

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Sven



GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Institutionerna för:

Geologi

Geoteknik med grundläggning

Vattenbyggnad

Vattenförsörjnings- och avloppsteknik

STUDIER AV AMERIKANSK DAGVATTENTEKNIK

Resa i december 1976

VIKTOR ARNELL

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA



GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Institutionerna för:

Geologi

Geoteknik med grundläggning

Vattenbyggnad

Vattenförsörjnings- och avloppsteknik

STUDIER AV AMERIKANSK

DAGVATTENTEKNIK

Resa i december 1976

Adress:
Chalmers Tekniska Högskola
Inst. för vattenbyggnad
Fack
402 20 GÖTEBORG

VIKTOR ARNELL

FÖRORD

Målsättningen med studieresan var:

att erhålla bättre kunskaper för att i Sverige kunna planera och genomföra fältstudier av dagvattenavrinning samt analys av mätdata.

att få ta del av amerikanska erfarenheter vid praktisk tillämpning av avrinningsmodeller speciellt vad gäller analysen av nederbördsdata, sensitivitetsanalys av modellparametrar och uppdelning av avrinningsområden i delområden.

Den första målsättningen täcktes in genom deltagande i en konferens: "Instrumentation and Analysis of Urban Storm Water Data - Quantity and Quality". Konferensen organiserades av Engineering Foundation och hölls i Easton, Maryland 28/11 - 3/12 1976.

Vid konferensen presenterades en uppsats av V. Arnell, J. Falk och P-A Malmquist: "Urban Storm Water Research in Sweden". (Chalmers University of Technology, Urban Geohydrology Research Group, Report No 19, Göteborg 1977).

Därefter genomfördes en studieresa i USA (Canada) för att diskutera amerikansk dagvattenteknik och då speciellt utveckling och tillämpning av olika dagvattenmodeller.

Eftersom det tidigare har genomförts flera studieresor till USA för att studera den amerikanska forskningen inom dagvattenområdet avstår jag från att översiktligt beskriva utvecklingen och läget i USA. I stället hänvisar jag till:

Malmquist, P-A, Dagvattenforskning i USA och Canada.
Studieresa oktober 1975. Chalmers Tekniska
Högskola, inst. för VA-teknik, Publikation
C 76:1.

Andreasson, L, Liedberg, Å, Svensson G, Reserapport,
Amerikansk Dagvattenforskning. Studieresa till
USA, augusti 1974. BFR:s Programgrupp för Geo-
hydrologisk Forskning. 1974.

Resan finansierades av Statens råd för byggnadsforsk-
ning, Knut och Alice Wallenbergs stiftelse samt ut-
bildningsnämnden sektion V, CTH.

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING	1
Manualen	1
Studieresan	2
INSTRUMENTATION AND ANALYSIS OF URBAN STORM	
WATER DATA - QUANTITY AND QUALITY	4
Sammanfattning: Preliminary User's Manual	4
Inledning	4
Användning av mätdata	4
Analys av mätdata	7
Planering av mätsystem	9
BESÖK I PHILADELPHIA	
Nederbörds-mätning	13
Avrinnings-mätning	13
Land use studies	14
Modelltest	14
Recipientundersökningar och allmänna vatten- problem	16
BESÖK I TORONTO, CANADA	
Laboratoriet	17
Modelltester	18
Mätningar	19
BESÖK I HYDROSYSTEMS LABORATORY, UNIVERSITY OF ILLINOIS	
Utveckling av avrinningsmodeller	20
Besök i laboratoriet	21
BESÖK HOS ILLINOIS STATE WATER SURVEY	
Modell ILLUDAS	22
Regnstudier	22

BESÖK VID COLORADO STATE UNIVERSITY, ENGINEERING RESEARCH CENTER, Ft COLLINS, COLORADO	24
Allmänt	24
Samtal med olika personer	24
Laboratoriet	27

BESÖK HOS WATER RESOURCES ENGINEERS, WALNUT CREEK, CALIFORNIEN	28
Modellarbete	28
Föroreningsstransport i ledningsnätet	29

BESÖK I SAN FRANCISCO, DIVISION OF SANITARY ENGINEERING	31
Allmänt om San Franciscos dagvattenproblem	31
Mätningar	31
Modeller	32
Dimensionering av ledningsnät	32

BESÖK PÅ UNIVERSITY OF FLORIDA, I GAINESVILLE	34
Datainsamling	34
BMP (Best Management Practice)	34
Studier av recipienternas vattenkvalité	34
Modellstudier	35

BILAGOR	
Konferensprogram	Bilaga 1
Litteratur	Bilaga 2
Adresslista	Bilaga 3
Tidtabell för resan	Bilaga 4

SAMMANFATTNING

Reserapporten är huvudsakligen uppdelad på två delar. Den första delen omfattar en sammanfattning av den manual för dagvattenmätningar som behandlades på konferensen i Easton. Den andra delen sammanfattar synpunkterna erhållna vid studieresan.

Manualen

Målsättningen med manualen är att ge anvisningar för att samla in mätdata med en tillräcklig bredd, noggrannhet och representativitet för att man skall kunna kalibrera och verifiera tillgängliga avrinningsmodeller. Det är viktigt att mätområdena är representativa för den stad eller kommun där mätningar utförs. Viktiga faktorer vid val av områden är markanvändning, storlek, geologi, hydrologiska egenskaper, andelen hårdgjorda ytor, typ av ledningssystem etc. I stora områden bör mätningar utföras både inom området och vid utloppet från hela området.

Mätdata bör samlas in med en frekvens som medger att man kan analysera dagliga variationer och säsongsvariationer i dagvattenavrinningen. Korta, intensiva studier under olika årstider rekommenderas. Mätperiodens längd bör vara sådan att man erhåller tillräckligt med data för att kalibrera och verifiera tillgängliga avrinningsmodeller. 20-30 regntillfällen med varierande egenskaper kan vara tillräckligt.

Ett utnyttjande av mätdata kräver även en statistisk analys av inträffade händelser. Med en kort mätperiod kan detta inte klaras. En alternativ metod är att använda sig av en lång serie verkliga nederbördsdata och med hjälp av dessa och en kalibrerad avrinningsmodell generera flöden. Därefter kan den statistiska analysen utföras på de beräknade flödena.

Matematiska modeller kan ta hänsyn till variationer i av-

rinningsområdena. Man kan simulera effekterna av olika handlingsalternativ och få kvantitativa svar på komplexa planerings- och dimensioneringsproblem. Det finns ingen anledning att begränsa sig till att välja en modell för alla typer av praktiska tillämpningar. Det gäller i stället att i varje situation välja den modell som är bäst kapabel att utföra den analys som man är intresserad av.

Studieresan

Diskussionerna under studieresan fokuserades på praktisk tillämpning av olika dagvattenmodeller. De modeller som diskuterades var Storm Water Management Model (SWMM) och Illinois Urban Drainage Area Simulator (ILLUDAS). Erfarenheter av modellen SWMM fanns i Philadelphia (Water Department), Canada (Centre for Inland Waters), San Francisco (Water Resources Engineers och Department of Sanitary Engineering) samt i Gainesville, Florida (University of Florida).

I Canada hade man utfört relativt omfattande sensitivitetsanalys av modellparametrarna och funnit att de parametrar som påverkar volymen avrunnet dagvatten var de viktigaste medan parametrarna som beskriver formen på avbördningskurvan inte var lika viktiga. Om man tar parametrarna i fallande ordning är de impermeabilitet, avrinningsytans längd, infiltrationskapacitet, ytmagasinering, rännstens- och ytråhet och ytlutningar. Liknande erfarenheter redovisades av Water Resources Engineers i San Francisco.

Ett annat problem vid tillämpning av modeller är detaljeringsgraden vid indelning av avrinningsområdet i delytor. Olika detaljerad indelning hade testats på flera platser. Erfarenheten var att man kunde använda en relativt grov indelning. Valet av flytlängder och inloppspunkter är viktigt vid en grov indelning.

Valet av nederbördsindata vid modelltillämpningar disku-

terades speciellt. För en riktig statistisk analys av beräknade flöden bör man använda sig av långa serier av verkliga regntillfällen, alternativt utvalda grupper av intressanta regntillfällen.

INSTRUMENTATION AND ANALYSIS OF URBAN STORM WATER DATA - QUANTITY AND QUALITY

Sammanfattning: Preliminary User's Manual

Inledning

Det huvudsakliga arbetet vid konferensen i Easton bestod av att genomarbета en manual för mätningar i bebyggda områden samt den efterföljande analysen av mätdata. Min sammanfattning grundar sig på den preliminära manualen och behandlar delarna 1 - 3 nedan.

1. Data Utilization
2. Data Analysis
3. Network Design
4. Instrumentation
5. Data Collection
6. References

Användning av mätdata

Målsättningen med den här manualen är att ge anvisningar för att samla in mätdata med en tillräcklig bredd, noggrannhet och representativitet för att man skall kunna kalibrera och verifiera tillgängliga avrinningsmodeller. Kravet är även att data skall kunna extrapoleras både i rummet och tiden. För extrapoleringen i rummet krävs det att datamängderna kan överföras till områden där mätningar inte har skett och för extrapolering i tiden behöver man även kunna beräkna statistiska sannolikheter för olika händelser.

Eftersom man inte har råd att utföra mätningar i alla områden måste man välja ut ett antal representativa områden i vilka man utför mätningarna. Det är viktigt att dessa mätområden är representativa för en stads eller en kommuns blandning av olika markanvändning, storlekar på områden, hydrologiska olikheter, bebyggelse typer etc. Det

är även viktigt att avrinningsområdena och mätningarna relateras till påverkan på mottagande recipienter. Man kan konstatera att kopplingen mellan dagvattenavrinning och recipientpåverkan är väldigt lite undersökt.

Mätdata skall samlas in med en frekvens som medger att man kan analysera dagliga variationer och säsongsvariationer i dagvattenavrinningen och i recipienterna. Bästa sättet att utföra detta på är att genomföra korta, intensiva studier under olika årstider. Exempelvis ett två veckors mätprogram vid olika tider på året med tre till fyra provtagningar per dag och betydligt mer frekvent provtagning under nederbördstillfällena.

Ett utnyttjande av mätdata kräver även en statistisk analys av inträffade händelser. Det följande kommer att handla om en diskussion av beräkningsregn kontra användningen av verkliga regn vid analys av dagvattensystem. Vid tillämpning av olika typer av matematiska modeller behöver man nederbördsindata av olika typ. I brist på bättre har man då valt att använda sig av de traditionella intensitets - varaktighetskurvorna och ur dessa genererat olika typer av beräkningsregn. Intensitets - varaktighetskurvor för olika återkomsttider är starkt kopplade till användningen av den rationella beräkningsmetoden. Denna beräkningsmetod anger i princip den statistiska kopplingen mellan regn och avrinning. Vid denna metod kan denna regnstatistik anses vara användbar. Att däremot använda sig av dessa kurvor för generering av syntetiska regn för användning i matematiska modeller är mycket tveksamt. För att förstå detta får man gå tillbaka till hur intensitets - varaktighetskurvorna är utvecklade. Man kan då se att de "blockregn" som finns statistiskt behandlade i kurvorna enbart omfattar en del av de verkliga regnen och inte hela regnvolymen. Man kan även se att själva intensitets - varaktighetskurvorna består av regndata från många olika regntillfällen. Vidare kan man inte fastlägga var i det verkliga regnet detta blockregn är beläget. En utveckling av

ett beräkningsregn ur en sådan här intensitets - varaktighetskurva där man ger beräkningsregnet samma frekvens som intensitets - varaktighetskurvan kan anses vara väldigt osäker, det måste vara nästan omöjligt att fastlägga en sannolikhet för ett regn som består av flera regn med olika intensitet, olika varaktighet och olika händelseförlopp. Dessutom är det inte frekvenserna för regnen som är av intresse utan det är t ex frekvenserna för maximala flöden och avrunna volymer som är det intressanta.

