



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

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



Rapport

R63:1977

Byggnadsstatik

(148) 654

**Betydelsen av rumslig
variation i nederbörds-
intensiteten hos kortvariga
regn för dimensionering
av dagvattensystem.
FoU-program**

Gunnar Lindh

Byggforskningen

TEKNISKA HOGSKOLAN I LUND
SEKTIONEN FOR VAG- OCH VATTEN
BIBLIOTEKET

R63:1977

BETYDELSEN AV RUMSLIG VARIATION I NEDERBÖRDS-
INTENSITET HOS KORTVARIGA REGN FÖR DIMENSIO-
NERING AV DAGVATTENSYSTEM. FoU-PROGRAM

Gunnar Lindh

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 760243-4 från
Statens råd för byggnadsforskning till Institutionen för tek-
nisk vattenresurslära, LTH.

Nyckelord:
nederbörd
regn
dagvatten
variabilitet
dimensionering

UDK 556.12
628.22
551.577

R63:1977

ISBN 91-540-2729-2
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

LiberTryck Stockholm 1977

INNEHALLSFÖRTECKNING

1	Nederbördsstudiernas betydelse för dagvatten- problemet	4
2	Tidigare studier av intresse	5
2.1	Metromex-studien	5
2.2	San Francisco-studien	7
2.3	Regncellstudier	9
3	Konsultationer	9
3.1	Televerket (Farsta) samt FOA	9
3.2	Naturgeografiska institutionen, Lunds Universitet	15
3.3	Meteorologiska institutionen vid Uppsala Universitet	16
3.4	Naturgeografiska institutionen vid Göteborgs Universitet	16
3.5	Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI)	17
3.6	Statens institut för byggnadsforskning, Gävle	17
3.7	Gatukontoret, Helsingborg	18
4	Avslutande synpunkter	18
5	Litteratur	19
	Bilaga: Studieresa till Västtyskland	21

1. Nederbördsstudiernas betydelse för dagvattenproblemet

Den tekniska analysen av dagvattenproblemet kan i stora drag delas upp i tre problemområden. I det första studeras det nederbördsförlopp som förorsakar en dagvattenavrinning. I det andra analyseras själva avrinningsförloppet i en tätort, en avrinning som i princip består av en avrinning från hårdgjorda delar respektive en som består av avrinning från permeabla delar såsom parker, trädgårdar etc. Till detta andra problemområde hör också en hydraulisk beräkning av avrinning i ledningsnät för dagvatten. Det tredje området slutligen består i en studie av metoder för att rena vatten och dagvattnets avbördning till en recipient.

Av intresse för följande utredning är nu den första delen, den som innehåller nederbördsstudierna. Nederbörden är input i hela dagvattensystemet och det är naturligtvis väsentligt att känna nederbördens såväl rumsliga som tidsmässiga variation eftersom det är denna som så att säga styr det vidare förloppet i avrinningsdelen. Eftersom beräkning och dimensionering av dagvattenledningssystem till sist är en ekonomisk fråga betyder naturligtvis den förväntade nederbördsmängden och dess variation i tid och rum en hel del för dessa beräkningar. Som forskningssatsningen nu har utvecklats sig kan man i princip reda ut frågan om avrinning vid permeabla respektive impermeabla ytor samt ställa upp beräkningsmodeller för avrinning i det hydrauliska systemet eftersom man kan arbeta under förutsättning av en godtyckligt vald "inputdel". En dimensionering och beräkning för ett aktuellt fall går naturligtvis icke att genomföra utan kunskap om den faktiska nederbörden.

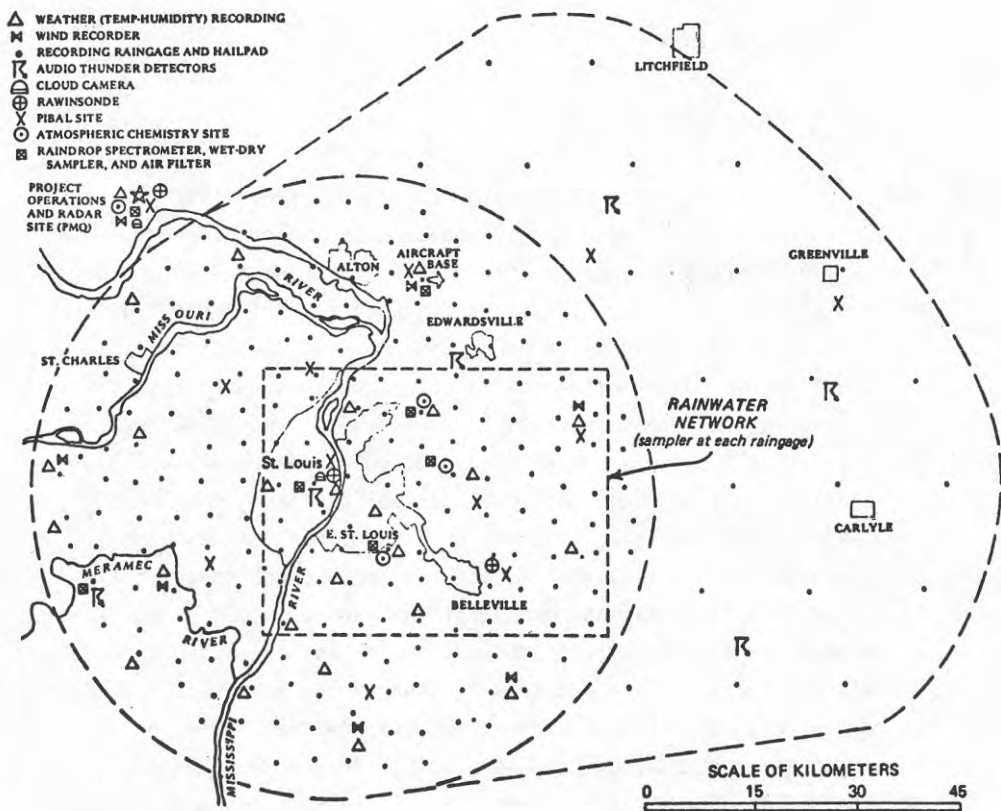
Den föreslagna studien om "Betydelsen av rumslig variation i nederbördsintensitet hos kortvariga regn för dimensionering av dagvattensystem" tar fasta just på en noggrann analys av nederbördsförloppet.

Som framgår av ansökan vill man studera nederbördens variation genom att följa nederbördsförloppet i ett relativt stort antal mätare placerade i en stad. I många tätorter finns för närvarande ett mycket begränsat antal mätare - kanske bara en - och ett av undersökningens målsättningar är att just studera de inbördes variationerna hos utplacerade mätare.

2. Tidigare studier av intresse

2.1 Metromex-studien

Under ledning av Illinois State Water Survey har sedan 1971 pågått en mycket omfattande studie av nederbördens variation över ett mycket stort område (Changnon, 1973; Huff och Changnon, 1973 och Huff et al, 1974). I figur 1 visas fältutrustningen i området under sommaren 1973. En viktig del i denna undersökning var att studera städernas inverkan på det allmänna nederbördsmonstret. Det fanns tidigare osäkra indikationer om att t ex nederbörd över städer skulle vara större än i stadens omgivning. Att genomföra en sådan analys är naturligtvis tidsödande, eftersom det gällde att i nederbördens areella variabilitet spåra inverkan av staden. Man var dessutom alldeles speciellt intresserad av att veta om nederbördsvariabiliteten kunde sättas i samband med vindförhållandena i ett område inkluderande staden (särskilt intressant var ur meteorologisk synvinkel "uppströms" eller "nedströms" vindar kring staden). En studie av regncellers utveckling i och omkring stadsområden ingick också i studien. I en sammanställning av resultat från Metromexstudien (Huff och Changnon, 1973) kan man finna att av nio studerade städer uppvisade åtta en påverkan av nederbörden. Det redovisades en ökning mellan 10 - 20 %. Den observerade ökningen observerades i cirka 50 % av fallen 15 - 80 km i "nedströms" vindriktning och i resten av fallen inom den urbana arean eller nära denna. Vad som nu i själva verket händer framgår av den schematiska skissen i figur 2. I denna figur visas hur kall luft förs in över staden av vindar och att denna luft uppvärms varigenom också mätnadsångtrycket stiger. Detta innebär att vid en bestämd luftfuktighet minskar sannolikheten för nederbörd trots ökad mängd av kondensationskärnor. En avkylning av luft som anrikats med kondensationskärnor leder till en ökad



Figur 1. Mätstationer vid "Metromex"-studien, sommaren 1973
(Ur Bulletin of the American Meteorological Society,
Vol. 55, No. 2, 1974).

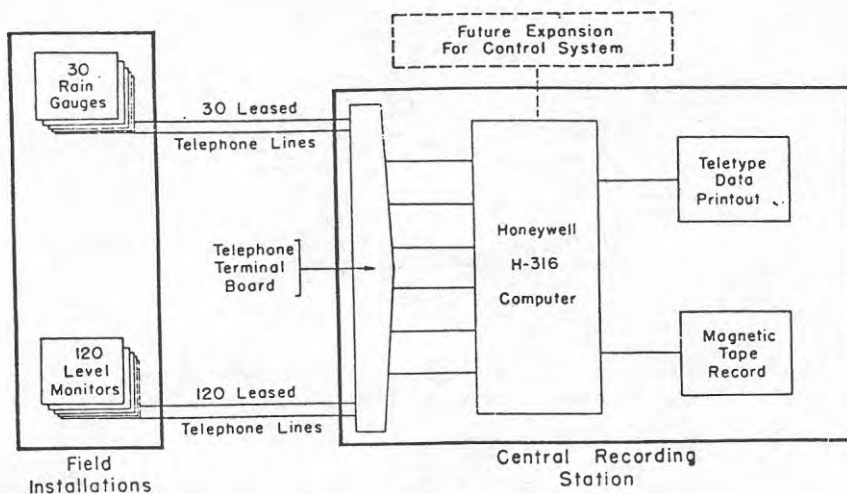


Figur 2. Påverkan från en stads värmeö på nederbörden.
(Ur "Wasserwirtschaft" 1976, Heft 1/2).

nederbördsmängd. Därigenom uppträder under sommaren ett nederbördsmaximum i "nedströms" vindriktning. I själva verket får vi en ökning av nederbördsintensiteterna liksom i frekvensen av nederbördstillfällena. Metromex-studien gav också vid handen att stadens storlek kunde ha ett visst inflytande på nederbörden. Speciellt synes det finnas ett visst samband mellan aerosolhalt i luften och antalet nederbördsdagar i staden jämfört med omgivningens. Utslaget på det vattendragsområde där staden ligger har den ökade nederbörden över en stad liten betydelse eftersom ökningen kompenseras av en motsvarande deficit över den rurala delen av området.

