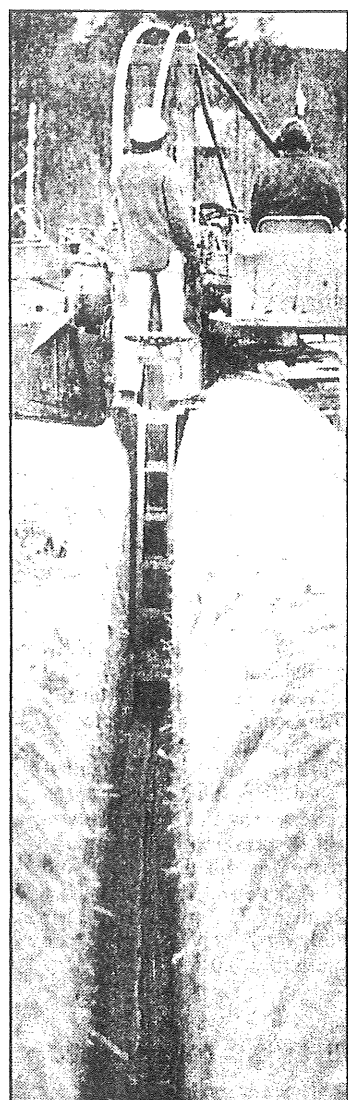


Foto LEIF REHNVALL

*I Venjan, ett samhälle väster om Mora kunde man använda sig av täckdikningsmaskin som medförde att rörgravarna blev extremt smala.*

## halverar kostnaderna

Den nya VA-tekniken med lågtrycksavlopp och grunt lagda ledningar har halverat kostnaden för VA-försörjningen till kvarteret Odlaren i Eskilstuna. Ett konventionellt tryckavloppssystem med pumpstationer och mer ledningar hade kostat ca 4 miljoner kr, nu blev kostnaden drygt 2 miljoner kr.

Kvarteret Odlaren i Eskilstuna är ett saneringsområde med ett 80-tal bebyggda fastigheter. Fullt utbyggt kommer kvarteret att omfatta ca 150 fastigheter.

Här har man nyligen färdigställt utbyggnaden av vatten- och avloppsledningar och för avloppet blev det LPS, low pressure system – ett tryckavloppssystem med lågt tryck.

Både vatten och avloppsledningar av polyetenrör ligger på ca 60 cm djup i en låda av styrencellplast.

I lådan finns också en frostskyddskabel som är termostaterad.

I tomtmark för varje fastighet ligger en tank dit avloppet leds med självfall.

### Skärhuvud fördelar föroreningarna

I tanken finns en pump med ett skärhuvud som finfördelar de fasta

föroreningarna till ca 5 mm storlek. Då tanken har fyllts till en viss nivå startar pumpen och pumpar ut avloppsvattnet till en samlingsledning för vidare transport till reningsverk. Finfördelningen av föroreningarna är en förutsättning att systemet ska fungera.

Excenterskruvpumpen i systemet har ett flöde som varierar mycket litet med uppföringshöjden. Därigenom kan ett stort antal pumpar byggas in i ett system med stora höjdskillnader.

### Spar pengar åt fastighetsägarna

– Ett konventionellt system skulle ha kostat ca 80 000 kr utslaget per fastighet och inneburet att vi fått bygga minst 3 pumpstationer, säger ingenjör Anders Lingsten på Eskilstuna kommun.

– Med det här systemet har kostnaden blivit ca 40 000 kr per fastighet och det innefattar serviceledningar, pump och tank på tomtmark.



Fastighetsägarna äger och svarar för skötseln av anläggningen som ligger på tomtmark. Den delen kostar ca 18 000 kr. Kommunen har utbildat sin personal på skötsel av LPS-anläggningarna och har även reservpumpar. Fastighetsägarna kan då få hjälp från kommunen med service till självkostnad.

## Kontrollerar i ett par år

VBB, vattenbyggnadsbyrån, kommer att kontrollera funktionen hos det här systemet ett par år tillsammans med kommunen och har begärt byggforskningsanslag från byggforskningsrådet för ändamålet.

Det är främst i områden med spridd bebyggelse och med stora höjdskillnader där avlopp med självfall är en omöjlighet som det här systemet är intressant. Ledningarna  $\varnothing 40$ – $\varnothing 100$  mm kan följa markprofilen nära varvid djupa schakter kan undvikas. Men systemet kan givetvis användas även i flack terräng.

I Venjan som är ett litet samhälle utanför Mora har ett hundratal fastigheter fått LPS-avlopp. Här går ledningarna över åkermark till stor del och man har kunnat

använda sig av täckdikningsmaskin för arbetet.

## Ledningar frös i åkermark

Med den typen av mark blev det extremt smala rörgravar och avsevärt billigare än ett konventionellt självfallssystem. Men det har inte varit helt problemfritt de år systemet varit i drift.

