



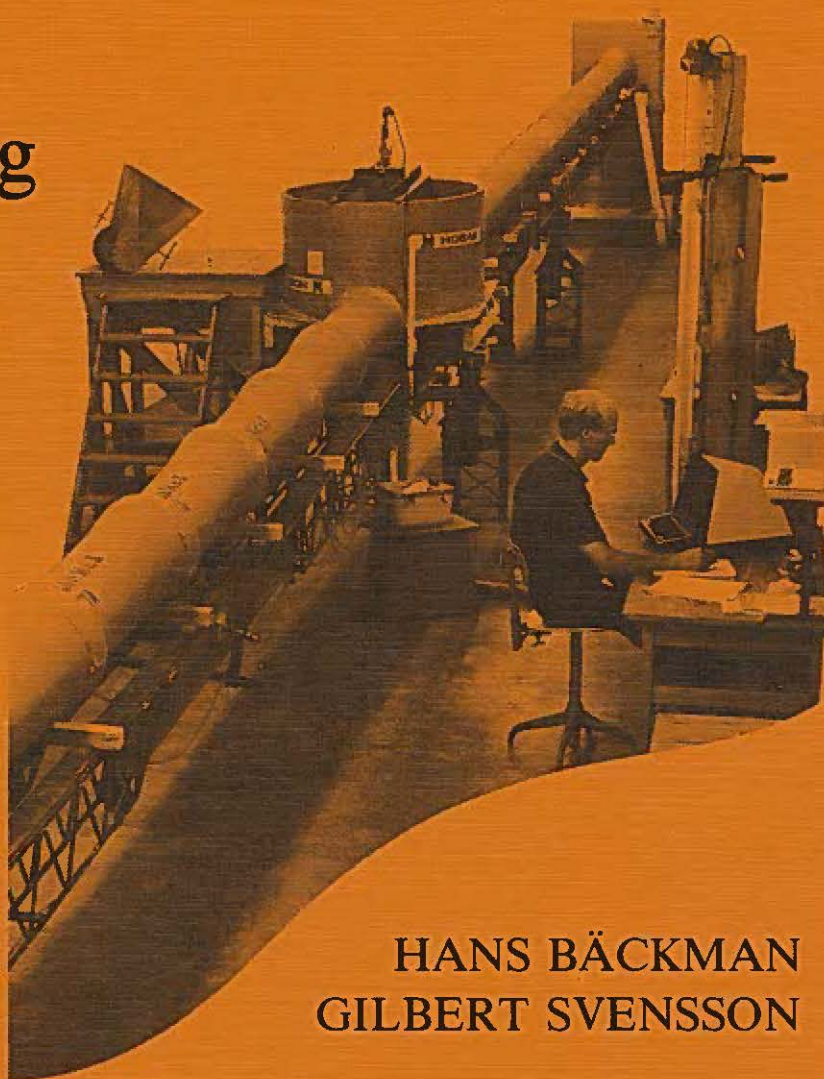
**CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN**

**Geologi  
Geoteknik med grundläggning  
Vattenbyggnad  
Vattenförsörjnings- och avloppsteknik**

ISSN 0347 - 8165

# Flödesmätning i avloppsnät med portabla utrustningar

**Mät noggrannhet  
under kontrollerade  
förhållanden i en  
225 mm:s betongledning**



**HANS BÄCKMAN  
GILBERT SVENSSON**



CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA  
GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Geologi  
Geoteknik med grundläggning  
Vattenbyggnad  
Vattenförsörjnings- och avloppsteknik

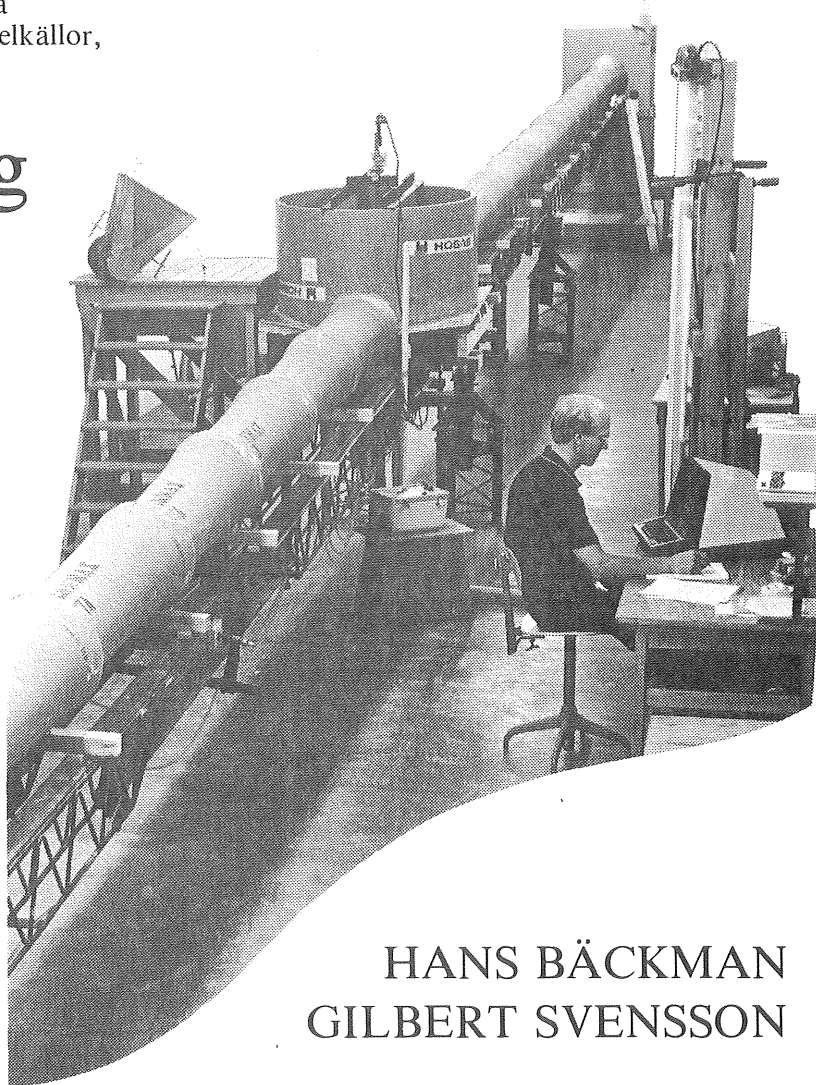
ISSN 0347 - 8165

**Nyckelord :**

Avloppssystem, flödesmätning, portabla instrument, hydrauliska förhållanden, felkällor, mätnoggrannhet, laboratorieförsök.

# Flödesmätning i avloppsnät med portabla utrustningar

**Mätnoggrannhet  
under kontrollerade  
förhållanden i en  
225 mm:s betongledning**



HANS BÄCKMAN  
GILBERT SVENSSON

Adress :  
Geohydrologiska forskningsgruppen  
Chalmers Tekniska Högskola  
412 96 Göteborg  
Tel. 031 - 81 01 00





## Förord

Denna skrift ägnas flödesmätning i avloppsledningar. De resultat som redovisas härrör från laboratoriestudier i full skala av olika flödesmätningssprincipers noggrannhet. Projektet som kallats »Funktionskontroll av avloppsnät - utveckling av mätmetoder» har varit ett stödprojekt till olika ledningsteknikprojekt inom den Geohydrologiska forskningsgruppen vid Chalmers. Det har utförts parallellt med projektet »Brister i befintliga avloppsnät och dess konsekvenser» och denna skrift skall också ses som en rapport för detta projekts etapp 2.

Försöksanläggningen har projekterats och drivits av Börje Sjölander, som också deltagit i övriga delar av projektet. Under den mest intensiva delen av försöken assisterades vi av Marlene Tepfers, som utförde många försök och också deltog i den grafiska bearbetningen av mätvärdena.

Försöksanläggningens utformning och de hydrauliska förutsättningarna för försöken har vi diskuterat med Anders Sjöberg, Gösta Lindvall och Sven Lyngfelt på institutionen för Vattenbyggnad. Vi har vid dessa diskussioner tacksamt mottagit många värdefulla synpunkter.

Försöken har varit avhängiga ett välvilligt tillmötesgående från olika instrumentleverantörer. De instrument vi har använt har vi utan vederlag fått låna från: EIVA A/S i Aarhus, Level-Control AB i Spånga och Sigurd Holm AB i Bandhagen. Rörmaterial till försöksanläggningen har skänkts av Göteborgs VA-verk och HOBAS RÖR AB. Vi framför härmed vårt tack.

Fotografierna som redovisas i rapporten har tagits av Tomas Wahlberg och Thomas Eriksson. Tomas Wahlberg har även hjälpt oss med rapportens layout.

Bearbetning och grafisk presentation av alla försöksresultat har i huvudsak utförts med statistikprogrammet SAS vid Göteborgs Datacentral. Utskriften och fotosättningen av rapporten har skett via Göteborgs Datacentrals ordbehandlingsystem DOKF.

I mars 1983 förelåg denna skrift som arbetshandling och lämnades för synpunkter internt på Inst för VA-teknik och till

Anders Sjöberg, Inst för Vattenbyggnad, CTH  
Bernt Persson, Göteborgs VA-verk  
ovan nämnda instrumentleverantörer

samt till ledningsteknikprojektens speciella diskussionsgrupp bestående av:

Jan Adamsson, Göteborgs VA-verk  
Yngve Backlund, K-konsult, Stockholm  
Erling Holm, Teknologisk Institut, Danmark  
Bengt-Lennart Pettersson, VBB/Backö, Växjö

Vi är mycket tacksamma för det intresse som visats oss och de synpunkter vi erhållit.

Projektet har finansierats med stöd från Byggeforskningsrådet.

Göteborg i juni 1983.

Hans Bäckman

Gilbert Svensson

## Sammanfattning

Det är förenat med många svårigheter att mäta flöden i avloppsnät. Detta beror på att man ständigt tvingas att kompromissa mellan mätprincipernas hydrauliska krav och de förhållanden som råder på mätplatsen.

Flera olika mätprinciper finns att tillgå. Dessa har olika hydrauliska förbehåll, användningsområden, noggrannhet och inte minst kräver olika dyrbara utrustning. Vilken som är lämpligast kan först besvaras, när man tänkt igenom syftet med flödesmätningen.

Mätnoggrannheten är särskilt viktig om man vill studera förändringar, exempelvis effekten av en ledningsrenovering. Lägre krav kan å andra sidan ställas om man endast önskar konstatera om mätsträckan är mycket eller litet påverkad av ovidkommande vatten.

Ett krav på högre mätnoggrannhet medför oftast dyrare mätningar. Man skall naturligtvis alltid eftersträva en lämplig avvägning mellan mätningens förväntade noggrannhet och kostnad.

Tre olika mätprinciper har undersökts med avseende på mätnoggrannhet i VA-tekniks laboratorieanläggning. Denna består av en 24 m lång betongledning med diametern 225 mm och en nedstigningsbrunn efter 15 m. Ledningen är förlagd på balkar och kan ges en lutning mellan 0 och 40 promille. Verkligt flöde som maximalt kan uppgå till 60 l/s mäts noggrant med vattenmätare före inloppet. De hydrauliska förhållandena längs ledningen kan studeras med tio vattenståndsrör.

De tre mätprinciper som undersökts är:

- Mätning av nivå i öppen ledning utan kalibrering av mätpunkten.
- Mätning av nivå i bestämmande sektion.
- Mätning av nivå och hastighet.

Varje mätprincip har undersökts vid lutningarna 3, 10, 20 och 40 promille och för varje lutning har fyra flöden undersökts. Utrustningarna som använts har varit kommersiellt tillgängliga och ställts till förfogande av olika leverantörer.

Resultaten kan sammanfattas i följande punkter:

### **Mätning av nivå med ekolod i öppen ledning utan kalibrering av mätpunkten:**

- Det totala mätfelet uppgick som mest till +/-50% beroende på fyllnadshöjd, trots att ledningen var perfekt lagd.
- Ledningens lutning och kondition i närheten av mätsektionen har stor betydelse för mätnoggrannheten.
- Mätnoggrannheten är direkt proportionell mot noggrannheten i bestämningen av Mannings tal.
- Noggrann nivåmätning med spetsmätare gav upphov till ett slumpmässigt mätfel på +/-25%.
- Normalt vattendjup, som är en förutsättning för denna mätprincip kan inte exakt uppmätas i en avloppsledning utan vattendjupet varierar slumpmässigt kring det normala. Detta medför ett slumpmässigt mätfel på ca +/-10%.
- Mätnoggrannheten kan förbättras om Mannings tal och ledningens lutning elimineras ur Mannings ekvation genom en kalibrering vid en eller flera fyllnadshöjder.

#### **Mätning av nivå med ekolod i Palmer-Bowlus mätträna:**

- Det relativa mätfelet uppgick till  $\pm 25\%$  för flöden större än 20% av maxflödet. För mindre flöden ökade det relativa felet.
- Det är svårt att nedbringa det relativa mätfelet under  $\pm 10\%$  på grund av fel i nivåmätningen.
- Mätprincipen är mindre beroende av ledningens kondition om man bortser från risken för utläckning. Här krävs endast att en bestämmande sektion uppstår.
- Mätinsatsernas hydrauliska krav kan sällan helt uppfyllas i en avloppsledning varför avbördningssambanden skiljer sig något från de teoretiska.
- Mättränan (PB-6) förmår ej att ge en bestämmande sektion vid lutningar större än ca 25 promille.

#### **Mätning av nivå med bubbelpegel och hastighet genom elektromagnetisk induktion:**

- Det relativa mätfelet var för hela mätområdet mindre än  $\pm 25\%$ .
- Mätprincipen är ej beroende av att normalt vattendjup utbildas.
- Då varken nivå eller hastighet mäts beröringsfritt påverkas mätresultatet av givarnas störning på strömbilden.
- Denna mätmetod ger den bästa mätnoggrannheten för hela mätområdet, men kräver också den dyraste utrustningen.

## Innehåll

Förord .....	I
Sammanfattning .....	II
Figurförteckning .....	V
1 Vår förhoppning är att denna rapport skall bidra till bättre flödesmätningar i avloppsnät . . .	1
2 Syftet med en flödesmätning bestämmer noggrannhetskravet från en kvalificerad gissning till ett noggrant undersökningsresultat .....	2
3 Vi har testat några mätprinciper under kontrollerade förhållande i laboratorium .....	3
3.1 Försöksanläggningen .....	3
3.2 Försöksserien .....	4
3.3 Flödesmätningstrustningar .....	4
4 Mätning av nivå i öppen ledning utan kalibrering av mätbrunnen ger ett svårbedömt resultat, men är enkel att utföra .....	6
4.1 Mätprincipens hydrauliska bakgrund och förenklingar .....	6
4.2 Mätprincipens uppmätta noggrannhet .....	8
4.3 Diskussion av felkällor .....	12
4.3.1 Inställning av nollpunkt och mätområde .....	12
4.3.2 Placering av mätpunkten i brunnen .....	13
4.3.3 Bestämning av ledningens råhet och val av delfyllnadskurva .....	16
4.3.4 Påverkan av riktningsavvikelse i höjddled .....	17
4.4 Mätprincipen kan göras oberoende av feluppskattningar för råhet och bottenlutning genom en kalibrering .....	20
5 Mätning av nivå i bestämmande sektion har goda förutsättningar inom sitt mätområde, men medför en reduktion av ledningens kapacitet. ....	22
5.1 Mätprincipens hydrauliska bakgrund och förenklingar .....	22
5.2 Mätprincipens uppmätta mätnoggrannhet med Palmer-Bowlus mätränna .....	23
5.3 Diskussion av felkällor .....	26
6 Mätning av nivå och hastighet har goda förutsättningar för ett bra mätresultat men kräver mer komplicerad utrustning. ....	27
6.1 Mätprincipens hydrauliska bakgrund och förenklingar .....	27
6.2 Mätprincipens uppmätta noggrannhet .....	28
6.3 Diskussion av felkällor .....	29
7 Litteratur och referenser .....	31
7.1 Litteratur för den som vill lära sig mer .....	31
7.2 Referenser .....	31
Appendix A Beskrivning av försöksanläggningen .....	32
Appendix B Datasystem för kontroll, lagring och bearbetning av mätdata under laboratorieförsöken .....	35
Appendix C Bearbetning av kalibreringsmätningar - program för Texas Instrument TI-58,59 samt redovisning av en körning av ett motsvarande ABC80-program .....	36

## Figurförteckning

1. Vy över försöksledningen i vattenbyggnadslaboratoriet. ....	3
2. Ekolod från Manning      Ekolod från Level-Control .....	4
3. Portabel Palmer-Bowlus mätränna .....	5
4. Instrument för samtidig mätning av nivå och hastighet från Marsh-McBirney .....	5
5. Princip för flödesmätning i öppen ledning utan kalibrering .....	6
6. Jämförelse mellan den använda delfyllnadskurvan, Modifierad Manning och delfyllnadskurvan i Mannings portabla flödesmätare. ....	8
7. Placering av ekolodet i mätbrunnen .....	9
8. Mätfel vid flödesmätning med principen nivå i öppen ledning utan kalibrering av mätpunkten. Nivåmätning med ekolod (2 försöksomgångar). ....	10
9. Mätfel vid flödesmätning med principen nivå i öppen ledning utan kalibrering av mätpunkten. Nivåmätning med spetsmätare (2 försöksomgångar). ....	11
10. Mätfel i procent av flöde till följd av felaktig nivåmätning. Felet i nivåmätningen anges som procent av ledningsdiametern. ....	13
11. Vattenytans variation i mätbrunnen vid olika fyllnadshöjd och ledningslutning. De streckade linjerna förbinder max och min nivå under resp. flöde. ....	14
12. Nivådifferens mellan fyllnadshöjd uppmätt med spetsmätare 11 centimeter från inloppet resp. mitt i brunnen. Fyllnadshöjden och nivådifferensen anges som procent av ledningsdiametern. ....	15
13. Delfyllnadspunkter mätta med spetsmätaren mitt i brunnen jämförda med en teoretisk delfyllnadskurva. ....	15
14. Delfyllnadspunkter mätta med vattenståndsror nummer 6 (1,5 m uppströms brunnen) jämförda med en teoretisk delfyllnadskurva. ....	16
15. Olika delfyllnadskurvor: Bretting, Colebrook-White, Manning och korrigerad Manning .....	17
16. Profil av försöksanläggningen vid försöken med en svacka uppströms mätbrunnen. Medellutningen är 20 promille. ....	18
17. Delfyllnadspunkter för vattenståndsror 2,4,6,7 och 9 samt en teoretisk delfyllnadskurva baserad på medellutningen 20 promille. ....	18
18. Vattenstånd vid olika fyllnadshöjder vid försöket med varierad ledningslutning. ....	19
19. Delfyllnadskurvor för flöde (q), area(a), hydraulisk radie (r) och Mannings tal (m). ....	21
20. Princip för flödesmätning i bestämmande sektion .....	22
21. Palmer-Bowlus rännan och ekolodets placering i mätbrunnen. ....	24
22. Mätfel vid flödesmätning med principen nivå i bestämmande sektion, vilken åstadkoms med en Palmer-Bowlus mätränna (PB-6). Nivåmätning med ekolod och omvandling till flöde med linjäriseringsenhet (2 försöksomgångar). ....	25
23. Principskiss för flödesmätning vid samtidig mätning av nivå och hastighet .....	27
24. Givare och instrument för mätning av nivå och hastighet för omvandling till flöde. ....	28
25. Mätfel vid flödesmätning med principen nivå och hastighet .....	30
26. Vy över försöksanläggningen i vattenbyggnadshallen. ....	32
27. Nedstigningsbrunn och vattenståndsror. Försöket övervakas av Börje Sjölander. ....	33
28. Referensflödet mättes med vattenmätare vid inloppet .....	33
29. Inströmningens utformning till betongledningen .....	34
30. Profilirtning av försöksledningen .....	34

## **1 Vår förhoppning är att denna rapport skall bidra till bättre flödesmätningar i avloppsnät**

De svårigheter som föreligger vid flödesmätningar i avloppsnät med portabla mätinstrument beror på att man ständigt tvingas att kompromissa mellan mätprincipernas hydrauliska krav och den verkliga mätmiljö som erbjuds i en nedstigningsbrunn.

I en försöksanläggning har vi studerat vilken mätnoggrannhet som kan uppnås i en helt perfekt lagd avloppsledning. Dessutom visas hur de hydrauliska förhållandena påverkas av en svacka uppströms mätbrunnen.

Denna undersökning som bygger på laboratorieförsök avser att visa vilken noggrannhet som kan uppnås under gynnsamma betingelser med kommersiellt tillgänglig flödesmätutrustning. Utblickar görs emellertid mot den verklighet där flödesmätningarna skall användas.

Vår förhoppning är att denna studie skall öka medvetandet om olika felkällors betydelse och orsaker. En kombination av goda hydrauliska kunskaper och praktisk erfarenhet av flödesmätningar i nedstigningsbrunnar borde resultera i bättre ekonomiskt utnyttjande av de satsade resurserna.



## **2 Syftet med en flödesmätning bestämmer noggrannhetskravet från en kvalificerad gissning till ett noggrant undersökningsresultat**

Är det viktigt med hög mätnoggrannhet? - Svaret kan först ges då syftet med en flödesmätning klarlagts.

I de fall mätningarna skall utgöra underlag för bedömning av aktuell flödesbelastning eller beräkning av ekonomiska konsekvenser av brister i avloppsnät skall man vara medveten om att beslutsunderlaget blir behäftat med minst lika stor osäkerhet som mätresultaten.

Mätnoggrannheten är särskilt viktig då man vill spåra förändringar, exempelvis effekter av en ledningsreovering. Å andra sidan kan relativt grova mätmetoder accepteras om man endast vill konstatera om en ledning är mycket eller lite påverkad av ovidkommande vatten.