En alternativ metod är att använda sig av verkliga nederbördsdata och med hjälp av dessa generera flöden och därefter utföra statistiska analyser på de beräknade flödena. Ännu bättre vore naturligtvis att ha långa mätserier på avrinningen i olika områden. Men sådana mätdata finns för närvarande inte tillgängliga och är antagligen mycket svåra att införskaffa eftersom urbaniseringsprocesserna aldrig avstannar i ett bebyggt område. Däremot finns det tillgång på långa serier av nederbördsdata. Genom att kalibrera in avrinningsmodellerna för korta mätperioder och för många avrinningsområden kan man med hjälp av avrinningsmodellen och med hjälp av de uppmätta långa serierna av regn simulera en lång serie av avrinningar.

Även användningen av en lång regnserie ställer sig svårt och ganska dyrbart. I forskningssammanhang kan det naturligtvis vara möjligt att köra en lång mätserie genom olika modeller. Men i praktiken kan ett bättre sätt vara att med hjälp av modellen välja ut de regn som är av intresse för analys av olika konstruktioner i ett dagvattensystem. Därefter kan man använda den grupp av regn som man har valt ut ur den långa serien för generering av de flöden för de frekvenser som man är intresserad av. En ytterligare intressant användning av verkliga regn vid analys av dagvattensystem är att man har möjlighet att se vad som händer när det t ex svämmar över i någon punkt i ett område. Eftersom syntetiska regn inte representerar verkligheten så kan det vara svårt att få en uppfattning om vad som händer vid sådana händelser där man använder syntetiska regn.

Analys av mätdata

Insamling och analys av mätdata skall alltid ske samtidigt. Det första man gör när man samlat in mätdata är att bearbeta det fram till en form som är användbar i de fortsatta analyserna. Vid dessa råbearbetningar upptäcker man förmodlingen problem som man inte har sett ute i fält eller kan upptäcka på något annat sätt. Därför är det också viktigt att man vid fältbesöken observerar alla underligheter som man kan se. Dessa små noteringar kan vid bearbetningarna ha mycket stort värde. Mätdata bör lagras på magnetband, skivminne eller liknande. Av stort värde är även att man ritat upp hydrografer och polutografer. Alla avrinningsvärden bör basflödessepareras och endast den ytaavrunna delen volymbestämmas. Avrinningsvolymen bör omvandlas till millimeter och jämföras med nederbördsvolymen. Detta kommer att ge viss information om trovärdigheten i datamängderna.

Ett av de största användningsområdena för mätdata är vid test av matematiska modeller. Matematiska modeller är ett användbart verktyg eftersom de kan ta hänsyn till variationer i avrinningsområdena. Man kan simulera effekterna av olika handlingsalternativ och på det viset få kvantitativa svar på komplexa planerings- och dimensioneringsproblem. Ett stort antal alternativ kan på kort tid testas till relativt låg kostnad. Naturligtvis är det inte alltid motiverat att använda sig av modeller. De är motiverade i första hand då nyttan av användningen överskrider kostnaderna av användningen. I denna nytta bör man också ta med den förbättrade noggrannhet som en analys med en modell kan erbjuda. Just den förbättrade noggrannheten vid dimensionering av dagvattensystem är kanske den största nyttan med utvecklingen av matematiska modeller. För att erhålla denna förbättrade noggrannhet måste modellerna noggrannt kalibreras och verifieras och jämföras med mätdata innan man applicerar dem i praktisk verksamhet.

I varje situation gäller det att välja den modell som på bästa sättet är kapabel att utföra den analys som man är intresserad av att göra. Vid valet av modell bör man ta hänsyn till flera faktorer:

1. Definiera det problem man vill lösa och undersöka vilken information som behövs samt vilka frågor man vill ha svar på.
2. Ofta är det så att den enklaste modellen som klarar av jobbet också är den bästa.
3. Försök inte anpassa problemet till en modell utan försök välja en modell som passar problemet.
4. Förväxla inte komplexitet med noggrannhet, det är inte alltid så att en mycket komplex modell ger de noggrannaste och bästa resultaten.
5. Glöm inte de antaganden och begränsningar som finns i den modell man väljer. Det finns ingen anledning att begränsa sig till att välja en modell för alla typer av praktiska tillämpningar. En kombination av modeller ger större flexibilitet och möjliggör att man kan få en modell som passar just det problem som man vill lösa.

Preliminär modellsimulering innan man börjar utföra sina mätningar kan vara av stort värde. Simuleringar för några typiska nederbördstillfällen kan ge värdefull information om de kritiska punkter som finns i dagvattensystemen och var man bör installera instrument och vilket tidsintervall man bör ha vid datainsamlingen. En preliminär modellanalys bör också inkludera sensitivitetsanalys av förändringarna i modellindata. Sensitivitetsanalysen kan ge svar på vilka parametrar och vilka egenskaper inom avrinningsområdet som är viktigast och var man bör satsa mest t ex vid kartering av avrinningsområdet.

För att testa och kalibrera modellerna behöver man kännedom om kvaliteten på mätdata. Två typer av fel förekommer, systematiska fel och slumpartade fel. De systematiska felen måste på alla sätt försöka plockas bort ur materialet. Effekten av de slumpartade felen kan reduceras genom att man samlar in ett tillräckligt stort material.

Det finns en mängd olika anpassningskriterier vid test av modeller. Man har även funnit att valet av anpassningskriterium influerar på valet av "den bästa modellen". Därför bör man använda en kombination av olika anpassningskriterier. Vidare bör man välja rätt parametrar för att testa anpassningen. Troligtvis är t ex volymen avrinning bättre än maxflöden.

Anpassningen av en modell görs i två steg på olika mängder av data, först kalibrerar man modellen och därefter verifierar man den. Variationsbredden för alla parametrar bör fastställas i litteraturstudier innan man börjar utföra sin modellkalibrering. Detta styr trovärdigheten hos kalibreringen. Motiveringarna är små för att samla in mätdata efter det att man har fått tillräckligt med datamängder för att kalibrera och verifiera sina modeller. Lämpligt antal nederbördstillfällen kan vara 20-30 st totalt, varav 10-15 st för modellkalibrering och 10-15 för verifiering. De regnhändelser som används vid kalibrering och verifiering av modellerna måste noggrant inspekteras så att det inte finns några mätfel. Preliminära tester av modellen från de första nederbördstillfällen som man samlar in kan ge värdefull information om hur man skall lägga upp sitt mätprogram i fortsättningen. Detta gäller speciellt om mätsystemet behöver kompletteras och den frekvens justeras med vilken man samlar in t ex vattenprover.

Planering av mätsystem

Detta är vanligtvis den mest förbisedda delen vid mätningar i urbana avrinningsområden. Valet av mätområde är viktigt. Resultaten korreleras till hydrologiska, geografiska, topografiska och andra faktorer i avrinningsområdet. Varje område måste därför vara representativt för de områden som förekommer i en region. Valet av avrinningsområden måste representera ett områdes markanvändning, typiska områdesstorlekar, geologi, hydrologiska variationer

etc. Kopplingen till viktigare recipienter i området är också av intresse. Andra faktorer som man bör ta hänsyn till vid valet av avrinningsområde är typ av ledningssystem, fysiska karakteristiska, avrinningsområdets tillgänglighet för service och möjligheter att placera ut instrument.

Markanvändningen är viktig därför att den i stor utsträckning styr kvaliteten på dagvattnet. Avrinningsområdena bör ha en enhetlig markanvändning. Vid mätningar av avrinning från stora områden klarar man inte av att ha en enhetlig markanvändning i området. Trots det kan det vara nödvändigt att utföra mätningar i stora områden för att kunna kalibrera in planeringsmodeller av olika typ. Man bör då se till att det stora området innehåller småområden av en typ i vilken man utför mätningar på andra ställen. Ett ännu bättre sätt är att utföra mätningar inne i det stora området av avrinningen från de små områdena. Typen av ledningssystem i ett avrinningsområde kommer att ha inverkan på avrinningen. Det är t ex inte säkert att två likvärdiga områden med olika ledningssystem kommer att ge samma avrinningsbild. Ett klarläggande av ledningsstrukturen är därför viktig.

Storleken på avrinningsområdet som man väljer bör vara representativ för storleken på de områden som finns i regionen. Väljer man ett för stort avrinningsområde kan det vara svårt att klara av att få ett område med en enhetlig markanvändning. Fysiska karakteristiska av betydelse i ett område är t ex andelen hårdgjorda ytor, lutningar, geologiska egenskaper och infiltrationsegenskaper hos olika ytor. Avrinningsområdet bör också vara tillgängligt för service och möjligheter att placera ut instrument bör nog undersökas. Kostnaderna för att mäta i olika områden och vid olika punkter i områdena kan variera mycket. Därför bör även kostnaderna för mätningar i olika områden beaktas på ett tidigt stadium.

De olika potentiella avrinningsområdena bör även undersökas så att det inte förekommer några fenomen som kan försvåra utvärderandet av mätdata senare. Sådana faktorer kan vara ett svåranalyserbart basflöde, ett ledningssystem som läcker mycket, ett ledningssystem med anslutningar av ledningar som man inte känner till eller ett område där det finns punktkällor som genererar svårbestämbara föroreningar i dagvattnet. Allt detta betonar vikten av att man besiktigar områdena på platsen innan man bestämmer sig. Vidare måste man ta hänsyn till möjligheterna att skydda utrustningen från åverkan.

Nästan alla avrinningsmodeller har enbart kalibrerats på mätdata från en punkt i mätområdet, trots att modellerna i sig själva delar upp avrinningsområdena i en mängd olika småytor. Valet av mätpunkter i ett område kan därför vara viktig. Mätningar i inloppspunkter och i punkter inne i ledningssystemet är värdefullt för att kunna kalibrera de olika delarna i en avrinningsmodell. Detta ger även möjligheter att mäta från olika typer av delområden. Mätningar måste naturligtvis även utföras vid utloppet från hela området. Dessa mätningar bör pågå under hela mätperioden medan mätningarna inne i området kan flyttas från punkt till punkt och mätningar där enbart utföras för kortare tidsperioder. Antalet instrument i ett område bör inte heller bestämmas utgående från hur den parameter man mäter varierar över avrinningsområdet, utan man bör utgå från de effekter som denna parameter har på utflödet från området. Som ett exempel kan man ta mätningar av nederbörd där antalet instrument bör vara sådant att man får en bra korrelation mellan nederbörden och avrinningen i området. Det är värdefullt att ha minst två instrument av varje typ, t ex två stycken nederbördsräknare. Då har man möjligheter att kontrollera det ena instrumentet med det andra instrumentet och om ett instrument inte fungerar har man ändå mätdata.