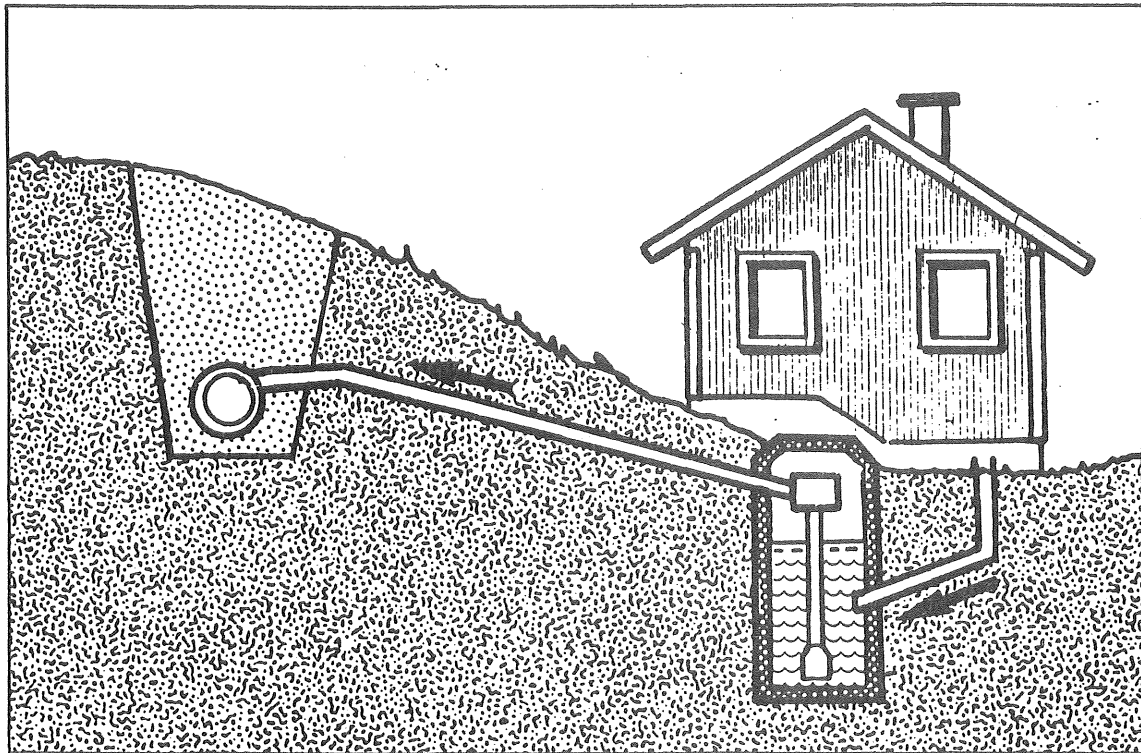
– LPS-enheterna har fungerat i stort sett bra men vi har haft problem med frysningar som gjort att vi fått byta en del pumpar, säger maskinist Gunnar Klaredal i Venjan.

Ledningarna i åkermark som är oisolerade är normalt skyddade av ett snötäcke vintertid. De ligger inte på frostfritt djup. På ett par ställen har man fått korsande trafik med snöskotrar som gjort att tjälren trängt ned och ledningarna har fryst. Pumparna har fortsatt att gå trots stopp i ledningarna och till slut inte hållit då hela systemet blivit överfullt.

## Amerikansk idé från början

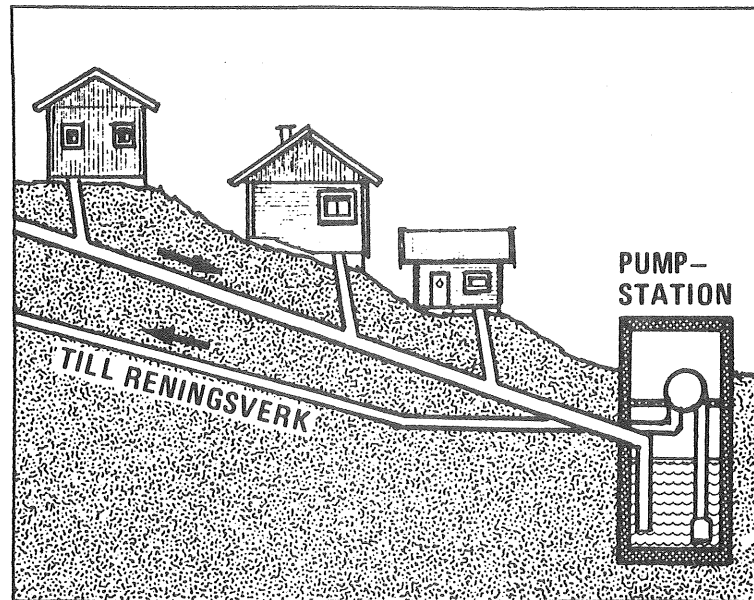
LPS är en amerikansk produkt från företaget Environmental One (Miljö-ettan?). Platzer Bygg AB fick rättigheterna att lansera systemet i Europa. Nu har rättigheterna övergått till Skandinavisk Komunalteknik AB som tillsammans med bl a Rockwool och Riksbyggen marknadsför den nya, lätta komunaltekniken som också innefattar att man ska ta hand om regnvatten lokalt och inte bygga ut särskilt ledningssystem för det. Gränges Weda har tillverkningslicens på pumpen i systemet.