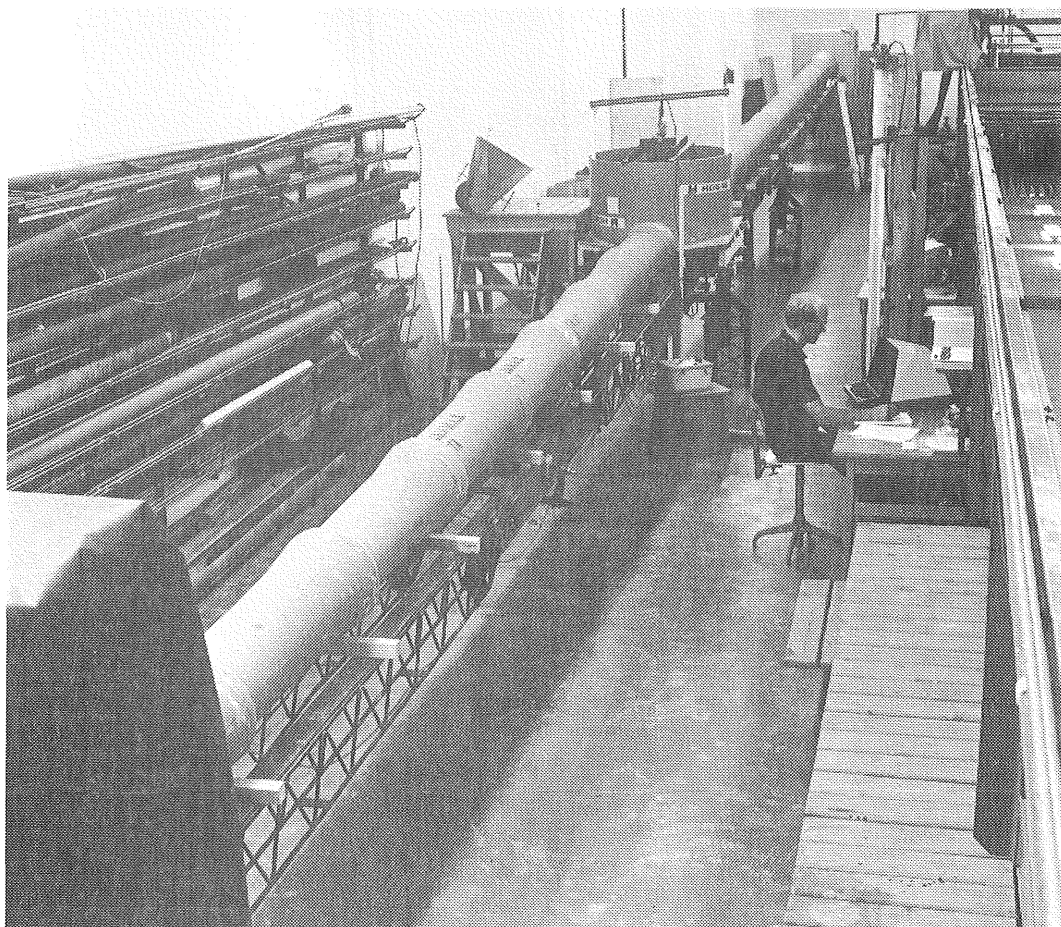
Ett krav på bättre mätnoggrannhet medför oftast en högre kostnad per mätning. Det är naturligtvis onödigt med ett högre (= dyrare) noggrannhetskrav än vad som ges av syftet.

Lika viktigt som att klargöra syftet med mätningen är det att dokumentera mätförfarandet så att man i efterhand kan bedöma felet.

### 3 Vi har testat några mätprinciper under kontrollerade förhållande i laboratorium

#### 3.1 Försöksanläggningen

Försöksanläggningen består av en 24 meter lång betongledning med diametern 225 millimeter. Ledningen är byggd av 1 meters gummiringsskarvade standard betongrör. En nedstigningsbrunn är placerad 15 meter nedströms inloppet. Brunnen är vallad upp till halva rördiametern. Vattengången genom brunnen har samma lutning som den övriga ledningen.



**Figur 1.** Vy över försöksledningen i vattenbyggnadslaboratoriet.

Ledningens lutning kan varieras mellan helt horisontell ledning och 40 promille. Det högsta flödet som kan tillföras ledningen är ca 60 liter per sekund. Inkommande flöde mäts med vattenmätare, typ Woltman. Noggrannheten för denna är bättre än  $\pm 2\%$  ner till 8 l/s. Mellan 1 l/s och 8 l/s är noggrannheten bättre än  $\pm 5\%$ .

Utmed ledningen finns på varannan meter uttag för vattenståndsrör med vilka vattendjupet inne i ledningen kan observeras. I brunnen kan vattenståndet bestämmas dels manuellt med spetsmätare dels automatiskt med olika typer av nivåmätare.

I appendix A ges en utförligare beskrivning av försöksanläggningen.

### 3.2 Försöksserien

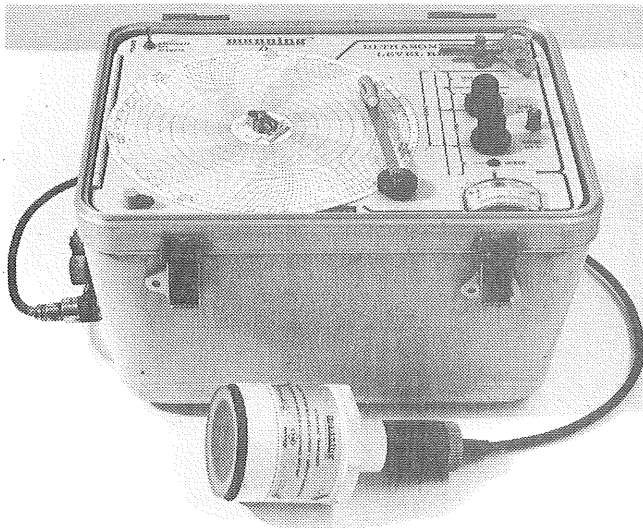
De resultat som här redovisas bygger på flera försöksomgångar, omfattande ledningslutningarna: 3 10 20 och 40 promille. För varje lutning har flödet bestämts vid 4 fyllnadshöjder, motsvarande ca 15, 30, 45 och 60 procents delfyllnad.

Mätnoggrannheten har studerats för mätprinciperna:

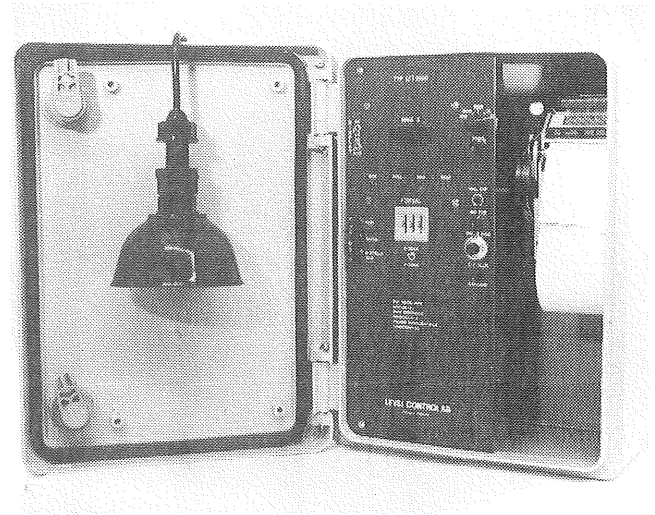
- Mätning av nivå i öppen ledning utan kalibrering av mätbrunnen
- Mätning av nivå i bestämmande sektion
- Mätning av nivå och hastighet

### 3.3 Flödesmätningstrustningar

Nivån har vid mätprinciperna »Nivå i öppen ledning» och »Nivå i bestämmande sektion» mätts med batteridrivna ekolod från Manning och Level-Control. Manningmätaren ritar mätvärdena på en roterande skiva och mätaren från Level-Control skriver resultaten på en remsa, figur 2. Hastigheten på skivan resp. utskriftsintervallet på remsan kan varieras.



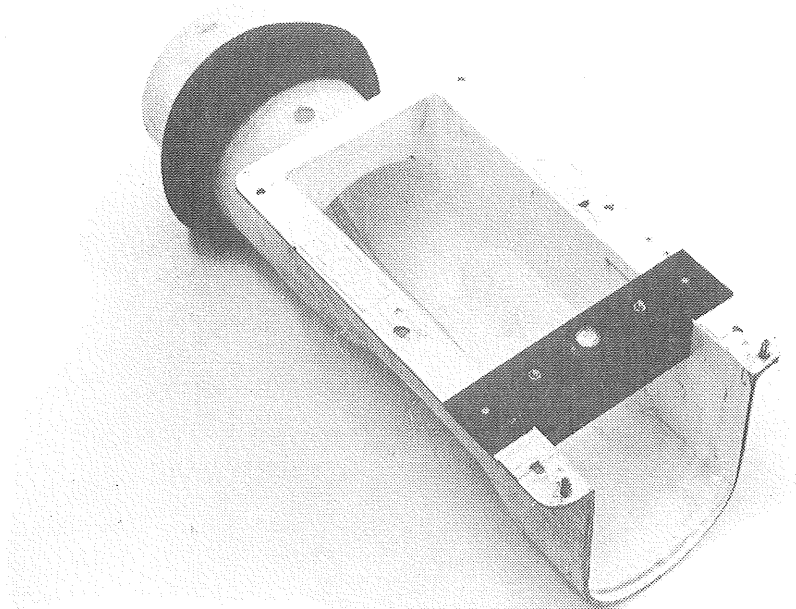
Figur 2. Ekolod från Manning



Ekolod från Level-Control

Nivåmätningen kan för dessa mätprinciper utföras med andra metoder än de som använts under dessa försök. Här kan nämnas tryckmätning, flottörer och sensorer placerade på olika höjd som kortsluts vid kontakt med vätska. Det är viktigt att framhålla att en stor del av de resultat som redovisas gäller mätprinciperna oavsett hur nivåmätningen utförts.

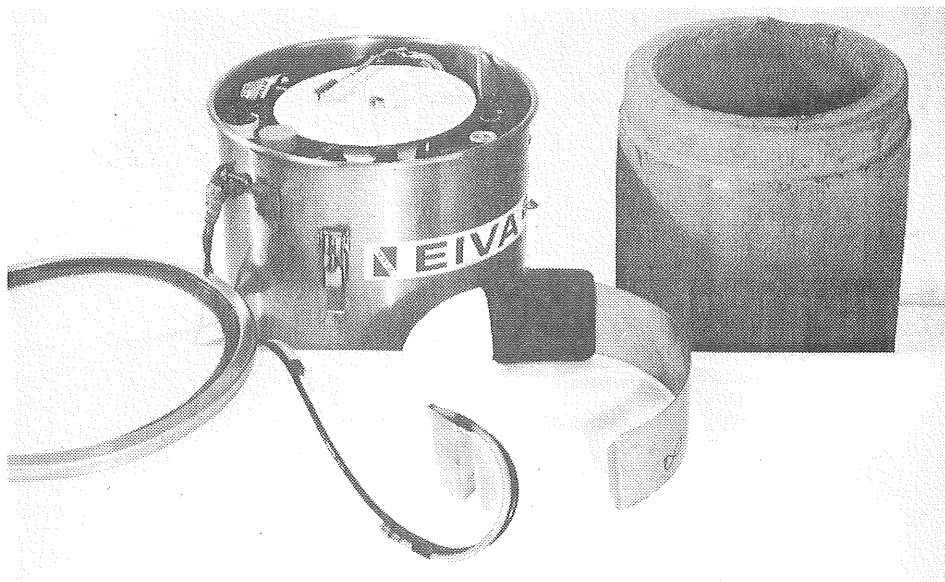
Den bestämmande sektionen har vid laborieförsöken åstadkommit med en Palmer-Bow-lus mätträna. Dessa finns i flera storlekar för att passa olika ledningsdimensioner. Här användes en liten ränna med en maximal kapacitet på 10.6 l/s vid 120 mm fyllnadshöjd, PB-6, figur 3.



**Figur 3.** Portabel Palmer-Bowlus mätträna

Bestämmande sektioner kan även åstadkommas med olika typer av överfall. Några sådana har emellertid inte använts vid de här redovisade försöken.

För mätprincipen »Nivå och hastighet» har ett instrument från Marsh-McBirney använts, figur 4. Givarna placeras på ledningens botten strax uppströms mätbrunnen och spänns fast med en ring. Hastigheten mäts genom elektromagnetisk induktion och nivån mäts med bubbelpegel.



**Figur 4.** Instrument för samtidig mätning av nivå och hastighet från Marsh-McBirney

Det finns på marknaden även andra fabrikat med denna mätprincip vilka ej testats här. En av dessa har utvecklats vid Water Research Center (WRC) i Storbritanien och marknadsförs av Golden River. Hastigheten mäts i detta instrument enligt dopplerprincipen med ultraljud.

4 Mätning av nivå i öppen ledning utan kalibrering av mätbrunnen ger ett svårbedömt resultat, men är enkel att utföra

4.1 Mätprincipens hydrauliska bakgrund och förenklingar

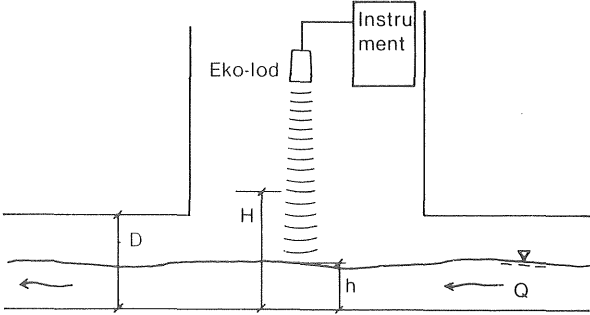
Denna mätprincip är enkel att använda då man endast behöver mäta aktuellt vattendjup i ledningen. Dessvärre är den förknippad med många hydrauliska förbehåll.

Flödesmättningsprincip :

### NIVÅ I ÖPPEN LEDNING UTAN KALIBRERING

Mätning av primärvärde

- Nivån (primärvärde) registreras som en andel av mätområdet (H)



Omvandling till flöde

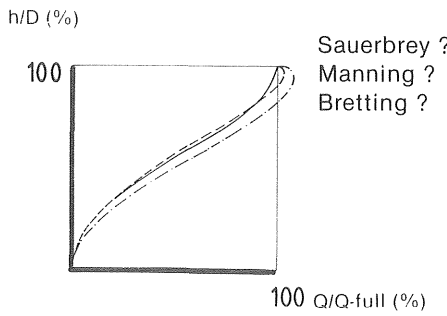

- Delfyllnadshöjden (h/D) beräknas :  

$$(h/D) = \text{primärvärde} \cdot H/D$$
- Med en vald delfyllnadskurva omvandlas (h/D) till en andel av flödet vid full sektion (Q/Q - full)
- Q - full beräknas exempelvis med Mannings formel  

$$Q \cdot \text{full} = M A R^{2/3} I^{1/2}$$

Där M och I skall väljas för aktuell mätpunkt.
- Flödet erhålles genom  

$$Q = (Q/Q \cdot \text{full}) \cdot Q \cdot \text{full}$$

Figur 5. Princip för flödesmätning i öppen ledning utan kalibrering

Flödesbestämningen bygger på att det finns ett entydigt samband mellan vattendjupet och flödet i en ledning, dvs att vi har normalt vattendjup. Vid normalt vattendjup är vattenytan parallell med botten på ledningen. Flödet kan då bestämmas med exempelvis Mannings ekvation (ekv 4.1) vilken beskrivs nedan.

För att normalt vattendjup skall utbildas krävs att flödet är konstant och att ledningssträckan är tillräckligt lång och har konstant lutning, råhet och tvärsnittsektion.

Hur en sådan mätning genomförs i praktiken då nivå-mätningen utförs med ekolod ges av principskissen i figur 5.

Ekolodet ställs in för ett lämpligt mätområde (H) och installeras i mätbrunnen med en klart definerad noll-punkt. Felaktigheter vid inställning av mätområde (H) eller noll-punkt medför systematiska fel. Man skall även vara observant på att ekosignalen ej reflekteras av rörväggen. Risken härför är särskilt stor vid små dimensioner och små flöden.

En av de stora riskerna med denna mätprincip torde dock vara att man ej mäter det förväntade normala vattendjupet eller att normalt vattendjup ej utbildats. Orsaken till att normalt vattendjup inte utbildas kan vara att brunnsbotten konstruerats med annan lutning än den övriga ledningen, sättningar invid mätbrunnen, stående vågor på grund av störningar från ojämnheter vid fogar el dyl samt inverkan av olika vallningsutföranden.

Den uppmätta nivån registreras som procent av mätområdet (H). Med kännedom om inställt mätområde (H) kan aktuellt vattendjup (h) beräknas. Omvandlingen till flöde sker i flera steg. Genom att uttrycka vattendjupet som en delfyllnadshöjd (h/D) kan detta omvandlas med hjälp av en delfyllnadskurva till ett delfyllnadsflöde (Q-delvis full/Q-full).

Dessa delfyllnadskurvor är teoretiskt eller empiriskt framtagna samband och några olika varianter finns. Av de vanligare delfyllnadskurvorna kan nämnas Brettings och Mannings, se även kap 4.3.3. Valet av delfyllnadskurva påverkar resultatet.

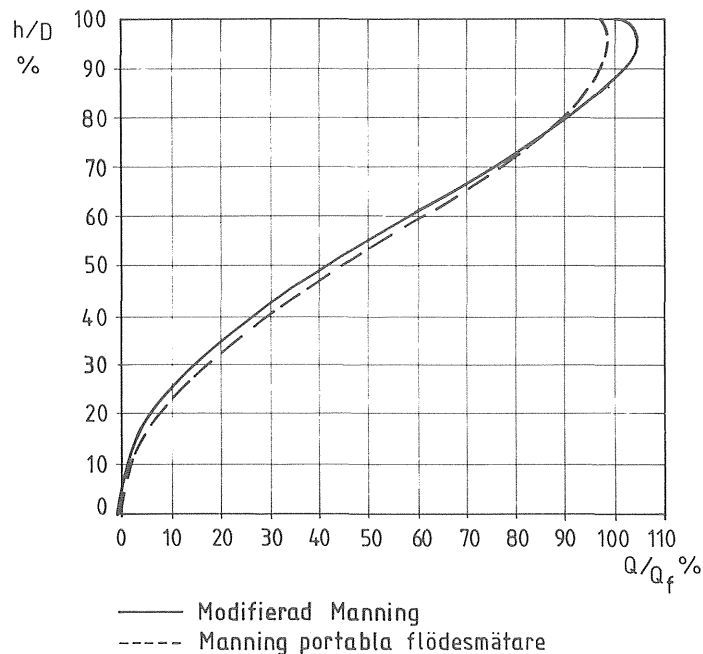
Under laboratorieförsöken har en delfyllnadskurva använts, som nära ansluter till den inprogrammerade för Mannings portåbla flödesmätare. Vi har velat använda en delfyllnadskurva som bygger på en vanligt förekommande friktionsformel, i detta fallet en modifierad Manningformel som kallas Stockholmsformeln, men ändå i stort överensstämmer med den uppmätta delfyllnadskurvan. Den använda kurvan (se figur 6) överensstämmer upp till ca 80 % fyllnadshöjd med Brettings delfyllnadskurva, (Bretting, 1960). Brettings bygger på mätningar och rekommenderas av bl a Svenska Vatten- och Avloppsverksförningen i P28 -Anvisningar för beräkning av allmänna avloppsledningsnät, Stockholm 1976.

En annan utgångspunkt, som hade givit ungefär samma resultat, hade varit att använda Mannings teoretiska delfyllnadskurva och korrigera denna för variationer av Mannings tal över tvärsnittet. Resultatet av en sådan betraktelse visas i figur 15.

Fortsättningsvis kommer vi att kalla den använda delfyllnadskurvan för »modifierad Manning». Det kan inte nog understrykas att valet av delfyllnadskurva och den osäkerhet som ligger i själva kurvan kraftigt påverkar resultatet.

Det resultat som nu erhålls i form av en procentsats av ledningens flöde vid fylld sektion (Q-full) kan även erhållas direkt på registreringsutrustningen. Detta förutsätter att instrumentet försetts med lämplig linjäriseringsenhet och att mätområdet (H) satts lika med ledningens diameter. Man måste då vara medveten om vilka antaganden som ligger bakom det redovisade värdet.





**Figur 6.** Jämförelse mellan den använda delfyllnadskurvan, Modifierad Manning och delfyllnadskurvan i Mannings portabla flödesmätare.

En annan stor felkälla introduceras då  $Q$ -full skall bestämmas. Detta kan exempelvis göras med Mannings formel:

$$Q = M \cdot A \cdot R^{2/3} \cdot \sqrt{I} \quad (\text{ekv 4.1})$$

där

- $M$  = Mannings tal
- $A$  = Ledningens area vid fylld sektion ( $\text{m}^2$ )
- $R$  = Hydrauliska radien (m)
- $I$  = Ledningens lutning (m/m)

Mannings tal varierar med ledningens råhet och därmed med ledningens allmänna kondition och är därför svåruppskattad. Likaså är resultatet beroende av en riktigt bestämd ledningslutning.

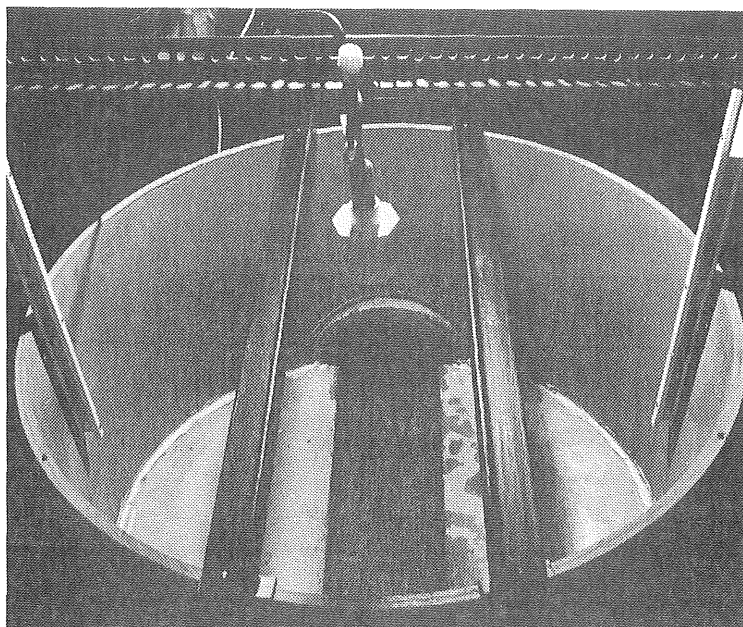
Det aktuella flödet erhålls till slut genom en multiplikation av framtaget delfyllnadsflöde och beräknat  $Q$ -full.

#### 4.2 Mätprincipens uppmätta noggrannhet

Resultaten härrör från de två försöksomgångar som gjorts. Dels en med direkt omvandling till flöde med inbyggd linjäriseringsenhet (Manning ekolod) dels en med mätning av nivå och manuell omvandling till flöde (Level-Control ekolod). Dessutom har vattendjupet avlästs med spetsmätare i den sektion där ekolodet varit placerat.