Valet av mätperiodens längd bör göras noggrannt. Data bör samlas in för åtminstone ett år eller för en årstid om

man bara är intresserad av en viss del av året. I allmänhet skall inte mer data samlas in än vad som behövs för att kalibrera och verifiera modellerna. Tyvärr kan det vara svårt att förutsäga detta redan på planeringsstadiet varför man behöver en viss flexibilitet och möjlighet att variera mätperioden när man ser vilka mätdata man har fått in. På grund av fel i instrument och torrperioder och liknande kan tänkas att mätperioderna behöver förlängas utöver den planerade tiden. En annan anledning att fortsätta mätningarna under en längre period kan vara att man vill testa olika alternativ för att förändra dagvattenssystemet. Sådana förändringar kan t ex vara att man vill bygga in utjämningsmagasin eller att man vill undersöka olika typer av gatsopning.

BESÖK I PHILADELPHIA 1976-12-06

Water Department

Sammanträffande med

P R Cairo

D D Blair

Nederbörds-mätning

Water Department, city of Philadelphia bedriver nederbörds-mätning inom staden på 28 st platser och utanför staden på ytterligare ett antal platser. Instrumenten är av en typ som väger nederbörden, utom de allra senaste installerade instrumenten som är av tipping Bucket typ med teletrans-mittering av mätsignalerna in till kontoret beläget centralt i staden. Nederbörds-mätningarna bearbetas med avseende på dygns-, månads-, och årsnederbörd. För 11 st stationer där mätningar har bedrivits under minst 10 år har intensitets - varaktighetskurvor utvärderats. Man har därvid funnit att stora variationer kan förekomma inom staden i de beräknade intensiteterna. Den viktigaste faktorn för att beskriva denna variation i nederbördsintensiteterna är topografin i området. Medelnederbördsintensiteterna varierar ungefär på samma sätt som årsnederbörden varierar i staden. Våldigt lite, eller nästan inget arbete alls, har lagts ner på att utveckla dimensionerande nederbördstillfällen, varken dimensionerande hyetografer eller några försök med verkliga regn för dimensionering av ledningssystem.

Avrinnings-mätning

Avrinnings-mätningar bedrivs i 10-20 områden inom staden med olika sk land use characteristics. I ett område (Tuástin) har man bedrivit mer ingående studier. Här har man mätt nederbörd och avrinning så väl kvantitet som kvalitet under ett antal år. Mätningar bedrivs i samarbete med US Geological Survey i Philadelphia. Inom området finns 3 st nederbörds-mätare av tipping-bucket typ med registrerings-central på kontoret. Avrinnings-mätningar bedrivs i 2 st punkter med hjälp av den mätträna som är utvecklad av

Geological Survey. Mätrännan är kalibrerad i laboratorium. Vattennivåerna för mätrännan sänds också in till kontoret för central registrering. Där registreras även när vattenprovtagningsutrustningen startar och stoppar. Deras åsikt om hur mätrännan fungerade var att för små flöden hade man dålig mätnoggrannhet. På konferansen i Easton, Maryland, redogjorde Tom Ross från Geological Survey för de hydraliska karakteristikerna för mätrännan. Man kunde därvid se att man hade vissa problem vid övergången från strömmande till stråkande tillstånd och vice versa. Mätmetoden kan antagligen anses bra för mätning i ledningar där man kan befara dämning och då man behöver mäta under både fri vattenyta och dämnd vattenyta.

Land use studies

Hela staden Philadelphia är kartlagd i detalj med avseende på olika typer av markanvändning. Exempel på olika typer av markanvändning är enfamiljshus, kedjebyggda 2-familjshus, radhus, kommersiella centrum belägna utanför stadskärnan, kommersiella områden belägna innanför stadskärnan, industriområden m m. Man kan alltså se att man har gjort en mycket noggrann uppdelning mellan olika typer av markanvändning. Man ansåg även att den viktigaste faktorn som bestämde vattenkvaliteten var olika typer av mänskliga aktiviteter inom avrinningsområdena. Detta var betydligt viktigare än t ex luftföroreningar, korrosion och liknande. Avsikten med markanvändningsstudierna är att man skall kunna använda dessa efter det att man har kalibrerat olika beräkningsmodeller i de områden där man bedriver mätningar. Mätområdena är väldigt noggrannt valda med avseende på olika typer av markanvändning. Man har försökt välja områden med så homogen markanvändning som möjligt och områden med olika typer av markanvändning. Avsikten är att kalibrera beräkningsmodellerna för mätområdena och därefter applicera modellerna på övriga områden i staden.

Modelltest

De beräkningsmodeller som har testats är Storm Water Manage-

ment Model och US Geological Survey Dawdy Model. Vi diskuterade speciellt testen av Storm Water Management Model. Den som verkade mest insatt i denna modell var Dennis Blair. Man hade utfört studier av modellsensiviteten för olika noggrann indelning av avrinningsområdet Tustin (30 ha). Första indelningen var en mycket detaljerad indelning i 200 delområden vilket innebar att varje liten smågata och varje hustak karakteriserades som en avrinningsyta. Nästa indelning var en medelgrov indelning i ungefär 100 delområden vilket innebar att man hade slagit ihop de olika delområdena i den fina indelningen. Speciellt hade man slagit ihop stickgatorna två och två och fick på så sätt ungefär halva antalen delområden, t ex så hade man samlat alla tak på en stickgata till en inloppspunkt i ledningen. Den grova indelningen innebar att man hade reducerat antalet delområden till ungefär 15-20% av de antal som man hade för den fina indelningen. Resultatet av de olika indelningarna var att man inte fann några signifikanta skillnader i det beräknade slutresultatet för de olika detaljerade indelningarna. Man ansåg även att den allra finaste indelningen var för dyr att använda i praktiskt ingenjörsarbete. Man hade även studerat modellens sensitivitet för variation av olika indataparametrar. Speciellt hade man studerat vilken inverkan variationer i lutningen har på de beräknade resultaten. Man hade därvid funnit vid en variation av lutningarna från 1-3 gånger av den verkliga lutningen, att variationer i lutningarna inte hade någon större betydelse för det beräknade resultatet. Detta stöds även av en undersökning som är utförd i Canada och som finns rapporterad i "The technical memorandum" för Canada och som är utgivet av ASCE i New York. För beräkningar av ytavrinning använder man sig av ett Mannings tal på 0,013. En erfarenhet som man hade av ledningsnätetsdelen av Storm Water Management Model var att om man får flöde under tryck i ledningarna, och man vill påverka detta, så ska man inte ge sig på att ändra lutningarna. Bättre är i så fall att ändra på ledningens dimension.

Recipientundersökningar och allmänna vattenproblem

Staden Philadelphia utför också undersökningar av vattnet i Delawarefloden. Vattenprovtagning utförs regelbundet varje vecka på ett antal platser, både inom staden och uppströms och nedströms om staden. Efter vissa regntillfällen har även vattenprovtagning utförts med täta mellanrum under en period från regnet och upptill 5 dagar efter nederbördstillfället. Hittills har en endimensionell vattenkvalitetsmodell testats i floden. Mätningarna har emellertid visat att vattenkvaliteten kan variera relativt mycket tvärsöver floden. Därför arbetar man nu med en ny kvalitetsmodell som tar i beaktande blandningsförloppet tvärs flodens längdriktning. Man har även vissa problem med uppträngande saltvattenfronter vid mycket låga flöden sommartid. Även tidvattnet tränger relativt långt upp i floden. Staden har tre st avloppsreningsverk varav två är enbart enstegs reningsverk och det tredje är ett tvåstegs biologiskt reningsverk med 60% reningsgrad beroende på att reningsverket är överbelastat. Övriga två reningsverk skall byggas ut till biologisk rening. Man har även utfört studier med olika typer av rännstensinlopp och funnit att ett galler för inloppet även skulle ha en god inverkan på vattenkvaliten utan att man för den skull behöver förlora någonting i inloppets kapacitet. Min uppfattning är att de amerikanska dagvatteninloppen är alldeles för stora vilket medför att en mängd skräp typ burkar, löv, större papper och liknande följer med ner i ledningssystemet.

BESÖK I TORONTO, CANADA 1976-12-07

Canada Centre for Inland Waters, Burlington, Ontario

Sammanträffande med

J Marsalek

Laboratoriet

De hade ett mycket stort laboratorium med en mängd avancerad teknisk utrustning. Det fanns ett antal rännor för försök (hydrauliska). Man hade en stor ränna med en våggenerator för generering av oregelbundna vågor, samtidigt som man hade möjlighet att addera på vågkrafter med hjälp av en vindmaskin. Dessutom hade man ett antal rännor för att studera erosionsproblem. Ett fint islaboratorium just färdigställt beräknas börja användas nästa sommar. Ett antal hydrauliska försök av intresse för urban hydrologi utfördes. De mest intressanta studien var analys av energiförluster i nedstigningsbrunnar och andra typer av brunnar i ett dagvattenledningsnät. Man hade här byggt upp en lång ledning med en brunn mitt på i plexiglas med möjligheter att variera lutningen på ledningarna. Man har även möjlighet att variera typen av vallning i brunnen och antalet inkommande ledningar. Möjligheter fanns att simulera dämnd ledning eller ledning med fri vattenyta. Ett annat intressant försök var att man studerade den mätränna som har utvecklats av US Geological survey. Man hade här specialiserat sig på att studera betydelsen av luftning av mätrännan. Av pappren från konferensen i Easton framgår att man har minst 3 olika avbördningskurvor för denna mätränna. De olika avbördningskurvorna gäller för olika typer av strömningstillstånd hos vattnet. Vid övergången mellan olika avbördningskurvor får man diskontinuiteter i avbördningskurvorna vilket medför problem vid utvärdering av hydrograferna. Ett annat försök som utfördes i laboratoriet var att man studerade diffusion genom att låta vatten strömma i en kanal med ganska stor råhet. Genom att addera till salt och studera hur saltfronten rörde sig fram i kanalen kunde man göra studier av diffusionen.

Modelltester

Queens University

Vid Queens University i Canada har man utvecklat en enkel avrinningsmodell som bygger på linjära reservoarprincipen. Routingen i ledningssystemet görs med hjälp av en enkel time-offset metod. Konstanterna i den linjära reservoar-teorin relateras till fysikaliska egenskaper i avrinnings-området. Modellen har testats på något avrinningsområde med mycket gott resultat. Man har därvid indelat avrinnings-området i ett mycket stort antal delytor. Marsalek trodde att man skulle få problem med beräkningsmodellen när man ville variera detaljeringsgraden vid indelning av området i delytor. Det skulle därvid vara svårt att bestämma konstanterna i den linjära reservoar-teorin.