Det finns svenska system som i vissa fall kan konkurrera med LPS. Enköpings kommun och Flygt AB har i samarbete tagit fram ett system som arbetar med högt tryck. LARS ERIKSSON



Teckning INGEMAR FRANZÉN

Lågtrycksavloppet LPS innebär att avloppet går i självfallsledning från huset till en uppsamlingstank. Därifrån pumpas sedan avloppsvattnet från varje fastighet till samlingsledningen och vidare till reningsverk. Ledningarna kan läggas grunt och ofta följa markprofilen.



Teckning INGEMAR FRANZÉN

I ett konventionellt tryckavloppssystem leder man först avloppet till en pumpstation varifrån det sedan pumpas till reningsverk. Ledningarna måste ofta läggas djupt för att få ut avloppet med självfall från fastigheterna.

9.3 Värmeväxling från avloppsvatten

NY TEKNIK 45:1980

**Värme från avloppet**

LINKÖPING

Med en enkel värmeväxlare kan en stor del av värmeenergin i hushållens avloppsvatten återvinnas. Värmeväxlaren är så liten att den kan monteras under en diskbänk eller en duschkabin.

En stor plåt med höga kanter monteras t ex under diskbänken. Avloppsvattnet får rinna rakt ner på plåten på vilken en några m lång kopparrörs spiral är monterad. Det varma avloppsvattnet värmer då det kalla tillloppsvattnet som går genom röret.

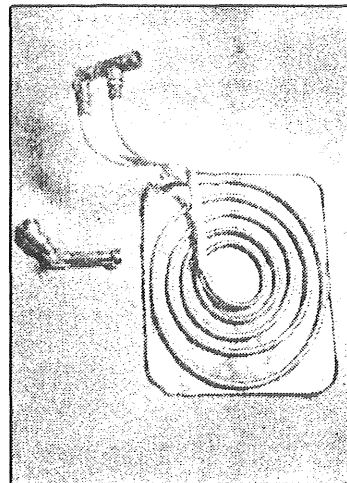
Uppfinnare är Lennart Höglund i Linköping. Han provar två värmeväxlare hemma hos sig. En sitter under diskbänken, en under en duschkabin. Genom att montera värmeväxlaren så nära tapp-

varmvattenkranen som möjligt minimeras värmeförlusterna.

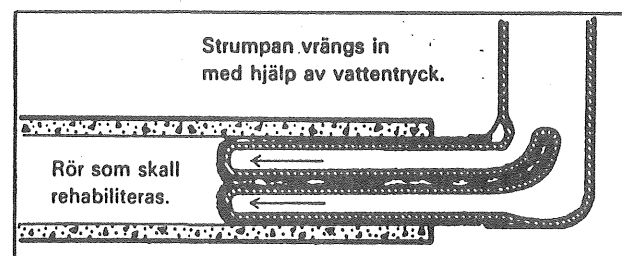
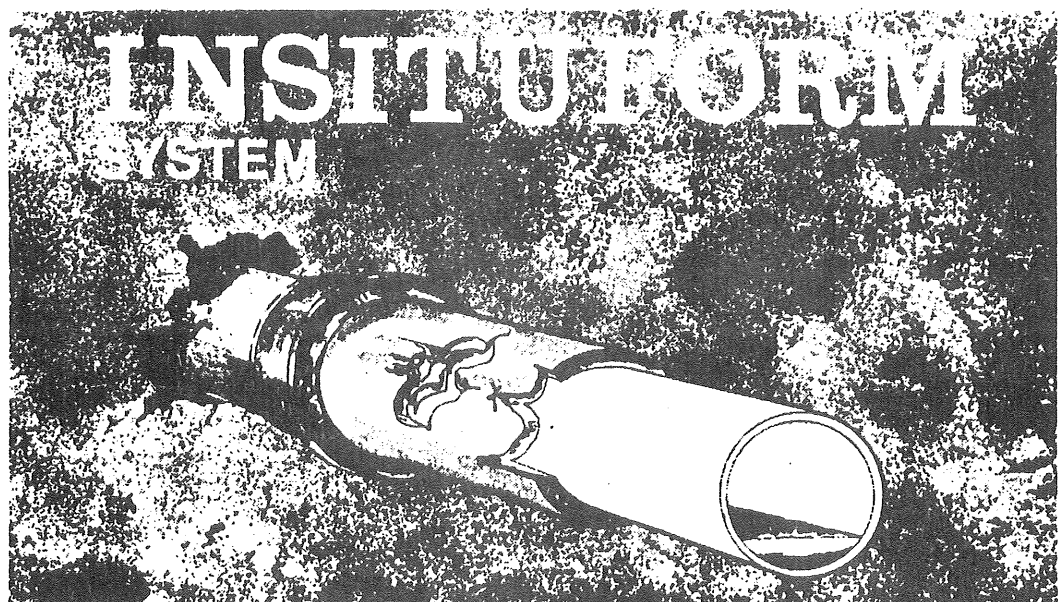
Uppåt 80 procent av värmen i avloppsvattnet kan återvinnas, hävdar Lennart Höglund. Principen är patentsökt.