2.2 San Francisco-studien

En annan omfattande experimentell studie av nederbördsförlopp över en stad har startats i San Francisco (Friedland, 1975). Detta mät-system man där använder består av trettio nederbördsräknare placerade över staden och etthundratjugo nivåräknare placerade i avloppssystemet. Från dessa två system sänds sedan per telefonledning mätvärden till en datacentral, se för övrigt figur 3. De använda nederbördsräknarna är av "tipping bucket" typ. Tömning av den sker sedan mätaren fyllts med 0,25 mm regn och då sänds en signal till computerutrustningen i datacentralen. Enligt den amerikanska redogörelsen för detta projekt betraktar man detta mätsystem som utomordentligt tillfredsställande. Det erfordras emellertid en fort-



Figur 3. Principutformning av "San Francisco"-studien, (se Friedland, 1975).

löpande kalibrering och underhåll av systemet. I San Francisco är det främsta skälet till det fortlöpande underhållet rostbeläggning till följd av luftens höga salthalt. För registrering av flödet i avloppsledningarna används en apparatur som registrerar vattennivån. Ändring i denna transmitteras genom en elektrisk signal till datacentralen var 15 sekund.

I datacentralen lagras informationerna på magnetband dels skrivs de ut via en teleskrivmaskin. Datacentralen tillåter en serie av programmerade aktiviteter t ex bestämning av

- 1) 5-minuters-medelvärden för flödesnivå vid vardera av de 120 mätställena
- 2) maximum för var 5 minut
- 3) ackumulerad regnmängd under 5-minutersintervall
- 4) maximal nivå under 1 timmes intervall för alla de 120 mätpunkterna i avloppsledningarna
- 5) ackumulerad nederbörds mängd under 1 timme
- 6) frekvensen hos kortvariga regn (5 min) under en timme

Naturligtvis kan dessa operationer skrivas ut. Dessutom finns ett speciellt varningssystem som talar om något oönskat inträffar vid de olika mätställena. Eftersom man tar upp allt på magnetband anser man sig ha många möjligheter att bearbeta insamlade data. Den enda förutsättningen därför är att man skriver ett dataprogram.

Ett modifierat program från Harvard University tillåter utskrift av en konturkarta över San Francisco utvisande beräknad nederbörd med hjälp av stationsdata. Den visar också regnmängder och den karta som framställs kan ge beskrivningar ner till en minut. Den ger därför också möjlighet till att analysera regnfronters rörelse över San Fransisco. Program för frekvensanalys av regn med viss varaktighet finns också. Förutom dessa program finns en hel rad andra program.

2.3 Regncellstudier

I båda de nu nämnda studierna har man också intresserat sig för regncellernas utveckling då ett regnväder drar över staden. Emellertid blir dessa studier till sin natur begränsade till de specifikt geometriska och meteorologiska förutsättningar som gäller för varje studerat område (Grigg, Labadie, Trimble och Wisner, 1976).

3. Konsultationer

3.1 Televerket (Farsta) samt FOA

Lennart Hansson och Olof Rue, Televerket (Farsta) har jämte Sture Wickerts, FOA (Försvarets forskningsanstalt, Stockholm) muntligen lämnat upplysning om planerade studier i samarbete mellan Televerket och FOA. I detta projektarbete ingår enligt utsago Dr Bengt Dahlström, SMHI. Televerket avser att igångsätta en studie för att se hur nederbörden dämpar radiovågors utbredning (Hansson, 1975a; Hansson, 1975b och Hansson, 1974). Det finns egentligen inte något speciellt intresse från Televerkets sida att studera variabilitet hos nederbörden i sig över ett stadsområde. Därför är Televerkets undersökning inte systematisk ur denna synvinkel.

Dämpningen av radiovågorna beror bl a av regncellernas storlek. I figur 4 visas utsträckningen av Televerket-FOA studie. Från Farsta till Ormsta har man på 1 km avstånd placerat ut nederbörds-mätare. Sträckan är totalt 15 km. Strax vid Ormsta har man också sex mätare placerade nära nog vinkelrätt mot längdsträckningen.

Mätapparatur för registrering av nederbörd är "tipping bucket" eller en särskild vid FOA konstruerad droppmätare (Norrvi, 1976). En skiss av en sådan visas i figur 5. Den har utprovats vid FOA. Principen är den att nederbörden omvandlas till droppar vilka räknas av ett räkneverk. (Se figur 6). Droppräknaren kopplas samman till ett större system på sätt som framgår av figur 7. Som andra mätare har denna droppräknare sina svagheter. Bland annat fastnar naturligtvis en del nederbörd längs randen av själva uppsamlings-kärllet. Man är för övrigt intresserad av dropparnas storlek och fördelningen av droppar.

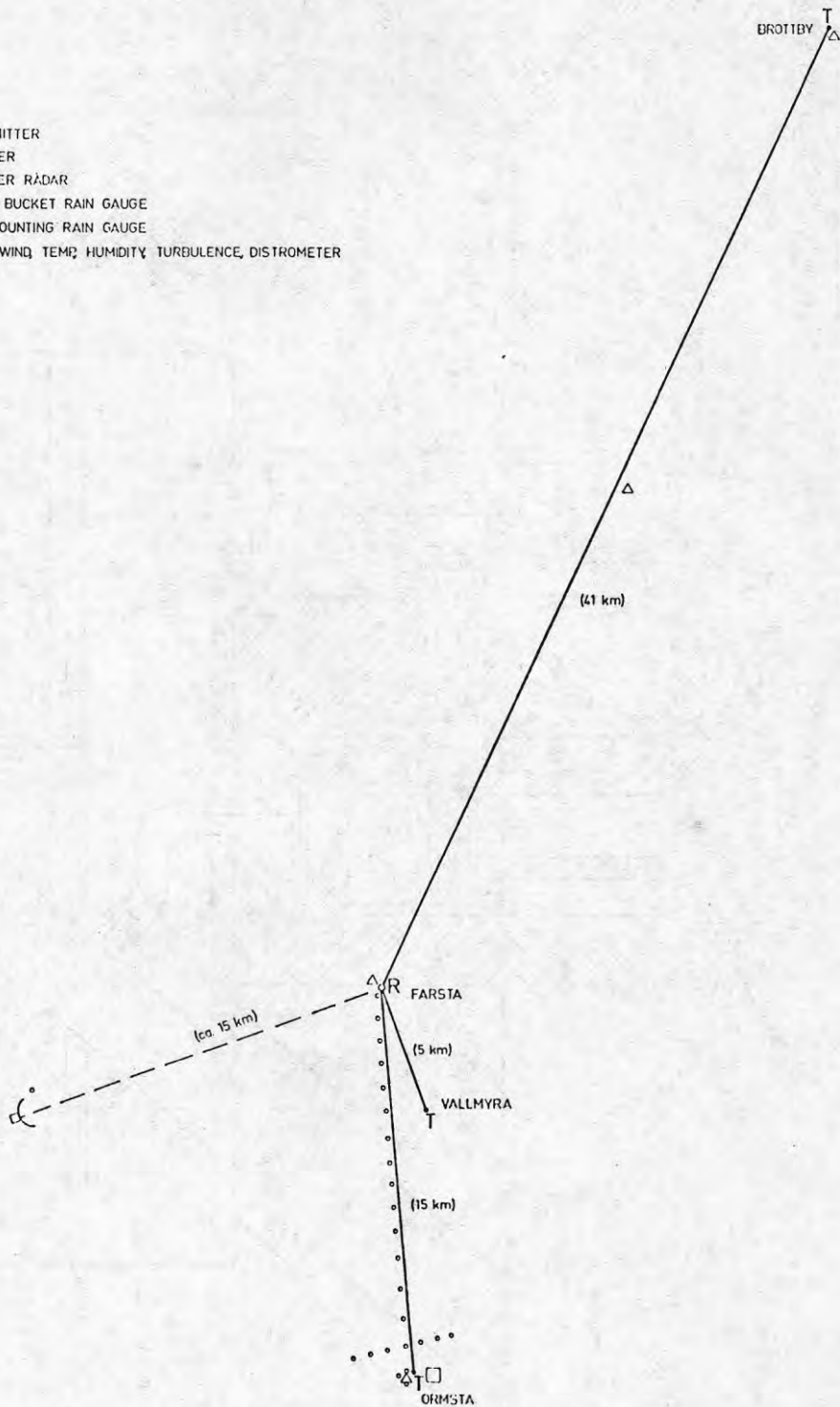
Man har ännu inte kommit igång med denna studie utan räknar att den egentliga starten skall ske nästa sommar.

Som förberedelse till denna undersökning har man vid Televerket gjort vissa bearbetningar av nederbördsserier för Stockholm under åren 1954 - 1963. Man har bland annat intresserat sig för regnmängder inträffade under en timme. I Stockholmsområdet spred dessa mellan 10 till 40 mm. Man konstaterade dessutom att 1-timmesvärdena kunde anpassas väl till en lognormal fördelning. Vidare har den värsta månaden studerats. På motsvarande sätt gjordes en statistisk studie på basis av data erhållna från Göteborg. Utvärderingarna visar stora likheter med de för Stockholm. Sålunda fann man:

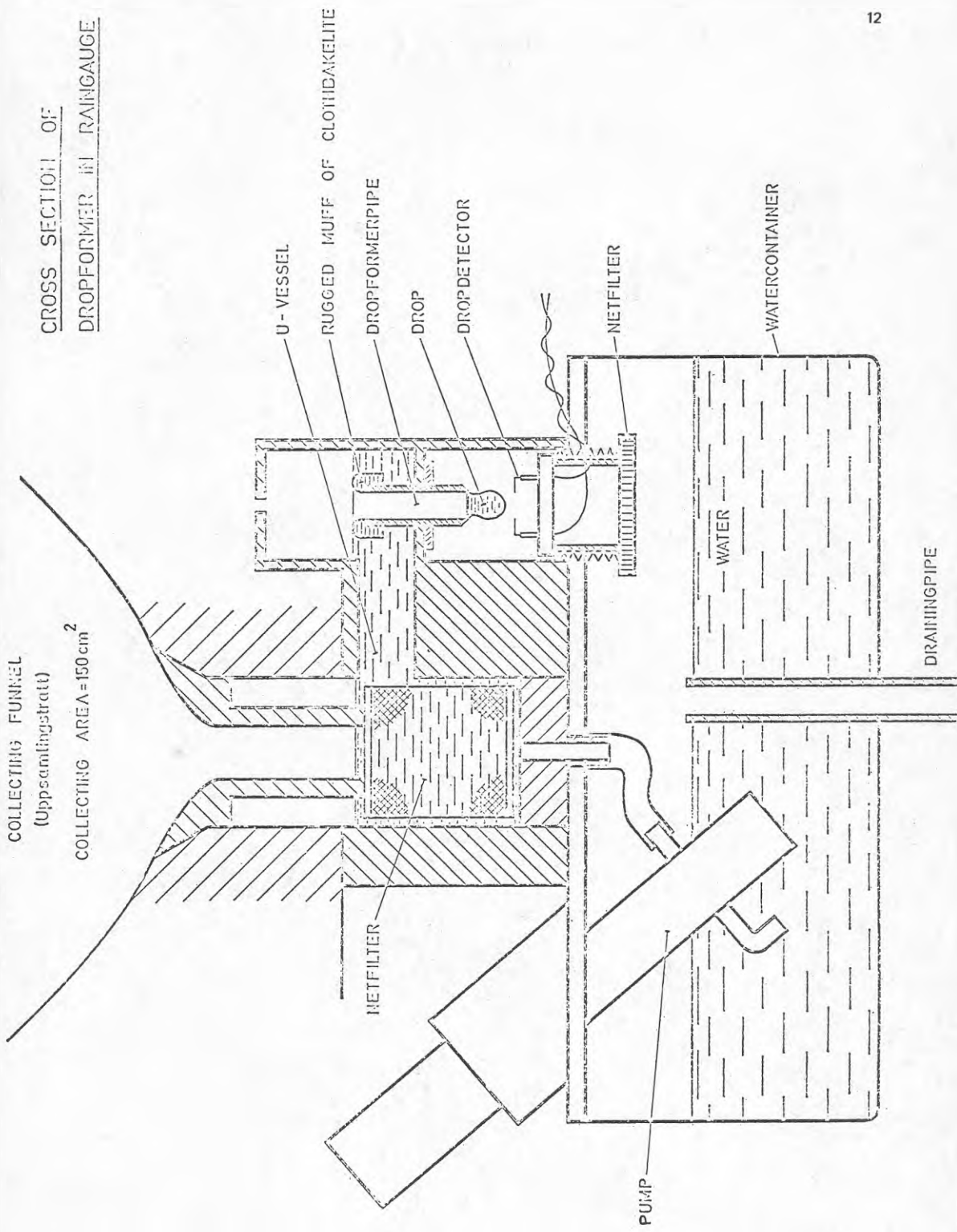
- a) There is a considerable spread in the yearly 0.01 percent rain intensity values between different years, in the range 10 - 40 mm/hour for each decade.
- b) The statistical distribution of the yearly 0.01 percent values is closely log-normal with a mean value of approximately 26 mm/hour valid for both the Stockholm and the Gothenburg regions. The sigma-value is about $0.17 = \text{Log} (R_{0.01}/\bar{R})$.