Test av Storm Water Management Model i Canada

I Canada har man valt att vidareutveckla och testa SWMM utvecklad i USA. Beräkningsmodellen har använts och testats av Marsalek, Canada Centre for Inland Waters samt speciellt Wright Mc Laughlins konsultfirma i Toronto. Bl a har man utfört relativt omfattande sensitivitetsanalys av parametrarna i modellen. Därvid fann man att de parametrar som beskrev volymen avrunnet dagvatten var de viktigaste och de parametrarna som beskriver formen på avbördningskurvan var de minst viktiga. Om man tar parametrarna i fallande ordning är de impermeabilitet, avrinningsytans längd, infiltrationsskapacitet, ytmagasinerings-, och ytråhet och ytlutningar. Man har även studerat struktureringsnivåns inverkan på de beräknade resultaten. Man har därvid funnit att även vid en grov indelning fick man mycket god överensstämmelse mellan den beräknade och uppmätta hydrografen. Marsaleks åsikt om detta var att det berodde bl a på att man alltid startade med en fin indelning och därefter gick över till en grov indelning. Det är därvid inte så svårt att få bra överensstämmelse även vid den grova indelningen därför att man vid den fina indelningen har lärt känna området mycket väl och kan göra en intelligent indel-

ning av området i ett litet antal delytor. Mer intressant vore att börja med den grova indelningen och därefter övergå till den fina indelningen och se efter om man får lika bra resultat.

Mätningar

Marsalek har nyss skrivit en rapport om mätteknik inom urban hydrologi. Bl a rekommenderar han att man ska ha minst 2 nederbördsrätare i varje avrinningsområde oberoende av storleken av området. Den andra rätare skall huvudsakligen användas för kontroll av den första rätaren om man misstänker att det finns något fel i datamängderna. Avrinningsmätningar utförs med överfall utan botten. Överfallen kalibreras vanligen i laboratoriet. Kostnaden för kalibreringen är mindre än 1.000 dollar. Inom avrinningsområdet i Burlington använde man samma skrivare för att registrera nederbördsvipplingarna från regnmätaren, vattenståndet i mättdammen och händelsemarkeringarna för vattenprovtagningen.

BESÖK I HYDROSYSTEMS LABORATORY, UNIVERSITY OF ILLINOIS
1976-12-09 - 1976-12-10

Sammanträffande med

H Wenzel

B C Yen

V T Chow

Utveckling av avrinningsmodeller

Forskningsprogrammet vid University of Illinois är huvudsakligen uppdelad på två delar: Dimensionering av urbana dagvattensystem och simulering av flöden i redan befintliga dagvattensystem. Dimensioneringen av dagvattensystem sker med en optimeringsteknik. Den går ut på att man optimerar kostnaderna för byggandet av dagvattensystem och kostnaderna för ev översvämningar eller överskridande av de dimensionerande flödena. Inkluderat i beräkningarna är även en riskanalys för översvämningar. Yens åsikt var att man för dimensionering av system kunde använda en relativt grov modell eftersom ledningarna enbart är tillgängliga i standarddimensioner. För simulering av flöden däremot behöver man en relativt detaljerad metod då man där är intresserad av exakt hur systemen fungerar. Harry Wenzel beskrev ett kommande projekt som han hade ansökt om pengar för. Projektet gick ut på att han skulle använda sig av två st avrinningsmodeller, en enkel och en detaljerad modell, och applicera de på områden där mätningar utförs. Efter kalibrering av modellerna på dessa områden var avsikten att utgående från en lång tidserie av nederbördsdata välja ut de regn som var dimensionerande för ledningssystemen. Tänkbara modeller var som enkel modell ILLUDAS och som mer detaljerad modell antingen Storm Water Management Model eller Hydrocomps Model. Projektet var planerat att påbörjas våren 1977. Harry Wenzel hade även under en tids arbete i Fort Collins tillsammans med Neil Grigg testat ungefär samma ansats för beräkning av utjämningsmagasin i San Fransisco. Man har därvid ur en 60 år lång tidserie av nederbördsdata med en enkel modell valt ut en större grupp av intressanta nederbördstillfällen. Därefter hade man applicerat en mera detaljerad beräkningsmodell på dessa för att beräkna riskerna för översvämningar och för att

dimensionera utjämningsmagasinen.

Besök i laboratoriet

I laboratoriet fanns det ett antal rännor med möjlighet till studier av olika fenomen. Dessutom fanns det 2 st små vindtunnlar. En regnsimulator, som hade använts av prof. Chow under 60-talet, fanns även i laboratoriet. Någon större verksamhet förekom inte, enbart några doktorsarbete pågick i laboratoriet. Dessa berörde studier av jetstrålar av olika typer.

BESÖK HOS ILLINOIS STATE WATER SURVEY 1976-12-09 - 1976-12-10

Sammanträffande med

M Terstriep

J Vogel

J Stall

Modell ILLUDAS

Modellen består av en ytavrinningsdel och en ledningsdel. För ansättning av flödet i rännstenarna använde man sig av en konstant nederbördsintensitet på en tum per timme. Av de tid-area samband som finns presenterade i rapporten används bara den helt linjära kurvan. Man kan notera, vilket framkom på konferensen i Easton, att i USA är infiltrationsdelen i olika modeller otroligt viktig. Detta beroende på att man i USA på grund av de häftiga nederbördsstillfällena kan räkna med avrinning även från gräsmattor. Ytmagasinet för permeabla ytor ansätts till 5 mm. Modellen har applicerats på 23 st olika områden runt omkring USA. Mike Terstrieps uppfattning var att diskretiseringsnivån i områdena kunde varieras beroende på områdets storlek. Ett lämpligt antal delytor kunde vara t ex 20 st oavsett avrinningsområdets storlek. Som ett exempel på tidsåtgången för test av modellen på ett avrinningsområde kan nämnas att man för ett 25 kvadratkilometer stort område hade delat in området i 185 delytor. Arbetet hade tagit 90 arbetsdagar. Vid tillämpning av modellen hade man haft problem med branta områden. Detta skulle kunna bero på att man har en mycket förklarad ytavrinningsmodell. Som regnindata i modellen använde man sig av ett beräkningsregn framtaget för Illinois av Floyd A Huff. Mike Terstriep medgav att verkliga regn skulle vara en betydligt bättre ansats för dimensionering av ledningssystem.

Regnstudier

Illinois State Water Survey har genomfört ett mycket omfattande nederbördsstudieprojekt inom St Louis, Illinois. Mät-

området omfattade 2000 kvadratmiles. Området var runt med en radie av ungefär 35 miles. Avståndet mellan nederbörds-mätarna var ungefär 3 miles. Av resultaten kan noteras att nederbörden varierade med topografin och troligen även påverkas av staden. De flesta nederbördstillfällen uppträdde från sydväst och från nordväst. Öster om staden kunde man notera större nederbördsmängder dels beroende på den troliga påverkan från staden och dels beroende på att det topografiskt sett var ett högre beläget område. Även frekvensen av häftiga regn var högre än väster om staden och inom staden. För studier av nederbörden inom området användes även 10 cm väderradar. För dimensionering av ledningssystem hade man även studerat tidsvariationen i nederbörd dels i en studie som presenterades av Huff 1970 och dels i en nyss publicerad studie för Chicago. Man har därvid då utvecklat de dimensioneringsregler som används för beräkningsmodellen ILLUDAS. Nederbörden har delats upp i 4 st kvartiler inom den totala varaktigheten. Därefter har man studerat under vilken kvartil den större delen av nederbörden faller. Man har därvid funnit att den kvartil då mest nederbörd faller är den första kvartilen. Inga planer verkade finnas på att studera verkliga regns inverkan på dimensionering av ledningssystem.

BESÖK VID COLORADO STATE UNIVERSITY, ENGINEERING RESEARCH
CENTER, FOOTHILL CAMPUS, Ft COLLINS, COLORADO 1976-12-13

Sammanträffande med

D B Simons

V Yevjevich

G Smith

J Labadie

E V Richardson

T Ward

Y H Chen

R M Li

W Hall

D A Woolhiser

Allmänt

Colorado State University i Ft Collins är det största universitetet inom vattenresursteknikområdet i USA. Ungefär 75 personer arbetar med vattenteknik. Inom hela ämnesområdet civil engineering har man ungefär 150 - 160 graduate students. Forskning bedrivs allmänt inom följande ämnesområden: gränslagerströmning, sedimenttransport, förorenings-transport som speciellt sammanhänger med föroreningar fastsittande på sediment av olika slag samt matematisk modellering. Utvecklingen har gått mot allt mer och mer arbete med matematiska modeller av olika slag inom hydraulik och hydrologi. Ett annat stort ämnesområde är stokastisk modellering av olika hydrologiska och hydrauliska processer.

Samtal med olika personer

G Smith och J Labadie

De arbetade tillsammans med staden San Fransisco och utredde möjligheterna att placera olika kontrollanordningar i dagvattensystemen. Avsikten var att studera kontrollanordningars effekt på bräddavlopp och bräddade vattenmängder samt att utreda effekten av utjämningsmagasin i ledningsnätet. Avsikten var att utveckla en modell för att kunna planera system av denna typ och att ta fram en modell för att styra kontrollanordningarna i dagvattensystemet efter olika väderlekssituationer. De olika avrinningsmodeller man arbetade med var dels Storm Water Management Model och Water Resources Engineers Model. Båda modellerna är väldigt lika varandra. Han planerade dessutom att testa en modell utvecklad av Y H Chen. Denna modell bygger på en enkel kinematisk vågprincip. Modellerna utvecklades för att kunna matas med olika typer av nederbördsindata t ex verkliga regn, stokastiskt genererade regn och andra typer av nederbörds-tillfällen.

W Hall

Han var mycket intresserad av olika typer av riskanalyser. En optimering av ett system bör inte uttryckas enbart i en sådan term som återkomsttid. Även andra parametrar som t ex storleken eller måttet på den skada som inträffar om dimensionerande belastningar överskrids är av intresse. Vidare kan det inträffa att utgångsläget för analysen helt förändras efter det att dimensionerande belastningar har uppnåtts. Detta stöder i viss mån de idéer och arbeten som man bedriver vid University of Illinois i Urbana.

Y H Chen och R M Li

De arbetade i huvudsak på tre st olika projekt: 1. Transport av föroreningar fastsittande på olika typer av sediment. 2. Studier av avrinning och sedimenttransport för ett delområde av Missisippifloden. 3. Olika typer av skärspänningar och fluktueringar i skärspänningen. Föroreningstransporten bestod i att man studerade hur olika typer av föroreningar fastsittande på sediment transporterades i ett

vattendrag. Olika typer av modeller studerades och försök till förenklingar gjordes. Missisippistudien bestod i att man för ett mycket stort tillrinningsområde till Mississippi studerade olika handlingsalternativ för att styra sedimenttransporten i tillrinnande vattendrag. Man hade med hjälp av US Geological Survey byggt upp en mycket stor databank för Mississippi. För tillrinningen till floden använde man en relativt enkel kinematisk vågteori om inte lutningen på tillrinnande vattendrag var för liten. För själva Mississippi använde man däremot en beräkningsmodell som även tog hänsyn till dämningarna i vattendraget. Då tillrinnande vattendrag hade en mycket liten lutning använde man sig av en beräkningsmodell som även tog hänsyn till dämningsskurvorna upp i vattendragen. Avsikten var därefter att simulera hur sedimenten transporterades i de tillrinnande vattendragen samt i Mississippi och vilka effekter som till exempel dammar och liknande konstruktioner skulle få på sedimenttransporten fram till Mississippi och sedimenttransporten i Mississippi. Studierna av skärsspänningar i olika typer av kanaler och vattendrag bestod i att man studerade skärspänningsfluktuationerna och kopplingen av dessa fluktuationer till fluktuationerna i vattenhastigheten. Studier och mätningar hade inletts på glatta ytor. Avsikten var därefter att fortsätta och gå över till råa ytor. Då skärspänningarna i de flesta fall är omöjliga att uppmäta i fält var det viktigt i studierna att kunna koppla fluktuationerna i skärspänningarna till fluktuationerna i vattenhastigheten. Fluktuationerna bearbetades statistiskt. Till slut skulle man studera hur sedimenten rycktes loss från ytorna och transporterades i vattendragen.