Systemet konstruerades ursprungligen för att kopplas till ett värmesystem med solpanel. En solpanel kan i princip göras fem gånger mindre om värmeförloppet från avloppsvattnet tas till vara.

TOMMIE EKSTRÖM



*Över värmeväxlaren ska ett lock med hål placeras genom vilket det varma vattnet rinner ner över de spirallagda rören.*



Ett enkelt, effektivt och ekonomiskt sätt att reparera alla slags rörledningar

## INSITUFORM

➔ är en mjuk terylenfiltstrumpa, vars utsida beläggs med en trögflytande polyester-massa. Med hjälp av varmt vatten under tryck vrängs denna strumpa in i det gamla, trasiga röret och vänds därmed in och ut. Strumpan hårdas av värmen och blir ett nytt stabilt inneliggande rör. Rörets insida består av en glatt polyurethanfilm.

➔ är resistent mot de flesta kemiska föreningar.  
➔ är en snabb reparation. Ett hundratal meter utförs varje dag.  
➔ finns i alla dimensioner från  $\varnothing$  100 till  $\varnothing$  3.000 samt i varierande längder allt efter behov. Finns i tre tjocklekar: 6, 9 och 12 mm.



INSITUFORM introduceras inom industrin och det kommunaltekniska området av BPA.  
Tegnérgatan 23, Box 45126, 104 30 Stockholm 45  
Telefon: 08 - 14 10 60. Telex: BPA HK S 11887

ny teknik • teknisk tidskrift 1982:8

## GLASFIBERSTRUMPA LAGAR RÖRLÄCKOR

Utan att gräva upp och lägga nya rör kan man nu laga trasiga avloppsledningar - med en glasfiberstrumpa. Den förimpregnerade glasfiberstrumpan träs genom det rensade, trasiga röret. Hett vatten trycks genom strumpan, som då trycks ut mot rörväggen samtidigt som impregneringen härdar.

För att kunna motstå ett visst tryck från varmvattnet och för att skydda hårdplastimpregneringen är strumpan ut- och invändigt belagd med en plastfilm, som alltså utgör inner- och ytteryta på glasfibreröret.

På så sätt kan "reparations-slangen" också lagras i flera månader utan att platen härdar. Ett villkor är förstås att den lagras svalt.

Plastfilmen är elastisk och det är glasfiberstrumpan också genom att den är diago-

nalvävd.

Det är Vollmar Jonasson i Lycksele som upfunnit systemet. Han har patentet klart i fyra länder och ansökningar i ytterligare ett tjugotal.

Vollmar Jonasson påpekar att rörnäten för avlopp är i dåligt skick över hela världen. I USA utgår till exempel inga statliga bidrag till utbyggnad av reningsverk förrän de läckande avloppsrören tätats.

ERLAND ROST

10 FoU-BEHOV

Följande FoU-behov har identifierats i denna förstudie.

Systematiserade former för erfarenhetsåterföring inom hela VA-byggnadsprocessen.

Behov av speciell geoinformation vid byggande av ledningar/ledningsgravar.

Kartsystem för (VA-)ledningar på data. System och säkerhet.

Yttre korrosion. Orsaker, åtgärder.

Effekter av grundvattenförsurning på utvändig korrosion på VA-ledningar.

Sättningar i ledningsgravsfyllning av lera (fortsättning till SGI:s och SBEF:s förstudie).

Ergonomiska studier av ledningsbyggande.

Risk för frysning på grund av lägre flöde eller värmeåtervinning i avloppsledning.

Risk för korrosion på grund av samförläggning av ledningar och kablar.

Rationella läggningssätt för betongrör och plaströr (t ex plöjning).

Mätmetoder för att kunna mäta inläckage till (respektive utläckage från) VA-ledningar (gv-nivåer, flöde i rör etc).

Förutsättningar för och konsekvenser av ytligt förlagda ledningar.

Tillfällig stabilisering av väggar i ledningsgrav under arbetets gång.

Kostnadsjämförelse mellan kalkpelarmetoden och spontning vid olika typer av ledningsbyggande.

Samverkan mellan rörmaterial och återfyllnad. Krav från statisk, geohydrologisk och korrosionsskyddssynpunkt.