GENERAL LAY-OUT OF THE EXPERIMENTAL AREA

- T TRANSMITTER
- R RECEIVER
- (WEATHER RADAR
- △ TIPPING BUCKET RAIN GAUGE
- DROP COUNTING RAIN GAUGE
- SODAR, WIND, TEMP, HUMIDITY, TURBULENCE, DISTROMETER



Figur 4. Översikt över mätarplacering i Televerket-FOA studie



CROSS SECTION OF
DROPFORMER IN RAINGAUGE

COLLECTING FUNNEL
(Uppsamlingsträtt)
COLLECTING AREA = 150 cm²

U - VESSEL
RUGGED MUFF OF CLOTHIDAKELITE
DROPFORMERPIPE
DROP
DROPDETECTOR

NETFILTER

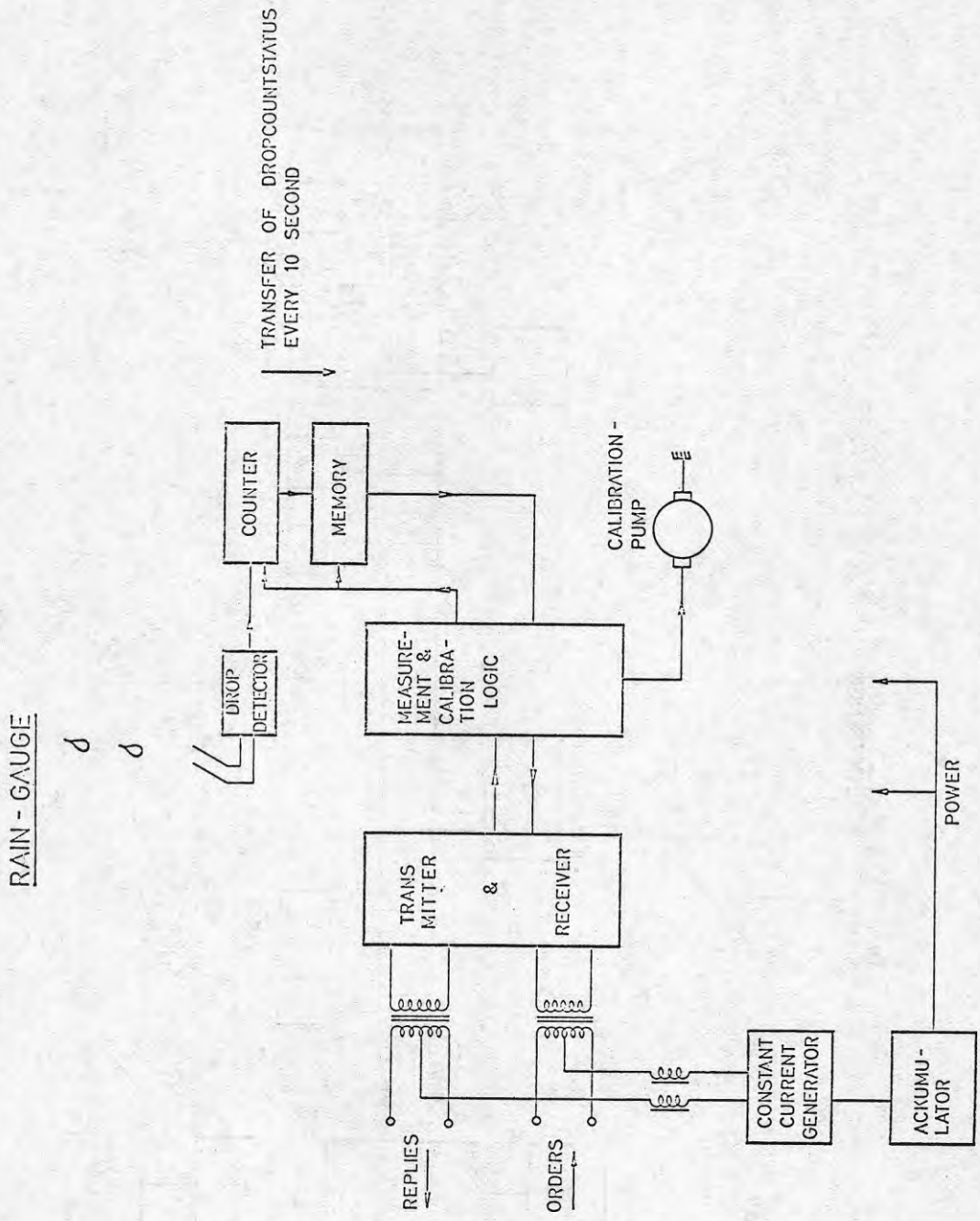
WATERCONTAINER

WATER

DRAININGPIPE

PUMP

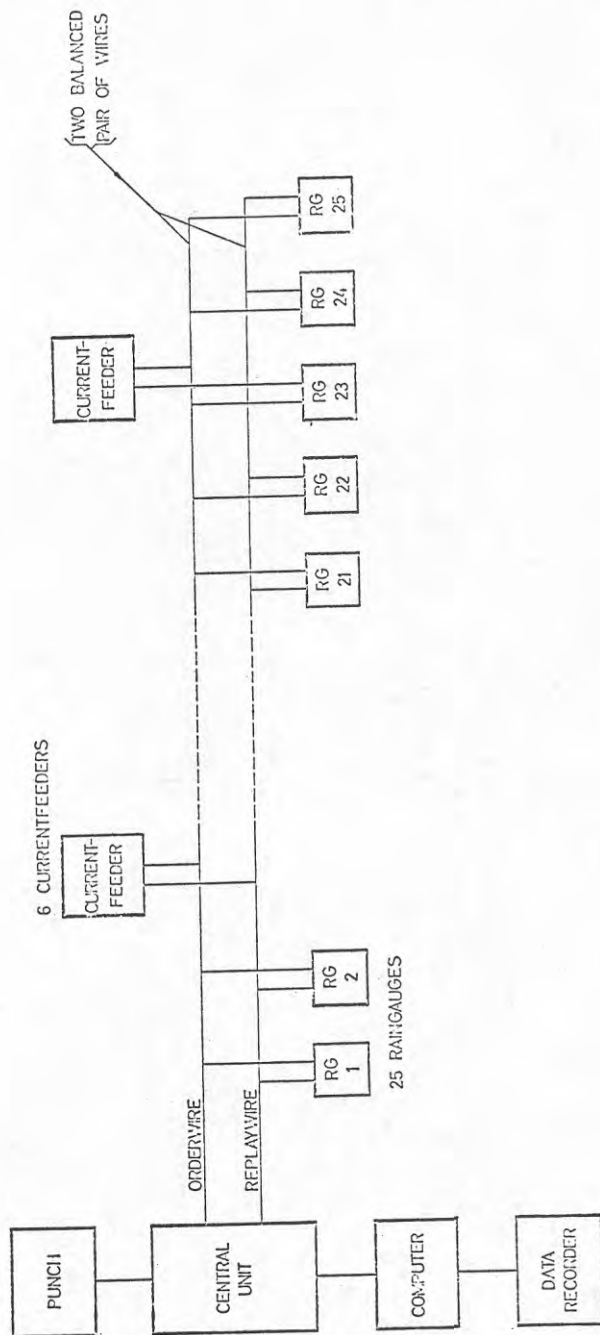
Figur 5. Droppmätare enligt FOA konstruktion



Figur 6. Droppräknare enligt FOA konstruktion

INTERCONNECTION FOR RAINGAUGES

FARSTA



Figur 7. System för registrering medelst droppmätare

- c) The "worst month" distributions are also log-normal and the "worst month" 0.05 percent distribution is closely identical with the yearly 0.01 percent distribution, both for the Stockholm and Gothenburg region.
- d) The yearly accumulated time of rain intensities exceeding 30 mm/hour for different years is also log-normally distributed with a mean value of 30 minutes (0.006 percent of a year) i.e. this value is exceeded every second year, and a value of 90 minutes (0.017 percent of a year) exceeded once in a decade.

Again the distributions for Stockholm and Gothenburg are nearly identical.

- e) There is a pronounced probability that the heavy rains occur in the months July or August in both the Stockholm and the Gothenburg regions.

Seventy percent of the accumulated time for rain intensities exceeding 30 mm/hour occur in these two months on the average.

Mot bakgrund av dessa iakttagelser uttryckte man ett stort intresse för att undersökningarna i Lund skulle komma till stånd. Man skulle därigenom få en ytterligare, värdefull information om nederbördsförhållandena i Sverige. Man tryckte särskilt på att mätarna helst inte skulle placeras som i Televerkets-FOA:s undersökning. En mer yttäckande placering över staden skulle kunna ge en bild av regncellernas utbredning och därigenom vara av speciellt värde för Televerkets studier. Man var för övrigt villig att bidra med råd och erfarenheter. Vidare varnade man för att utöka försöksprogrammet till att omfatta andra mätningar såvida icke pengar och arbetskraft kunde ställas till förfogande speciellt därför.