D A Woolhiser

Woolhiser har arbetat en hel del med ytavrinning. Hans åsikt var att den viktigaste och svåraste delen är att bestämma den effektiva nederbörden. Därefter är det inte så svårt att beräkna tidsvariationen av avrinningen från olika typer av ytor. Geometrin för områden kan förenklas och råheten är inte så viktig. Att bestämma storleken på infiltra-

tionen är mycket viktig.

Laboratoriet

Verksamheten i laboratoriet var omfattande och åtskilliga försök pågick. Ett flertal olika rännor för studier av sedimenttransport fanns. En liten regnsimulator för studier av jorderosion placerad över en ränna fanns i laboratoriet. Utanför laboratoriet fanns en mycket stor regnsimulator med sprinklersystem för studier av ytavrinning på olika typer av ytmaterial. På grund av vind och avdunstningsproblem kan regnsimulatoren bara användas mellan kl 6 och 10 på morgonen sommartid. Med denna regnsimulator studerades inte bara konvergerande flöden mot en punkt på ytan utan det fanns även möjligheter att lägga upp långa rektangulära ytor med konstant lutning. Regnintensiteter upp till 100 mm/h kunde simuleras. Sprinklersystemet var kalibrerat för att ge en konstant nederbörd över hela ytan. Ingen nederbördsmätning på själva ytan förekom. Flödet mättes med en enkel V-formad mätränna i utloppet från ytan. Inne i en speciell byggnad fanns ett speciellt regnlaboratorium för studier av regnens inverkan på ett nederbördsområde. Där fanns ett avrinningsområde uppbyggt av sand med små vattendrag och större vattendrag. Med ett sprinklersystem simulerades regn över området och sedimenttransporten från avrinningsområdet kunde uppmätas. Genom att täcka ytor av avrinningsområdet med plast kunde man studera effekten av urbanisering inom avrinningsområdet. Man hade därvid konstaterat att det hade en avsevärd effekt på sedimenttransporten från området. Det fanns även mycket stora anläggningar för studier av vind och turbulens kring byggnader i olika samhallen. Man studerade bl a vindbelastning på byggnader. Det fanns en speciell tunnel med vilken man hade möjligheter att simulera temperaturgradienter i atmosfären.

BESÖK HOS WATER RESOURCES ENGINEERS, WALNUT CREEK, CALIFORNIA 1976-12-15

Sammanträffande med

L A Roesner

M B Sonnen

Modellarbete

Det huvudsakliga modellarbetet har utförts på den s k WRE-modellen som är snarlik till Storm Water Management Model. Denna modell har en delmodell som behandlar ytavrinning och avrinning i det klenare ledningsnätet. Detta är delmodellen runoff. Beräkningarna görs här enligt en kinematisk vågteori. För beräkningar av ledningsflöde kan modellen inte ta hänsyn till dämning i ledningarna. Beräkningarna görs då på samma sätt som i vår egen modell genom att man beräknar en ny ledningsdiameter. Inom 3 - 4 månader beräknar man att ha en ny version av ytavrinningsmodellen klar. Denna modell beräknar avrinningen för ytor mindre än 600 square miles. Modellen har även rutiner för att ta hänsyn till torrvädersavrinningen. Viktigare flödesberäkningar och beräkningar där man har dämningar i ledningsnätet görs med den s k transportmodellen. Denna modell tar hänsyn till dämning i ledningsnätet. För att ta hänsyn till dämning arbetar man även här med en spalt som placeras ovan ledningen. Viktigt är att spalten utformas på rätt sätt för att man inte skall få kontinuitetsfel i beräkningar av flödena. Någon speciell rutin för att ta hänsyn till förlusten i brunnar och knutpunkter finns inte. Förlusterna i dessa punkter medräknas genom att man i stället väljer ett annat råhetstal eller Mannings tal i själva ledningen. Det minsta tidsteg man har använt sig av i ytavrinningsdelen verkar vara fem minuter. Det är inte omöjligt att för häftiga regn kapaciteten för inloppet kan vara begränsande för inflödet till ledningsnätet. Detta skulle i så fall kunna betyda att höga regnintensiteter filtreras innan de passerar in i ledningsnätet. Man skulle i så fall inte behöva ha en avrinningsmodell med så korta tidsteg som en minut. Larry Roesner an-

såg även att rännstensflödet behöver beräknas på ett riktigt sätt om man har mycket korta tidssteg. Med ett kort tidssteg menade han tidssteg av storleksordningen en minut. Han ansåg även att vi skulle byta avrinningsmodell och arbeta med en modell som hade större möjligheter att beräkna olika intressanta parametrar vad gäller dagvattenavrinning. Intressanta parametrar kan t ex vara dämning på markytorna, bräddavloppsberäkningar och beräkningar av utjämningsmagasin. Ett annat intressant område är även att kunna utnyttja själva gatan för flöden då ledningen går under dämning. Om vi vill komma igång med någon annan modell skulle Water Resources Engineers kunna hjälpa oss igång genom att komma till Göteborg och jobba ihop med oss under några veckor. Vi diskuterade även olika typer av sensitivitetsanalys av parametrar vid beräkning av dagvattenavrinning. Han ansåg att den viktigaste var andelen impermeabla ytor. Därefter kommer lutningar och de övriga parametrarna. Råheten ansåg han inte vara så viktig vid beräkning av ytavrinning. Man använde för impermeabla ytor en råhetskoefficient av 0,016 och för permeabla ytor 0,05. Man hade även funnit att ytmagasiner inte var speciellt viktigt för dimensionerande nederbördstillfällen. Dessa nederbördstillfällen har en så pass stor regnvolym så att ytmagasinsvolymen blir liten i förhållande till den övriga regnvolymen. Han trodde även att en grov indelning av avrinningsområdet skulle kunna vara tillräcklig för beräkningarna av avrinningarna.

Föroreningstransport i ledningsnätet

Michael Sonnen studerar föroreningstransport och sedimenttransport i själva ledningsnätet. Han gör ett antagande att tillflödet till ledningsnätet ser ut på ett visst sätt. Därefter studerade han hur föroreningarna eller sedimenten avsätts i ledningarna och samlas på botten mellan regntillfällena. Vid ett nederbördstillfälle sköljs sedan föroreningarna ut ur systemet och via bräddavlopp och reningsverk ut i recipienten. Detta är vad man skulle kunna kalla någon

sort "first flush". Han arbetar enbart i kombinerade ledningssystem. För den matematiska modelleringen av detta fenomen använder han sig av transportdelen i Storm Water Management Model. Med hjälp av denna studerar han hur olika kontrollanordningar och olika reningsanordningar ger effekt på sedimenttransporten och föroreningstransporten i ett dagvattenledningsnät. För beräkningarna av sedimenteringen och för beräkningarna av erosionen i ledningsnätet använde han sig av konventionell teori och konventionella skärspänningsdiagram. Han omnämnde även att mätningar på detta område utförs i Boston av North Eastern University. Dessa mätningar bekostas av EPA.

BESÖK I SAN FRANCISCO, DIVISION OF SANITARY ENGINEERING
1976-12-15

Sammanträffande med
H C Coffee

Allmänt om San Franciscos dagvattenproblem

San Francisco har ett gammalt kombinerat ledningsnät. Kostnaderna för att ändra detta till ett separat ledningssystem är ofantligt stora, inte bara därför att det kostar pengar att bygga om ledningarna i gatorna utan också därför att man måste ändra systemen inne i byggnaderna. Detta alternativ är inte bara för dyrt utan blir också alldeles för besvärande och skulle medföra väsentliga avbräck i stadens näringsliv. Dessutom önskar man sig att få renare recipienter runt staden. Detta krävs även av EPA. Detta är bakgrunden till att man har valt att bygga om sitt kombinerade ledningssystem och utrusta det med stora utjämningsmagasin och pumpning till ett stort reningsverk. Dagvattensystemet skall även utrustas med ett omfattande system för kontroll av flöden. Kontrollanordningarna är av typ luckor, dammar och liknande. För byggande av tunnelsystemen för utjämnning av dagvattenflödet arbetar man med en mycket speciell tunnelteknik. Tunnlarna placeras mellan markens ytskikt och överdelen av berggrunden. Man använder sig av en typ av armerad betongelement eller betongskal som gör att tunneln skall bli helt tät. Man tror sig inte få några problem med sjunkande grundvattenytor och inläckage i tunnlarna.

Mätningar

Mätningar utförs av nederbörd i ungefär 30 st punkter inom staden. Mätningarna har pågått i ungefär 5 år. Nederbörds-mätarna registrerar vippningar för varje 0,25 mm nederbörd. Tidsintervallet är försumbart eftersom vippningarna registreras omedelbart på dataloggern. Flödesmätning utförs i ungefär 100 st punkter i ledningsnätet genom registrering av vattenståndet i ledningarna. Registreringarna utförs var 15:e sekund. Inga speciella mätrännor eller mätsektioner har pla-

cerats i ledningarna. Underhållet av detta mätsystem kostar ungefär 150.000 dollar per år. Innan man hade detta omfattande nederbördsstationsnät fanns det en registrerande nederbördsmätare inom San Fransisco. På dessa mätdata baserades alla dimensioneringar av ledningsnät i San Fransisco. Genom det mer detaljerade nederbördsstationsnätet har man funnit att nederbördsintensiteten varierar med 10 - 15% över San Fransisco. För kontrollen av det omfattande ledningsnätet arbetar man även med olika modeller för att förutsäga hur nederbörden ser ut framåt i tiden.

Modeller

WRE-modellen används för analys av speciella problem i dagvattensystemen. Exempel på problem är att utreda olika handlingsalternativ för olika delar av dagvattensystemet. Vid dessa beräkningar arbetar man med verkliga uppmätta nederbördstillfällen. För styrning av dagvattensystemets olika kontrollanordningar planerar man att använda sig av enklare modeller. Något arbete med denna enklare modell har ännu ej påbörjats. Vid beräkningar med hjälp av WRE-modellen arbetar man med delområden av storleken 40 - 120 ha, i speciella fall kan delytorna variera mellan 4 - 200 ha. Koncentrationstiden för dagvattenavrinningen i San Fransiscos ledningsnät och med de storlekar på delområden man arbetar med är 10 - 40 minuter. Tidsteget vid beräkningarna sätts vanligen till 60 sekunder. Vid mätningar av dagvattenavrinningarna har man funnit att volymsavrinningskoefficienten är ungefär 65%. Viktigt att notera är även att eftersom man arbetar med ett magasineringssystem så betraktar man volymen som viktigare än maxflödet för att beräkna olika handlingsalternativ.

Dimensionering av ledningsnät

Dimensioneringen av ledningsnät diskuterades. WRE-modellen hade hittills inte använts för dimensionering av ledningsnät. Vid diskussionen med Harold Coffee framkom att han ansåg att dimensioneringsregn inte var en bra ansats. I stället borde man använda sig av verkliga nederbördstillfällen.