Inläckning i VA-ledning som funktion av grundvattennivåns årstidsvariation.

Förundersökningarnas ekonomi.

Beträffande övergripande mål för ledningsforskning, samt strukturering av det totala FoU-behovet hänvisas till Bäckman m fl (1982).

## NÅGRA ADRESSER

## Arbetskyddsstyrelsen

Ekelundsvägen 16  
171 84 SOLNA  
08-730 90 00

## BFR - Statens råd för byggnadsforskning

Sankt Göransgatan 66  
112 33 STOCKHOLM  
08-54 06 40

## Bygghälsan, Box 94

182 11 DANDERYD  
08-753 31 60

## Byggnadsarbetareförbundet, Svenska

Box 19013  
104 32 STOCKHOLM  
08-22 39 20

## Geohydrologiska forskningsgruppen

Chalmers tekniska högskola  
412 96 GÖTEBORG  
031-81 01 00

## Kommunförbundet, Svenska

Hornsgatan 15  
116 47 STOCKHOLM  
08-24 85 00

## Korrosionsinstitutet, Box 5607

114 86 STOCKHOLM  
08-22 25 40

## LMV - Statens lantmäteriverk

Lantmäterigatan 2  
801 12 GÄVLE  
026- 10 03 40



## Planverket - Statens Planverk

Box 125 13  
102 29 STOCKHOLM  
08-54 09 40

## SBEF - Svenska Byggtreprenörsföreningen

Box 27029  
102 51 STOCKHOLM  
08-22 40 60

## SGI - Statens Geotekniska Institut

581 01 LINKÖPING  
013-11 51 00

## SGU - Sveriges Geologiska Undersökning

Box 670  
751 28 Uppsala  
Tel 018-15 52 80

*Filialkontor:*

Kungsgatan 4  
411 19 Göteborg  
Tel 031-17 68 80

Virvelvindsvägen 4 K  
222 27 Lund  
Tel 046-14 84 20

Tunavägen 35  
223 63 Lund  
Tel 046-14 01 05

Geologiska kartor publicerade av Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) distribueras och försäljs av Liber-Kartor, postadress: 162 89 STOCKHOLM, telefon 08-739 90 00.

## SKTF - Svenska Kommunal Tekniska Föreningen

Kungsgatan 65  
111 22 STOCKHOLM  
08-20 19 85

## Svenska Kommunalarbetarförbundet

Box 19039  
104 32 STOCKHOLM  
08-736 07 20

**VAV - Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen**

Regeringsgatan 86  
111 39 STOCKHOLM  
08-23 29 35

**Geofysisk utrustning och undersökningar****ABEM - Atlas Copco ABEM AB**

Box 20086  
161 20 BROMMA  
08-730 08 40

**Scanrad - Skandinavisk radarsondering AB**

Box 21058  
200 21 MALMÖ  
040-29 15 25

## LITTERATUR OCH REFERENSER

- Adestam L, 1982. Nivåmätningar av ledningar i jord.  
Vatten, 2, 82.
- Andersson R, Hellsten M och Westerdahl B, 1980. Ergonomi  
vid arbete i ledningsgravar. Byggforskningsrådet  
Rapport R68:1980.
- Arbetskyddsstyrelsen, 1981. Gräv säkrare - tips om hus  
jord fungerar. H7, Solna.
- Axelsson L, Böös B, Nilsson H, Sandin J, 1982. Kommunalt  
kartprogram för Borås. Delstudie 1: Kartanvändarnas  
behov. Byggforskningsrådet Rapport R22:1982.
- Bendixen S, Jansson L-E, 1979. Värderingsmetodik för  
avloppsplanering. Byggforskningsrådet Rapport  
R133:1979.
- Bergdahl U, Fogelström R, Larsson K-G och Liljekvist,  
1979. Förebyggande av sättningar i ledningsgravar -  
en förstudie. Rapport No 7. Statens geotekniska  
institut, Linköping.
- Bjur H, Malbert B m fl, 1982. Lokala lösningar för  
vattenförsörjning och avlopp, LoVA. Planering,  
genomförande, teknik. Naturvårdsverket och Byggforsk-  
ningsrådet. Stockholm.
- Björk E, Lundström G m fl, 1979. Transport och läggning  
av betongrör. Rationella metoder för hantering av  
rör från fabrik till rörgrav. Etapp 1. Byggforsk-  
ningsrådet Rapport R103:1979.
- Björk E, Lundström G m fl, 1980. Transport och läggning  
av betongrör. Rationella metoder för hantering av  
rör från fabrik till rörgrav. Etapp 2. Byggforsk-  
ningsrådet Rapport R164:1980.

Boman P, Broms B, Paus K, Söderlind G, 1979. Kalkpelarmetoden. Uppföljning i kv.Myren, Huddinge. Byggeforskningsrådet Rapport R138:1979.