Den delfyllnadskurva som använts för den manuella omvandlingen av nivå till flöde har varit vår modifierade Manningkurva. Flödet vid fylld sektion har beräknats med Mannings formel. Mannings tal har experimentellt bestämts till 95 för fylld sektion. Delfyllnadskurvan tar hänsyn till att Mannings tal varierar med fyllnadshöjden.

Ekolodet har vid båda försöksomgångarna varit placerat i centrum av nedstigningsbrunnen. Placeringen visas i figur 7. Mätområde och nollpunkt för ekolodet har justerats in mot en plan yta utanför mätbrunnen. Nollpunktens avstånd från själva ekolodsgivaren har överförts till mätbrunnen genom noggrann inmätning av avståndet mellan ledningens botten och ekolodsgivaren.

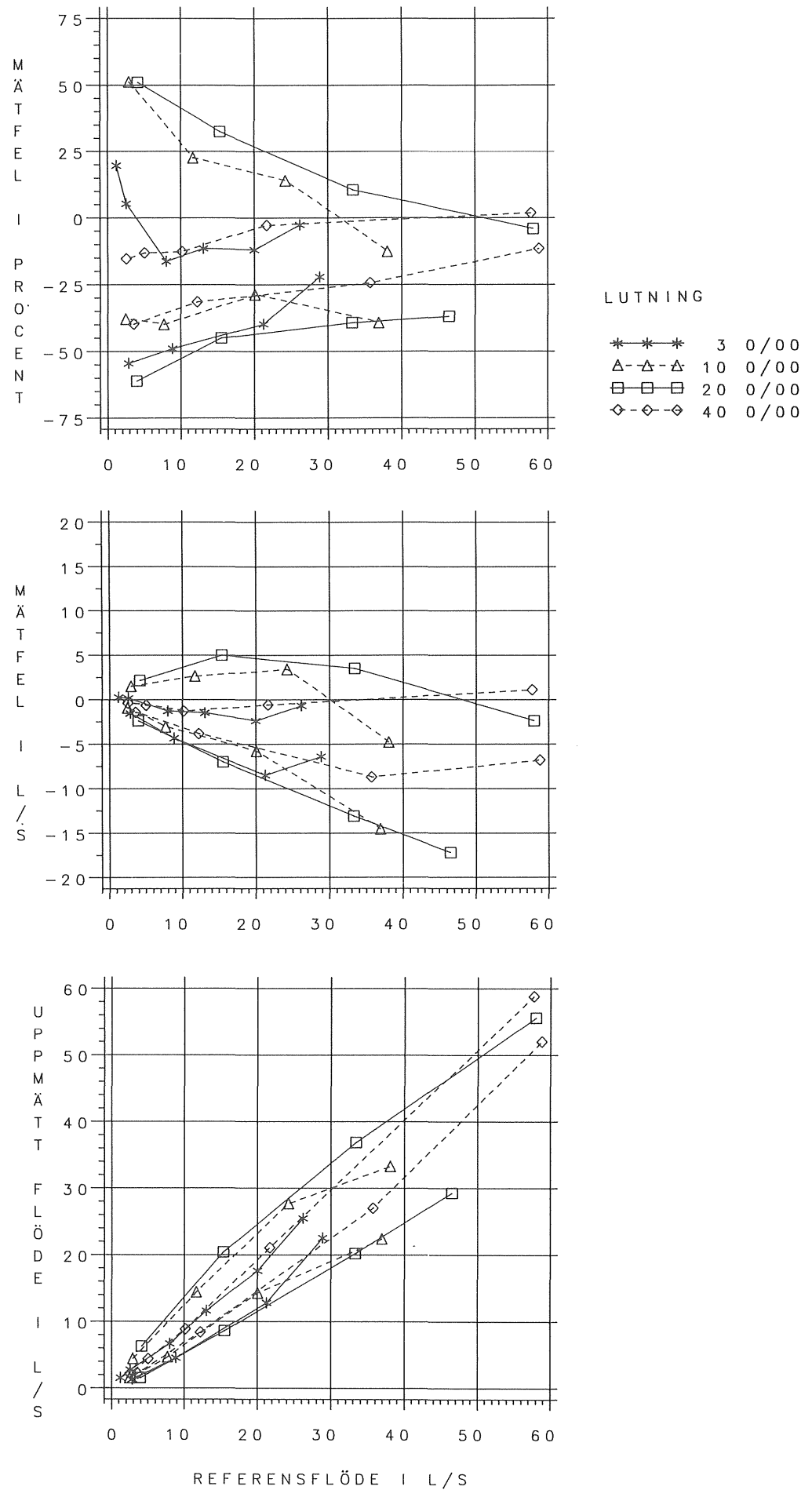


Figur 7. Placering av ekolodet i mätbrunnen

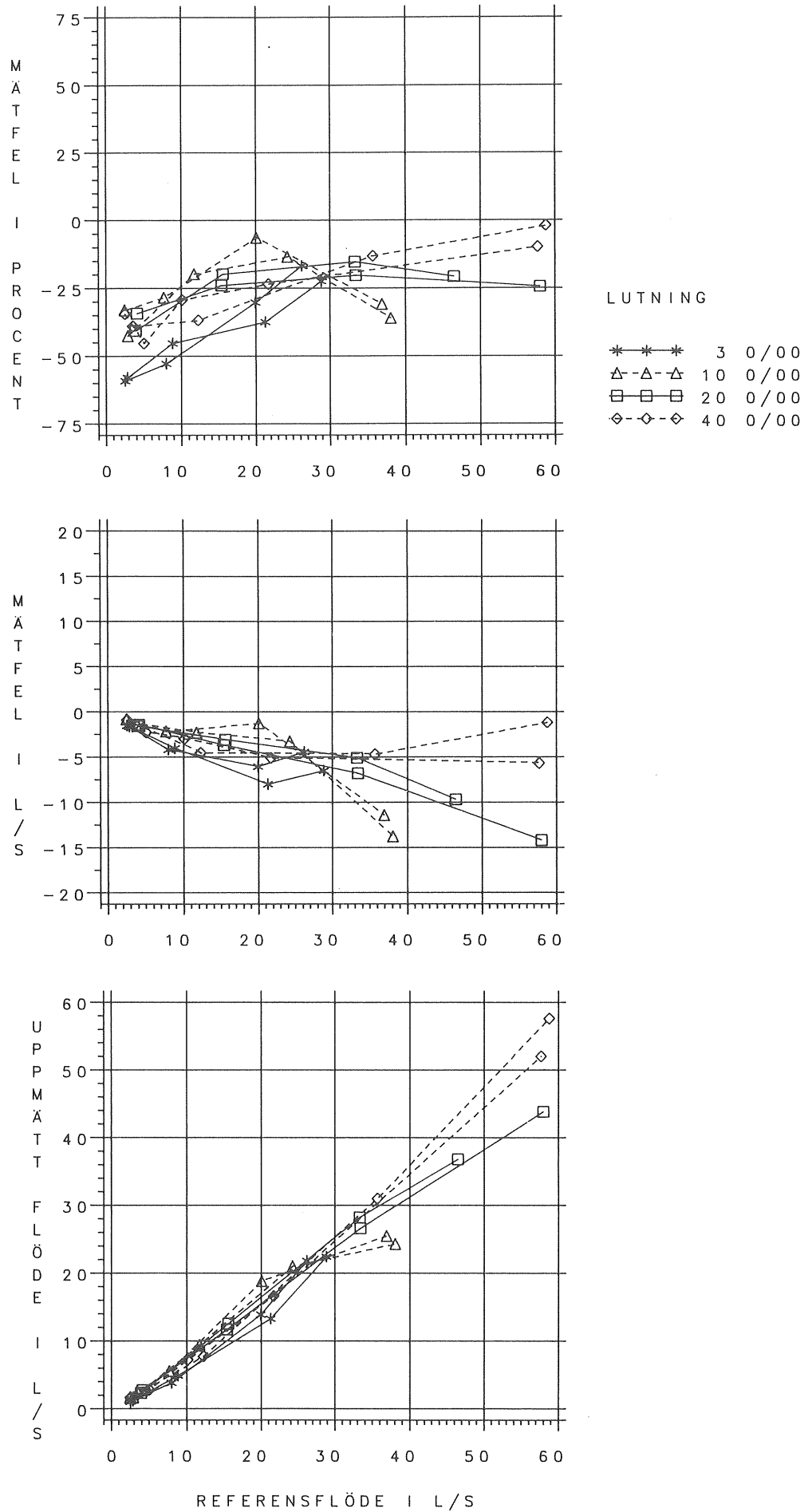
Mätfelen för denna mätprincip redovisas i figur 8, som är uppdelad på mätfel i %, mätfel i liter/sekund och sambandet uppmätt flöde - referensflöde. Mätprincipen ger stora procentuella mätfel särskilt vid små fyllnadshöjder, upp till  $\pm 50\%$ . Vid halvfylld ledning och däröver har mätfelen minskat till ungefär  $\pm 25\%$ .

Variationen mellan de två försöksomgångarna (Manning resp. Level-Control) för respektive lutning är betydande. Detta skulle kunna indikera att försöksanläggningen på något sätt givit olika hydrauliska förhållanden vid de två omgångarna trots att lutningen justerats in med samma noggrannhet vid båda tillfällena. För att utröna om detta varit fallet har samma bearbetning utförts för spetsmätaren som för ekoloden. Ett medelvärde av uppmätta spetsmätarvärden har använts om vattendjupet varierat. Denna bearbetning redovisas i figur 9, som visar ett entydigt negativt mätfel för båda omgångarna. De två försöken för varje lutning ligger mycket nära varandra, vilket betyder att försöksanläggningen givit samma hydrauliska förutsättningar för de båda omgångarna.

Skillnaden i mätfel för de två försöksomgångarna måste således förklaras med skillnader i sättet att mäta för de två utrustningarna. För den ena utrustningen har nivån direkt omvandlats till flöde med en inbyggd linjäriseringsenhet medan för den andra utrustningen omvandlingen skett manuellt. En kontroll av den inbyggda linjäriseringsenheten visar att denna ger en delfyllnadskurva som avviker något från vår modifierade Manningkurva, vilken använts för den manuella omvandlingen. Avvikelsen från den modifierade kurvan är positiv och uppgår till som mest 30 % för låga fyllnadshöjder. Den avtar sedan succesivt för att vid halvfylld ledning och däröver bli försumbar. Denna avvikelse förklarar en del av den skillnad som finns mellan försöksomgångarna. Resten av skillnaden måste förklaras med att de två ekoloderna ger skilda resultat. Eftersom det är en lång kedja från primärvärdet till det värde som avläses på instrumentet finns det möjligheter att bygga in instrumentberoende fel. Dessutom kan det vara svårt att tolka varierande utslag på skrivaren då vattenytan är orolig. Ett printervärde däremot kan se exakt ut men måste naturligtvis bygga på någon värdering av de värden som registrerats under mätintervallet.



**Figur 8.** Mätfel vid flödesmätning med principen nivå i öppen ledning utan kalibrering av mätpunkten. Nivåmätning med ekolod (2 försöksomgångar).



**Figur 9.** Mätfel vid flödesmätning med principen nivå i öppen ledning utan kalibrering av mätpunkten. Nivåmätning med spetsmätare (2 försöksomgångar).

Försöken har inte varit upplagda för att jämföra olika givares noggrannhet. Det är därför svårt att avgöra hur stor del av skillnaden i mätfel som är instrumentberoende.

De försök som genomförts visar klart att olika nivågivare tolkar exempelvis en vågbildning på olika sätt. Det är således viktigt att lära känna sitt mätinstruments speciella egenskaper under olika förhållanden. Skillnader kan finnas dels mellan ekolod av olika fabrikat dels mellan olika nivåmätprinciper. Även ekolod av samma fabrikat kan skilja sig åt.

En instrumenttest är önskvärd för att utröna olika nivåmätningens instruments mätnoggrannhet under verkliga förhållanden i en nedstigningsbrunn.

De mätfel i flöde som erhålls då spetsmätaren används för att mäta vattendjupet är att hänföra till mätprincipen som sådan. Felkällor som generellt är förknippade med denna mätprincip diskuteras i nästa avsnitt.

## 4.3 Diskussion av felkällor

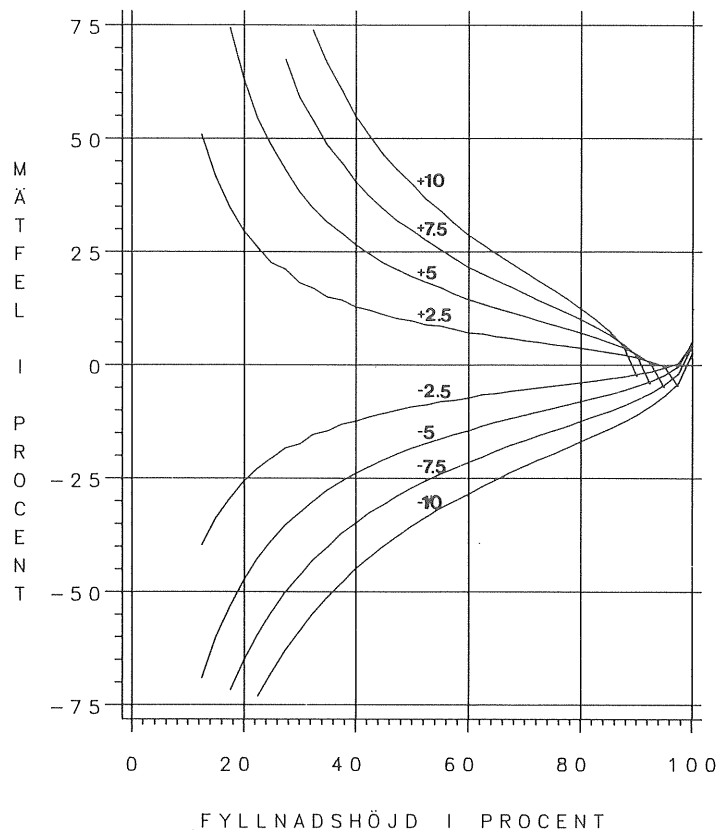
### 4.3.1 *Inställning av nollpunkt och mätområde*

Felaktig inställning av nollpunkt och mätområde ger upphov till ett konstant fel i nivåmätningen över hela mätområdet. Det finns två sätt att göra inställningarna för ett ekolod.

- Inställning utanför mätbrunnen med ekolodet riktat mot en plan yta. Mätområde och nollpunkt kan ställas in med millimeternoggrannhet. Avståndet från ekolodsgivaren till nollpunkten måste sedan överflyttas till mätbrunnen. Mätfelet vid denna överföring bör kunna hållas inom intervallet  $\pm 2$  millimeter. Felet påverkas av hur man löser upphängningen av nivågivaren i sin mätbrunn.
- Inställningen sker i mätbrunnen. Ledningen måste i så fall vara torr för att nollpunkten skall kunna ställas in, exempelvis i en dagvattenledning utan flöde. Vid små ledningsdimensioner måste man observera att ekolodet på grund av att signalen sprids från givaren (vanligtvis ca 7 grader) kan ta emot ekon från punkter som ligger högre upp än vattengången. Detta ger upphov till att nollpunkten hamnar för högt.

Mätfelet vid inställningarna bör kunna hållas inom intervallet  $\pm 5$  millimeter. Vid små ledningsdimensioner bör metod 1 användas för att undvika ytterligare fel på grund av felaktigt inställd nollpunkt.

Mätfel i flöde som funktion av mätfel i nivå kan uttryckas generellt för denna mätprincip. Kopplas mätfelet i nivåmätningen till fyllnadshöjden fås mätfelet i flödet som figur 10 visar. Kurvorna är teoretiskt framtagna genom att succesivt förskjuta delfyllnadskurvan. Detta är vad som sker då man använder sig av en felaktigt uppmätt nivå. Felet i nivåmätningen är uttryckt som procent av ledningsdiametern.



**Figur 10.** Mätfel i procent av flöde till följd av felaktig nivåmätning. Felet i nivåmätningen anges som procent av ledningsdiametern.

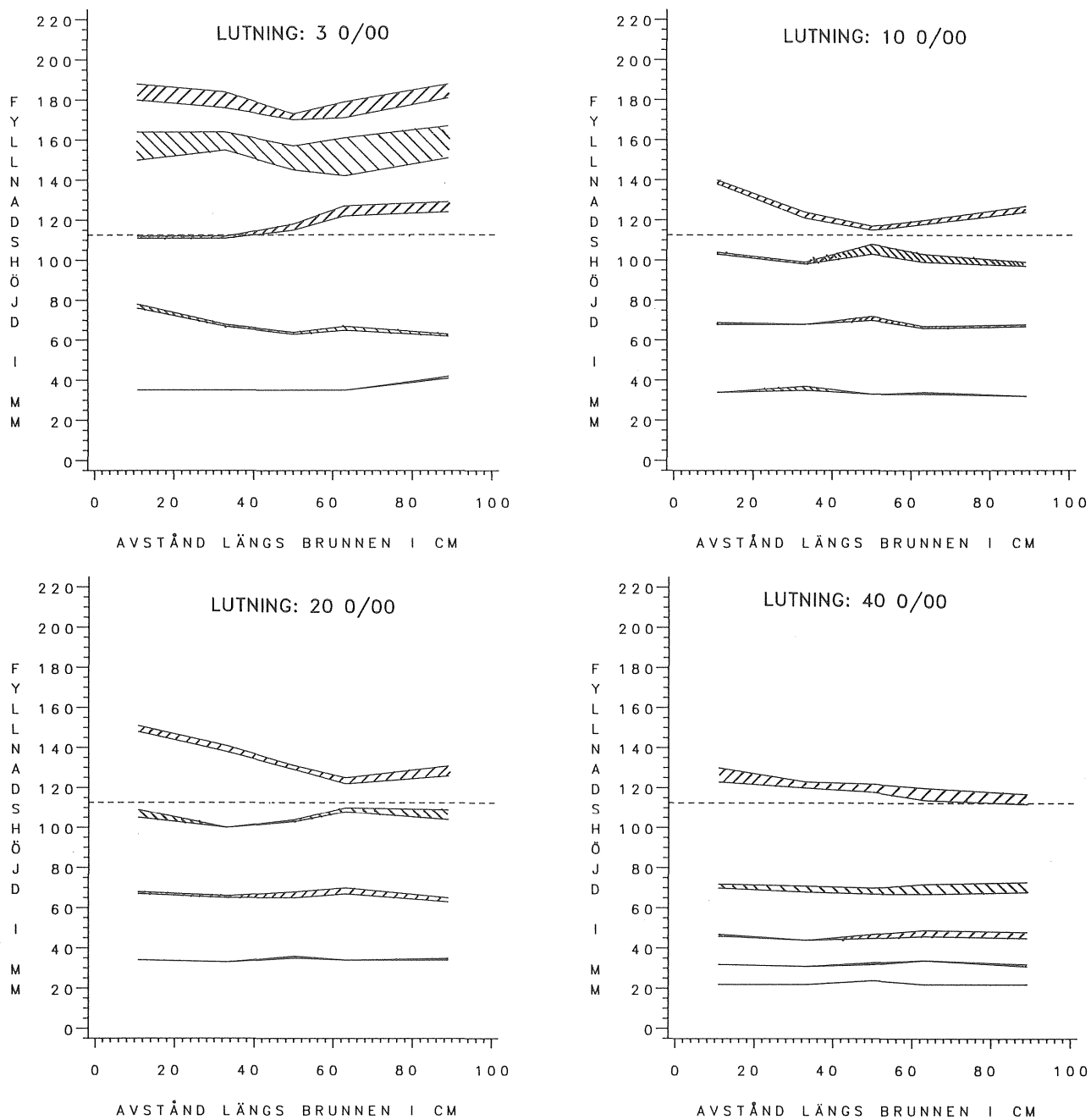
För en 225 millimeters ledning betyder ett mätfel i nivåmätningen på  $\pm 5$  millimeter (motsvarar ca  $\pm 2.5\%$  i  $h/D$ ) att felet i flödesmätningen vid säg 20 % delfyllnad blir  $\pm 25\%$ . Kurvorna för  $\pm 10\%$  motsvarar för försöksledningen en felaktig nivåmätning på drygt 2 cm.

#### 4.3.2 Placering av mätpunkten i brunnen

En mycket väsentlig förklaring till att denna mätprincip medför ett relativt stort mätfel trots de goda förutsättningarna är svårigheten att placera mätpunkten i en sektion där normalt vattendjup råder. Nedstigningsbrunnar vilka i första hand kommer ifråga som mätpunkter har i allmänhet ett från ledningen avvikande tvärsnitt och i många fall även en avvikande lutning. Dessa avvikelser innebär att vattnet antingen kommer att accelereras eller retarderas i brunnen. Normalt vattendjup kommer då inte att råda och vattenytan kommer att bli mycket orolig.

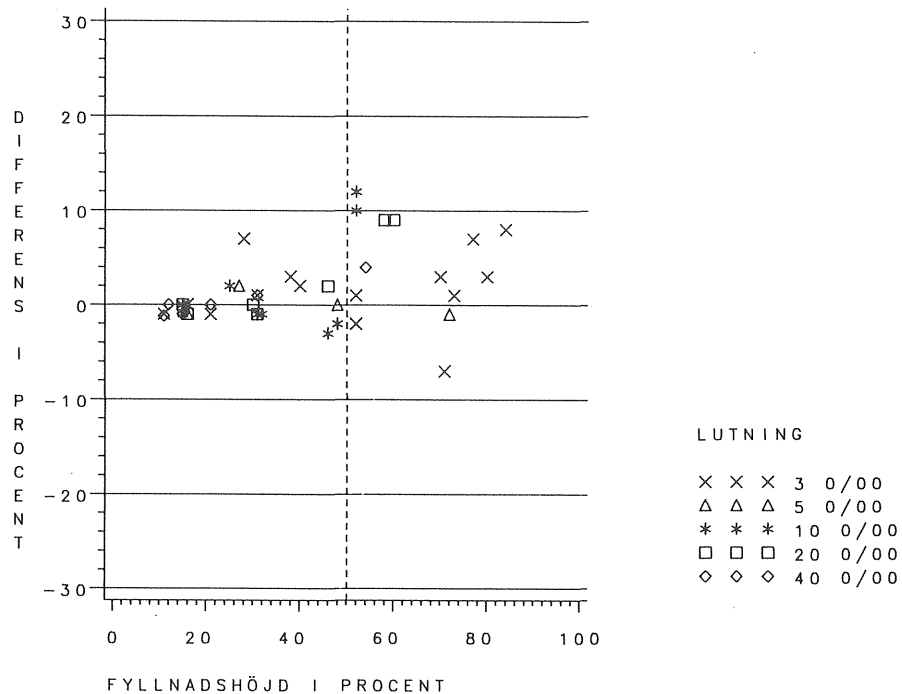
Vattenståndsvariationer i brunnen uppträder även i laboratorieanläggningen trots att denna har en vallning i brunnen som inte avviker från ledningen i övrigt upp till halva diametern. Däröver blir tvärsnittsarean mycket större än för ledningen varför vattendjupet förändras i förhållande till inne i ledningen för motsvarande flöde. Även bottenlutningen i brunnen är samma som för ledningen i övrigt. De variationer i vattendjupet som observerats i mätbrunnen beror i huvudsak på störningar från skarven mellan brunnen och ledningen i uppströmsändan av brunnen. Störningarnas storlek vid olika fyllnadshöjder och ledningslutningar visas i figur 11.