Optimeringen av ledningsnätet borde inte bara utföras för maxflödet utan även för volymen dagvattenavrinning, mängden föroreningar, påverkan på recipienten m m.

BESÖK PÅ UNIVERSITY OF FLORIDA I GAINESVILLE 1976-12-17

Sammanträffande med

W C Huber

J P Heaney

S Nix

A Peltz

Datainsamling

För EPA:s räkning utförs vid university of Florida i Gainesville en central insamling av olika mätdata från dagvattenmätningar i USA. Mätningarna omfattar nederbörd, avrinning och dagvattenkvalitet. Data lagras på magnetband. Lagringen utförs på konventionellt sätt och innebär att behovet av magnetband är mycket stort. För närvarande har man ungefär 20 st avrinningsområden upplagda på magnetband. Betydligt fler områden finns tillgängliga men av en eller annan anledning har man inte lagt upp data från dessa områden. Datamängden omfattar enbart mätdata från enstaka nederbördstillfällena och är inte på något sätt kontinuerliga registreringar av nederbörd, avrinning och dagvattenkvalitet. Datamängderna omfattar även data från Canada. Datamängderna är tillgängliga för den som så önskar för test av modeller och liknande.

BMP (Best Management Practice)

En av de studier som utförs vid universitetet för närvarande omfattar hur man på bästa sätt skall hantera dagvattnet. Studien utgör en ekonomisk studie av olika faktorer som påverkar dagvattnets kvalitet. Sådana faktorer är gatsopning, rengöring av dagvatteninloppen och spolning av dagvattensystemen. Avsikten är att studera vilket alternativ som ur ekonomisk synpunkt är mest fördelaktigt vid hanteringen av dagvatten och vilket som ger den bästa dagvattenkvaliteten.

Studier av recipienternas vattenkvalité

För bl a staden Des Moines i Iowa har man utfört en studie

av dagvattnets inverkan på recipienten. Man har studerat effekterna av olika slag av rening av dagvattnet och olika slag av utbyggnad av spillvattenreningsverket. T ex har man funnit, vilket bl a har visats tidigare, att alternativet med kombinerat ledningssystem och rening av dagvatten är ett mycket slagkraftigt alternativ. Detta reningsalternativ av spillvattnet omfattar endast 2-steps rening. I stället för att satsa på ett 3-steps avloppsreningsverk satsar man pengarna på att ta hand om en del av dagvattnet och åstadkommer på det viset betydligt större effekter i mottagande vattendrag. Dagvattensystemet i Des Moines är till enbart 8% kombinerat ledningssystem. Avsikten är även här att studera en optimering av investeringarna i samhällets avloppssystem. Orsaken till att man har kunnat börja studera även rening av dagvattnet är att EPA eller USA:s regering har ändrat uppfattning om statsbidrag för rening av dagvatten. Tidigare var det enbart möjligt att ge statsbidrag till anordningar för att ta hand om spillvattnet. Detta motverkade insatser på dagvattensidan. De demonstrationsanläggningar som finns beskrivna i litteraturen för rening av dagvatten i USA är enbart avsedda som demonstrationsanläggningar och har inte kostat så speciellt mycket jämfört med de kostnader man skulle få om man skulle satsa på en mera omfattande rening av dagvattnet.

Modellstudier

I Florida har man huvudsakligen arbetat med utvecklingen av Storm Water Management Model och dessutom har man tillämpat modellen STORM som är utvecklad i Davis, Californien. Av SWMM är hittills version 1 och version 2 avrapporterad genom rapporter till EPA. Tillgänglig finns nu en modell 3 som innefattar även de förbättringar som utförts av Water Resources Engineers i Californien. Denna senare något förbättrade version är tillgänglig från och med maj 1976. Utvecklingsarbetet fortsätter med inkludering av en snösmältningsrutin i modellen. Förbättringar jämfört med version 2 kommer att vara, när version 3 är helt klar, att den klarar av snösmältning och en kontinuerlig simulering av avrinning för i första hand ett tidsteg av en timma. Dessutom så är ytavrinningsdelen något för-

bättrad och man har en magasineringsrutin i vilken man även kan tillåta en viss rening genom sedimentering av partiklar. Modellen är tillgänglig från Universitetet i Florida. Vi diskuterade även ansatser på nederbördssidan t ex dimensionerande regn. Hubers åsikt var att man speciellt vid dimensionering av volymskonstruktioner får en klar överdimensionering om man utgår från intensitets-varaktighetskurvorna vid utveckling av sitt beräkningsregn. (Enligt min åsikt är det precis tvärtom). Han stödde sig i sin åsikt på att intensitets-varaktighetskurvan är utvecklad ur olika nederbördstillfällen vilket medför att ett dimensionerande regn får en återkomsttid som är betydligt längre än den intensitets-varaktighetskurvas återkomsttid som man har utvecklat dimensionerande regnet ur. I stället ansåg han att man absolut skulle använda sig av verkliga uppmätta nederbördstillfällen för studier av och för dimensionering av dagvattensystem. En annan möjlighet var att utföra statistisk analys av nederbördstillfällena och genom någon slags sk analytisk transferfunktion överföra nederbördsstatistiken till avrinningsstatistik och på det sättet få en uppfattning om hur avrinningen uppför sig statistiskt. En sådan studie har utförts av Howard i Canada (se litteraturlista). Vid diskuterade även sensitivitetsanalys av modellparametrar och noggrannheten vid indelning av avrinningsområdet i delytor. Huber ansåg att rännstenslängden eller avrinningsområdets bredd var den absolut viktigaste parametern vid beräkning av dagvattenavrinning, En studie har utförts för 5 områden i USA av universitetet i Florida. Studierna finns inte avrapporterade men delar av resultatet finns med i en avhandling av George Smith (se litteraturlistan). Som ett exempel kan nämnas att man för en studie av ett 1.400 ha stort område i Atlanta, Georgia utfört en beräkning med 63 delytor och ett tidssteg av 5 minuter. Vid en jämförelse med en simulering av hela området som en delyta kunde man notera enbart små differenser i den beräknade avrinningen. Vid denna studie med en delyta routades allt vattnet som ytavrinning fram till utloppet i området. Detta innebar att man negligerade ledningsflödet helt och hållet inne i området. Hans åsikt var även att rännstensflöde inte

var behövligt när man enbart var intresserad av flödet i utloppet för området. Vid indelning av områdena i ett litet antal delytor så hade man ansatt lutningen som medellutningen för alla ytorna och råheten som medelråheten för alla ytorna. Vid en jämförelse av den statistiska analys som Howard hade utfört för nederbörden och sedan överfört till avrinningen med en studie som var utförd med verkliga nederbördstillfällena och simulering med SWMM-modellen hade man funnit endast mycket små skillnader. Hubers åsikt var att om man hade ont om tid och begränsade resurser kunde man nå ett gott resultat även med statistisk analys av nederbörden och en överföring av nederbördsstatistiken med hjälp av en transferfunktion till avrinningsstatistik. Om man däremot hade bättre resurser och gott om tid var det bättre att utföra en studie med alla verkliga regntillfällena och utföra statistiken på de beräknade avrinningstillfällena. Motiveringen för detta är att man då erhåller betydligt mer information om avrinningen. Information som man inte erhåller genom en statistisk analys och som kan vara av stort intresse för att bedöma hur man skall hantera dagvattnet i ett område eller hur man skall dimensionera ett system. Vid dimensionering av ledningsnät bör det även vara möjligt att med hjälp av modeller eller på något annat sätt välja ut en grupp av regn som är mest intressant för analysen av problemet och därefter utföra en mer detaljerad analys med enbart dessa regntillfällena som indata i modellen.

1977 ENGINEERING FOUNDATION CONFERENCES
INSTRUMENTATION AND ANALYSIS OF URBAN STORM WATER DATA
QUANTITY AND QUALITY

Tidewater Inn
Easton, Maryland

November 28 - December 3, 1976

PROGRAM

Sunday, November 28, 1976

2:30 p.m. - 9:30 p.m.

REGISTRATION AND CHECK-IN

Distribution of Preliminary User's Guide

6:00 p.m. - 6:45 p.m.

DINNER

INFORMAL GET ACQUAINTED SESSION

Monday, November 29, 1976

9:00 a.m. - 12:00 noon

MORNING SESSION

"Introduction: Goals and Objectives of
Conference"

J. E. Biesecker
U. S. Geological Survey

"Significance of Urban Storm Runoff"

L. Scott Tucker
Urban Drainage and Flood Control District

"First U. S. Case Study: Philadelphia, Pennsylvania"

J. Radziul
R & D unit, Water Department
Philadelphia, Pennsylvania

D. McCartney
U. S. Geological Survey
Philadelphia, Pennsylvania

"First National Study, Canada"

J. Marsalek
Canada Centre for Inland Waters
Burlington, Ontario

1:00 p.m. - 6:00 p.m.

AD HOC SESSIONS

7:30 p.m. - 10:00 p.m.

EVENING SESSION

Assignment to Work Groups; Begin Concurrent
Review of Preliminary User's Guide.

Tuesday, November 30, 1976

9:00 a.m. - 12:00 noon

MORNING SESSION

"Network Design" (emphasis on temporal factors)
Murray B. McPherson, Director, ASCE
Urban Water Resources Research Program

"Network Design" (emphasis on spatial factors)
Richard Lanyon, Metropolitan Sanitary
District, Chicago, Illinois

"Instrumentation" (emphasis on closed conduits)
Philip E. Shelley, Director of Energy
and Environmental Systems
Washington Analytical Services Center, Inc.

"Instrumentation" (emphasis on open channel flow)
Donald Van Sickle, Turner, Collie,
& Braden
Houston, Texas

1:00 p.m. - 6:00 p.m.

AD HOC SESSIONS

7:30 p.m. - 10:00 p.m.

EVENING SESSION

"Data Collection Procedures"
Sherman Ellis, Hydrologist
U. S. Geological Survey
Lakewood, Colorado

"Data Collection Procedures"
Merlin Vilhauer
Portland, Oregon

"Data Analysis" (emphasis on water quality)
John Kopp
Environmental Protection Agency
Cincinnati, Ohio

"Data Analysis" (emphasis on quantity)
G. L. Ducret, USGS
Little Rock, Arkansas

Wednesday, December 1, 1976

MORNING SESSION

9:00 a.m. - 12:00 noon

MORNING SESSION

"Reports from each Work Group on Review
of User's Manual"

1:00 p.m. - 6:00 p.m.

AD HOC SESSIONS

7:30 p.m. - 10:00 p.m.

EVENING SESSION

"Model Overview"
Marshall Jennings, USGS,
Bay St. Louis, Mississippi

"Emphasis on ILLUDAS"
Michael Terstriep
Illinois State Water Survey
Urbana, Illinois

"Emphasis on SWMM 2"
Harry Torno, EPA,
Washington, D. C.

"Emphasis on DAVCAT"
Dave Dawdy
Dames and Moore, Maryland

"Second U.S. Case Study, Denver, Colorado"
William Alley
Urban Drainage and Flood Control District
Denver, Colorado

Thursday, December 2, 1976

9:00 a.m. - 12:00 noon

MORNING SESSION

"Concurrent Workshops"

1:00 p.m. - 6:00 p.m.