Byggeforskningsrådet, 1981. Värme i jord, berg och vatten. Utvinning och lagring. Red. Björn Svedinger. Byggeforskningsrådet T1:1981.

Bäckman H m fl, 1982. Kommunala VA-ledningar - en analys av dagens situation och FOU-behov. Byggeforskningsrådet G4:1982.

Camitz G, 1980a. Korrosionsundersökningar i jord. Bestämning av jordars resistivitet. Korrosionsinstitutet. Bullentin nr 88. Stockholm.

Camitz G, 1980b. Korrosionsundersökningar i jord. Bestämning av jordars pH-värde. Korrosionsinstitutet. Bullentin nr 89. Stockholm.

Carlstedt B, 1975. Hydrologisk modell. Dränering genom ledningsgravar. Byggeforskningsrådet Rapport R37:1975.

Claesson E, Lindblom P, 1971. Socialkunskap I. Gymnasieskolan 3-åriga linjer. Svenska Utbildningsförlaget Liber AB. Stockholm.

Dobrin MB, 1976. Introduction to geophysical prospecting. McGraw-Hill. London.

Eggwertz S, 1982. Trafiklast på rörledning med jordöversyllning. Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen. Publikation VAV P43.

Ejdeling G, 1981. Grundvattenhydraulik för "Kvartärgeologi B2". Geologiska institutionen CTH/GU. Publ. C20, Kompendium. Göteborg.

Ekholm C, Mattson L, 1982. Geofysiska undersökningsmetoder användbarhet vid projektering av ledningsgravar - en pilotstudie. Geologiska institutionen CTH/GU. Publ. B192, Examensarbete. Göteborg.

Eklöf O, 1969. Fysikhandboken för gymnasiet och fackskolan. Tabeller och formler. Biblioteksförlaget. Stockholm.

Eriksson U, Svensson P L, 1980. Jetinjektering för jordförstärkning och tätning. Byggforskningsrådet Rapport R143:1980.

Eriksson Ö, 1982. Behöver vi forska om vatten och avlopp? Tidskriften Byggforskning 6:1982. Tema: VA-teknik.

Escalante E (red), 1981. Underground Corrosion. A symposium sponsored by ASTM Committee G-1 on Corrosion of Metals. American Society for Testing and Materials. Williamsburg, Va., 26-27 Nov. 1979. ASTM Special Technical Publication 741.

Fält U, 1980. Georadar - En grundundersökningsmetod. Geologiska institutionen CTH/GU. Publ. B147. Göteborg.

GFI, 1978. Utvändigt korrosion på markförlagda VA-ledningar. Göteborgs Förorter, Ingenjörskontoret. Stencil.

Gundersen P, 1979. Frostsikring av vann- og avløpsledninger. Norges Byggeforskningsinstitutt. Arbeidsrapport 22.

Gustavsberg, 1975. Rörbok. Yttre rörledningar.

Harris R J, Thornton P N, 1978. Geological and geophysical investigation procedures for shallow excavations in urban areas. Proc. 30th Conf. 1978. "Engineers developing a better world". Melbourne, April 1978.

Holmstrand O, 1981. Praktisk tillämpning av ingenjörsgelogisk kartering. Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH. Meddelande nr 63. Göteborg.

Holmstrand O, Lindvall O, 1979. Infiltrera dagvatten - planering och metoder. Naturvårdsverket och Byggnadsforskningsrådet. Stockholm.

Huisman L, 1972. Groundwater recovery. MacMillan. London-Basingstoke.

Jansson L-E, 1964. Frost Penetration in Sandy Soil. Kungl. Tekniska Högskolans handlingar nr 231.

Jansson L-E, 1965. Undersökning avseende belastningar på styva rör i mark. Kungl. Väg- och Vattenbyggnadsstyrelsen P181. Stockholm.

Jansson L-E, 1968. Tjäl djupet i Sverige. Information från Statens Naturvårdsverk, V4, 1968.

Jansson L-E, Lundgren J, 1975. Dagvattenuppsamling och -avledning. Byggnadsforskningsrådet Rapport R64:1975.

Jergman K, 1981. Salter i mark och vatten inom det arida klimatområdet. Inverkan på byggnadsgeologisk verksamhet med exempel från Saudi-Arabien. KTH, Institutionen för Kulturteknik. Meddelande 3:40. Avhandling. Stockholm.

Knutson G, Morfeldt C-O, 1978. Vatten i jord och berg (2:a upplagan). Ingenjörsläroverket. Stockholm.

Kommunförbundet, 1980. Kartdatabanken, Delrapport 1.  
Svenska Kommunförbundet, ISOK.

KTH, 1982. Mätning av avloppsvattenflöde i ledningsnät,  
avloppspumpstationer och fasta mätanordningar.  
Bullentin No 116, Inst. för vattenbyggnad, KTH.  
Stockholm.