3.2 Naturgeografiska institutionen, Lunds Universitet (kontakter: docenten J O Mattsson och fil lic J Ellersson)

Institutionen är intresserad av de mätningar som planeras. Man har sedan lång tid bedrivit urbanklimatologiska studier i Lund och dessa studier utgör på sätt och vis en fortsättning eller en

parallell till de som utfördes som pionjärbete vid Naturgeografiska institutionen vid Uppsala Universitet under professor Å Sundborgs ledning. För närvarande pågår dock intet urbanklimatologiskt projekt vid Lunds naturgeografiska institution. Under nästkommande år kommer däremot ett sådant att pågå under en schweizisk gästforskarens ledning. Fil lic Ellersson som är den forskare på institutionen som framför allt arbetar med nederbördsfrågor framhåller att det är mycket viktigt att få belagt hur nederbördsintensiteten varierar i Lund. Ellersson har genom data insamlade av naturgeografiska institutionen kunnat konstatera en stor variabilitet av dygnsnederbörden inom Lund. Han anser det därför följaktligen av stort intresse att ytterligare studier med en betydligt bättre tidsupplösning görs. Ellersson ansåg att antalet mätare (10) egentligen är något lågt för att kunna följa regncellernas rörelse (stämmer med uttalande för Lennart Hansson, Televerket).

Ellersson är intresserad av att medverka som konsult vid etablering av observationsnätet.

3.3 Meteorologiska institutionen vid Uppsala Universitet

Under praktiskt taget hela den tid vetenskapligt arbete utförts vid institutionen för teknisk vattenresurslära har vi haft vetenskaplig kontakt med meteorologiska institutionen vid Uppsala Universitet. Denna kontakt har i stort sett bestått av ett utbyte av rapporter varigenom vi alltså har kunnat följa arbetet vid Uppsalainstitutionen. Ett av de mer uppmärksammade arbetena har varit det s k "Pluviusförsöket" i vilket man med ett mycket stort antal kommersiella mätare på dygnsbas studerat ett areellt nederbördsvärde. Dessa mätningar bygger på ett tidsförlopp som är helt olik det som intresserar oss. Detta bekräftas också av Wickerts (FOA) liksom tidigare av Dahlström (SMHI).

3.4 Naturgeografiska institutionen vid Göteborgs Universitet

I ett tidigare stadium vid planläggningen av föreslagen forskningsuppgift om nederbördens variabilitet i tid och rum har vi diskuterat

hithörande problem med docenten Sven Lindqvist som tidigare var verksam vid naturgeografiska institutionen vid Lunds Universitet. Lindqvist är utan tvekan Sveriges nu främste urbanklimatologiska forskare. Det är vår avsikt att fortfarande utnyttja hans expertis. I en tidigare ansökan var docent Lindqvist upptagen som konsult för projektet ifråga vilket intygar hans positiva intresse för den föreslagna studien.

3.5 Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI)

Kontakter med SMHI hänför sig till tidigare diskussion med dr Dahlström och skrivelse från denna av 1975-03-19. Det är tyvärr svårt att fånga upp SMHI synpunkter vilket kanske beror på att vi diskuterar olika problem. Det kan knappast åvila det föreslagna forskningsprojektet att studera sådana "centrala frågor" som omnämns i refererad skrivelse. Kanske beror en del av denna åsiktsdiskrepans att SMHI är intresserad mer av det urbana områdets influens än på det generella nederbördsmonstret i en betydligt större omgivning. Detta är inte målsättningen för den tillämpade undersökning som eftersträvar en studie av nederbördens variabilitet som underlag för dagvattenberäkningar. I skrivelsen framhålls följande i Metromex-studien som enligt SMHI givit betydelsefulla resultat. Undertecknad framhåller att denna studie knappast har givit resultat som kommer att vara av betydelse för den typ av undersökning som planerats av institutionen för teknisk vattenresurslära. I SMHI skrivelse nämns inte något om de studier i San Francisco som närmast liknar de som institutionen föreslagit och som har mycket stor betydelse för förståelsen av det urbana områdets avrinningsproblem.

3.6 Statens institut för byggnadsforskning, Gävle (kontaktman: M. Glauman)

Kontakt har tagits med SIB i Gävle där M. Glauman meddelade att man nyligen avslutat ett projekt i Västra Frölunda (Göteborg) där slagregn studerats. För närvarande planerar man inköp av en buss utrustad så att man kan mäta vind, temperatur och strålning. Meningen är att man skall kunna mäta på många ställen under kort

tid. Eventuellt skulle SIB kunna medverka till sådana mätningar i Lund.

3.7 Gatukontoret, Helsingborg (kontaktman: Rolf Mansfeldt)

Ingenjör Mansfeldt håller för närvarande på med att dimensionera dagvattenledningar och utjämningsmagasin för ett 4 km^2 ($4 \times 1 \text{ km}$) stort avrinningsområde som skall exploateras för industriändamål. Ingenjör Mansfeldt har ställt frågan hur stor yta häftiga regn samtidigt faller över. Institutionen har informerat att sådana studier kan komma till stånd i Lund. Gatukontoret i Helsingborg synes vara intresserat av att institutionens studie kommer till stånd. Vid telefonsamtalet - innan vi hade redogjort för våra planer framgick - att Helsingborg hade egna planer på att genomföra en förenklad studie av nederbördsintensitetens rumsliga variation. Detta är ett exempel på det stora behov som föreligger bland praktiskt verksamma ingenjörer av data för korttidsnederbörd och dess rumsliga variation.

4. Avslutande synpunkter

Avsikten med den föreslagna forskningsuppgiften var att studera nederbördens rumsliga variation i ett urbanområde. Betydelsen av detta projekt skall ses i anknytning till behovet att kunna utföra så långt möjligt en korrekt dimensionering av dagvatten-systemet. Av de kontakter som vi tagit och som redovisats i denna redogörelse finns en stark respons för det planerade försöket. SMHI har framhållit att man borde beakta ett antal centrala frågor som:

Hur påverkas nederbördens fördelning av de småskaliga vindsystem som ibland förekommer i stora städer?

Vilken roll spelar urbant utsända kondensations- och iskärnor i atmosfären?

Vilken betydelse har den termiska och mekaniska turbulens som uppkommer i det urbana området för nederbördens bildning och fördelning?

Vilka dimensioner måste en stad ha för att urbana nederbörds-
effekter skall uppstå?

Hur samverkar närliggande städer med avseende på urbana
effekter?

Vi tror att dessa frågor är intressanta att studera. De tillhör emellertid enligt vår uppfattning ett helt annat projekt nämligen frågan om urbanområdets inflytande på nederbördsförhållanden över ett betydligt större område än just det urbana. Naturligtvis kan sådana frågor inkluderas i den föreslagna studien om de kan anses ligga inom BFR intresseområden. En förutsättning är dock då att extra medel ställs till förfogande för dessa tillkommande studier.

5. Litteratur

Changnon, S A Jr (1973): "Inadvertant weather and precipitation modification by urbanization", - J. of the Irrigation and Drainage Division, ASCE.

Huff, F A och Changnong, S A Jr (1973): "Precipitation modification by major urban areas" - Bulletin of the American Meteorological Society, Vol 54, No 12.

Huff, F A et al (1974): "Metromex: an overview of Illinois state water survey projects" - Bulletin of the American meteorological society, Vol 55, No 2.

Friedland, A O (1975): "San Francisco precipitation and flow measuring network" - Proc of a research conference "urban runoff, quality and quantity", ASCE.

Grigg, N S; Labadie, J W; Trimble, G R och Wismer, D A (1976): "Computerized city - wide control of urban stormwater" - ASCE, Urban Water Resources Research Program, No 29, New York.

Hansson, L (1975a): "Rein intensity and attenation" - Tele 1/1975.

Hansson, L (1975b): "General characteristics of rain intensity statistics in the Gothenburg area" - Central administration of Swedish telecommunications, Report URS 75012.

Hansson, L (1974): "General characteristics of rain intensity statistics in the Stockholm area" - Central administration of Swedish telecommunications, Report URS 74092.

Norrvi, Y (1976): "FOA mäter regn droppe för droppe", FOA-tidningen årgång 14, nr 3.

STUDIERESA TILL VÄSTTYSKLAND
1976-10-22 - 1976-10-30

Jan Falk
Gunnar Lindh
Janusz Niemczynowicz

Lund
December 1976

1976-10-22

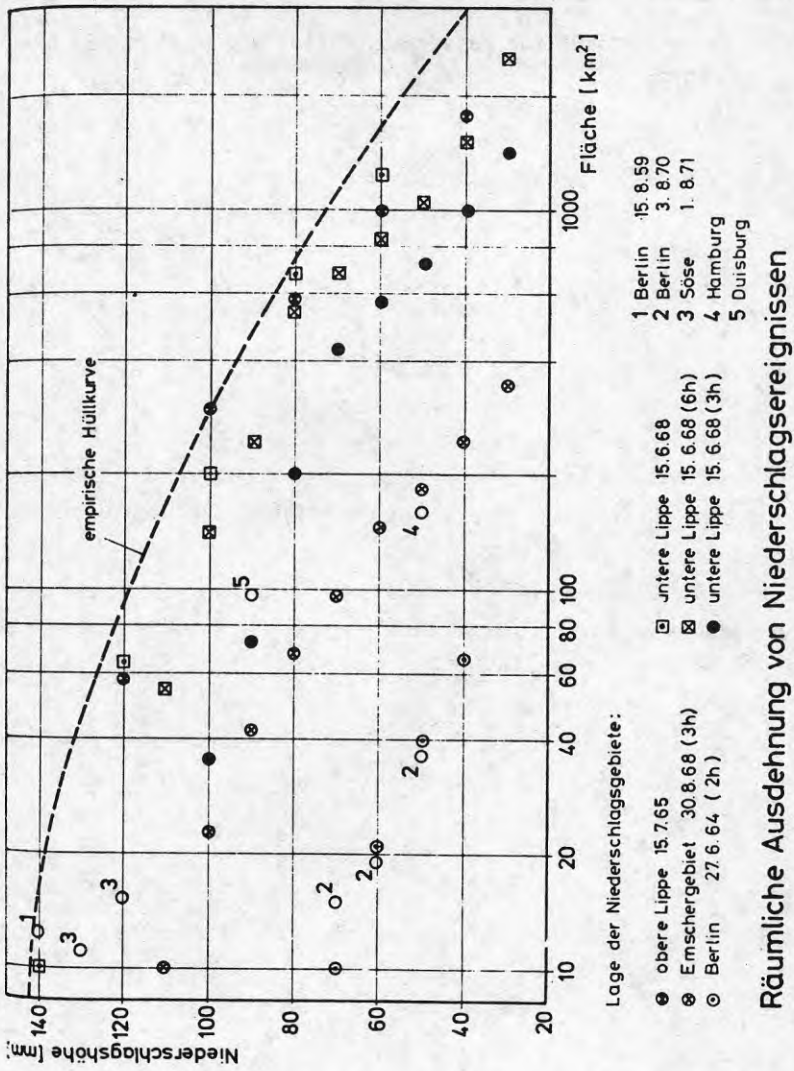
Leichtweiss-Institut für Wasserbau
der Technischen Universität,
Braunschweig

Kontaktman: Professor U. Maniak
Dipl.ing Siegert
Dipl.ing Prellberg
Dr. Grobe

Tekniska Universitetet i Braunschweig var det första studiebesöket vi gjorde under studieresan. Där pågick ett omfattande hydrologiskt studium inom ramen för Sonderforschungsbereich "Wasserhaushalt und Bodennutzung", ungefär en praktisk studie av utnyttjande av mark och vatten. Dessa studier var inte fokuserade till enbart urbanområden utan de berörde kanske långt mer människans ingrepp i naturen ur generell synvinkel. Vi fick en mycket fyllig redogörelse för detta projekt av professor Maniak och hans medarbetare. Av speciellt intresse i detta sammanhang - och som hade nära sammanhang med våra planerade nederbördsstudier - var vad man kallade "korrelative Abhängigkeiten von Niederschlägen benachbarter Stationen". Tyvärr var erfarenheten trots allt mycket begränsad eftersom man hade haft liten tillgång till registrerande nederbördsräknare. Därför hade det också varit svårt att studera den rumsliga fördelningen av nederbörden över ett visst område. Emellertid demonstrerades för oss följande figur (figur 1) som återgav observationsresultat från Nordtyskland. Envelopkurvan i denna figur visar hur nederbördsintensiteten minskar med växande areal.