AD HOC SESSIONS

7:30 p.m. - 10:00 p.m.

EVENING SESSION

"Second Nationwide Report, Sweden"
Viktor Arnell
Chalmers University of Technology
Göteborg, Sweden

Complete Workshops/Begin Workshop Reports

Friday, December 3, 1976

9:00 a.m. - 12:00 noon

MORNING SESSION

WORKSHOP REPORTS

SUMMARY

LUNCH AND ADJOURNMENT

LITTERATUR

Nedanstående litteratur erhöjls under studieresan, och kan lånas efter hänvändelse till Viktor Arnell, inst, för vattenbyggnad, Chalmers Tekniska Högskola, Fack 402 20 Göteborg, tel 031-810100. Även övrig dagvattenlitteratur som vi har lånar vi gärna ut. Kontakta Viktor Arnell eller Per-Arne Malmquist.

Litteraturen är grupperad efter var den erhöjls.

1. Engineering Foundation Conference, Easton, Maryland.

EPA; Municipal Environmental Research Laboratory, office of Research and Development, US Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio, Areawide Assessment Procedures Manual, Vol. I och Vol II. EPA-600/9-76-014.

Heaney, J P, Huber, W C, Nix, S J, Storm Water Management Model, Level I, Preliminary Screening Procedures. Environmental Protection Technology, Series EPA 600/2-76-275 oct. 1976, Cincinnati, Ohio.

Lager, J A, Didriksson, T, Otte, G B, Development and Application of a Simplified Storm Water Management Model. Environmental Protection Technology, Series EPA 600/2-76-218, aug. 1976, Cincinnati, Ohio.

Lanyon, R, Network Design for a 208 Water Quality Survey. Paper presented at Engineering Foundation Conference: Instrumentation and Analysis of Urban Storm Water Data - Quantity and Quality, Easton, Maryland 1976.

Lumb, A M, James, L D, Runoff Files for Flood Hydrograph Simulation. Journal of Hydraulics Div. ASCE, No HY 10, oct. 1976.

Mc Pherson, M B, Network Design. Paper presented at Engineering Foundation Conference: Instrumentation and Analysis of Urban Storm Water Data, Quantity and Quality, Easton, Maryland 1976.

Smith, J D, Flaherty, T P, Harrington, J J, Non-Structural Controls of Combined Sewer Overflows. Environmental Research & Technology Inc., Concord, Mass. 1976.

Waller, D H, Problems and Possibilities in Urban Drainage. Canadian Journal of Civil Engineering, vol 3, No 3, pp 392-401, 1976.

2. Philadelphia Water Department.

Philadelphia Water Department, Clean Streams for Philadelphia. Philadelphia 1973.

Philadelphia Water Department, How Water in Philadelphia is Treated and Distributed. Philadelphia 1973.

Philadelphia Water Department, Research and Development Division. Fiscal 1975, Annual Report. Philadelphia 1975.

Radziul, J V, Cairo, P R, Case Study of Philadelphia, Pennsylvania. Paper presented at Engineering Foundation Conference: "Instrumentation and Analysis of Urban Storm Water Data - Quantity and Quality", at Easton, Maryland 1976.

Richards, W G, An Analysis of the Temporal and Spatial Distribution of Precipitation in Philadelphia. Research and Development, Philadelphia Water Department, Philadelphia, 1973.

3. Canada Centre for Inland Waters.

Marsalek, J, Urban Hydrological Modeling and Catchment Research in Canada. Canada Centre for Inland Waters, Burlington, Ontario, Technical Bulletin No 98, 1976.

4. University of Illinois.

Maidment, D R, Chow, V T, A New Approach to Urban Water Resources Systems Optimization. From "The Environment of Human Settlements: Human Well-being in Cities", Vol 1, Proceedings of the Conference held in Brussels, Belgium, april 1976, Pergamon Press, Oxford, England.

Mays, L W, Wenzel, H G, Liebman, J C, Model for Layout and Design of Sewer Systems. Journal of the Water Resources Planning and Management Division, ASCE. WR 2, nov. 1976.

Sevuk, A S, Yen, B C, Peterson, G E, Illinois Storm Sewer System Simulation Model: User's Manual. Research Report No 73, Water Resources Center, Univ. of Illinois, Urbana, oct. 1973.

University of Illinois at Urbana - Champaign. Water Resources Centre. List of Publications, Urbana, Illinois, april 1976.

Wenzel, H G, Labadie, J W, Grigg, N S, Detention Storage Control Strategy Development. Journal of the Water Resources Planning and Management Division, ASCE, WR 1, april 1976.

Yen, B C, Akan, A O, Chow, V T, Sevuk, A S, Prediction Model for Urban Storm Runoff. Reprint from: Utility of Urban Runoff Modeling. ASCE Urban Water Resources Research Program. Technical Memorandum No 31, July 1976.

Yen, B C, Tang, W H, Mays, L W, Designing Storm Sewers

Using the Rational Method. Water & Sewage Works, Vol 121, No 10-11, okt., nov. 1974.

Yen, B C, Wenzel, H G, Mays, L W, Tang, W H, Advanced Methodologies for Design of Storm Sewer Systems. Research Report No 112, Water Resources Center, Univ. of Illinois, Urbana, aug. 1976.

Yen, B C, Wenzel, H G, Mays, L W, Tang, W H, New models for Optimal Sewer System Design. Proceedings of the EPA conference on Environmental Modeling and Simulation, april 1976, Cincinnati, Ohio. EPA 600/9-76-016, July 1976.

5. Illinois State Water Survey.

Ivens, L, Motherway, P A, List of Publications 1895-1975. Illinois State Water Survey, Urbana, July 1975.

Huff, F A, Time Distribution Characteristics of Rainfall Rates. Water Resources Research, Vol 6, No 2, april 1970.

Huff, F A, Changnon, S A Jr, Precipitation Modification by Major Urban Areas. Bulletin of the American Meteorological Society, Vol 54, No 12, Dec. 1973, pp 1220-1232.

Huff, F A, Vogel, J L, Hydrometeorology of Heavy Rainstorms in Chicago and Northeastern Illinois. Phase 1 - Historical Studies. Illinois State Water Survey, Urbana, Report of Investigation 82, 1976.

6. Colorado State University, Ft Collins.

College of Engineering, Colorado State University, Catalog of Research Reports, Papers, Bulletins and Theses for the period July, 1, 1969 through June 20, 1971. Ft Collins, Colorado, July 1971.

College of Engineering, Colorado State University, Catalog of Research Reports, Papers, Bulletins and Theses for the period July 1, 1971 through June 30, 1974. Ft Collins, Colorado, July 1974.

Colorado State University, Engineering Research

Graupe, D, Isailović, D, Yevjevich, V, Prediction Model for Runoff from Karstified Catchments. Reprint from the book: Karst Hydrology and Water Resources. Proceedings of the US-Yugoslavian Symposium, Dubrovnik, June 2-7, 1975, Water Resources Publications, June 1976, Ft Collins.

Excess Rainfall Determination, A Green - Ampt Infiltration Method for Unsteady Rainfall. Colorado State Univ. Ft Collins, Colorado, 1976.

Griggs, N S, Labadie, J W, Trimble, G R, Wismer, D A, Computerized City - Wide Control of Urban Storm Water. ASCE. Urban Water Resources Research Program, Technical Memorandum No 29, Feb. 1976, New York.

Labadie, J W, Grigg, N S, Bradford, B H, Automatic Control of Large - Scale Combined Sewer Systems. Journal of the Environmental Engineering div. ASCE. EE 1, Feb. 1975.

Lane, L J, Woolhiser, D A, Yevjevich V, Influence of Simplifications in Watershed Geometry in Simulation of Surface Runoff. Hydrology Papers, Colorado State Univ. Ft Collins, Colorado, No 81, Dec. 1975.

Li, R-M, Simons, D B, Stevens, M A, Nonlinear Kinematic Wave Approximation for Water Routing. Water Resources Research, Vol 11, No 2, april 1975.

Li, R-M, Simons, D B, Stevens, M A, On Overland Flow Water

Routing. National Symposium on Urban Hydrology and Sediment Control, Univ. of Kentucky, Lexington, Ky, July 1975.

Smith, R E, Woolhiser, D A, Mathematical Simulation of Infiltrating Watersheds. Hydrology Papers, Colorado State Univ., Ft Collins, Colorado, No 47, Jan., 1971.

Woolhiser, D A, Hanson, C L, Kuhlman, A R, Overland Flow on Rangeland Watersheds. Journal of Hydrology, Vol 9, No 2, 1970.

7. Water Resources Engineers.

Water Resources Engineers, San Francisco Storm Water Model User's Manual and Program Documentation. Prepared for The City and County of San Francisco Department of Public Works. Division of Sanitary Engineers.

Water Resources Engineers, Storm Water Management Modelling.

Water Resources Engineers, The San Francisco Storm Water Model for Computer Simulation of Urban Runoff Quantity and Quality in a Combined Sewer System. Final report to the Department of Public Works, City and County of San Francisco, Walnut Creek, June, 1975.

Water Resources Engineers & Bureau of Sanitary Engineering, City and County of San Francisco, Demonstrate Real - Time Automatic Control in Combined Sewer Systems. Progress report No 1. Prepared for Storm And Combined Sewer Section, Environmental Protection Agency, Edison, New Jersey. Demonstration Grant No S-803745-010, May 1976.

Water Resources Engineers & Bureau of Sanitary Engineering,

City and County of San Francisco, Demonstrate Real - Time Automatic Control in Combined Sewer Systems, Progress report No 2. Prepared for Storm and Combined Section, Environmental Protection Agency, Edison, New Jersey. Demonstration Grant No S-803743-020, Oct., 1976.

8. San Francisco, Division of Sanitary Engineering.

Bureau of Sanitary Engineering. Department of Public Works, City and County of San Francisco, Transport - Storage Operational Plan Report. San Francisco Wastewater Master Plan. Final report, June 1976.

Department of Public Works, San Francisco, San Francisco Master Plan for Waste Water Management. Preliminary Book of Plates, Sept., 1971.

Department of Public Works, San Francisco, San Francisco. Master Plan for Waste Water Management. Preliminary Comprehensive Report. Sept., 1971.

Department of Public Works, San Francisco, San Francisco. Master Plan for Waste Water Management. Supplement I. May 1973.

9. University of Florida, Gainesville.

Howard, C D D, Theory of Storage and Treatment - Plant Overflows. Journal of the Environmental Engineering div. ASCE, EE4, Aug., 1976.

Huber, W C, Heaney, J P, Bedient, P B, Bowden, J P, Environmental Resources Management Studies in the Kissimmee River Basin. Department of Environmental Engineering Sciences, Univ. of Florida, Gainesville, Report ENV-05-76-2. May, 1976.

Smith, G F, Adaptation of the EPA Storm Water Management

Model for use in Preliminary Planning for Control of Urban Storm Runoff. A thesis presented to the graduate council of the University of Florida. Gainesville, Fla, 1975.

Study in Environmental Engineering Sciences, College of Engineering, University of Florida, Gainesville, Fla.