Lundegårdh P H, Lundqvist J, Lindström M, 1970. Berg och  
jord i Sverige. Almqvist & Wiksell. Stockholm.

Malmquist P-A, Rastborg G, 1982. Renovering av avlopps-  
ledning. Tidskriften Byggforskning 6:1982. Tema:  
VA-teknik.

Mark AMA -72. Byggandets samordning AB. Stockholm 1972.

Mark AMA -83. Remissupplaga AMA -83. Byggandets samord-  
ning AB. Stockholm 1982.

Mattsson E, 1970. Elektrokemi och korrosionslära. En  
grundläggande orientering. Korrosionsinstitutet.  
Bullentin nr 56. Stockholm (2:a omarbetade upp-  
lagan, 3:e tryckningen, 1974).

Molin J, 1967. Flexibla rör i jord. Chalmers Tekniska  
Högskola, Göteborg.

Molin J, 1971. Dimensioneringsprinciper för plaströr i  
jord. Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen.  
Publikation VAV P16, 1971.

Molin J, 1973. Plaströr i leriga jordarter. Delrapport.  
Etapp 1. BFR-projekt 730015-1. VBB, Malmö.

Molin J, 1975. Deformationer hos markförlagda själv-  
fallsledningar av PVC och PEH. BFR-projekt  
720205-9F 1031. Sveriges Plastförbund.

Molin J, 1981. Plaströr i leriga jordarter. Byggeforskningsrådet Rapport R61:1981.

Molin J, Olofsson D, 1978. Speciella belastningsfrågor för armerade betongrör i mark. Utredningsetapp 2. Fältförsök vid Hyllie vattentorn i Malmö. BFR-projekt 740523-8. VBB, Malmö.

NBI, 1976. Vann- og avløpsledninger; frostsikring av private ledninger i fjellgrunn. Norges Byggeforskningsinstitutt, (58) 204.

Nordberg L, Persson G, 1979. Vårt vatten - tillgång, utnyttjande. LT:s förlag. Stockholm.

Olsson L, Stille H, 1980. Lönar sig en kompletterande grundundersökning? Beslutsteori tillämpad på ett spontningsobjekt. Byggeforskningsrådet Rapport R174:1980.

Olsson T, 1976. Beräkningsmetoder för grundvattendrainering. Grundförbättring, 27, 1975/76, 1, 53-56.

Ottosson E (red.), 1982. Geotekniska fältundersökningar. Metoder. Erfarenheter. FoU-behov. Statens Geotekniska Institut. Rapport No.16.

Porturas F, 1982. Applied geophysics in engineering geology. Väg- och vattenbyggaren nummer 1-2, 1982.

Restoration of sewerage systems, 1981. Proceedings of an International Conference organized by the Institution of Civil Engineers. London 22-24 June 1982.

SBN 1980. Svensk byggnorm. Statens planverks författningssamling, PFS 1980:1. Liber Förlag. Stockholm.

SGU, 1981. Kartinformation 1981. Sveriges Geologiska Undersökning.



- Sanne C, 1973. Att värdera trafik-metoder för analys och värdering av trafiksystem i städer. Nordiska institutet för samhällsplanering. Rapport 1973:1.
- Sundberg J, 1982. Metoder för bestämning av värmeöverförande egenskaper i jord och berg. Jordvärme-gruppen vid CTH, Rapport 5:1982. Göteborg.
- Svensson G, 1982. Forskning om VA-nätets svaga punkter. Tidskriften Byggforskning 6:1982. Tema: VA-teknik.
- Teknologföreningen, 1976. Anvisningar för spont i ledningsgrav. Svenska Teknologföreningen. Stockholm.
- Telford W M, Geldart L P, Sheriff R E, Keys D A, 1976. Applied Geophysics, Cambridge University Press.
- Ulriksen C P F, 1982. Application of impulse radar to Civil Engineering: Doctoral Thesis. Department of Engineering Geology. Lund University of Technology.
- VA-handboken, 1981. VA-handboken - Projektering. Svensk Byggtjänst. Stockholm.
- VAV, 1969. Läggningsdjup för VA-ledningar i jord med hänsyn till tjäle. Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen. Publikation VAV P14. Stockholm.
- VAV, 1979. Läcksökning på vattenledningar. Metodik och teknik för att kontrollera och lokalisera läckor på vattenledningsnät. Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen. Publikation VAV P35. Stockholm.
- VBB, 1981. VBB-Projekt Nr 2-81. Stockholm.
- Westberg N, Jansson L-E och Bergström H, 1969. Livslängden hos betongrör utsatta för korrosion genom angrepp av kolsyrahaltigt vatten. Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen. Publikation VAV P15.

Öhman I, 1982. Grunda isolerade VA-ledningar i kallt klimat. En fältstudie. Rapport nr 8. Avdelningen för VA-teknik, Högskolan i Luleå. TULEA 1982:036.