Institutet bedriver omfattande fältmätningar. Ett antal små avrinningsområden med arealer kring 1 km² har använts för utveckling och test av matematiska avrinningsmodeller. Områdena är inte urbaniserade.

Mycket små jordbruksområden har undersökts för att studera hur olika grödor under olika markvattenbetingelser påverkar avrinningen. Dessa båda senare forskningsområdena har ett visst intresse för oss genom våra undersökningar i Värpingeområdet.



Figur 1

Erhalten litteratur

Wasserhaushalt und Bodennutzung, Heft 2, 3 och 4, Braunschweig 1974.

Leichtweiss-Institut für Wasserbau, Mitteilungen, Heft 38, 39 (1973)
och 49 (1975).

1976-10-25

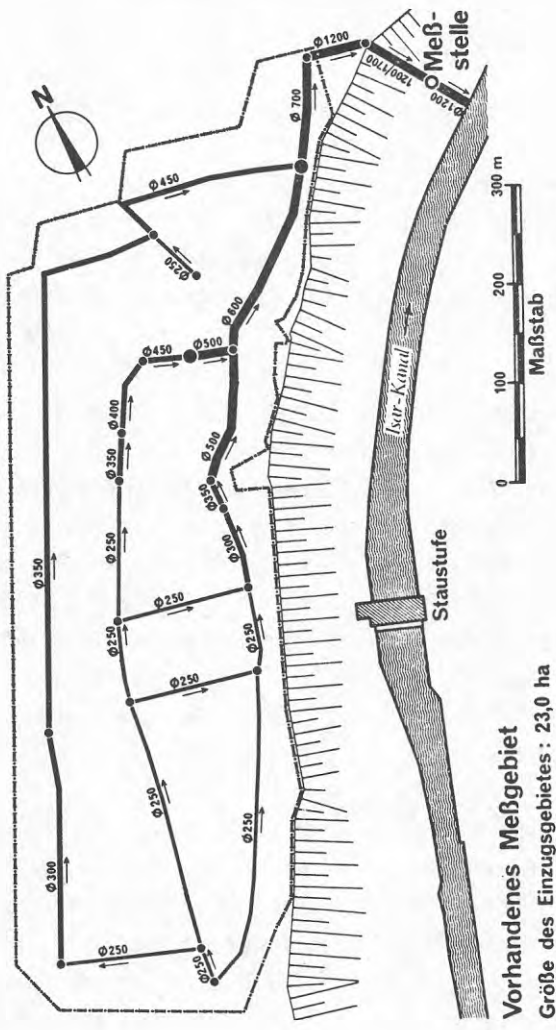
Wassergütewirtschaft und Gesundheitsingenieurwesen
Technische Universität,
München
Kontaktman: Dr.-Ing. W. Neumann

I München bedrivs inga studier direkt inriktade på att försöka bestämma nederbördens rumsliga variation. Däremot studeras två urbana avrinningsområden i staden med avseende på såväl kvantitet som kvalitet. Med dr Neumann som guide besökte vi båda områdena.

Pullach är en förstad i Münchens sydvästra del. Mätningar bedrivs här i ett 23 ha stort avrinningsområde där 8.2 ha eller 36 % utgörs av hårdgjorda ytor (fig 2). Mätssystemet består av fem avrinningsstationer och en nederbördsstation, fig 3. Ombrometern, som beskrivs i nästföljande avsnitt används för nederbördsregistreringen. Fig 4 visar mätstationen vid avrinningsområdets utlopp där kontinuerlig registrering av avrinning och kvalitetsparametrarna ledningsförmåga, temperatur, syrehalt och pH görs. Vid denna station finns också en provtagare för diskontinuerlig provtagning för senare analys i laboratorium. Mätssystemet togs i drift 1972.

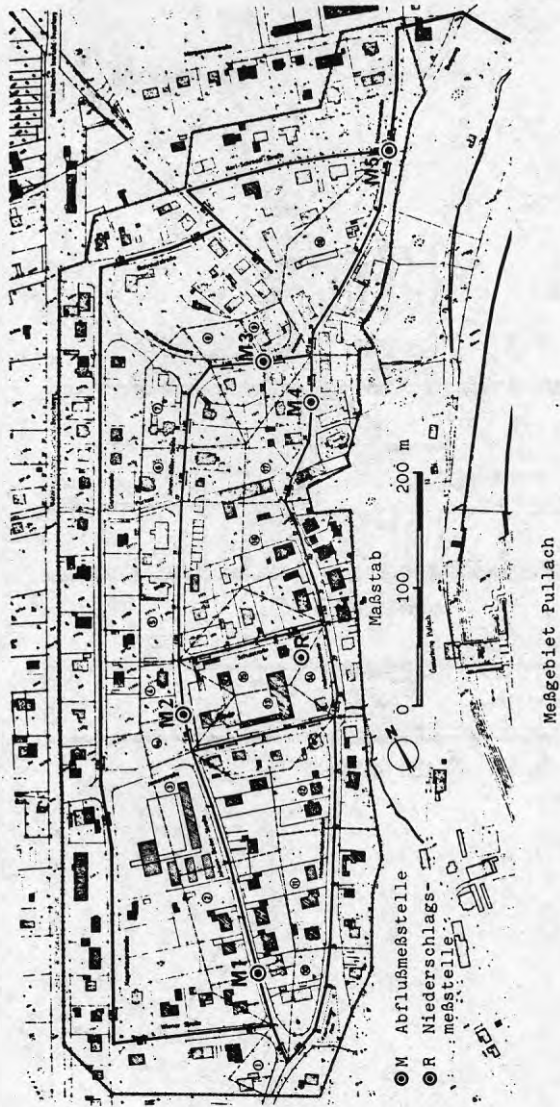
Ytterligare ett urbant avrinningsområde har studerats sedan drygt ett år tillbaka. Området utgörs av de sydliga delarna av innerstaden och ledningssystemet är kombinerat. Avrinningsområdet omfattar cirka 4 km². Ett omfattande mätprogram genomförs för insamling av speciellt kvalitetsdata vid områdets utlopp där det finns ett bräddavlopp. Trots omfattande ombyggnad kan mätnoggrannheten vid avrinningsstationen inte jämföras med den vid Pullachområdet beroende på de speciella hydrauliska förhållandena vid bräddavloppet. Området är utrustat med tre Ombrometrar för nederbördsregistrering. Direkt i anslutning till stationen vid utloppet har ett laboratorium byggts för kontinuerlig såväl som diskret provtagning. För kontinuerlig övervakning av mätdatainsamlingen används en minidator placerad i laboratoriet.

Vid diskussionen med dr Neumann visade det sig vara uppfattningar

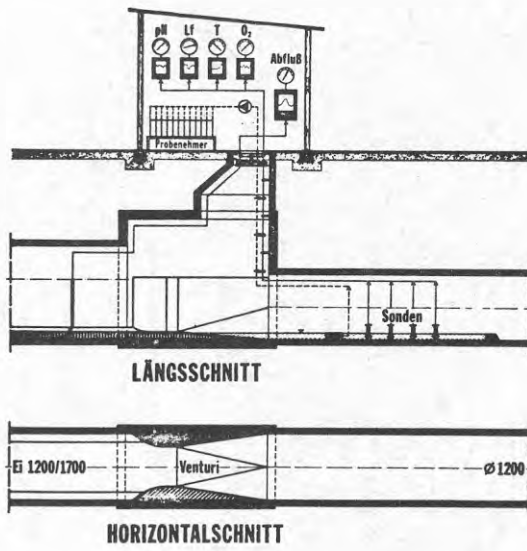


Vorhandenes Meßgebiet
Größe des Einzugsgebietes : 23,0 ha

Figur 2



Figur 3



Figur 4

om matematiska avrinningsmodeller coincidera. Dr Neumann har använt sig av lineära reservoarmodeller, en för de hårdgjorda och en för de permeabla ytorna. Intressant är att modellparametern har knutits till "observerbara" fysiografiska karakteristika såsom flytlängd, lutning och råhet.

För att hjälpa oss att få information om nederbördsintensitetsstudier arrangerade dr Neumann vår studiebesök i Hohenpeissenberg, vilket redogörs för i nästföljande avsnitt.

• Erhållen litteratur

Berichte aus Wassergütewirtschaft und Gesundheitsingenieurwesen, Institut für Bauingenieurwesen V, Technische Universität, München, Nr 9, 10, 11 och 12.

1976-10-26

Meteorologisches Observatorium Hohenpeissenberg

Kontaktman: Dr. W. Attmannspacher

Cirka 80 km i sydvästlig riktning från München ligger Hohenpeissenberg - en stor kulle 989 m ö h, med ett gammalt kloster och ett modernt meteorologiskt observatorium på toppen. Bergets vackra läge med fri sikt i alla väderstreck gjorde att munkarna i klostret redan i början av sjuttonhundratalet började företa systematiska meteorologiska observationer. Sedan dess har observationerna med få avbrott fortsatt ända till idag. Observatoriet i Hohenpeissenberg kan därför sägas vara den äldsta bergsstationen i världen med en sammanhängande serie av meteorologiska observationer.

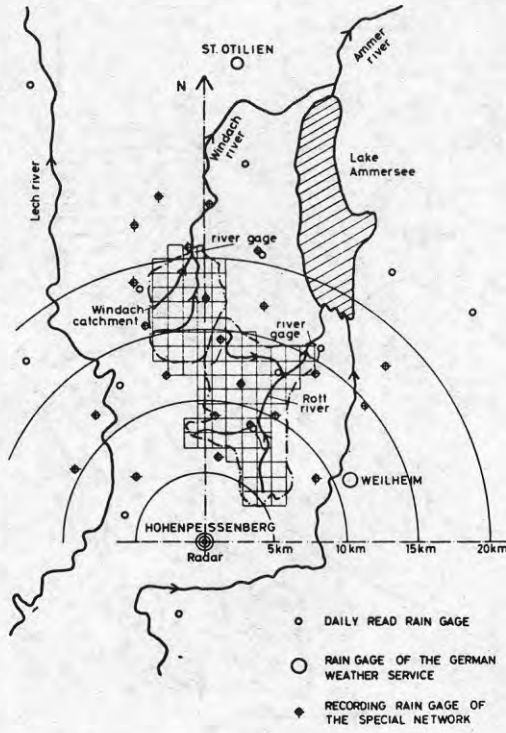
Från 1950 tillhör stationen den tyska väderlekstjänsten och dess uppgift består inte endast av observationer utan också "forskning rörande förbättring av vetenskapliga och tekniska metoder för väderlekstjänsten."