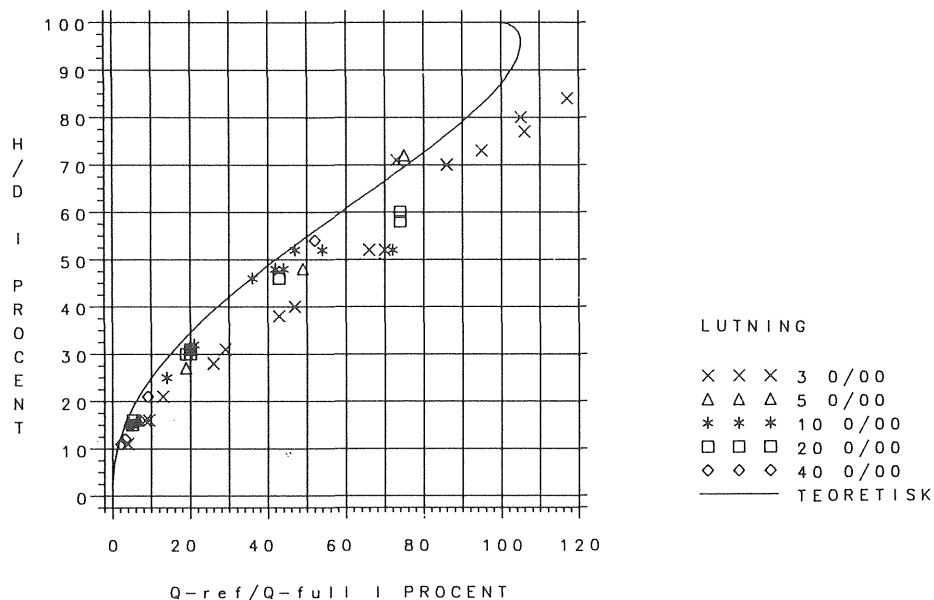
Figur 11. Vattenytans variation i mätbrunnen vid olika fyllnadshöjd och ledningslutning. De sträckade linjerna förbinder max och min nivå under resp. flöde.

En kvantitativ uppfattning av skillnaderna i vattenstånd mellan inloppet till brunnen och centrum av brunnen ges av figur 12. Denna visar att variationen inte är försumbar ens i en laboratorieanläggning. Över halva diametern är variationen betydande på grund av vallningsutförandet. Den här redovisade spridningen på upp till 10% av ledningsdiametern (motsvarar ca 2 cm fel i nivå) ger med figur 10 ett fel i flödet motsvarande 10%-linjen.



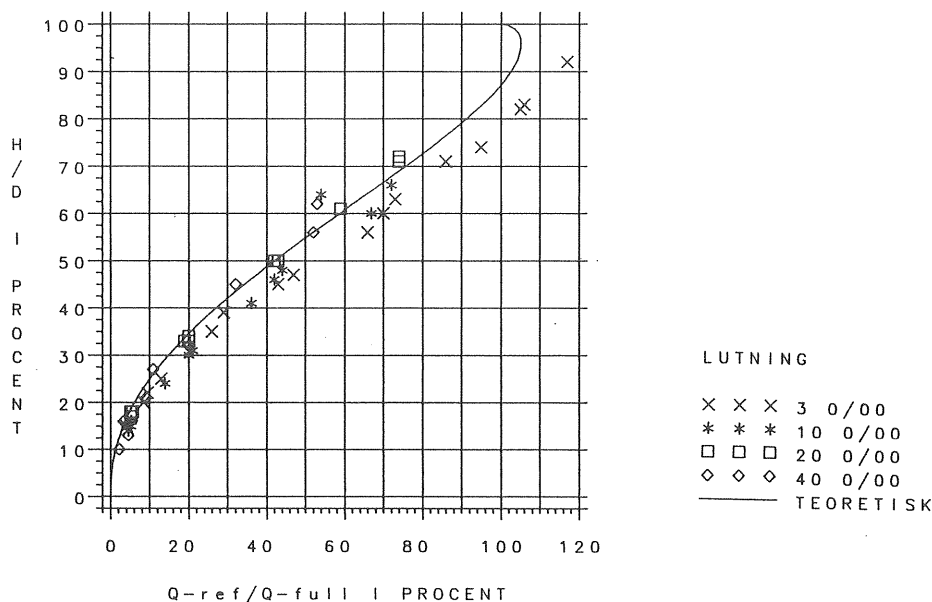
**Figur 12.** Nivådifferens mellan fyllnadshöjd uppmätt med spetsmätare 11 centimeter från inloppet resp. mitt i brunnen. Fyllnadshöjden och nivådifferensen anges som procent av ledningsdiametern.

Jämförs de delfyllnadspunkter som mätts med spetsmätaren mitt i brunnen med vår modifierade Manningkurva figur 13, syns att de uppmätta punkterna avviker betydligt från kurvan. Mätbrunnen ger konsekvent för små vattendjup, vilket beror på svårigheter att perfekt utforma brunnen. I fält kan effekter av denna typ bli betydande. Särskilt mycket avviker mätpunkterna för lutningen 3 promille. Denna lutning skiljer sig från de övriga genom att strömningstillståndet här är strömmande. De övriga lutningarna har stråkande vatten.



**Figur 13.** Delfyllnadspunkter mätta med spetsmätaren mitt i brunnen jämförda med en teoretisk delfyllnadskurva.

Samma jämförelse kan utföras för en mätpunkt inne i ledningen. I figur 14 är den gjord för vattenståndsrör nummer 6, dvs en punkt 1,5 meter uppströms mätbrunnen. För denna mätpunkt överensstämmer de uppmätta delfyllnadspunkterna bättre med den teoretiska kurvan. Även inne i ledningen förekommer viss vågbildning till följd av fogar mm.



**Figur 14.** Delfyllnadspunkter mätta med vattenståndsrör nummer 6 (1,5 m uppströms brunnen) jämförda med en teoretisk delfyllnadskurva.

#### 4.3.3 Bestämning av ledningens råhet och val av delfyllnadskurva

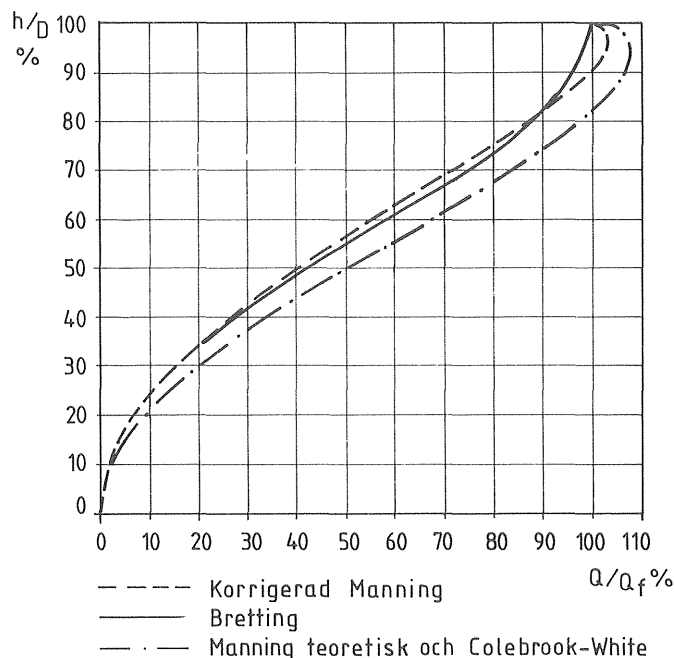
Flödet vid ett visst vattendjup är, som visats tidigare, en funktion av ledningens lutning och råhet. De vanligaste måtten på råheten är:

- Ekvivalenta sandråheten,  $k$
- Mannings tal,  $M$
- Hazen-Williams koefficient,  $C$

Råhetstalet anges som en materialegenskap, exempelvis  $k = 1,0$  millimeter för en betongledning. En ledning för spillvatten som är i drift har emellertid med stor säkerhet en större råhet. Råhetsbedömningen måste göras utifrån en betraktelse av driftförhållandena för en ledningssträcka. Hänsyn måste tas till små lutningsvariationer, fogarnas utseende, påväxt i form av slamhud, rörytans utseende överhuvudtaget etc. En riktig bestämning av råhetstalet skulle kräva en kalibrering i fält med ett känt referensflöde, exempelvis uppmätt med hjälp av ett spårämne.

Avloppsledningar av betong tilldelas vid dimensionering  $k$ -värdet 1 millimeter som motsvarar ett Mannings tal  $M = 80$ . Mätningar på ledningar i drift av Ackers, (1961), visar att  $k$ -värdet för en ledningssträcka med lite slamhud och avlagringar av fett, kalk o dyl kan vara en tiopotens högre. Ackers visar också att  $k$ -värdet kan vara betydligt mindre än 1,0 millimeter för en ledning i god kondition. Betongledningar i drift kan således ha  $k$ -värden mellan 0,5 och 10 millimeter beroende på driftförhållandena. Motsvarande variation i Mannings tal blir 90-55. Av ekv. 4.1 framgår att ett fel i Mannings tal ger motsvarande fel i flöde.

Flödet i en delvis fylld ledning uttrycks som en funktion av flödet vid fylld ledning genom en delfyllnadskurva. Dessa kan vara av i princip två typer, teoretiska eller baserade på försök. De teoretiska har räknats fram med olika friktionsförlustformler såsom: Mannings, Colebrook-Whites, och Kutters. Skillnaderna mellan de olika kurvorna består således i att olika friktionsförlustformler valts. De uppmätta kurvorna, exempelvis Brettings, är helt baserade på mätningar av sammanhörande värden på delfyllnadsflöden och delfyllnadshöjder. I figur 15 redovisas 4 delfyllnadskurvor: Bretting, Colebrook-White, Manning och korrigerad Manning. De helt teoretiska kurvorna, Colebrook-White och Manning, avviker betydligt från Brettings empiriska. Vid halvfylld ledning ger de teoretiska kurvorna ungefär 20% högre flöden än Brettings. Över 80 procents fyllnadsgrad ger dessutom de teoretiska kurvorna flöden som är större än flödet vid fylld sektion. Detta är av mindre praktisk betydelse eftersom det sällan är frågan om att mäta flöden vid nästan fylld ledning.



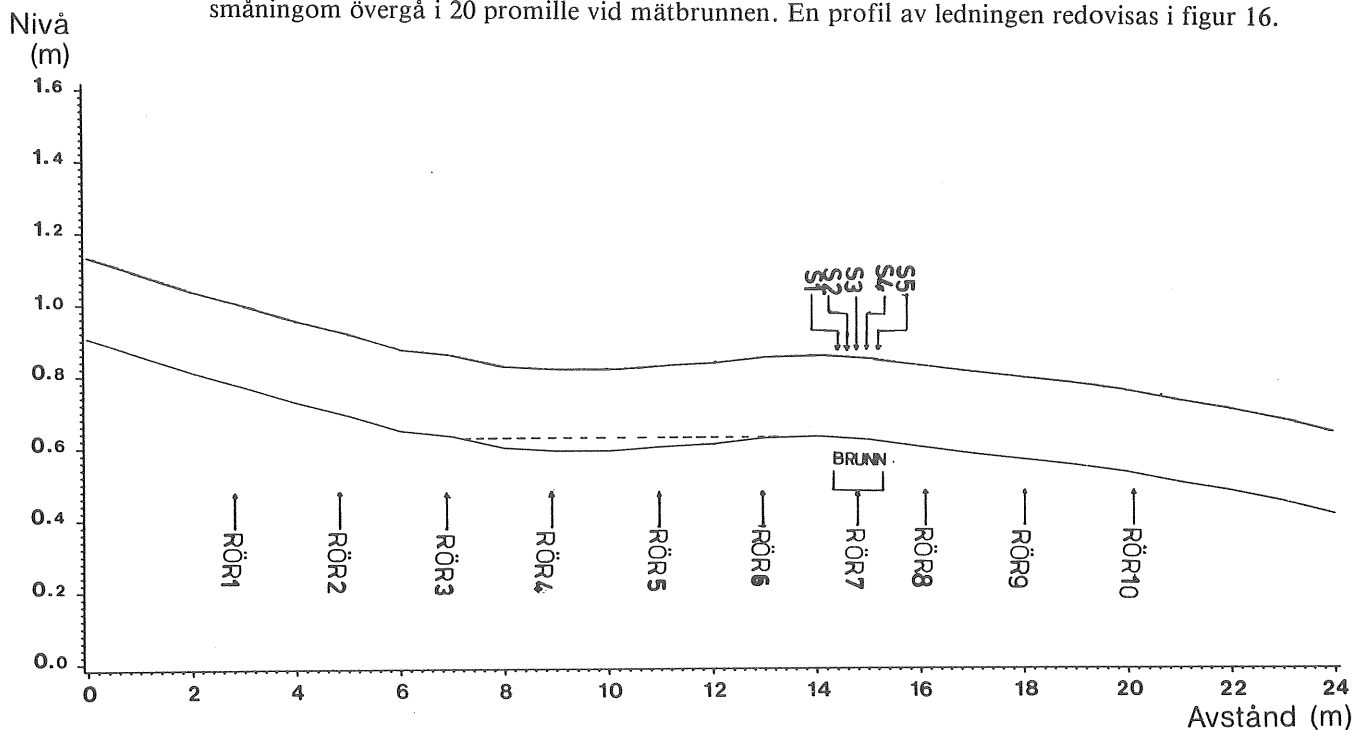
**Figur 15.** Olika delfyllnadskurvor: Bretting, Colebrook-White, Manning och korrigerad Manning

#### 4.3.4 Påverkan av riktningsavvikelse i höjded

Vid normalt vattendjup finns ett entydigt samband mellan flöde och vattendjup. Delfyllnadskurvorna gäller som sagts tidigare endast vid det normala vattendjupet, dvs då vattenytan är parallell med ledningens botten. Om ledningen har ett varierande fall på grund av sättningar o. dyl. kommer vattnet att accelereras och retarderas om vartannat med följd att vattendjupet kommer att avvika från det normala. En mätpunkt som placeras i närheten av en ledningssträcka med varierat fall kommer inte att ge rättvisande resultat om flödet utvärderas med Mannings formel.

Det vanligaste sättet att ta reda på en ledningssträckas fall är att avväga i två på varandra följande nedstigningsbrunnar. Den lutning som på detta sätt utvärderas kommer att visa medellutningen mellan brunnarna. Det framstår som självklart att ledningen kan ha ett avvikande fall mellan brunnarna, vilket påverkar en tänkt mätpunkt placerad i den nedströms belägna nedstigningsbrunnen.

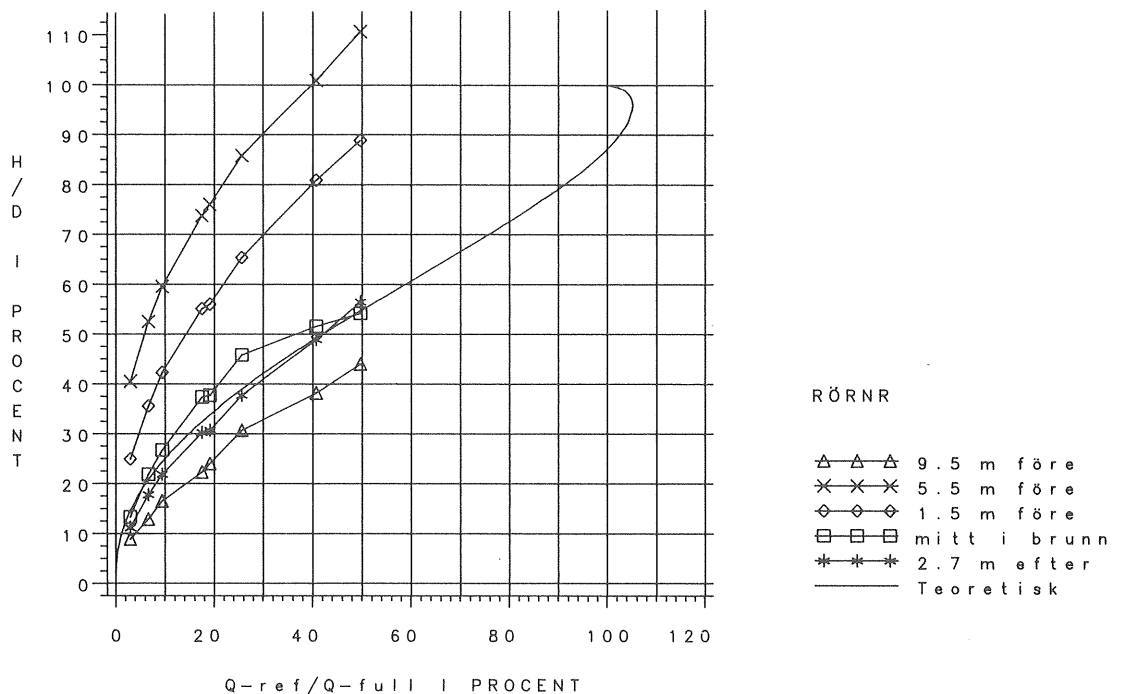
Ett exempel på de fel som kan begås på grund av att mätpunkten placerats på ett olämpligt ställe redovisas nedan. Mätresultaten har tagits fram med försöksanläggningen inställd för en medellutning på 20 promille mellan inloppet och mätbrunnen. Mitt på ledningssträckan finns emellertid en svacka, vilken innebär att lutningen till att börja med är ca 40 promille för att så småningom övergå i 20 promille vid mätbrunnen. En profil av ledningen redovisas i figur 16.



Figur 16. Profil av försöksanläggningen vid försöken med en svacka uppströms mätbrunnen. Medellutningen är 20 promille.

Vattenståndsrören har i detta försök använts för att avläsa vattendjupen i olika mätpunkter längs ledningen. Här redovisas vattenståndsrören 2,4,6,7 och 9, som mätpunkter.

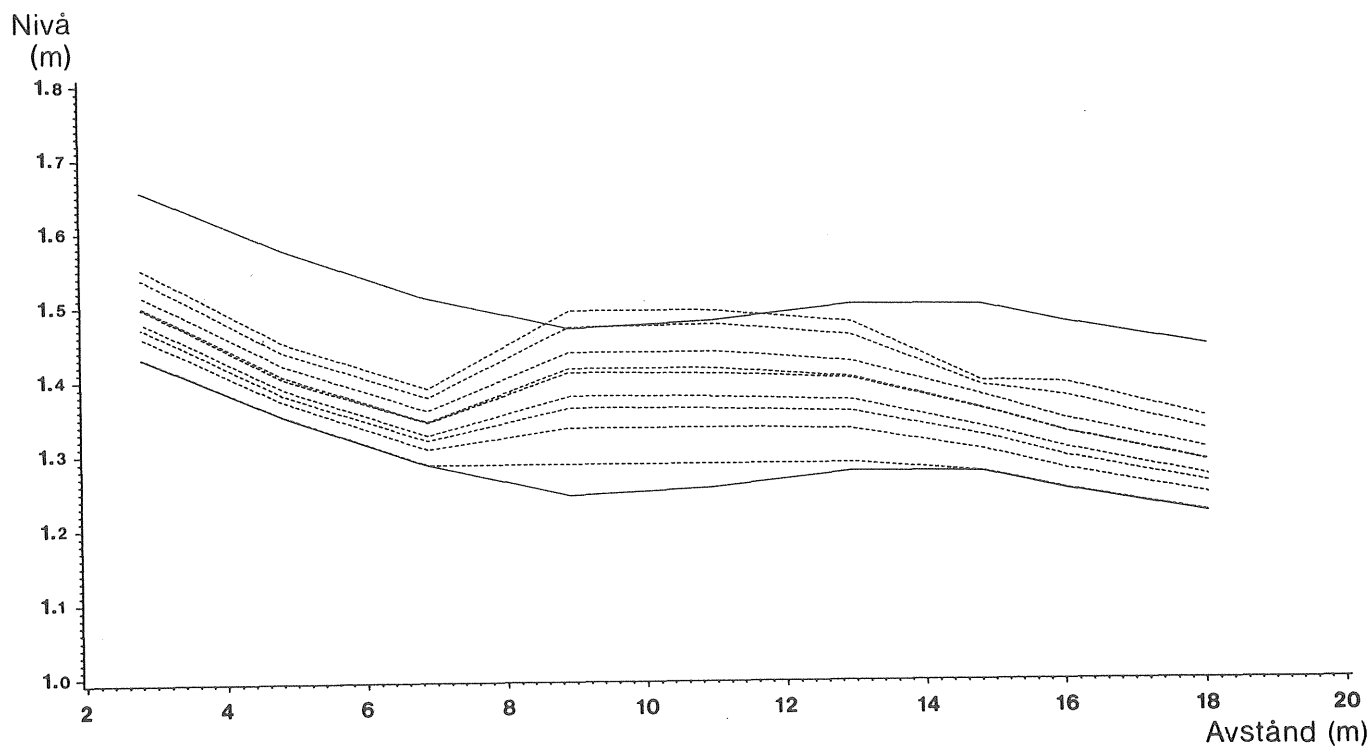
Mätresultaten redovisas i figur 17, som delfyllnadspunkter. Dessa kan i diagrammen jämföras med en teoretisk delfyllnadskurva baserad på medellutningen 20 promille.



Figur 17. Delfyllnadspunkter för vattenståndsrör 2,4,6,7 och 9 samt en teoretisk delfyllnadskurva baserad på medellutningen 20 promille.

Slutsatsen av detta försök kan sammanfattas som att ledningslutningen i närheten av mätpunkten är av största vikt vid utvärderingen av flödet från en vattenståndsmätning. Ett vattendjup nära det normala ställde här in sig efter några meters flytsträcka med konstant lutning. Placeras däremot mätpunkten i en övergångszon mellan två olika ledningslutningar blir mätresultatet helt fel, vilket vattenståndsrör 4 och 6 är exempel på. I dessa punkter avviker delfyllnadskurvornas form stort från vad som gäller vid normalt vattendjup.