INSTITUTIONENS NYA PUBLIKATIONS- OCH INTERNSKRIFTSSERIE

Publikationsserien

- 1:82      Årsrapport 1981.
- 2:82      Hedberg, T., Liljenzin, J.O., Fridemo, L.,  
Sjölander, B.  
Sätt att minska radonhalten i dricksvatten.  
Forskningsrapport
- 3:82      Andersson, Ö., Hanaeus, J., Hedberg, T.  
Kartläggning av vattenkvalitetsförändringar i distribu-  
tionsnät, Stockholm 1981. Forskningsrapport
- 4:82      Sjölander, B., Hanaeus, J., Hedberg, T.  
Kartläggning av vattenkvalitetsförändringar i distribu-  
tionsnät, Malmö 1980. Forskningsrapport
- 1:83      Årsrapport 1982
- 2:83      Hedberg, T. Referat.  
Hårdhetshöjning av mjuka vatten.
- 3:83      Lumley, D och Balmér, P  
Analysis of Operational Data Collected at the  
Eskilstuna Wastewater Treatment Plant
- 4:83      Kaffehr, B.  
Naturliga organiska ämnen i integrerade vattensystem.  
En litteraturstudie.
- 5:83      Jonasson, S.  
Förstudie - Ledningsgravar
- 6:83      Hedberg, T  
Undersökning av alkaliska filtermassor

- 7:83 Hedberg, T., Nilsson, U.  
Rönnätsundersökning i samband med hårdhetshöjning vid  
Arvika vattenverk.
- 8:83 Horkeby, G.  
Utprovning av metoder för bestämning av adenosintri-  
fosfat (ATP) i aktivt slam.

### Internskriftserien

- 1/82 Lund, A. och Ström, R. Examensarbete.  
Urtvätning och transport av partikulära föroreningar från hårdgjorda ytor i samband med regn. "Modellförsök".
- 2/82 Nygren, Sven-Olof B. Examensarbete.  
Betydelse av löst och partikulärt substrat för slamproduktionen vid aktivslamprocessen.
- 3/82 Nilsson, L. och Nord, L. Examensarbete.  
Reduktion av organisk substans med makroporös jonbytare vid renvattenframställning.
- 4/82 Hedberg, Torsten. Förstudie  
Dricksvatten från försurade sjöar. Ett försök i pilotskala att reducera aluminiumhalten.
- 5/82 Hedberg, Torsten. Föredrag  
Förändring av vattenkvalitet i distributionsnät.
- 6/82 Hedberg, Torsten. IWSA 82  
Water Quality in the Distribution Network.
- 7/82 Hedberg, T. och Andersson, Ö. Redovising  
Funktionsbesiktning av Marstrands vattenverk.
- 8/82 Bäckström, L., Zetterberg, M. Examensarbete.  
Privata avloppsserviser - en intervjuundersökning i 16 kommuner.
- 9/82 Bolinder, Lena och Ernbrink, Gudrun. Examensarbete.  
Renvattenförbrukningens variationer.
- 10/82 Johansson, B., Jonsson, S., Rahm, I., Stening, B., Teiland, T. Examensarbete.  
Föroreningsbelastning av dagvatten. Metodstudie tillämpad på Gullmarsfjorden.

- 11/82 Johansson, Thomas. Examensarbete.  
Teknisk-ekonomisk uppföljning av vatten- och avlopps-  
infodringar.
- 12/82 Andersson, Göran och Einarsson Fredrik. Examensarbete.  
Undersökning av vattenkvalitetsproblem i ett bostads-  
område, Våglångsgatorna, Västra Frölunda.
- 1/83 Johnson, Bo. Examensarbete.  
Rännstensbrunnars betydelse för dagvattnets förore-  
ningsbelastning.
- 2/83 Bäckman, H och Svensson, G.  
Utvärdering av kaliberingspunkter vid flödesmätning i  
öppen ledning. - Presentation av en metod och ett  
datorprogram för ABC80
- 3/83 Hallquist, C., Riemsdijk, A., Söderstam, G och  
Wikström, I. Examensarbete  
Driftstudier av reningsverk med Järn(II)sulfat fäll-  
ning.
- 4/83 Arvidsson, M., Blomquist, U. Examensarbete.  
Miljöfarligt gods över Gullmarn. (Utgivet av Länssty-  
relsen i Göteborgs och Bohus län, Naturvårdsenheten).
- 5/83 Söderstam, Gunilla. Examensarbete.  
Kemisk fällning med järn(II)salter - Litteraturstudie.
- 6/83 Hedberg, Torsten. Föredrag.  
Rening med hänsyn till distributionsnätet.
- 7/83 Johansson, E., Andersson, Ö., Hedberg, T. Utredning  
Vattenkvalitetsförändringar i Distributionsnät, Stenung-  
sund 1983.

8/83

Grane, Ingvar. Examensarbete

Teknisk-ekonomisk uppföljning av avloppsinfiltration.