Organisatoriskt kan stationen uppdelas på tre arbetsfält:

1. Radarmeteorologi, nederbördsstudier.
2. Atmosfärens struktur, ozonstudier.
3. Teknisk utveckling, instrumentering.

Gruppen för nederbördsstudier har koncentrerat sig på utveckling av metoder för beräkning av areal nederbörd med särskilt intresse inriktat på användningen av radarteknik.

För kalibrering av radarn och jämförande studier har ett tätt nät av 45 st traditionella och 3 st digitala regnmätare installerats inom ett område av 750 km^2 i Hohenpeissenbergs närmaste omgivning, figur 5. Gruppen disponerar en modern radaranläggning typ EEC WR 100-5 kopplad direkt till en dator. Genom vissa halvautomatiska rutiner kan radarekon digitaliseras och regnmängder beräknas för kvadratiska delytor 1 km^2 . Sedan kan en isohyetkarta konstrueras (exempel, fig 6). Som framgår av figuren ger även ett förhållandevis tätt nät av regnmätare inte möjlighet att konstruera en tillförlitlig isohyetkarta.



Figur 5

Regncentra observerade genom radarn passerar ofta mellan regnmätarna.

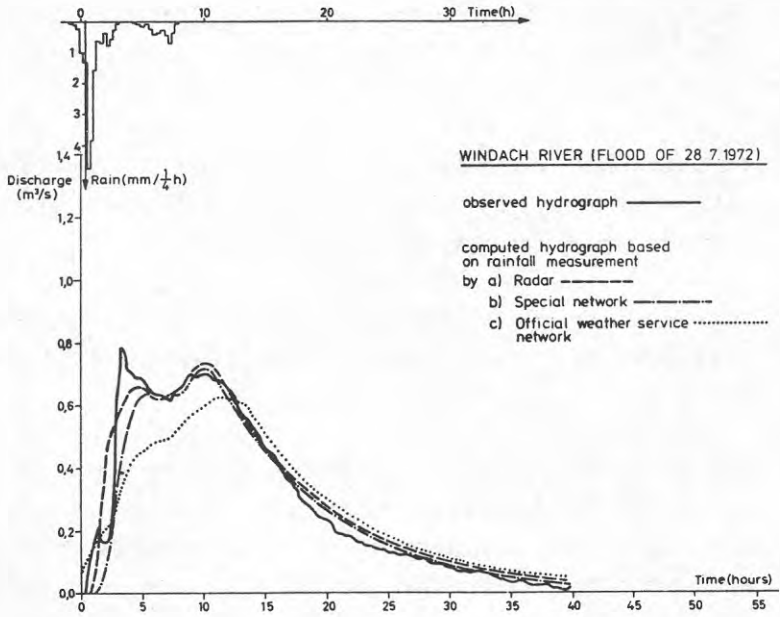
Genom användning av radarmätningar som input för en matematisk avrinningsmodell kan man beräkna avrinningshydrografen. Fig 7 visar exempel på en avrinningshydrograf beräknad för Windachflodens avrinningsområde med regninput uppmätt med traditionella regnmätare och med radarn. Bästa prognos fås då nederbördens arealvärde tas från radarmätning.

Om beräkningen görs med datorn direkt kopplad till radarn kan man erhålla en snabb prognos som kan användas till direkt styrning av t ex ett utjämningsmagasin.

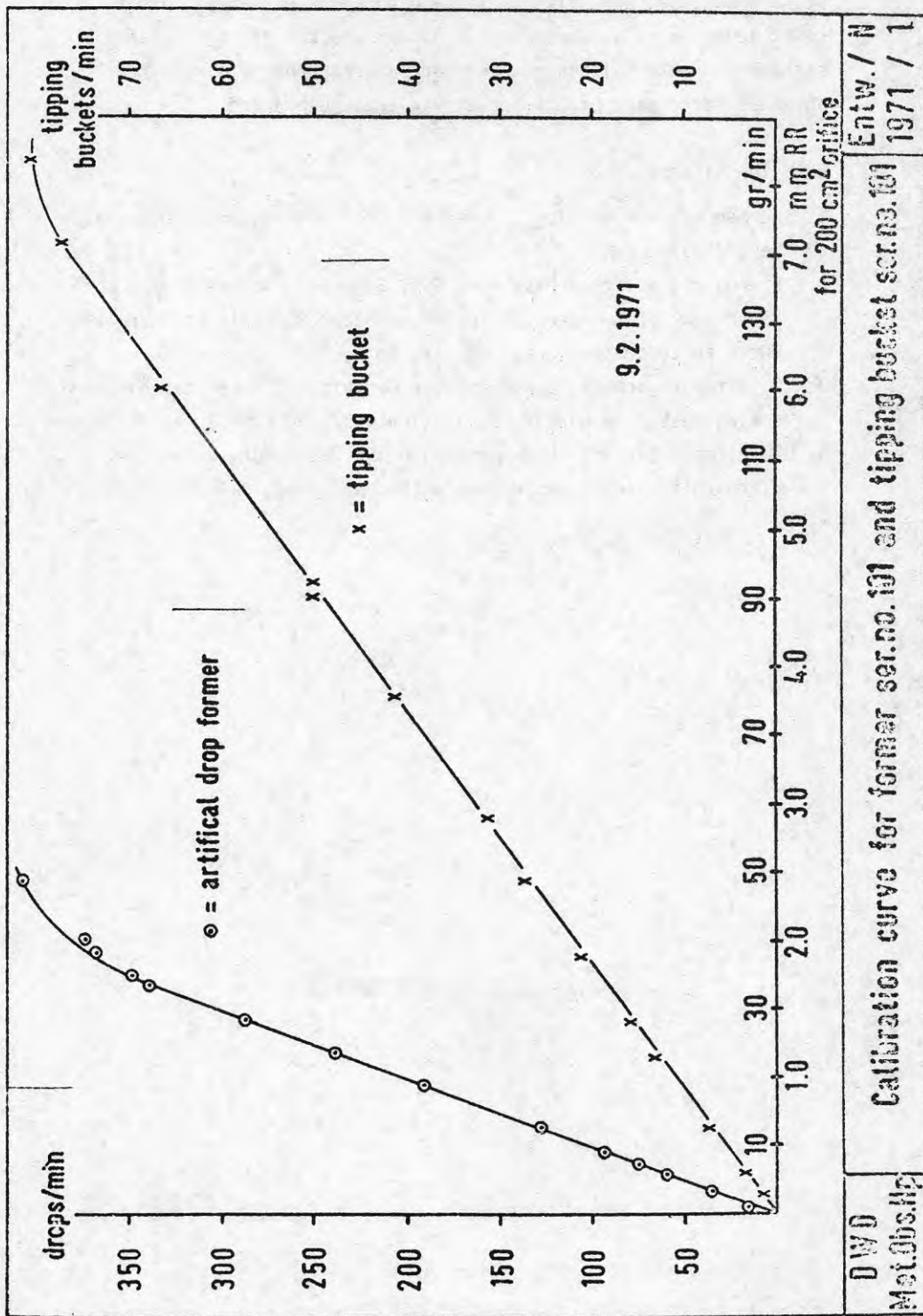
För närvarande arbetar gruppen med utveckling av helt automatiska rutiner för drift av några utjämningsmagasin i närheten av Hohenpeissenberg.

Gruppen för observationer i atmosfären utför rutinmässiga studier av de högre luftlagren med användning av radiosonder. Varje geofysisk dag (onsdag) uppsänds en radiosond som mäter lufttryck, lufttemperatur, relativ fuktighet och ozoninnehållet i luften mellan 0 och cirka 35 km höjd. Alla data registreras via radio av en mottagningsstation på marken och bearbetas direkt på datorn. Gruppens forskningsarbete avser i huvudsak teknisk utveckling av mätapparatur och jämförande studier mellan olika typer av mätinstrument.

Gruppen för teknisk utveckling svarar för konstruktion, underhåll och kalibrering av alla elektroniska och mekaniska instrument i observatoriet. Dessutom har gruppen under de senaste åren utvecklat en helt ny konstruktion av regnmätare den s k ombrometer HP. Mätaren består av två enheter: en droppomformare med optoelektronisk droppräknare och en tipping bucket med elektrisk impulsräkning. Båda mätprinciperna används simultant för att erhålla bästa möjliga noggrannhet. Mätkänsligheten för droppräknaren är 0.005 mm och mätområdet från 0 till 1,7 mm/min. För tipping bucket delen är mät-noggrannheten (vid 200 cm² uppfångningsarea) 0,1 mm per impuls och mätområdet från 0 till 7 mm/min. Både droppräknare och tipping bucket har lineära kalibreringsfunktioner över hela mätområdet, fig 8.



Figur 7



DWD
Met.Obship

Calibration curve for former ser.no.101 and tipping bucket ser.no.101

Entw. / N
1971 / 1

Figur 8

Dessa prestanda, särskilt för tipping bucketdelen har vi funnit smått sensationella. Därför har vi under besöket gjort noggranna skisser och anteckningar eftersom dessa erfarenheter direkt kan användas för vidare utveckling av vår egen regnmätare.

Erhållen litteratur

1. German Weather Service: "Meteorological Observatory Hohenpeissenberg", 1975.
2. B. Anderl; W. Attmannspacher; G.A. Schnetz: "Accuracy of Reservoir Inflow Forecasts Based on Radar Rainfall Measurements". Water Resources Research, Vol 12, No 2, 1976.
3. W. Attmannspacher: "Zur Frage der Genauigkeit beheizter Niederschlagsmesser im Winter. Kurzberichte 27. Jg Heft 3, 1974.
4. W. Attmannspacher: "Radarmessungen zur Bestimmung von Flächenniederschlägen. Naturwissenschaften 63, 313-318, 1976.