Vattenståndens variation längs ledningen vid olika fyllnadshöjder redovisas i sin helhet i figur 18. Här kan man se att ett vattensprång utbildas mellan den brantare lutningen i början och den flackare från mätbrunnen och nedåt.



**Figur 18.** Vattenstånd vid olika fyllnadshöjder vid försöket med varierad ledningslutning.



#### 4.4 Mätprincipen kan göras oberoende av feluppskattningar för råhet och bottenlutning genom en kalibrering

Det finns många tillfällen då det bedöms som nödvändigt att mäta i en viss punkt i ett ledningsnät. Om det är svårt att bedöma ledningens råhet respektive lutning bör en annan metod än nivåmätning i öppen ledning användas, som allmän regel. Det kan emellertid finnas andra skäl som medför att nivåmätning i öppen ledning är enda alternativet.

Råder normalt vattendjup i den tänkta mätpunkten? Om så är fallet kan mätpunkten göras användbar genom en kalibrering. Kalibreringen går ut på att vid ett eller flera konstanta flöden tillsätta ett känt massflöde av ett spårämne och analysera koncentrationen.

Ett sätt att använda kalibreringsvärdena är att med Mannings formel räkna ut värden på produkten av Mannings tal vid fylld ledning och roten ur lutningen ( $M \cdot \sqrt{I}$ ). Denna produkt skall vara konstant vid varierande fyllnadshöjd om normalt vattendjup rått vid kalibreringstillfället. När konstanten ( $M \cdot \sqrt{I}$ ) bestäms kan flödet vid fylld ledning bestämmas och en vanlig delfyllnadskurva upprättas för mätpunkten.

Liksom vid all kalibrering måste man vara uppmärksam på att kalibreringen endast gäller för det mätområde man kunnat kontrollera. Utanför detta måste mätvärdena användas med försiktighet.

Metoden innebär åtskilligt räknande varför vi tagit fram dels ett diagram som kan användas för att få fram den våta arean, hydrauliska radien och en korrektionsfaktor till Mannings tal för olika fyllnadshöjder dels ett datorprogram skrivet för en ABC80 bordsdator som utför alla beräkningar. Diagrammet redovisas i figur 19, medan en körning och en kort beskrivning av programmet finns i appendix C. Programmet är utförligt dokumenterat i VA-tekniks internskriftserie, nr 2:83, se referenslistan.

ABC80-programmet kan också användas för att enkelt testa hur olika uppskattade värden på Mannings tal och ledningslutningen påverkar det beräknade flödet vid olika fyllnadshöjd.

En mer systematisk redovisning av kalibreringsmetoden redovisas nedan:

1. Mät vattendjupet i mätpunkten vid några kända konstanta flöden. Flödesbestämningen kan göras med hjälp av ett spårämne, exempelvis litiumklorid.
2. Lös ut kalibreringskonstanten,  $M \cdot \sqrt{I}$ , ur Mannings formel:

$$M \cdot \sqrt{I} = Q_{\text{kal}} / (m \cdot (r \cdot R)^{2/3} \cdot (a \cdot A))$$

Värdet på  $m, r$  respektive  $a$  fås ur figur 19 för den fyllnadshöjd som uppmätts.

$M$  = Mannings tal vid fylld ledning.

$I$  = ledningens lutning (m/m).

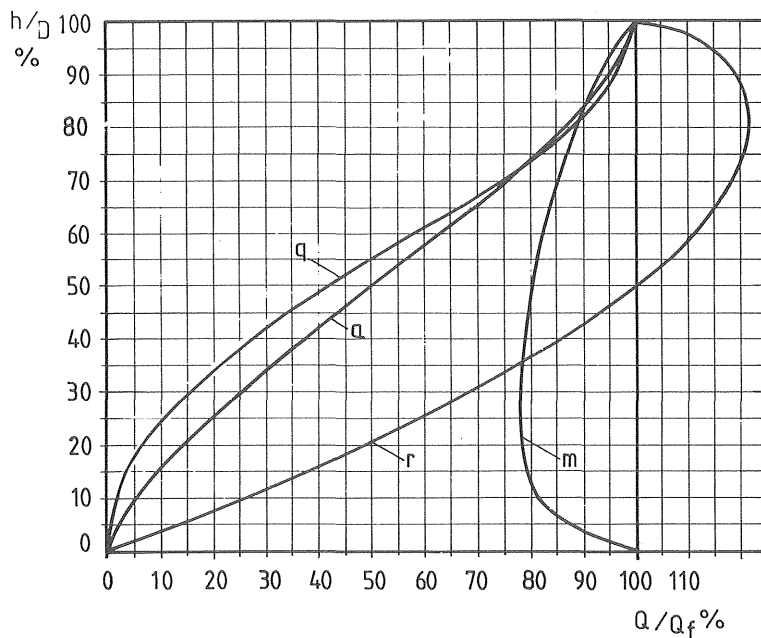
$Q_{\text{kal}}$  = kalibreringsflödet ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

$R$  = hydrauliska radien vid fylld ledning (m).

$A$  = våta arean vid fylld ledning ( $\text{m}^2$ ).

$m, r$  och  $a$  definieras av figur 19.

3. Ger de olika kalibreringsflödena olika värden på kalibreringskonstanten? Om så är fallet är det mest troliga att normalt vattendjup inte råder i mätpunkten. Det kan också vara fel på kalibreringen. Kontrollera!
4. Välj ett lämpligt slutligt värde på kalibreringskonstanten. Beräkna flödet vid fylld ledning genom att sätta in kalibreringskonstanten i Mannings formel.
5. Bestäm flödet vid en viss fyllnadshöjd genom att multiplicera flödet vid fylld ledning med  $q$  från figur 19.

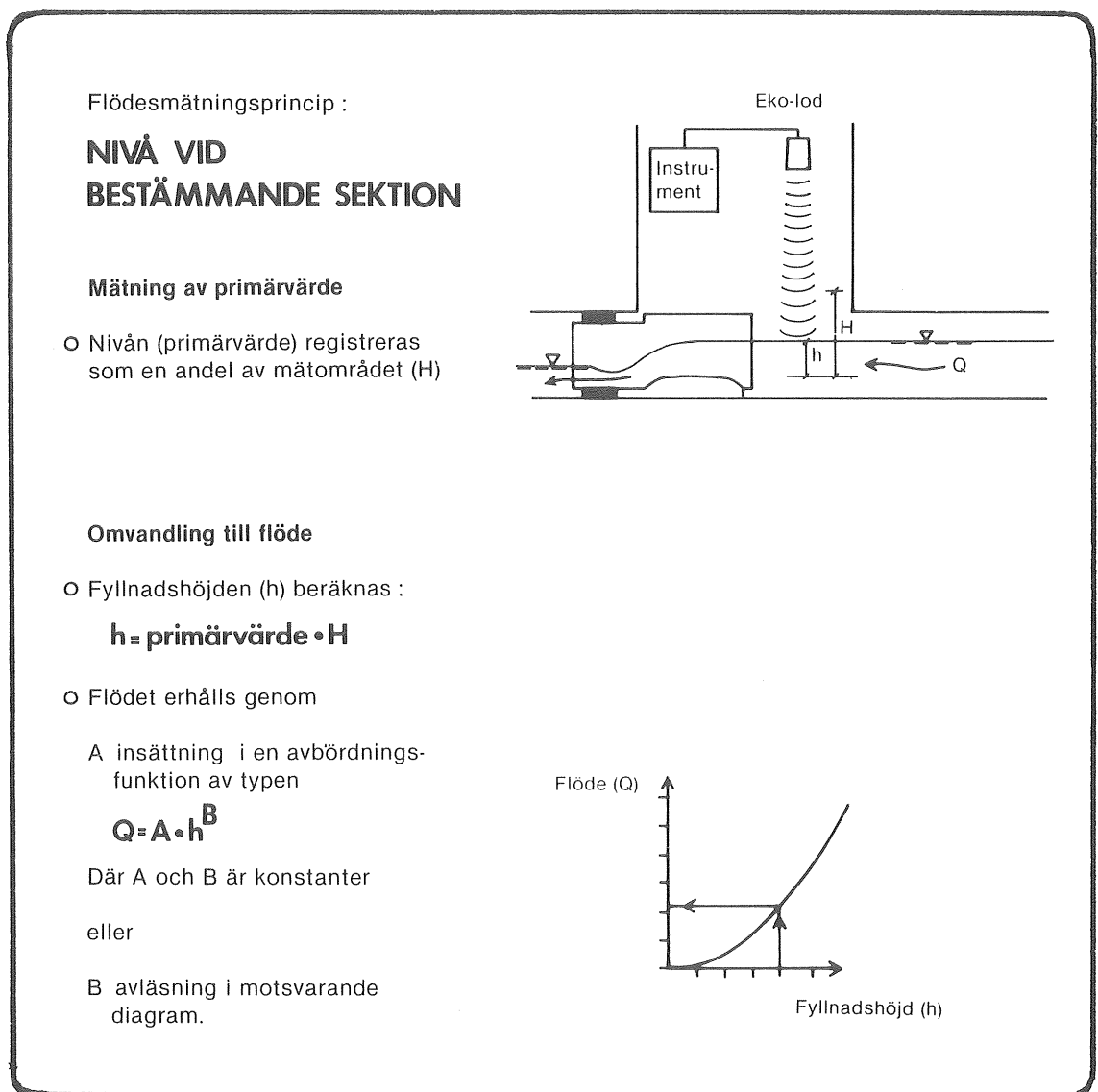


**Figur 19.** Delfyllnadskurvor för flöde ( $q$ ), area ( $a$ ), hydraulisk radie ( $r$ ) och Mannings tal ( $m$ ).

5 Mätning av nivå i bestämmande sektion har goda förutsättningar inom sitt mätområde, men medför en reduktion av ledningens kapacitet.

5.1 Mätprincipens hydrauliska bakgrund och förenklingar

Denna mätprincip förutsätter att en strypning i ledningen kan åstadkommas antingen med en mätträna eller ett mätöverfall. Strömningen uppströms strypningen skall vara strömmande för att i strypningen övergå i strålkande. En bestämmande sektion erhålls och flödet kan entydigt bestämmas genom en nivåmätning uppströms den bestämmande sektionen. Beroende på strypningens form erhålls olika uttryck för sambandet mellan vattendjup och flöde.



Figur 20. Princip för flödesmätning i bestämmande sektion

I figur 20 visas en schematisk skiss över olika ingående moment vid flödesbestämning genom nivåmätning med ekolod i en bestämmande sektion vid en portabel mätränna. Mätrännan skjuts delvis in i utgående avloppsledning och tätas mot röret med en uppblåsbar gummimanschett. Det är viktigt att rännan därefter kan horisonteras.

Ekolodet justeras för ett lämpligt mätområde (H) och placeras strax uppströms rännan. En felaktig inställning av nollpunkt eller mätområde (H) påverkar naturligtvis mätnoggrannheten.

Nivån mäts i ekolodet som procent av mätområdet (H) och vattendjupet (h) kan beräknas. Omvandlingen till flöde görs med hjälp av diagram eller avbördningsfunktion som hör till rännan. Denna omvandling kan också utföras direkt om instrumentet försetts med en lämplig linjäriseringsenhet. Resultatet erhålls då i procent av rännans Q-full värde. Detta förutsätter dock att mätområdet (H) överensstämmer med rännans maximala fyllnadshöjd.

Den vid försöken använda Palmer-Bowlus mätrännan (PB-6) medförde en reduktion av ledningens kapacitet till drygt 10 l/s. Detta motsvarade ca 27, 19 eller 13 procent av ledningens fulla kapacitet om ledningens lutning var 3, 10 resp. 20 promille. Vid högre flöden kommer nivån uppströms rännan att stiga för att få igenom det aktuella flödet och mätprincipen är satt ur spel.

Andra vanliga portabla mätinsatser förutom rännor är olika typer av mätöverfall. Speciella önskemål kan tillgodoses genom valet av mätöverfallens form. Triangulära överfall ger bättre noggrannhet vid små flöden än rektangulära men har lägre kapacitet vid samma dämningshöjd.

Avbördningsformlerna är uppbyggda på samma sätt för såväl rännor som överfall, men har olika exponenter och avbördningskoefficienter. Som tidigare nämnts har ej överfall använts vid dessa försök.

För att avbördningsformlerna skall gälla måste såväl utformningen av mätinsatsen som tillloppskanalens utseende uppfylla vissa krav. Dessa är ofta ej möjliga att uppfylla i den mätmiljö som erbjuds i en nedstigningsbrunn. Felkällorna kan reduceras genom en kalibrering av mätinsatsen exempelvis i laboratorium och vid mätning i särskilt besvärliga mätmiljöer en kalibrering i mätbrunnen.

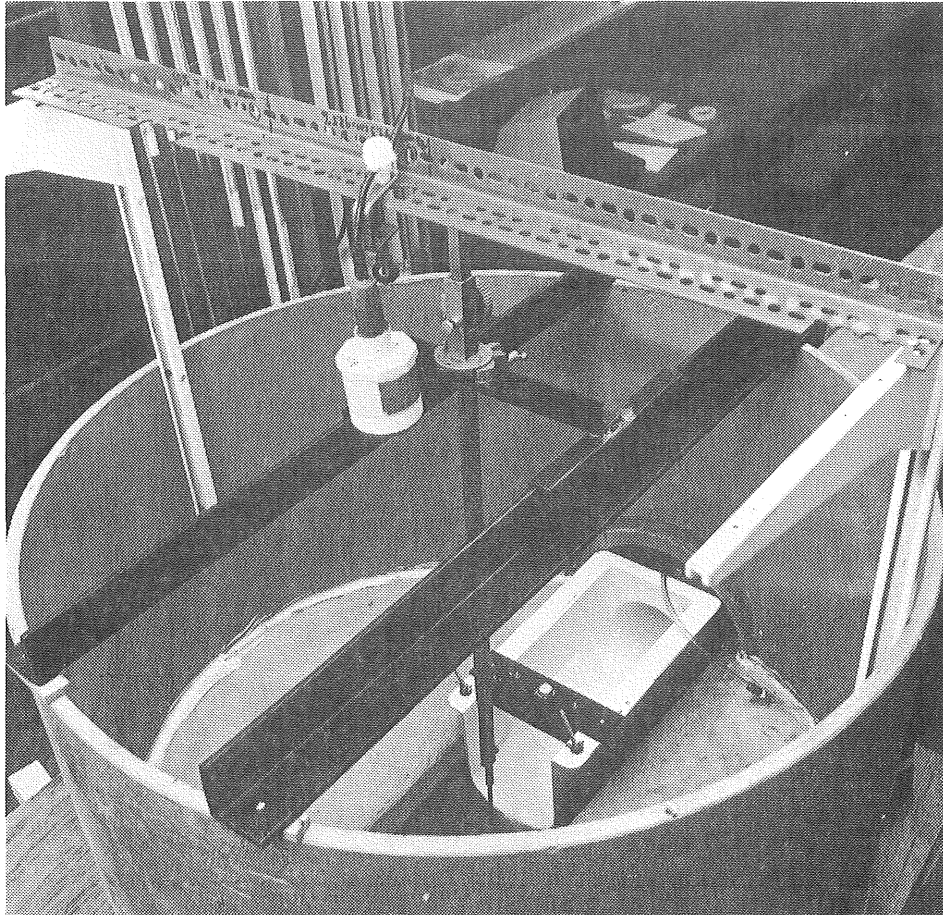
## 5.2 Mätprincipens uppmätta mätnoggrannhet med Palmer-Bowlus mätränna

Mätrännan var placerad i nedströmsändan av mätbrunnen, se figur 21. Den horisonterades med ett på rännan fast monterat dosvattenpass. Vattendjupet mättes med ett ekolod placerat uppströms själva rännan. Vattendjupet kunde också mätas med spetsmätare i samma punkt som ekolodet. De två ekolodsutrustningarna som användes omvandlade båda vattendjupet till flöde med inbyggda linjäriseringsenheter. Fabrikanten angav för Palmer-Bowlus rännan följande samband mellan vattendjup i förträngningen och flödet:

$$Q = k \cdot h^2$$

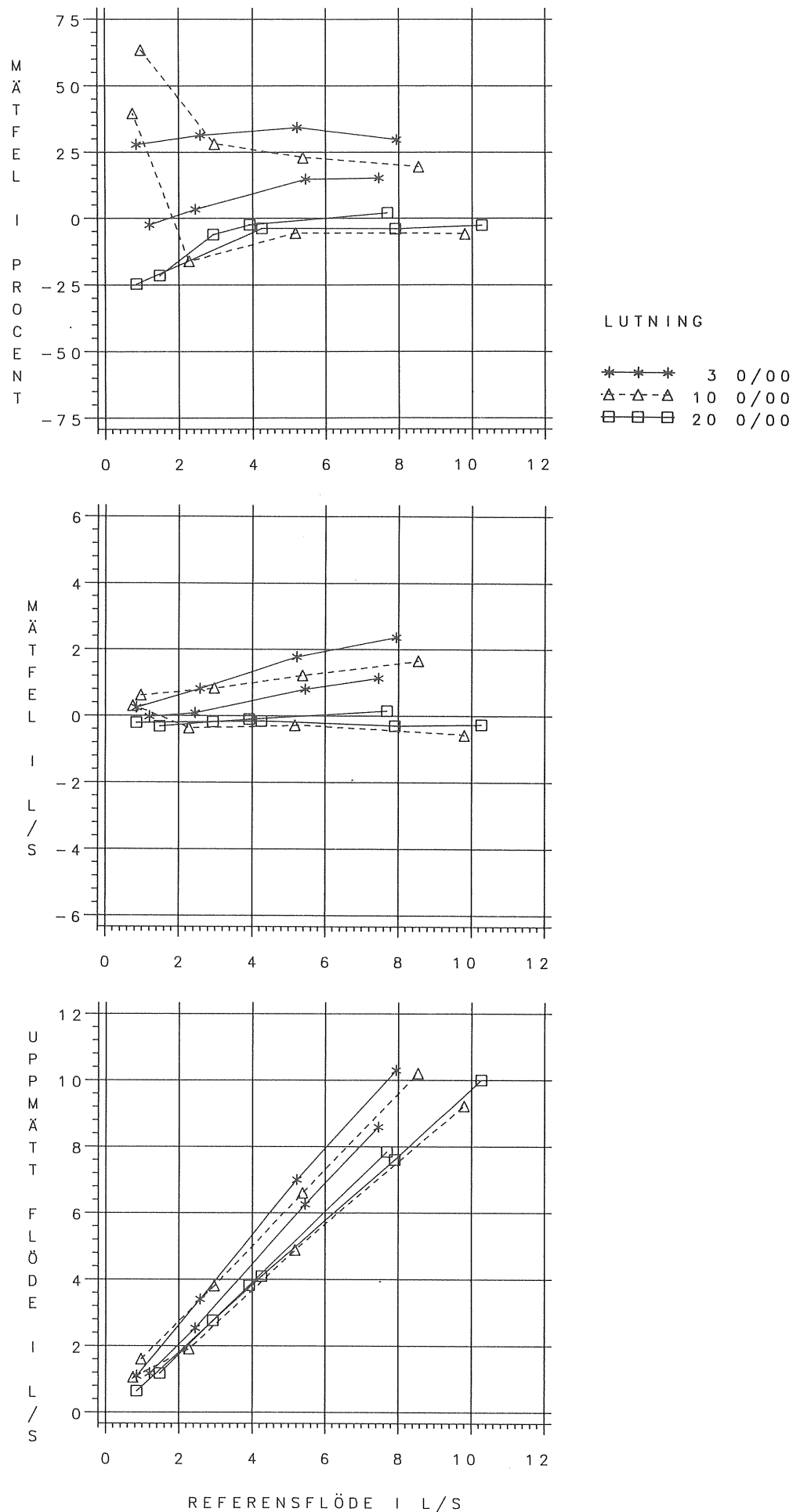
Konstanten k anges till 0,749. Flödet (Q) fås då i m<sup>3</sup>/s om vattendjupet (h) ges i m. För h = 0,119 m blir det maximala flödet Q = 0,0106 m<sup>3</sup>/s.

Ekolodens mätområde inställdes innan monteringen i mätbrunnen. Mätområdet inställdes till maximalt tillåtet vattendjup för rännan. Nollpunkten inställdes däremot med ekolodet monterat i mätbrunnen.



**Figur 21.** Palmer-Bowlus rännan och ekolodets placering i mätbrunnen.

Mätresultaten för Palmer-Bowlus rännan visas i figur 22. Denna försöksserie omfattar endast lutningarna 3,10 och 20 promille, eftersom rännan inte förmår åstadkomma en bestämmande sektion vid lutningar större än ca 25 promille. Det procentuella mätfelet är något mindre än  $\pm 25\%$  utom för riktigt små flöden då det ökar något. Figurerna visar också en tendens till överskattning av flödet. Det vill säga att avbördningssambandet systematiskt ger för höga flöden.



**Figur 22.** Mätfel vid flödesmätning med principen nivå i bestämmande sektion, vilken åstadkoms med en Palmer-Bowlus mätränna (PB-6). Nivåmätning med ekolod och omvandling till flöde med linjäriseringsenhet (2 försöksomgångar).



### 5.3 Diskussion av felkällor

De fel som uppträder för denna mätprincip är att hänföra till fel i nivåmätningen och fel i rännans utformning. Dessutom kan naturligtvis metoden användas utanför sitt giltighetsområde med stora mätfel som följd.

Fel i nivåmätningen kan aldrig undvikas, men bör kunna begränsas till 5 millimeter på grund av fel vid inställningen av mätområde och nollpunkt. Ett mätfel i nivå på  $\pm 2,5$  millimeter medför vid 2 l/s (52 mm vattendjup) att det relativa felet i flödet är  $\pm 10\%$ . Vid 10 l/s (115 mm vattendjup) blir motsvarande relativa fel  $\pm 5\%$ . Under 2 l/s ökar det relativa fel snabbt. För 1 l/s blir det  $\pm 15\%$  och för 0,5 l/s blir det  $\pm 20\%$ .

I praktiken bör det således vara svårt att nedbringa det relativa mätfelet under  $\pm 10\%$  för flöden överstigande 2 l/s. Detta uppnås med ett maximalt nivåfel på ca 2-3 mm samt ett helt korrekt avbördningssamband. För flöden under 2 l/s måste man vara observant på att mätfelet ökar kraftigt.

Den tendens till överskattning av flödena som den givna avbördningsformeln visar har undersökts med en modifierad avbördningsformel. Denna togs fram genom en regressionsanalys av samtliga uppmätta spetsmätarevärden och referensflöden. Med denna formel fås ett relativt mätfel på  $\pm 10\%$  för flöden över 2 l/s. Därunder ökar mätfelet för att vid 0,5 l/s vara  $\pm 30\%$ . Det bör understrykas att vi endast testat ett exemplar av denna mätträna varför det ej går att uttala sig generellt om den här uppmätta överskattningen.