1976-10-28

Institut Wasserbau III, Universität Karlsruhe

Kontaktmän: Prof. E. Plate

Prof. G. Schulz

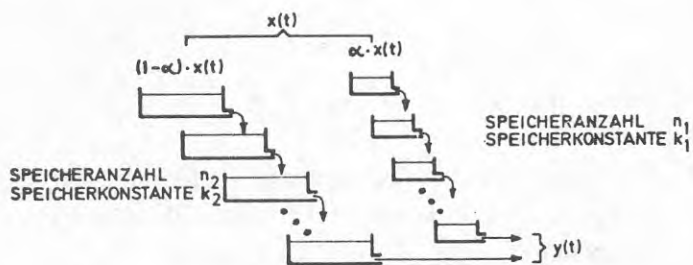
Dipl.ing. M. Binark

Forskn.ing. J. Bogardi

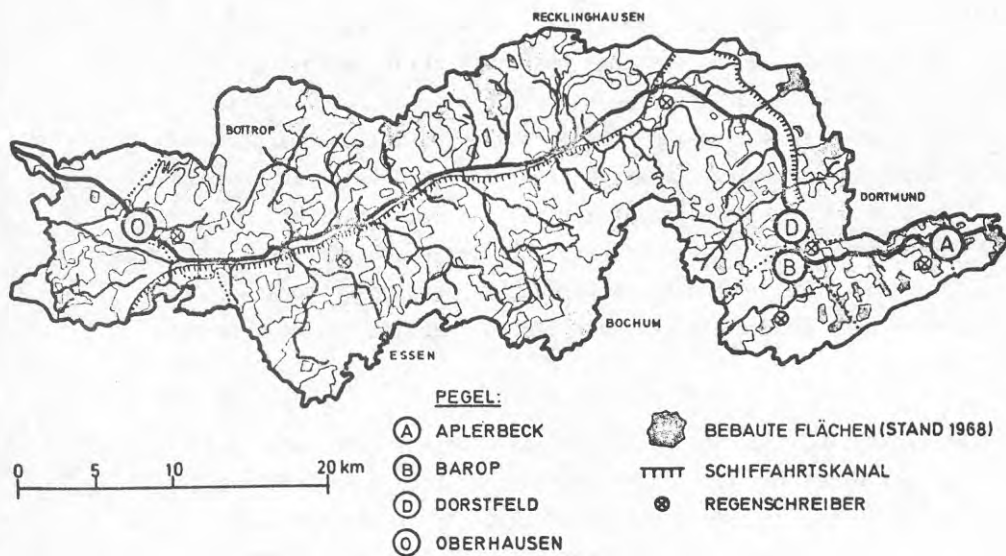
Studiebesöket inleddes med en diskussion med professor Plate där vi redogjorde för vår intresseinriktning och blev informerade om forskningsinriktningen på Institut Wasserbau III. Vid vår förfrågan om institutets hydrologiska fältmätningar fick vi veta att inga sådana bedrivs utan man ägnar sig helt åt analys av redan insamlade data.

Professor Schulz informerade om dr Wittenbergs arbete. För fyra peglar i floden Emschers avrinningsområde, fig 9, har dr Wittenberg försökt beskriva hur den ökade urbaniseringen från år 1952 till 1972 har påverkat flodavrinningen. För detta ändamål har två parallellkopplade system av lineära reservoarkaskader använts, enligt fig 10. Det ena systemet beskriver avrinningen från de hårdgjorda och det andra från de permeabla ytorna. Modellen får därmed fem parametrar som bestäms genom optimering mot observerad avrinning. Parametern α som är en viktskonstant för uppdelning av nederbördsinput på de båda modelldelarna visar sig öka i takt med ökad hårdgöring och urbanisering. Eftersom övriga parametrar, se fig 11, inte förändras utan har konstanta värden, kan prognoser göras för hur avrinningen kommer att påverkas vid en framtida ökning av urbaniseringen.

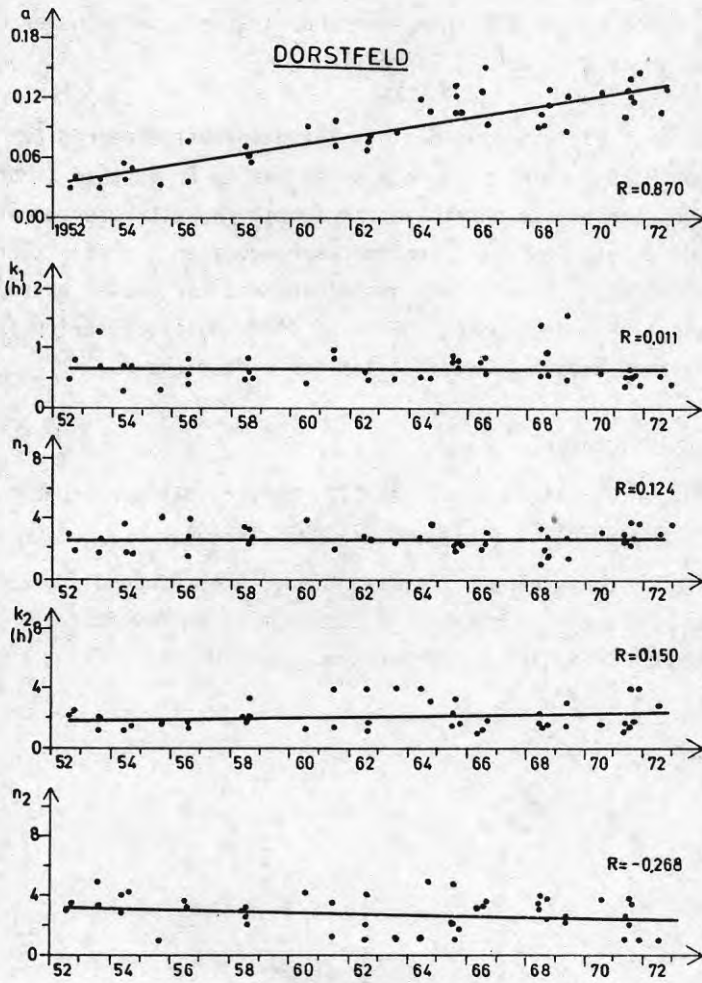
Forskningsingenjör Bogardi berättade om ett forskningsprojekt för optimal placering av utjämningsmagasin i floden för undvikande av översvämningar. I projektet görs också försök att samtidigt optimera i vilken ordning utbyggnaden skall ske i de fall flera reservoarer krävs samt vid vilka tidpunkter byggandet skall ske. Arbetet har endast pågått en kortare tid varför många problem kvarstår att lösa. Den utvecklade metodiken torde kunna tillämpas för att inplacera utjämningsmagasin i kombinerat avloppssystem för undvikande av källaröversvämningar och bräddning.



Figur 9



Figur 10



Figur 11

Diplomingenjör Binark arbetar med ett projekt som är kopplat till det föregående. För att dimensionera utjämningsmagasinen krävs avrinningsdata, som Binark genererar ur en stokastisk modell för nederbörd över en deterministisk avrinningsmodell. Att denna metod används beror på att avrinningsserierna är korta medan nederbörds-serierna är av tillräcklig längd.

Studiebesöket avslutade vi med att lyssna på ett föredrag av professor Harboe från Chile, som sedan två år är verksam i München. Föredraget behandlade en stokastisk modell för ett reservoarsystem bestående av ett femtontal kraftverksreservoarer i floden Lech väster om München. Harboe visade avslutningsvis hur mycket energi man hade tjänat under perioden 1955-74 om den simulerade serien för tappning hade använts i stället för den historiska.

Erhållen litteratur

Mitteilungen, Institut Wasserbau III, Universität Karlsruhe, Heft 2 (1973/1976), 4 (1974), 5, 7 och 8 (1975).

Bogardi, J.; Duckstein, L.; Plate, E.J., 1976: "Scheduling and Sequencing the Construction of Flood Control Reservoirs". Presented at ORSA/TIMS joint Meeting, Nov., Miami.

1976-10-28

Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft
Rhein.-Westf. Technische Hochschule
Aachen

Kontaktman: professor F.G. Rohde

Besöket vid tekniska högskolan i Aachen var ett så att säga extra besök under resan. Anledningen härtill var att vi stiftat bekantskap med professorerna F.G. Rohdes och G. Rouvés arbete om "Multiple-objective planning of water resources". Detta är måhända inte direkt kopplat till dagvattenproblemet men det är dock ett av de som nu intensivast diskuteras inom vattenresurshanteringen överallt i världen. En flersytesplanering bygger i våra dagar på en ingående analys av konsekvenserna av en sådan planering. Detta leder till identifiering av parametrar som kan anses vara väsentliga att studera vid en sådan planering. Den sammantagna värderingen - som kan göras på olika sätt - utgör basen för en värdering av det projekt som man planerar. Det finns för närvarande flera olika modeller i bruk för att systematisera en sådan parameteranalys. Professor Rohde har speciellt intresserat sig för sådana frågor och det hittills olösta problemet att finna en optimal lösning av ett vattenresursproblem om man samtidigt skall uppfylla flera mål.

Vid samtal med professor Rohde, som för övrigt var knuten till omfattande u-landsarbeten, - framkom det att varje år anordnas fortbildningskurser i hydrologi för tekniker vid de tyska högskolorna. Man har en viss cirkulationsprincip som innebär att dessa kurser flyter från högskola till högskola. På detta sätt kan man snabbt föra ut modern kunskap till praktiserande ingenjörer.

Erhållna publikationer

1. Rohde, F.G.: "Zur Technik der Entscheidung"
2. Rohde, F.G. och Rouve', G.: "Multiple-objective planning of water resources"

1976-10-29

Landesanstalt für Wasser und Abfall

Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf

Kontaktman: Dr. H. Massing

Efter en typisk düsseldorfsk lunch där Dr Massing var värd inleddes diskussionerna med att Massing redogjorde för Landesanstaltens organisation. Chef för avdelningen i Düsseldorf är Dipl.-Ing. Richard Zayc medan Dr Massing förestår en av anstaltens avdelningar. I stort sett handlägger man frågor som avser vatten- och avfallsfrågor endast i Nordrhein-Westfalen, dvs det område som innesluter bl a "Ruhr-området". På detta sätt arbetar de olika länderna i förbundsrepubliken förhållandevis autonomt. Enligt Massings egen utsago "Water is the problem of the States, not for the Government".

Som en presentation av oss själva redogjorde vi för den pågående urbanhydrologiska forskningen vid institutionen och dessutom om denna forsknings allmänna läge i Sverige just nu. Massing syntes vara mycket imponerad av den totalsatsning man nu gör i Sverige och inte minst uppskattade han de jämförande studier som gjordes vid LTH mellan icke urbaniserat (Värpinge) och urbaniserat område (Klostergården). Massing sade sig inte känna till några liknande studier.