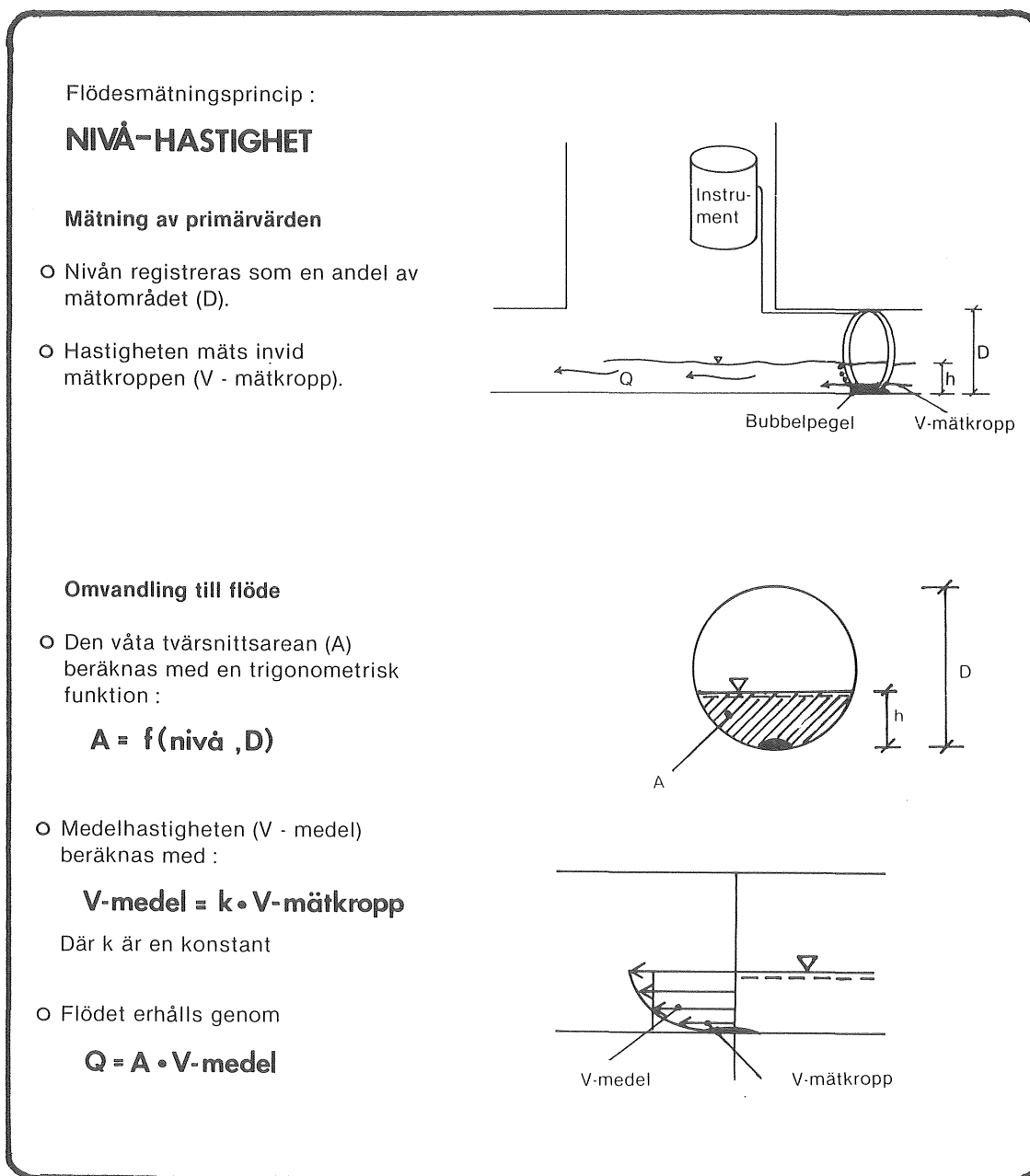
Installeras mättränan i en ledning med för brant lutning ( för den undersökta rännan ca 25 promille ) kommer ingen bestämmande sektion att erhållas i rännan och avbördningssambandet gäller inte längre. Ett försök vid lutningen 40 promille gav för vattendjupet 80 mm (66 %) ett flöde lika med 4,9 l/s medan det verkliga flödet var 25,5 l/s. Det man bör observera är att ingen indikation fås på att något är fel, om man inte är på plats vid mätpunkten. Installeras rännan vid ett lågt flöde kan det vara mycket svårt att avgöra om man har en bestämmande sektion i rännan. Bedömer man flödesförhållandena som tillfredsställande vid installationen är det sannolikt att man lutar på även de högre mätvärdena med stora fel som följd.

Det är således mycket viktigt att tillverkarna av mättränor förutom avbördningssamband anger för vilka ledningslutningar dessa gäller. Dessutom borde det relativa mätfelet ges för olika delar av mätområdet.

## 6 Mätning av nivå och hastighet har goda förutsättningar för ett bra mätresultat men kräver mer komplicerad utrustning.

### 6.1 Mätprincipens hydrauliska bakgrund och förenklingar

Mätprincipen har väsentliga fördelar gentemot exempelvis endast nivåmätning i öppen ledning då den i princip kompenserar en avvikelse från normalt vattendjup. Ett större vattendjup kompenseras av en lägre hastighet vid oförändrat flöde och vice versa. En principskiss över olika moment vid flödesbestämning genom samtidig mätning av nivå och hastighet ges av figur 23.



Figur 23. Principskiss för flödesmätning vid samtidig mätning av nivå och hastighet

Nivån ( $h$ ) mäts här genom tryckmätning med bubbelpegel. Ett systematiskt fel erhålls om inte instrumentet justeras så att bubbelmätningens nollnivå överensstämmer med verklig. En förutsättning för en riktig behandling av uppmätt tryck är att instrumentet ställts in för aktuell rördiameter. Detta görs enkelt med olika plugg-in enheter.

Den våta tvärsnittsarean ( $A$ ) beräknas då vattendjup och rördiameter är kända.

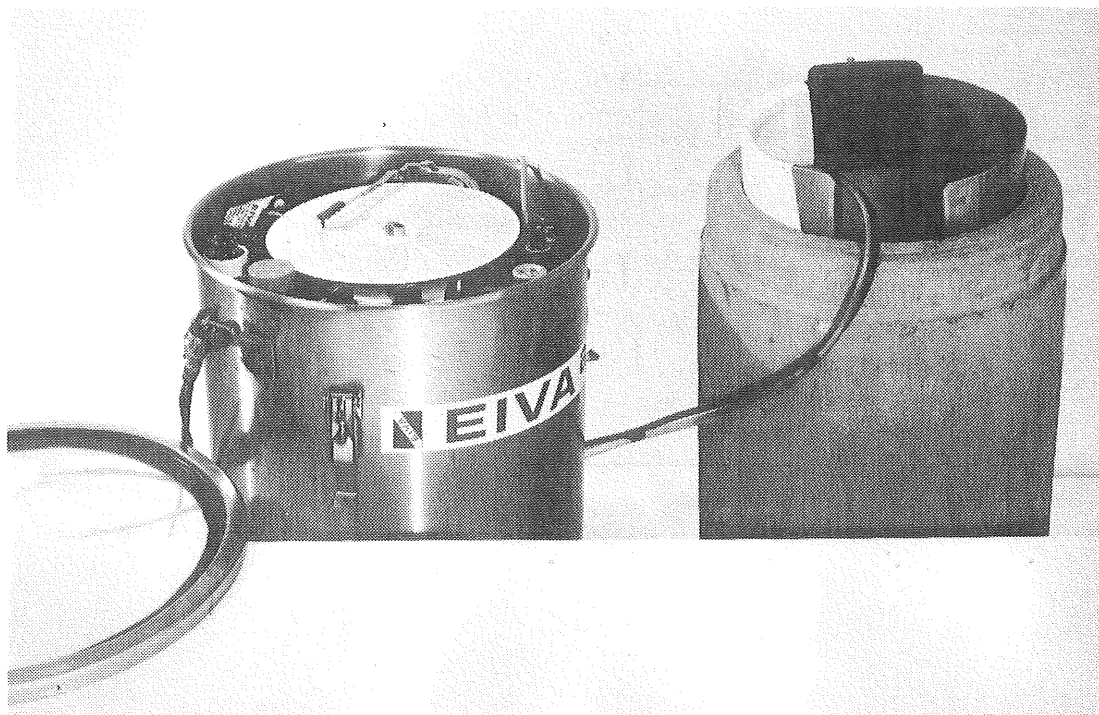
Hastigheten mäts invid mätkroppen ( $v$ -mätkropp) genom elektromagnetisk induktion orsakad av vattnets strömning. Flödets medelhastighet ( $v$ -medel) erhålls genom antagandet av att det råder ett konstant förhållande mellan  $v$ -medel och  $v$ -mätkropp över hela fyllnadshöjden för en given rördiameter. Detta antagande är en approximation som innebär en viss osäkerhet.

Förslag till värden på förhållandet mellan  $v$ -mätkropp och  $v$ -medel för olika rördiametrar finns i manualen. Man har möjlighet att själv välja annat värde. Detta förutsätter att man kan mäta hastigheten i ett antal representativa punkter i mättvärsnittet och relatera medelvärdet till hastigheten invid mätkroppen. Detta är omöjligt att utföra om flödet är lågt vid installandet av mätinstrumentet. Dessutom är det opraktiskt att utföra särskilt vid små dimensioner. Vi har därför valt att i laboratorieförsöken använda manualens föreslagna värde.

Flödet erhålls slutligen genom multiplikation av våt tvärsnittsarea ( $A$ ) och medelhastighet ( $v$ -medel).

## 6.2 Mätprincipens uppmätta noggrannhet

En försöksomgång har utförts med denna mätprincip. Omvandlingen till flöde kan ske med den tidigare beskrivna plugg-in enheten för aktuell diameter. Det var också möjligt att avläsa nivå respektive hastighet. Det instrument som använts för försöken var försett med en speciell kopplingsbox, med vilken både nivå och hastighet kunde registreras på en skrivare.



Figur 24. Givare och instrument för mätning av nivå och hastighet för omvandling till flöde.

På grund av att ledningsdimensionen 225 millimeter inte är någon standarddimension i instrumentets hemland USA fanns ingen plugg-in enhet för denna dimension. (Den kunde levereras på beställning). Av detta skäl kunde inte den automatiska omvandlingen utnyttjas. Omvandlingen från nivå och hastighet till flöde har skett manuellt.

Mätsektionen var belägen 0,3 meter uppströms brunnen inne i inkommande ledning. Givaren och instrumentet visas i figur 24. Av figuren framgår att givaren medför en viss påverkan på strömningsförhållandena. Det framgår också att bubblrörets mynning är placerat ovanför ledningens botten.

Det relativa mätfelet för denna mätprincip framgår av figur 25. Denna visar att mätprincipen för hela mätområdet (5-60 l/s) ger ett relativt mätfel som är mindre än +/- 25%.

Det finns några tendenser i mätresultaten värda att notera. Vid 40 promilles lutning är mätfelet vid de högre flödena betydligt större än för övriga lutningar. Detta beror troligen på att givaren stör strömningsbilden mer vid högre vattenhastigheter.

Flödet överskattas för små delfyllnader och underskattas för större delfyllnader. Orsaken är dels inverkan på strömningen av givaren dels brister i sambandet mellan punkthastigheten och medelhastigheten för tvärsnittet. Generellt ger emellertid denna mätprincip det noggrannaste mätresultatet med möjlighet att bestämma flödet ända upp till ledningens kapacitet och inklusive ledningar med helt fylld sektion.

### 6.3 Diskussion av felkällor

Det totala mätfelet för denna princip beror på fel i nivåmätningen och fel i uppskattningen av medelhastigheten för tvärsnittet.

Ett stort fel görs i nivåmätningen om bubblrörets nollpunkt definieras felaktigt. Bubblröret kan aldrig helt komma i nivå med ledningens botten. Dessutom kan det vara svårt att exakt passa in givaren så att bubblröret hamnar i ledningens lägsta punkt. Instrumentet medger en korrektion av nollpunkten. En uppmätning av bubblrörets avstånd från ledningens botten med efterföljande justering av instrumentets nollpunkt bör kunna reducera detta mätfel till högst några millimeter.

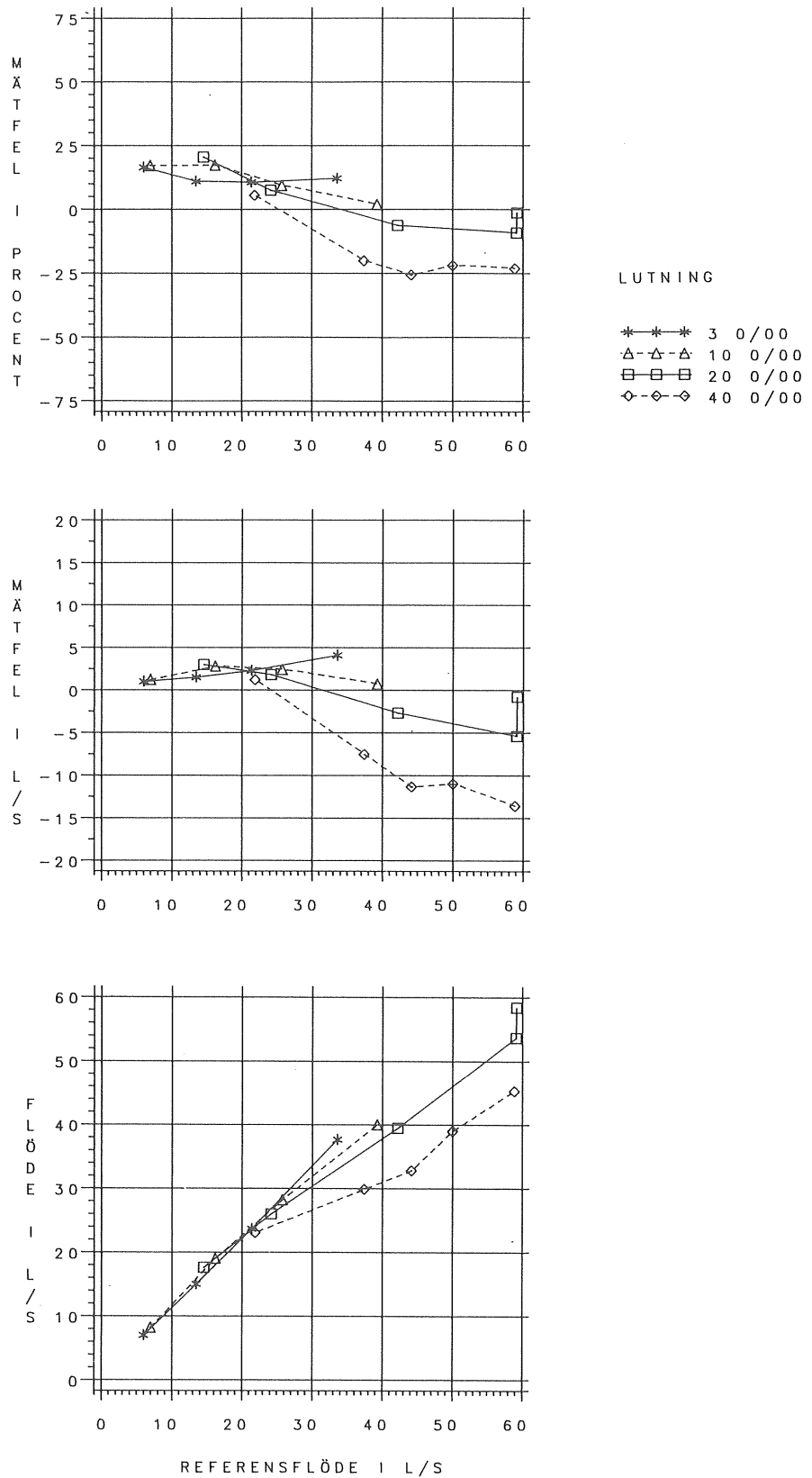
Vi valde att ställa in nollpunkten jäms med verklig ledningsbotten. Det kan diskuteras om det är bättre att låta nollpunkten ligga på den »nya botten» som bildas av givareringen. Under dessa försök hade det inneburit att fyllnadshöjden uppmätts till ett ca 1 cm lägre värde. Mätresultaten hade då genomgående visat på lägre uppmätta flöden.

Teoretiskt kan det vara försvarbart att »höja upp» nollpunkten över verklig botten. I praktiken erhålls ett visst flöde mellan ring och botten då denna ej är konstruerad för att sluta tätt.

Givaren upptar en liten del av den våta tvärsnittsarean. Följden blir, med en nollpunktsinställning vid botten, en överskattning av den våta tvärsnittsarean och ett för högt uppmätt flöde. Det relativa mätfelet blir högst vid små fyllnadshöjder.

Felet i uppskattningen av medelhastigheten beror på att det inte finns något entydigt samband mellan en punkthastighet och medelhastigheten för olika fyllnadshöjder. Flödesbestämningen bygger således på den förenklingen att det råder ett konstant förhållande mellan hastigheten vid givaren och medelhastigheten. Större delen av det mätfel som redovisas i figur 25 är att hänföra till denna felkälla. Relationstalet mellan punkthastighet och medelhastighet är både beroende av fyllnadshöjd och ledningens lutning.

Vid fyllnadshöjder mindre än ca 50 millimeter kan hastigheten inte mätas överhuvudtaget varför instrumentet svarar med ett orimligt värde. Detta begränsar mätområdet nedåt till mellan 5 och 10 l/s beroende på lutning för en ledning med diametern 225 millimeter. Om ledningen är dämnd kan naturligtvis lägre flöden uppmätas.



Figur 25. Mätfel vid flödesmätning med principen nivå och hastighet

## 7 Litteratur och referenser

### 7.1 Litteratur för den som vill lära sig mer

- Mätning av avloppsvattenflöde i ledningsnät, avloppspumpstationer och fasta mätanordningar. - Bulletin No. 116, Inst. för Vattenbyggnad, KTH, Stockholm 1982.
- Discharge Measurement Structures. - Publication No. 161, Delft Hydraulics Laboratory, Delft 1976.
- Faldager, I, Holm, E och Sparwath, K. - Aflöbsledningers vandföringsevne och selvrensningsevne. - Byggeteknik, Teknologisk Institut, Tåstrup 1981. (ISBN 87-7511-101-2).

### 7.2 Referenser

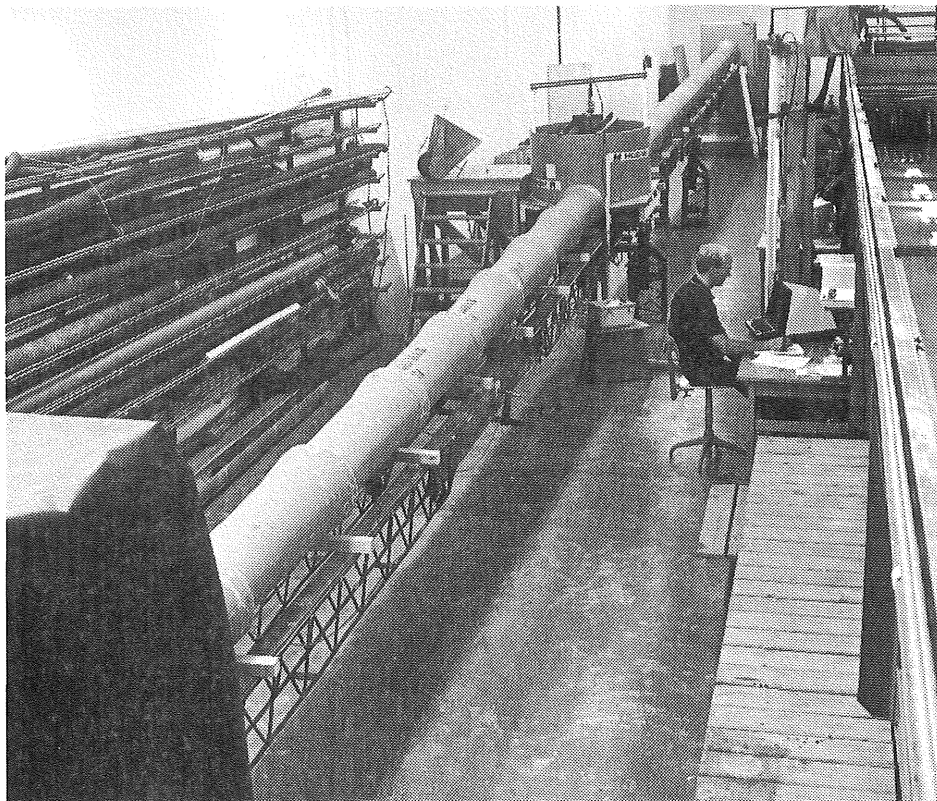
- a. Ackers, P - The hydraulic resistance of drainage conduits. - Institution of Civil Engineers, Vol 19, 1961.
- b. Kompendium i VA-teknik, del 2. - Inst. för VA-teknik, CTH, Göteborg 1979.
- c. Anvisningar för beräkning av allmänna avloppsledningsnät.- Svenska Vatten- och Avloppsverksföreningen, VAV. Publikation - P28, Stockholm 1976.
- d. Manual för MMI Flödesmätare 265 m. - Marsh-McBirney - EIVA A/S, Aarhus.
- e. Manual för flödesmätare typ LFT 2000. - Level-Control AB, Spånga.
- f. Manual för Manning portabla flödesmätare UF-1100-C-1. - Sigurd Holm AB, Bandhagen.
- g. Faldager, I, Holm, E och Sparwath, K. - Aflöbsledningers vandföringsevne og selvrensningsevne. - Byggeteknik, Teknologisk Institut, Tåstrup 1981. (ISBN 87-7511-101-2).
- h. Bäckman, H och Svensson, G. - Utvärdering av kalibreringspunkter vid flödesmätning i öppen ledning. -Presentation av en metod och ett datorprogram för ABC80 . - Inst. för VA-teknik, CTH, Internskrift 1983:2.
- i. Bretting, A.E. - Hydraulik, Stationære strømninger - Teknisk forlag, 1960.

## Appendix A Beskrivning av försöksanläggningen

Försöksanläggningen är uppbyggd i vattenbyggnadslaboratoriet vid Chalmers Tekniska Högskola där tillgång finns till ett slutet internt vattensystem med stor kapacitet.

Vid projekteringen av anläggningen eftersträvades att på bästa sätt möjliggöra en simulering av verkliga mätmiljöer i avloppsledningsnät. Därför valdes avloppsrör av vanligt förekommande material och dimension.

En vy av försöksanläggningen ges av figur 26. Anläggningen består av en 24 meter lång avloppsledning uppbyggd med 1 meters gummiringsskarvade standard betongrör av dimensionen 225 millimeter, Kanmax-rör från Skånska Cementgjuteriet.

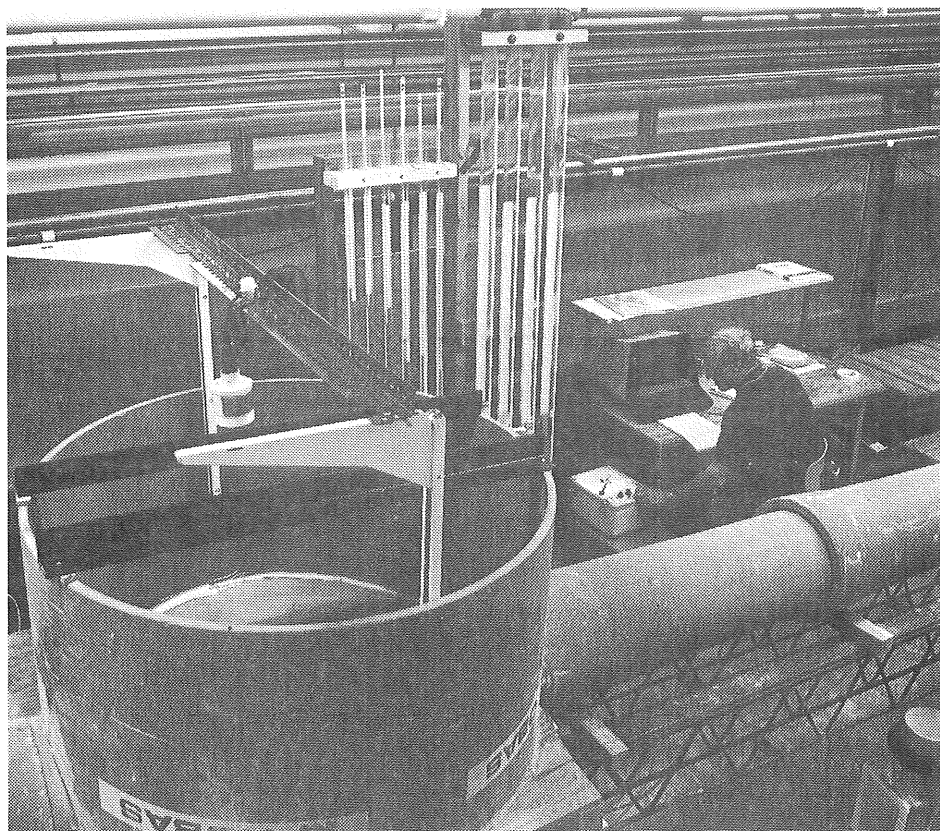


**Figur 26.** Vy över försöksanläggningen i vattenbyggnadshallen.

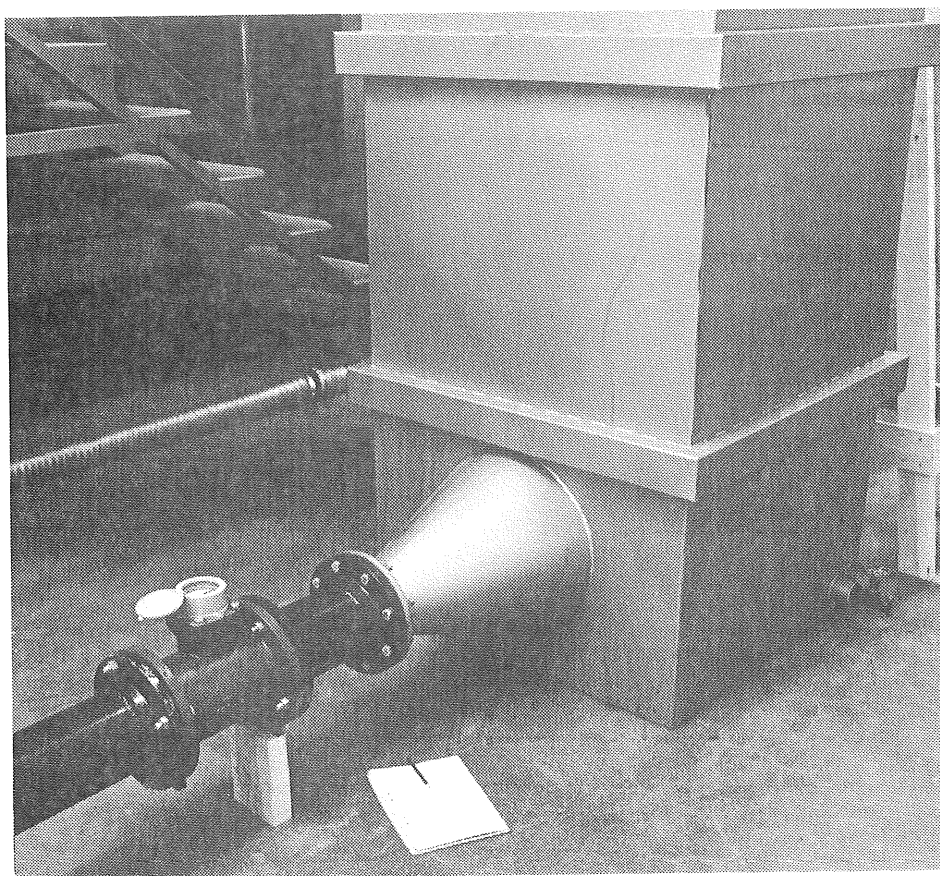
För att möjliggöra studier vid flera ledningslutningar lades avloppsledningen på en balkkonstruktion där stödets höjdläge kan varieras. Försöksledningen kan därmed varieras från helt horisontell ledning till drygt 40 0/00 lutning. Balkarna och stöden hyrs av Hünnebeck Sverige AB.

En nedstigningsbrunn byggdes ca 15 meter från inloppet. Av viktskäl användes som brunnsring ett GAP-rör med dimensionen 1000 millimeter från Hobas rör AB. Vattengången byggdes av ena rörhalvan från ett delat betongrör. Brunnsbotten vilken vallades från halva diametern utfördes med betongputs på en träkonstruktion. Vattengången genom brunnen gavs samma lutning som övrig ledning. Detta är den mest gynnsamma utformningen då flödet mäts genom mätning av normalt vattendjup.



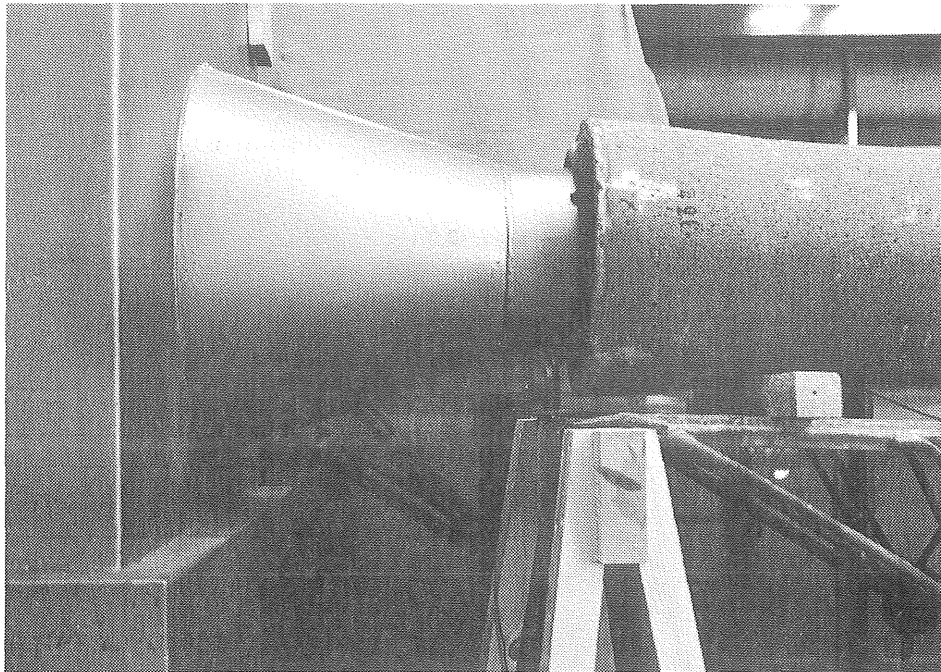


**Figur 27.** Nedstigningsbrunn och vattenståndsror. Försöket övervakas av Börje Sjölander.



**Figur 28.** Referensflödet mäts med vattenmätare vid inloppet





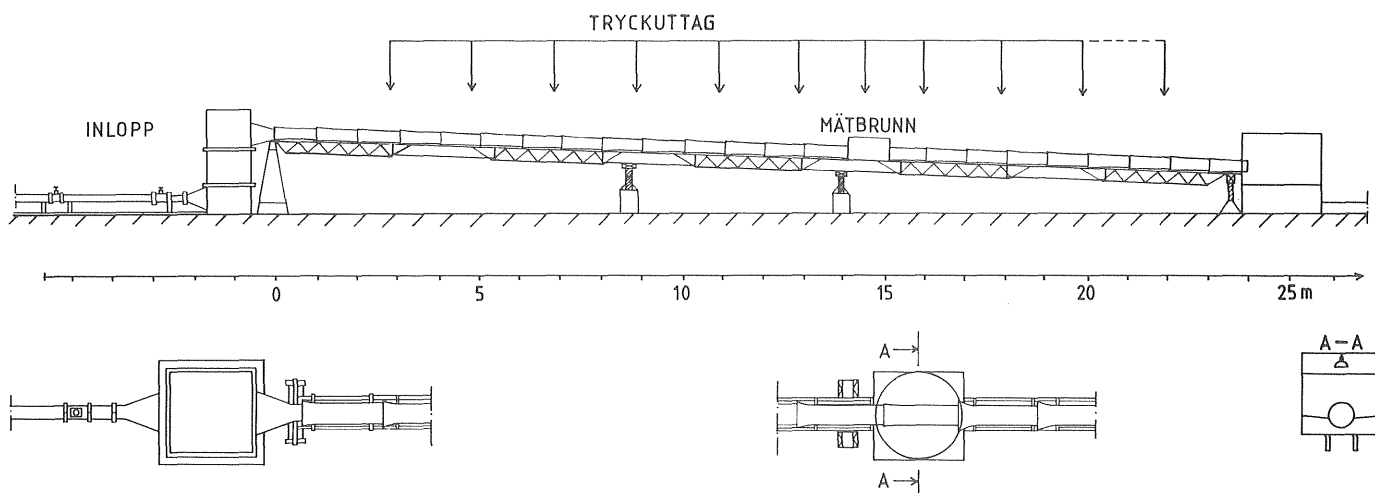
**Figur 29.** Inströmningens utformning till betongledningen

I figur 27 syns även två parallella skenor över brunnen på vilken en spetsmätare kan placeras. Vattendjupet mättes vid varje försök i 5 olika punkter över brunnen.

Det verkliga flödet, referensflödet, mättes vid inloppet med en Woltmanmätare av fabrikat Bopp o Reuther, figur 28. Vattenmätaren ger en noggrannhet bättre än  $\pm 2$  procent vid flöden över 8.4 l/s. Mellan 0.84 och 8.4 l/s är noggrannheten bättre än  $\pm 5$  procent. Vid låga flöden mättes även flödet med hink och klocka i utloppsändan.

Från inloppstanken rann vattnet in i betongledningen genom ett koniskt format inloppsrör, figur 29.

De 10 vattenståndsrören som var jämnt fördelade utmed försöksanläggningen möjliggjorde en studie av vattenytans läge inne i ledningen. Tryckkuttagens lägen framgår av figur 30. Det tryckkuttag, närmast utloppet, som i figuren är förbundet med en streckad linje flyttades efter halva försökstiden till mitt i nedstigningsbrunnen.



**Figur 30.** Profiliriting av försöksledningen

## **Appendix B      Datasystem för kontroll, lagring och bearbetning av mätdata under laboratorieförsöken**

I laboratorieförsöken har vi försökt att på ett effektivt sätt utnyttja de dataresurser som finns tillgängliga vid Göteborgs Datacentral (GD).

Det var viktigt för jämförelser mellan olika omgångar att noggrant kunna ställa in de önskade lutningarna. Ett interaktivt program, skrivet i GUC-BASIC, togs fram vilket kontrollerade den aktuella lutningen och föreslog lämplig höjjustering för att uppnå önskad lutning. Detta kunde utföras genom att använda de 10 vattenståndsrörens nivå vid inget flöde. Programmet ombesörjde även lagring av mätresultat i sk GUTS-areor (Gothenburg Unversity Timesharing System) för senare bearbetningar.

Bearbetningarna har till största delen utförts med hjälp av ett statistikpaket, Statistical Analysis System (SAS). Härigenom har försöksresultaten mycket enkelt kunnat kompletteras, kodas, bearbetas samt lagras med hjälp av små »SAS»-program. Resultaten av bearbetningarna har presenterats i diagramform med SAS:s grafikpaket, SAS/GRAPH.

För att ge underlag för bedömning av några hydrauliska parametrar såsom exempelvis Mannings tal skrevs ett par FORTRAN-program. Resultaten presenterades här med ett annat grafikpaket vid GD, PLAM.


Denna rapport är ordbehandlad och fotosatt med GD:s ordbehandlingsprogram, DOKF.

Det kan lätt konstateras att detta breda utnyttjande av olika datorprogram möjliggjort många snabba utvärderingar och bearbetningar vilka annars ej hade varit möjliga att utföra av tidsskäl.

# Appendix C Bearbetning av kalibreringsmätningar - program för Texas Instrument TI-58,59 samt redovisning av en körning av ett motsvarande ABC80-program

Kalibreringsmetoden är beskriven i kap 4.4.

Program för miniräknare: Texas Instrument TI-58 och TI-59

TITOLO TITEL TITEL	M $\sqrt{I}$ för delfylltd ledning	PAG SIDE PAGE	1	DI AV AF	2	TI PROGRAMMABLE SCHEDE DI PROGRAMMA PROGRAM DOCUMENTATION DOKUMENTATION DOCUMENTATION	
PROGRAMMATORE PROGRAMMERE PROGRAMMEUR	Gilbert Svensson	DATA DATUM DATUM	83-02-15			Stampante Skrivemhet Printer Aldruekenheid	
Partizione (Op 17) Uppdelning (Op 17) Splitting (Op 17) Onderverdeling (Op 17)		MODULO BIBLIOTECA BIBLIOTEKS-MODUL BIBLIOTEKSMODUL BIBLIOTHEEKMODUUL					
DESCRIZIONE DEL PROGRAMMA • PROGRAMBESKRIVNING • PROGRAMBESKRIVELSE • PROGRAMMABESCHRIJVING							

Program för TI-58 och TI-59  
 Beräkning av kalibreringskonstanten  $M\sqrt{I}$  för en delfylltd ledning  
 $M\sqrt{I}$  bör vara konstant för olika delfyllnader.  
 Ingångsvärden är: Uppmätta värden på vattendjup (h) i millimeter och flöde (q) i liter per sekund. Ledningens diameter ges som en konstant.

ISTRUZIONI PER L'OPERATORE • BRUKSANVISNING • BRUGERVEJLEDNING • INSTRUKTIES VOOR DE GEBRUIKER					
PASSO STEG TRIN STAP	PROCEDURA PROCFDUG PROCI DUHF PROCE DUHF	IMPOSTARE MATA IN INDTAST VOE R IN	PREMERE TRYCK MED TRYK TOETS IN		VISUALIZZATORE SIFFERINDIKATOR LYSPANEL DISPLAY
1	Mata in ledningens diameter	D (mm)		D	r (m)
2	Mata in flödet q	q (l/s)		A	q (m <sup>3</sup> /s)
3	Mata in vattendjupet h	h (mm)		B	
4	Resultatet $M\sqrt{I}$ visas:				$M\sqrt{I}$
5	Om fler beräkningar börja om från 2				
6	Beräkna M för en given lutning	I (dec.)		C	
7	Resultatet visas:				M

LASTE FTE AV: ANVÄRAREN BRUKSVEJLEDNINGEN TASTEN TASTEN	REGISTER DATA DATA REGISTER DATA REGISTER DATA REGISTER	( INV   CLR )	FICHE TTE (Op 08) LABELS (Op 08) E TIKETTER (Op 08) LABELS (Op 08)
A q in	0	0 Resultat A-df	[INV] [1/n] [Ct] [CLR] [21] [x <sup>2</sup> ]
B h in	1 r=radien	1 " P-df	[r] [1/x] [STO] [RCL] [Su] [7]
C I in, M ber.	2 q=flödet	2 " R-df	[EE] [T] [L] [F+] [GT] [X]
D D in, r ber.	3 h=vattendjupet	3 " $M\sqrt{I}$	[SBR] [E] [RST] [R/S] [C]
E	4	4	[4/-] [E] [CLR] [INV] [M] [C]
A'	5	5	[7] [7] [7] [7] [7] [7]
B'	6	6	[7] [7] [7] [7] [7] [7]
C'	7	7	[7] [7] [7] [7] [7] [7]
D'	8	8	[7] [7] [7] [7] [7] [7]
E'	9 Resultat	9	[7] [7] [7] [7] [7] [7]

TITOLO  
TITEL  
TITEL  
TITEL  
PROGRAMMATORE  
PROGRAMMERARE  
PROGRAMMER  
PROGRAMMEUR

PAG. 2 DI 2  
SIDA 2 AV 2  
SIDE 2 AF 2  
PAG 2 VAN 2  
DATA  
DATUM  
DATUM  
DATUM

TI PROGRAMMABLE  
MODULO DI PROGRAMMAZIONE  
KOD FORMULAR  
PROGRAMBLAD  
PROGRAMMABLAÐ



PRG ADR TRIN LOC	OPD FID CODE CODE	TARGET TAS TAS TAS	COMMENTO KOMMENTAR KOMMENTAR THE LIGHTING	PRG ADR TRIN LOC	OPD FID CODE CODE	TARGET TAS TAS TAS	COMMENTO KOMMENTAR KOMMENTAR THE LIGHTING	PRG ADR TRIN LOC	OPD FID CODE CODE	TARGET TAS TAS TAS	COMMENTO KOMMENTAR KOMMENTAR THE LIGHTING
0		LBL		0		)		0		U2	
1		D		1		=		1		/	
2		/		2		STO		2		RCL	
3		2		3		10		3		10	
4		0		4		RCL		4		/	
5		0		5		01		5		(	
6		0		6		x		6		RCL	
7		=		7		RCL		7		12	
8		STO		8		03		8		YX	
9		01		9		x		9		(	
0		R/S		0		2		0		2	
1		LBL		1		=		1		/	
2		A		2		-		2		3	
3		/		3		(		3		)	
4		1		4		RCL		4		)	
5		0		5		03		5		=	
6		0		6		YX		6		STO	
7		0^		7		2		7		13	
8		=		8		)		8		R/s	M/I
9		STO		9		=		9		LBL	
0		02		0		√x		0		C	I
1		R/S		1		x		1		√x	
2		LBL		2		(		2		1/x	
3		B		3		RCL		3		x	
4		/		4		01		4		RCL	
5		1		5		-		5		13	
6		0		6		RCL		6		=	
7		0		7		03		7		R/S	M
8		0		8		)		8			
9		=		9		=		9			
0		STO		0		+/-		0			
1		03		1		+		1			
2		RAD		2		RCL		2			
3		RCL		3		10		3			
4		01		4		=		4			
5		-		5		STO	A-df	5			
6		RCL		6		10		6			
7		03		7		RCL		7			
8		=		8		09		8			
9		/		9		x		9			
0				0		RCL		0			
1				1		01		1			
2		RCL		2		x		2			
3		01		3		2		3			
4		=		4		=		4			
5		INV		5		STO		5			
6		COS		6		11	P-df	6			
7		STO		7		1/x		7			
8		09		8		x		8			
9		x		9		RCL		9			
0		(		0		10		0			
1		RCL		1		=		1			
2		01		2		STO		2			
3		YX		3		12	R-df	3			
4		2		4		RCL		4			

CODICI COMPOSTI KOPPLADE KODER LETTRE DE KODER SAMENGEVOEGDE CODES								
62	PRM	IMP	72	STO	IMP	83	GTO	IMP
63	TRN	IMP	73	RCL	IMP	84	OPR	IMP
64	TRN	IMP	74	SUM	IMP	92	INV	SBR

TEXAS INSTRUMENTS

© 1977 Texas Instruments

*Presentation av en körning med ett ABC80-program för beräkningshjälp vid utvärdering av kalibreringsmätningar*

Programmet skriver bl a ut tabeller över flöden vid olika fyllnadshöjder för en okalibrerad eller en kalibrerad mätpunkt. Programmet möjliggör också att man lätt kan testa vad olika givna indata, såsom Mannings tal och lutning, får för inverkan på flödesresultatet. Likaså erhålls en beräkning av kalibreringskonstanten  $M \cdot \sqrt{I}$  för uppmätta kalibreringspunkter vilka skall bestå av flöde i l/s och därtill hörande vattendjup i mm.

Kalibreringskonstanten möjliggör att man på ett enkelt sätt kan få en samlad bild av de hydrauliska förutsättningarna i mätpunkten. Om en variation föreligger mellan  $M \cdot \sqrt{I}$  vid olika fyllnadshöjd tyder detta på att normalt vattendjup ej råder i mätbrunnen. Man kan då välja att mellan att avstå från mätningar i den aktuella brunnen eller att med kalibreringskonstanterna till hjälp välja lämpligaste värde för att erhålla bästa möjliga mätnoggrannhet för de intressantaste fyllnadshöjderna.

I tabellerna över kalibrerade flöden ges också en dokumentation av den högsta fyllnadshöjd vid vilken kalibrering utförts. Detta är mycket viktig information för att se hur pass stora extrapolationer som krävs för att beräkna olika toppflöden.

Givetvis förutsätter ett användande av programmet att man är väl förtrogen med den hydrauliska bakgrunden. Programmet förbättrar naturligtvis ej din mätpunkt men underlättar i hög grad hydrauliska beräkningar och bearbetningar. Dessa kan därefter användas för att minska mätfelelen och få grepp om kvaliteten på de aktuella flödesmätningarna.

En utförlig dokumentation av programmet ges i VA-tekniks internskrift nr 2:83, se referenslistan. Vår förhoppning är att intresserade skall kunna gå in i programmet och ändra efter eget behov för att skapa egna tabeller, utskrifter mm.