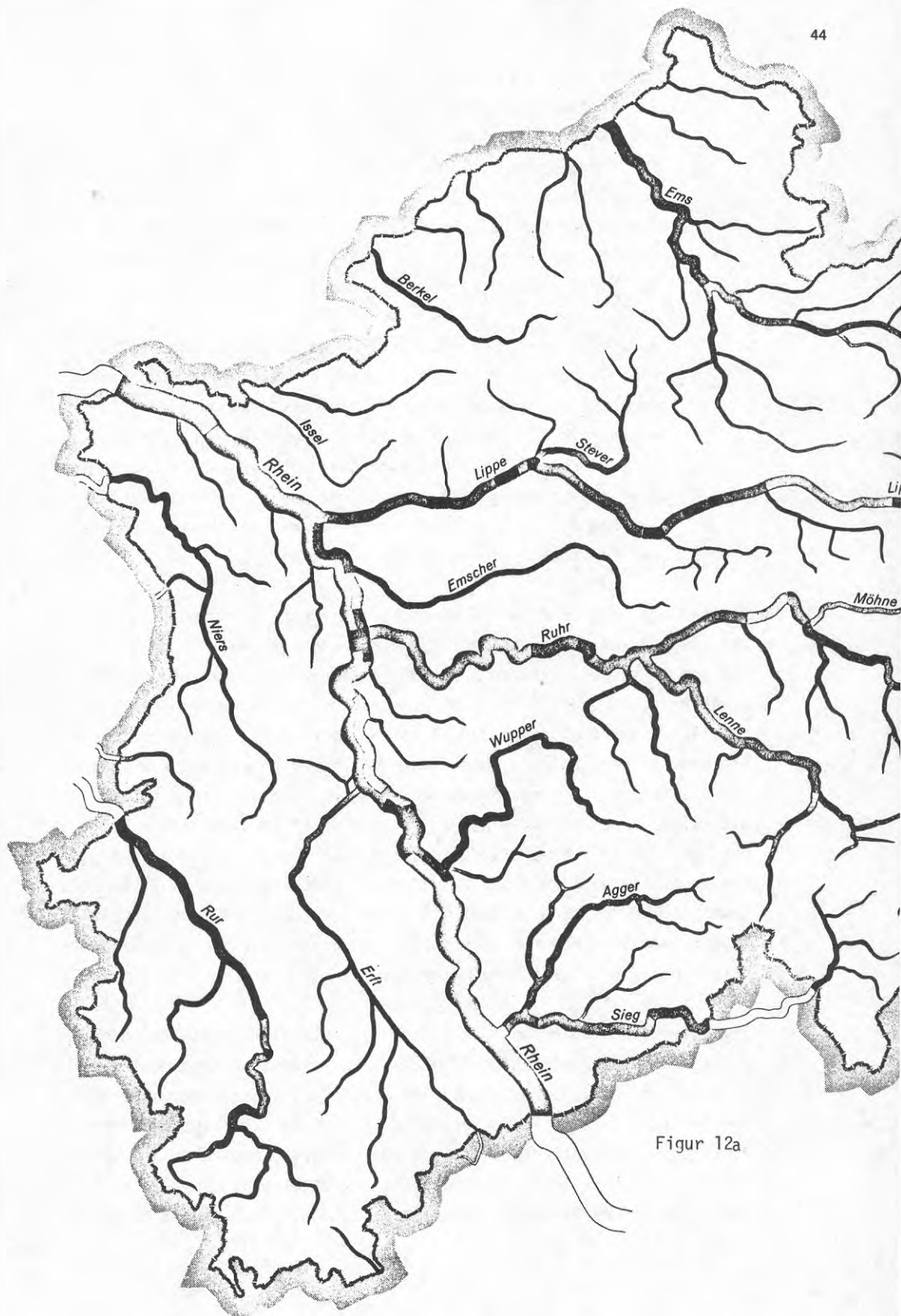
Naturligtvis förde vi in frågan om dagvattenproblematikens inputproblem: frågan om de kortvariga regnen och hur man skulle kunna ta fram ett bestämmande regn. Massing refererade därvid till en utredning som gjorts av C. Abraham och som byggde på observation av ett större antal regntillfällen i Düsseldorf. Inledningsvis hade man då uppställt följande synpunkter på ett dimensionerande regn, förutom samband mellan mängd och varaktighet, nämligen

- Intensiteten hos kraftiga regn som i första hand utgör underlag för studien av karaktäristiska regn uppvisar stora variationer i såväl tid som rum. Antagandet t ex om en konstant intensitet utgör en helt godtycklig förenkling av verkliga förhållande och ett sådant antagande

- Variationer i intensitet kommer att medföra betydande variationer i avrinningen. För små avrinningsområden kommer därför antagandet om konstant intensitet att ge mindre avrinning än den som uppträder i verkligheten. För större områden kommer variationer i avrinning från delområden att dämpas genom magasineringseffekt i nätet. Till denna dämpning bidrar också den tidsförskjutning som förefinns mellan olika delar i avrinningsområdet.
- De regnserier som ligger till grund för utväljande av ett dimensionerande regn tas ut genom en statistisk utvärdering av enskilda regnavsnitt. Vid denna utvärdering går i allmänhet till exempel information om "för- resp efterregn" förlorad. Detta leder till ett underskattande av beräknad gentemot verklig avrinning. Ett försummande av intensitetsvariationer och för- resp efterregn för med sig att frekvensen för avrinning blir större än den för regn.

Abraham och hans medarbetare Lyons, Schutze och Stottmann framhåller att utvärdering av dimensionerande regn - om den skall ta hänsyn till vad som sagts ovan, kräver en väsentligt mer detaljerad nederbördsutvärdering än vad man hittills är van vid. Men även med hjälp av ett relativt rikhaltigt datamaterial kan det vara svårt att konkretisera ett dimensionerande regn om man har fordringar på att det kan vara andra storheter än varaktighet och regnmängd som är intressant. Egentligen anser man dock att än svårare än dessa statistiska utvärderingar för att finna ett dimensionerande regn är frågan om det kanske är flera olika typer av dimensionerande regn som skall kunna komma ifråga. Det enda sättet att finna svar på denna fråga är att studera uppmätta nederbörd-avrinningsresultat eller en serie av testberäkningar för olika stora mätdelar.

I Västtyskland pågår tydligen ett mycket intensivt arbete rörande dessa frågor och Dr Massing framhöll bl a Technische Hochschule i Hannover som en ledande institution därvidlag. I Hannover var det speciellt doktorerna F. Sieker och I. Keser som varit ledande inom denna del av dagvattenforskningen. Med en hövlig avsikt om att han inte var väl insatt i det stokastiska betraktelsesätt som låg till grund för ett av Dr Sieker föreslaget sätt att välja ut ett dimen-



Figur 12a

Gewässergütekarte des Landes Nordrhein-Westfalen





ungef. Maßstab 1:1000000

Stand 1975



Figur 12b

Zeichenerklärung :

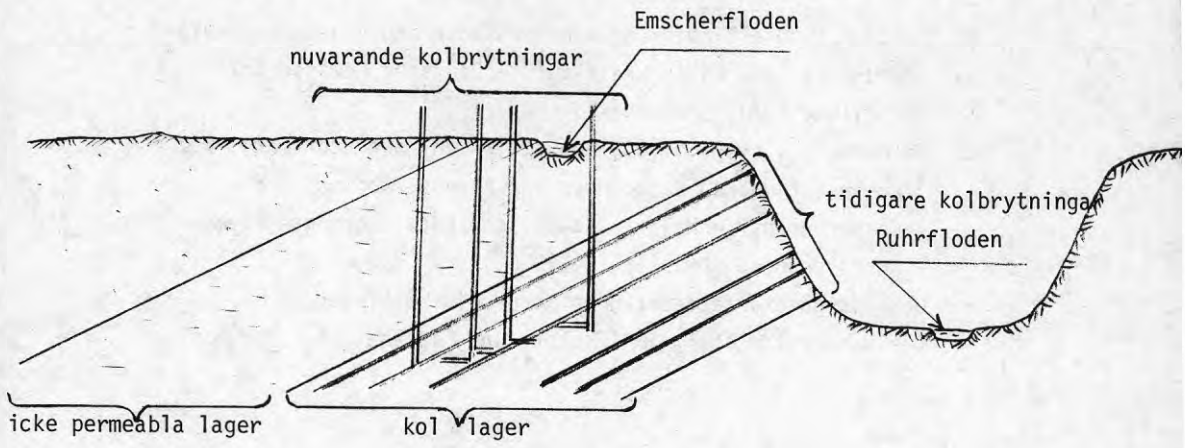
- | | |
|---|---|
|  | KAUM VERSCHMUTZT (oligosaprob) |
|  | GERING VERSCHMUTZT (oligosaprob bis β -mesosaprob) |
|  | MÄSSIG VERSCHMUTZT (β -mesosaprob) |
|  | KRITISCH VERSCHMUTZT (β - bis α -mesosaprob) |
|  | STARK VERSCHMUTZT (α -mesosaprob) |
|  | SEHR STARK VERSCHMUTZT (α -mesosaprob bis polysaprob) |
|  | ÜBERMÄSSIG STARK VERSCHMUTZT (polysaprob) |

sionerande regn berättade Dr Massing följande. Man hade insamlat en hel serie av nederbördsdata för olika nederbördsmätare och genom att statistiskt analysera detta material i en deterministisk och en stokastisk komponent lyckats presentera ett för studien ifråga karakteristiskt nederbördsförlopp (lämpligt som underlag för ett dimensionerande regn). Med denna, den s k Siekers metod, hade man också kunnat finna den nederbördsmätare i staden som närmast karakteriserade detta dimensionerande regn.

Självfallet kretsade diskussionen inte enbart kring detta problem utan också kring andra rörande dagvatten. Massing berättade således om firma F.H. Kocks (Water resources engineers) modell för dagvattenavrinning (SEJIM), som ju tillämpats i Hamburg. Naturligtvis fördes också frågan in på Ruhr-områdets vattenförsörjnings- och vattenreningsproblem. I detta område bor ju cirka 16 miljoner människor och svårigheten att klara vattensidans miljöproblem är ju allmänt kända. En av de därvid mycket intressanta lösningarna av Ruhr-områdets problem skisserades kortfattat för oss på följande sätt.

För Ruhrområdet är Rhen en mycket betydelsefull flod och det gäller att hålla denna föroreningsmässigt intakt så långt det går (Enligt Dr Massing utnyttjades Rhenvattnet tre gånger). Däremot har man gett upp floden Enscher, jmför översiktsskissen, fig 12. I Emscherområdet sker nu kolbrytning, se detaljskiss, fig 13. Denna brytning sker i ett förhållandevis impermeabelt område som gör att en fortskridande försämring av Emschers vatten inte påverkar Ruhrflodens vatten (Emscherfloden har man i själva verket gett upp). Från Ruhr-floden tar man dricksvatten och ett stort reningsverk anläggs vid Rhen för att klara föroreningen från Emscher-floden. Detta reningsverk kommer att bli det tredje största i världen med en kapacitet av 21-22 m³/s.

Besöket vid Landesanstalt blev mycket givande. Dr Massing var en intressant ciceron även under ett "Bummeln" genom Düsseldorfs Altstadt på kvällen. Humanisten Massing vederkvickte oss inte enbart med düsseldorfiska nöjen utan också med inblickar i en levande kulturtradition.



Figur 13

Erhalten Litteratur

1. Zayc, R.: "Die Einwirkung von Verstädterung und Industrialisierung auf den Wasserkreislauf" - Deutsche GewässerkdL. Mitteilgn. 1973, Sonderheft.
2. Abraham, C.; Lyons, T.C.; Schutze, K.-W. och Stottmann, W.: "Zur instationären Berechnung von Abwasserabfluss und Abwasserbeschaffenheit in städtische Entwässerungssystemen" - Korrespondenz Abwasser, 3, 1976.
3. Gewässergütekorte des Landes Nordrhein-Westfalen.
4. Die Wasserwirtschaft im Emscher- und Lippegebiet.

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 760243-4
från Statens råd för byggnadsforskning till
Inst. för teknisk vattenresurslära, LHT.

R63:1977

ISBN 91-540-2729-2
Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art. nr: 6600663

Abonnemangsgrupp:
Ingår ej i abonnemang

Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 1403
111 84 Stockholm
Telefon 08-24 28 60

Cirkapris: 30 kronor + moms