En kopia av programmet kan dessutom erhållas på band eller diskett efter hänvändelse till författarna. En mindre summa tas ut för att täcka kopieringsarbetet. Programmet används på eget ansvar.

Nedan följer en redovisning av en körning med programmet.

Vissa parametrar skrivs ut med betydligt fler siffrors noggrannhet än vad som är relevant. Användaren bör själv kunna inse vad som är rimligt. Tabellerna har av utrymmesskäl förminskats.

Förklaring:

- kursiv stil = text som skrivs på bildskärmen
- normal stil = användarens inknappade svar
- »printer» stil = utskrift på printer, här 80 pos

*ABC 80*

*RUN*

*VAD HETER MÄTPUNKTEN? (MAX 60 POS)*

*? TEST*

*GE LEDNINGENS DIAMETER I MM*

*? 225*

*GE BEDÖMT MANNINGS TAL*

*? 95*

*GE BEDÖMD LUTNING I PROMILLE*

*? 20*

```
MÄTPUNKT      : TEST
LUTNING       : 20 0/00
DIAMETER      : 225 MM
MANNINGS TAL : 95
```

.....

ÖNSKAS EN LISTA ÖVER FYLLNADSHÖJD OCH FLÖDE BASERAT PÅ OVAN  
GIVNA LEDNINGS-DATA? (J/N)

.....

? J

\*\*\*\*\*  
TABELL ÖVER VATTENDJUP OCH FLÖDE  
ENLIGT GIVNA FÖRUTSÄTTNINGAR  
DVS HELT OKALIBRERAD  
D= 225 MM, M= 95, I= 20 0/00  
MÄTPUNKT: TEST

H/D (0/0)	DJUP (MM)	FLÖDE (L/S)
2.5	6	.1
5	11	.3
7.5	17	.7
10	23	1.3
12.5	28	2.1
15	34	3
17.5	39	4.1
20	45	5.3
22.5	51	6.7
25	56	8.3
27.5	62	10.1
30	68	12.1
32.5	73	14.2
35	79	16.4
37.5	84	18.9
40	90	21.4
42.5	96	24.1
45	101	27
47.5	107	29.9
50	113	32.9
52.5	118	36.1
55	124	39.2
57.5	129	42.4
60	135	45.7
62.5	141	48.9
65	146	52
67.5	152	55.1
70	158	58.2
72.5	163	61.1
75	169	63.8
77.5	174	66.4
80	180	68.8
82.5	186	70.9
85	191	72.9
87.5	197	74.5
90	203	75.9
92.5	208	77
95	214	77.8
97.5	219	78.3
100	225	78.4

!!  
TABELLEN ÄR BERÄKNAD MED MANNINGS FOR-  
MEL OCH BRETTINGS DELFYLLNADSKURVA

\* BERÄKNINGEN FÖRUTSÄTTER NORMALT  
VATTENDJUP I MÄTPUNKTEN

\* NOGGRANNHETEN I ÖVRIGT BEROR MEST  
PÅ DIN OVAN GIVNA INDATA

\*\*\*\*\*

HUR DU KALIBRERAT DIN MÅTPUNKT OCH ÖNSKAR BEARBETA RESULTATET? (J/N)  
 ? J

HUR MÅNGA KALIBRERPUNKTER HAR DU?

? 3

GE VATTENDJUP OCH FLÖDE I KALIBRERPUNKT: 1

ENHETER: (MM), (L/S)

? 49,5.2

GE VATTENDJUP OCH FLÖDE I KALIBRERPUNKT: 2

ENHETER: (MM), (L/S)

? 60,7.8

GE VATTENDJUP OCH FLÖDE I KALIBRERPUNKT: 3

ENHETER: (MM), (L/S)

? 83,13.8

XX

KONTROLL AV INSLAGNA KALIBRERVÄRDEN

KALIBRERPUNKT	DJUP (MM)	FLÖDE (L/S)
1	49	5.2
2	60	7.8
3	83	13.8

XX

ÄR VÄRDENA RIKTIGT UPPFATTADE? (J/N)

? J

ÖNSKAS EN TEORETISK BAKGRUND FÖR DE FÖLJANDE BERÄKNINGARNA? (J/N)  
 ? J

\*\*\*\*\*  
 BEARBETNING AV KALIBRERFUNKTER  
 TEORETISK BAKGRUND:

OM NORMALT VATTENDJUP RADER SA SKALL  
 PRODUKTEN AV MANNINGS TAL OCH ROTEN  
 UR LUTNINGEN, (M\*I\*\*0.5), VARA KONSTANT  
 ÖVER FYLLNADSHÖJDEN. EN VARIATION  
 KAN BERO PÅ

- 1) ATT NORMALT VATTENDJUP EJ RADER
- 2) OSÄKERHETER I DIN KALIBRERINGS-  
 METOD

VID DE FÖLJANDE BERÄKNINGARNA AV  
 M\*I\*\*0.5 HAR HÄNSYN TAGITS TILL MAN-  
 NINGS TALS VARIATION ÖVER FYLLNADS-  
 HÖJDEN

EN UTFÖRLIGARE BESKRIVNING GES I INTERN-  
 SKRIFT NR 2, 1983, VA-TEKNIK, CHALMERS  
 \*\*\*\*\*

\*\*\*\*\*  
 BEARBETNING AV LÄMNADE KALIBRERINGSUPPGIFTER FÖR  
 MÄTPUNKT: TEST

DIAMETER: 225 MM

TABELL ÖVER OLIKA HYDRAULISKA PARAMETRAR FÖR KALIBRERFUNKTERNA

KALIBRER- PUNKT (NR)	VATTENDJUP GIVET (MM)	H/D (0/0)	FLÖDE GIVET (L/S)	CO (0/0)	VAT TVÄR- SNITTSAREA (M**2)	VAT PERIMETER (M)	KORREKT. FAKT. FÖR M	M*I**0.5 (SI-ENH.)
1	49	21.8	5.2	6.6	.006393	.218483	.78	10.9829
2	60	26.7	7.8	9.9	.008512	.244186	.78	11.0098
3	83	36.9	13.8	17.6	.01332	.293731	.7869	10.3539

M\*I\*\*0.5 BERÄKNADE PÅ  
 FÖRST GIVNA VÄRDEN,  
 I= 20 0/00 OCH  
 M= 95 GER: 13.4349

CO=0-KAL/0-FULL (OKAL)

\*\*\*\*\*

\*\* betyder »upphöjt till»





NU FÅR DU VÄLJA MELLAN NÅGRA ALTERNATIV FÖR DE FORTSATTA BEFÄKNINGARNA.

ALT 1) EN TABELL SKRIVS UT BASERAD PÅ MEDELVÄRDET AV  $M \times I \times 0.5$  FRÅN  
KALIBRERINGSPUNKTERNA, HÄR ÄR  $M \times I \times 0.5$  (MEDEL) = 10.7822

ALT 2) DU FÅR SJÄLV GE EFTER EGET OMDÖME ETT LÄMPLIGT  
VÄRDE PÅ  $M \times I \times 0.5$

ALT 3) TACK - JAG HAR FÅTT NOG

VILKET ALTERNATIV ÖNSKAS ?

? 2

GE ETT EGET VALT  $M \times I \times 0.5$  (SI-ENHETER)?

? 10

\*\*\*\*\*  
TABELL ÖVER VATTENDJUP OCH  
FLÖDE SOM BASERAS PÅ ANVÄNDARENS  
EGET VALDA VÄRDE PÅ  $M \times I \times 0.5 = 10$

H/D (O/O)      DJUP (MM)      FLÖDE (L/S)

H/D (O/O)	DJUP (MM)	FLÖDE (L/S)
2.5	6	.1
5	11	.2
7.5	17	.6
10	23	1
12.5	28	1.5
15	34	2.2
17.5	39	3
20	45	4
22.5	51	5
25	56	6.2
27.5	62	7.5
30	68	9
32.5	73	10.5
35	79	12.2
!! VARNING - HÄREFTER ÖVER STÖRSTA !!		
!! KALIBRERINGSDJUP !!		
37.5	84	14
40	90	15.9
42.5	96	18
45	101	20.1
47.5	107	22.3
50	113	24.5
52.5	118	26.8
55	124	29.2
57.5	129	31.6
60	135	34
62.5	141	36.4
65	146	38.7
67.5	152	41
70	158	43.3
72.5	163	45.4
75	169	47.5
77.5	174	49.4
80	180	51.2
82.5	186	52.8
85	191	54.2
87.5	197	55.5
90	203	56.5
92.5	208	57.3
95	214	57.9
97.5	219	58.3
100	225	58.4

\*\*\*\*\*  
JÄMFÖR  $M \times I \times 0.5$  (OKAL) = 13.4349  
VILKET GER Q-FULL = 78.4 L/S  
\*\*\*\*\*

XX

NU FÅR DU VÄLJA MELLAN NÅGRA ALTERNATIV FÖR DE FORTSATTA BEFÄKNINGARNA.

ALT 1) EN TABELL SKRIVS UT BASERAD PÅ MEDELVÄRDET AV  $M \times I \times 0.5$  FRÅN  
KALIBRERINGSPUNKTERNA, HÄR ÄR  $M \times I \times 0.5$  (MEDEL) = 10.7822

ALT 2) DU FÅR SJÄLV GE EFTER EGET OMDÖME ETT LÄMPLIGT  
VÄRDE PÅ  $M \times I \times 0.5$

ALT 3) TACK - JAG HAR FÅTT NOG

XX

VILKET ALTERNATIV ÖNSKAS ?

? 3

ABC 80

Institutionerna för  
Geologi  
Geoteknik med grundläggning  
Vattenbyggnad  
Vattenförsörjnings- och avloppsteknik

Meddelande:

- nr 1 Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvattenavrinning och grundvattenbildning. Lägesrapporter (1972-07-01 - 1973-03-01). 1973. 100 sidor. (Utgången)
- nr 2 Leif Carlsson: Grundvattenavsänkning Del 1. Evaluering av akviferers geohydrologiska data med hjälp av provpumpningsdata. 1973. 67 sidor.
- nr 3 Leif Carlsson: Grundvattenavsänkning Del 2. Evaluering av lågpermeabla lagars hydrauliska diffusivitet med hjälp av provpumpningsdata. 1973. 17 sidor.
- nr 4 Viktor Arnell: Nederbördsräknare. En sammanställning av några olika mätyper. 1973. 39 sidor. (Utgången)
- nr 5 Viktor Arnell: Intensitets-varaktighetskurvor för häftiga regn i Göteborg under 45-årsperioden 1926-1971. 1974. 68 sidor.
- nr 6 Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvattenavrinning och grundvattenbildning. Lägesrapporter (1973-03-01 - 1974-02-01). 1974. 167 sidor.
- nr 7 Olov Holmstrand, Per O Wedel: Ingenjörsgelogiska kartor - litteraturstudier. 1974. 55 sidor. (Utgången)
- nr 8 Anders Sjöberg: Interim Report. Mathematical Models for Gradually Varied Unsteady Free Flow. Development and Discussion of Basic Equations. Preliminary Studies of Methods for Flood Routing in Storm Drains. 1974. 74 sidor. (Utgången).
- nr 9 Olov Holmstrand (red.): Seminarium om ingenjörsgelogiska kartor. 1974. 38 sidor. (Utgången).
- nr 10 Viktor Arnell, Börje Sjölander: Mätning av nederbördsintensiteter i Göteborgsregionen. Stationsbeskrivning. 1974. 53 sidor. (Utgången).
- nr 11 Per-Arne Malmquist, Gilbert Svensson: Dagvattnets beskaffenhet och egenskaper. Sammanställning av utförda dagvattenundersökningar i Stockholm och Göteborg 1969-1972. Engelsk sammanfattning. 1974. 46 sidor. (Utgången).
- nr 12 Viktor Arnell, Sven Lyngfelt: Interimrapport. Beräkningsmodell för simulering av dagvattenflöde inom bebyggda områden. Geohydrologiska forskningsgruppen i samarbete med VA-verket i Göteborg, meddelande nr 12, 1975. 50 sidor.
- nr 13 Viktor Arnell, Sven Lyngfelt: Nederbörds-avrinningsmätningar i Bergsjön, Göteborg 1973-1974. 1975. 92 sidor.
- nr 14 Per-Arne Malmquist, Gilbert Svensson: Delrapport. Dagvattnets sammansättning i Göteborg. Engelsk sammanfattning. 1975. 73 sidor.
- nr 15 Dagvatten. Uppsatser presenterade vid konferens om urban hydrologi i Sarpsborg 1975. 1976. 33 sidor. 15:-. Följande uppsatser ingår:  
Arnell V. Beräkningsmetod för analys av dagvattenflödet inom ett urbant område.  
Lyngfelt S. Nederbörds-avrinningsstudier i Bergsjön, Göteborg.  
Sjöberg A. CTH-ledningsnätmodell DAGVL-A.  
Svensson G. Dagvattnets sammansättning, inverkan av urbanisering. (Utgången).
- nr 16 Grundvatten. Uppsatser presenterade vid konferens om urban hydrologi i Sarpsborg 1975. 1976. 43 sidor. 15:-. Följande uppsatser ingår:  
Andréasson L, Cederwall K. Rubbningar av grundvattenbalansen i urbana områden.  
Carlsson L. Djupinfiltration i slutna akviferer.  
Torstensson B-A. Följder av grundvattensänkning inom lerområden.  
Wedel P. Exempel på dränering av jordlager på grund av tunnelbyggande. (Utgången).
- nr 17 Olov Holmstrand, Per Wedel: Markvattenundersökningar i ett urbant område. 1976. 127 sidor.
- nr 18 Göran Ejdeling: Beräkningsmodeller för prognos av grundvattenförhållanden. 1978. 130 sidor.
- nr 19 Viktor Arnell, Jan Falk, Per-Arne Malmquist: Urban Storm Water Research in Sweden. 1977. 30 sidor.
- nr 20 Viktor Arnell: Studier av amerikansk dagvattenteknik. Resa i december 1976. 1977. 64 sidor.
- nr 21 Leif Carlsson: Reserapport från studieresa i USA samt deltagande i 2nd International Symposium on Land Subsidence in Anaheim, USA. 29 nov-17 dec 1976. 1977. 61 sidor.
- nr 22 Per O Wedel: Grundvattenbildning, samspelet jordlager och berggrund. Exemplifierat från ett försöksområde i Angered. 1978. 130 sidor.
- nr 23 Viktor Arnell: Nederbördsdata vid dimensionering av dagvattensystem med hjälp av detaljerade beräkningsmodeller. En inledande studie. 1977. 29 sidor.
- nr 24 Leif Carlsson, Klas Cederwall: Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvattenavrinning och grundvattenbildning. Geohydrologisk forskning vid CTH, Sektion V, under perioden 1972-75. 1977. 17 sidor
- nr 25 Lars O Ericsson (red.): Lokalt omhändertagande av dagvatten. Delrapport från första verksamhetsåret 1976-02-01 - 1977-01-31. 1977. 120 sidor.
- nr 26 Ann-Carin Andersson, Jan Berntsson: Kontrollerad grundvattenbalans genom djupinfiltration. En inventering av djupinfiltrationsprojekt. 1978. 273 sidor.
- nr 27 Anders Eriksson, Per Lindvall: Lokalt omhändertagande av dagvatten. Resultatredovisning av enkät rörande drift och konstruktion av perkolationsanläggningar. 1978. 126 sidor.
- nr 28 Olov Holmstrand (red.): Lokalt omhändertagande av dagvatten. Delrapport nr 2 från perioden 1977-02-01 - 1977-11-30. 1978. 69 sidor.

- nr 29 Leif Carlsson: Djupinfiltrationsstudier i Angered. 1976. 76 sidor.
- nr 30 Lars O Ericsson: Infiltrationsprocessen i en dagvattenmodell. Teori, Undersökning, Mätning och Utvärdering. 1978. 45 sidor.
- nr 31 Lars O Ericsson: Permeabilitetsbestämning i fält vid perkolationsmagasin. Dimensionering. 1978. 15 sidor.
- nr 32 Lars O Ericsson, Stig Hård: Infiltrationsundersökningar i stadsdelen Ryd, Linköping. 1978. 145 sidor.
- nr 33 Jan Hällgren, Per-Arne Malmquist: Urban Hydrology Research in Sweden 1978. Swedish Coordinating Committee for Urban Hydrology Research. 1978. 14 sidor.
- nr 34 Bo Lind, Göte Nordin: Geohydrologi och vegetation i Dalen 5, Karlskoga. 1978. 63 sidor.
- nr 35 Eivor Bucht, Bo Lind: Metodfrågor vid naturanpassad stadsplanering - erfarenheter från studie i Karlskoga. 1978. 65 sidor.
- nr 36 Anders Sjöberg, Jan Lundgren, Thomas Asp, Henriette Melin: Manual för ILLUDAS (version S2). Ett datorprogram för dimensionering och analys av dagvattensystem. 1979. 67 sidor.
- nr 37 Per-Arne Malmquist m fl: Papers on Urban Hydrology 1977-78. 99 sidor.
- nr 38 Viktor Arnell, Per-Arne Malmquist, Bo-Göran Lindquist, Gilbert Svensson: Uppsatser om Dagvattenteknik 1978. 30 sidor.
- nr 39 Bo Lind: Dagvatteninfiltration - förutsättningar inom ett bergsområde, Östra Gårdsten i Göteborg. 1979. 32 sidor.
- nr 40 Per-Arne Malmquist (red.): Geohydrologiska forskningsgruppen 1972-78. Sammanställning av uppnådda resultat. 1979. 96 sidor. Kostnadsfri.
- nr 41 Gilbert Svensson, Kjell Øren: Planeringsmodeller för avloppssystem. NIVA-modellen tillämpad på Torslanda avrinningsområde. 1979. 71 sidor.
- nr 42 Per-Arne Malmquist (red.): Infiltrera dagvatten. Diskussioner och figurer från CTH-seminarium 1979-04-20. 1979. 86 sidor.
- nr 43 Bo Lind: Dagvatteninfiltration - perkolationsanläggning i Halmstad. 1979. 58 sidor.
- nr 44 Viktor Arnell, Thomas Asp: Beräkning av bräddvattenmängder. Nederbördens varaktighet och mängd vid Lundby i Göteborg 1921-1939. 1979. 80 sidor.
- nr 45 Stig Hård, Thomas Holm, Sven Jonasson: Dagvatteninfiltration på grönytor - Litteraturstudie, kunskapssammanställning och hypotes. 1979. 278 sidor.
- nr 46 Per-Arne Malmquist, Per Lindvall: Dräneringsrörs igensättning - en jämförande laboratoriestudie. 1979. 44 sidor.
- nr 47 Per-Arne Malmquist, Gunnar Lannér, Erland Högborg, Per Lindvall: SÖDRA NÅSET - ett exempel på för- enklad utformning av gator och dagvattensystem i ett upprustningsområde. 1980.
- nr 48 Viktor Arnell, Håkan Strandner, Gilbert Svensson: Dagvattnets mängd och beskaffenhet i stadsdelen Ryd i Linköping, 1976-77. 1980.
- nr 49 Lars O. Ericsson, Stig Hård: Termisk registrering, en metod att kartera markvattenhalt - Termovisionsförsök i klimatkammare. 1980. 65 sidor.
- nr 50 Viktor Arnell: Dimensionering och analys av dagvattensystem. Val av beräkningsmetod. 1980. 56 sidor, 22 figurer.
- nr 51 Lars O Ericsson: Markvattenförhållanden i urbana områden. Slutrapport. Göteborg 1980. 115 sidor. 25:- kr.
- nr 52 Olov Holmstrand (red): Ingenjörsgelogisk kartering. Seminarium 1980-04-17. 110 sid, 25:- kr.
- nr 53 Olov Holmstrand: Lokalt omhändertagande av dagvatten. Sammanfattning av forskning om dagvatteninfiltration vid CTH 1976-79. 90 sid. 25:- kr.
- nr 54 Olov Holmstrand, Bo Lind, Per Lindvall, Lars-Ove Sörman: Perkolationsmagasin i ett lerområde. Lokalt omhändertagande av dagvatten i Bratthammar, Göteborg. 172 sidor. 25:- kr.
- nr 55 Erland Högborg, Gunnar Lannér: Gatuplanering i bostadsområden i utlandet. Nya principer och lösningar i Danmark, Holland och England. 1981. 25:- kr. 110 sidor.
- nr 56 Sven Lyngfelt: Dimensionering av dagvattensystem. Rationella metoden. 1981. 25:- kr. 82 sidor.
- nr 57 Erland Högborg: Samband mellan gatustandard och trafiksäkerhet i bostadsområden. En förstudie. 1981. 25:- kr.
- nr 58 Jan A Berntson: Portryckförändringar och markrörelser orsakade av trädvegetation. 1980. 25:- kr. 121 sidor.
- nr 59 Per-Arne Malmquist, Stig Hård: Grundvattenpåverkan av dagvatteninfiltration. 1981. 25:- kr
- nr 60 Annika Lindblad: Infiltrationsmätningar utförda vid Geologiska institutionen, CTH/GU, 1972-1980. Sammanställning och statistisk bearbetning. 1981. 78 sidor. 25:- kr.
- nr 61 Lars O Ericsson och Stig Hård: Termisk registrering - en metod att kartera markvattenhalt Slutrapport. 1981. 18 sidor. 25:- kr.
- nr 52 Jan Pettersson, Elisabeth Sjöberg: SÖDRA NÅSET - En intervjuundersökning rörande två alternativa upprustningsförslag av gator och dagvattentransport. 1981. 36 sidor. 25:- kr.
- nr 63 Olov Holmstrand: Praktisk tillämpning av ingenjörsgelogisk kartering. 1981. 114 sidor. 25:- kr.
- nr 64 Anders Sjöberg, Nils Mårtensson: REGNENVELOPEMETODEN. En analys av metodens tillämplighet för dimensionering av ett 2-års perkolationsmagasin. 1982. 29 sidor. 25:- kr.
- nr 65 Gösta Lindvall: ENERGIFÖRLUSTER I LEDNINGSBRUNNAR - Litteraturstudie. 1982. 35 sidor. 25:- kr.
- nr 66 Per-Arne Malmquist: Lathund för beräkning av Dagvattnets föroreningar. 1982. 32 sidor. 25:- kr.
- nr 67 Sven Nyström: Kommuns skadeståndsansvar mot VA-abonnent för översvämningsskador. 1982. 71 sidor. 25:- kr.
- nr 68 Sven Lyngfelt, Gilbert Svensson: Dagvattenavrinning från stora urbana områden. Simuleringsteknik exemplifierat på Göteborgsregionen. 1983. 118 sidor, 25:- kronor.