ADRESSLISTA

ASCE Urban Water Resources
Research Program,
23 Watson Street, Marblehead,
Massachusetts 01945

M B Mc Pherson,
Director

City of Philadelphia
Water Department,
1270 Municipal Services
Building, Philadelphia,
Pensylvania 19107

Patrick R Cairo,
Assistant chief

Joseph V Radziul,
Chief

Dennis D Blair,
Project engineer

Hydraulics Research
Division, Canada
Centre for Inland Waters,
P.O. Box 5050,
Burlington, Ontario,
Canada L7R 4A6

Jerry Marsalek,
Res. engineer

Illinois State Water Survey,
Water Resources Building,
Box 232
Urbana, Illinois 61801

William C Ackermann
Chief

Michael L Terstriep
Engineer

John B Stall
Ass. chief

John Vogel

Hydrosystems Laboratory,
Department of Civil Engineering,
University of Illinois, Urbana
Illinois 61801

Ven Te Chow
Prof.

Harry Wenzel
Ass. prof.

Engineering Research Center,
Foothill Campus,
Colorado State University,
Fort Collins,
Colorado 80523

Ben Chi Yen,
Ass. prof.

D B Simons,
Prof.

V Yevjevich,
Prof.

G Smith

J Labadie

E V Richardson,
Prof.

Y H Chen

R M Li

W Hall,
Prof.

T J Ward

D A Woolhiser

City and County of San Francisco,
Department of Public Works,
Bureau of Engineering,
Division of Sanitary Engineering,
770 Golden Gate Avenue, San Francisco,
California 94102

Harold C Coffee,
Section engineer

Water Resources Engineers,
710 South Broadway,
Walnut Creek,
California 94596

Larry A Roesner,
Ph. D. Principal
engineer
M B Sonnen, Ph. D.
Principal engineer

University of Florida,
Department of Environmental Engineer-
ing Sciences,
A.P. Black Hall, Gainesville,
Florida 32611

W C Huber,
Prof.

J P Heaney,
Prof.

Stephan Nix

Alan Peltz

1977 ENGINEERING FOUNDATION CONFERENCES
INSTRUMENTATION AND ANALYSIS OF URBAN STORM WATER DATA--
QUANTITY AND QUALITY

TIDEWATER INN
 EASTON, MARYLAND

November 28 - December 3, 1976

PARTICIPANTS LIST

Jess Abbott
 Research Hydraulic Engineer
 U.S. Army Corps of Engineers
 The Hydrologic Eng. Center
 609 Second St.
 Davis, CA 95616

James E. Biesecker
 District Chief
 U.S. Geological Survey
 MS 415 Box 25046
 Denver, CO 80225

David Dawdy
 Hydrologist
 Dames & Moore
 Suite 700
 7101 Wisconsin Avenue
 Washington, D.C. 20014

A. S. Alexander
 Engineer for Main Drainage
 Melbourne Metro. Board of Works
 c/o 2420 Alcott Street
 Denver, CO 80211

John C. Briggs
 Hydrologist
 U.S. Geological Survey
 MS 412 National Center
 Reston, VA 22092

G. Louis Ducret, Jr.
 Hydrologist
 U.S. Geological Survey
 2301 Federal Office Building
 Little Rock, AR 72201

William M. Alley
 Hydrologist
 Urban Drainage & Flood Control
 District
 2430 W. 25th Avenue
 Suite 156 B
 Denver, CO 80211

John M. Buffo
 Systems Analyst
 410 West Harrison
 Seattle, WA 98101

Sherman R. Ellis
 Hydrologist
 U.S. Geological Survey
 MS 415 Box 25046
 Denver, CO 80225

Viktor Arnell
 Research Engineer
 Div. of Hydraulics
 Chalmers Univ. of Technology
 Fack S-402 20 Göteborg
 SWEDEN

Harold A. Comerer
 Assistant Director of
 Conferences
 Engineering Foundation
 345 East 47th Street
 New York, NY 10017

L. R. Gilbert, Jr.
 Vice President
 Hutcheon Engineers Inc.
 1201 Belvedere Road
 West Palm Beach, FL 33405

Harry H. Barnes, Jr.
 Chief, Surface Water Branch
 U.S. Geological Survey, WRD
 National Center, MS 415
 Reston, VA 22092

Angel L. Cruz-Colon
 Civil Engineer
 Dept. of Transportation and
 Public Works
 Commonwealth of Puerto Rico
 Box 8218
 San Juan, PR 00910

Vern J. Hassell
Senior Engineer, P.E.
Kemper Insurance Companies
HPR Department
Long Grove, IL 60049

George A. Kirkpatrick
Consultant
P.O. Box 83
Lusby, MD 20657

Jerry Marsalek
Res. Engineer
Canada Centre for Inland
Waters
867 Lakeshore Rd.
Burlington, Ontario
L7R 4A6 CANADA

Richard Hawkinson
Hydrologist
U.S. Geological Survey
975 W. 3rd Avenue
Columbus, OH 43212

Richard Lanyon
Asst. Director of Research &
Development
Metropolitan Sanitary District
of Greater Chicago
100 East Erie Street
Chicago, IL 60611

Harold C. Mattraw, Jr.
Hydrologist
U.S.G.S. - WRD
901 S. Miami Avenue
Miami, FL 33130

Dennis R. Horn
Vice President, Water Resources
Management
Anderson-Nichols & Co, Inc.
150 Causeway St.
Boston, MA 02114

George H. Leavesley
Hydrologist
U.S. Geological Survey
6068 S. Lamar Drive
Littleton, CO 80123

David McCartney
Subdistrict Chief
U.S. Geological Survey
Room 607 Custom House
2nd & Chestnut Streets
Philadelphia, PA 19106

Stifel W. Jens
Reitz & Jens, Inc.
111 South Meramec Avenue
St. Louis, MO 63105

Miguel A. Lopez
Hydrologist
U.S. Geological Survey WRD
4710 Eisenhower Blvd.
Suite B-5
Tampa, FL 33614

Stuart W. McKenzie
Hydrologist
U.S. Geological Survey
P.O. Box 3202
Portland, OR 97208

Marshall E. Jennings
Hydrologist
U.S. Geological Survey
Gulf Coast Hydroscience Center
Bay St. Louis, MS 39520

Nancy C. Lopez
Hydraulic Engineer
Office, Chief of Engineers
Dept. of the Army
DAEN-CWE-Y
Washington, D.C. 20314

M. B. McPherson
Program Director
A.S.C.E.
23 Watson Street
Marble Head, MA 01945

Alan M. Lumb
Vice President
Hydrocomp, Inc.
14 Executive Park West, NE
Atlanta, GA 30329

Marshall E. Moss
Hydrologist
U.S. Geological Survey
National Center MS 430
Reston, VA 22070

Frank L. Johnson
Chief, Hydraulics Branch
Federal Highway Adm HNG-31
Washington, D.C. 20590

Carl V. Maegaard
General Manager
Hydro-Storm Sewage Corp.
919 Third Avenue, 43rd Flr.
New York, NY 10022

Irwin Polls
Aquatic Biologist
Metropolitan Sanitary District
of Greater Chicago
RR #2, Box 226
Roselle, IL 60172

Clifford A. Pugh
Hydraulic Engineer
U.S. Army Corps of Engineers
P.O. Box 2946
Portland, OR 97208

Donald L. Smith
Civil/Sanitary Engineer
Roald Haestad, Inc.
Middlebury Road
Middlebury, CT 06762

Harry C. Torno
Staff Engineer
U.S. E.P.A.
Office of Research & Develop.
RD 682
Washington, D.C. 20460

Robert M. Ragan
Professor
University of Maryland
Dept. of Civil Engineering
College Park, MD 20740

Franklin F. Snyder
Hydrologic Engineering Consultant
1516 Laburnum Street
McLean, VA 22101

L. Scott Tucker
Executive Director
Urban Drainage & Flood Control
District
Suite 156-B
2480 W. 26th Avenue
Denver, CO 80211

A. R. Rao
Associate Professor
Purdue University
School of Civil Engineering
W. Lafayette, IN 47907

Rodney D. Stroope
Manager, Water Quality Planning
Municipality of Metro. Seattle
Room 327 Pioneer Bldg.
600 - 1st Avenue
Seattle, WA 98104

Donald Van Sickle
Vice President- Technical
Services
Turner, Collie, & Braden
P.O. Box 13089
Houston, TX 77019

Thomas G. Ross
Hydrologist
U.S. Geological Survey, WRD
607 U.S. Customs House
Philadelphia, PA 19106

Marc A. Sylvester
Hydrologist
U.S. Geological Survey
855 Oak Grove Avenue
Menlo Park, CA 94025

Linda Velez-Rodriguez
Civil Engineer
Dept. of Transportation and
Public Works
Commonwealth of Puerto Rico
Box 8218
San Juan, PR 00910

Vernon B. Sauer
Hydrologist
U.S. Geological Survey
WRD 1459 Peachtree St., NE
Atlanta, GA 30309

Hector J. Syre
Manager
Storm & Surface Water Utility
655 - 120th Avenue, N.E.
Bellevue, WA 98009

Merlin Vilhauer
Sr. Engineer
City of Portland
400 SW 6th Avenue
Portland, OR 97204

Philip E. Shelley
Director, Energy & Env. Systems
EB&B WASC Inc.
2150 Fields Road
Rockville, MD 20850

Michael L. Terstriep
Engineer
Ill. State Water Survey
Box 232
Urbana, IL 61801

Kenneth L. Wahl
Hydrologist
U.S. Geological Survey, WRD
855 Oak Grove Avenue
Menlo Park, CA 94025

J. Douglas Smith
Chief Scientist
Environmental Research and
Technology Inc.
696 Virginia Road
Concord, MA 01742

Richard F. Thomas
Project Manager
Malcolm Pirnie, Inc.
2 Corporate Park Drive
White Plains, NY 10602

D. H. Waller
Professor
Nova Scotia Technical College
P.O. Box 1000
Halifax, NS
CANADA

Bruce A. Warner
Sanitary Engineer
U.S. Corps of Engineers
P.O. Box 2946
Portland, OR 97208

Donald G. Weatherbe
Chief, Water Quality Modelling
Water Resources Branch
Ontario Ministry of Env.
135 St. Clair Avenue, West
Toronto, Ontario
M4V 1P5 CANADA

Dennis A. Wentz
Hydrologist
U.S. Geological Survey
MS 415 Box 25046
Lakewood, CO 80225

Harry G. Wenzel, Jr.
Associate Professor
University of Illinois
Dept. of Civil Engineering
Urbana, IL 61801

Mr. J.S. Wu
Rutgers - The State University
College of Engineering
Bush Campus
New Brunswick, NJ 08903

Shaw L. Yu
Associate Professor
Civil Engineering Dept.
Rutgers University
New Brunswick, NJ 08903

Additions:

Michael Amorosa
Designer
County of Somerset
Bridge & High Streets
Somerville, NJ 08876

Patrick Cairo
Asst. Chief, R & D
Philadelphia Water Dept.
1270 Municipal Serv. Bldg.
Philadelphia, PA 19130

Michael Clar
Hittman Assoc.
9190 Red Branch Road
Columbia, MD 21045

Thomas A. Harris
Admin. Engineer
County of Somerset
Somerville, NJ 08876

Dennis F. Lai
Group Supervisor
Clinton Bogert Assoc.
2125 Center Avenue
Fort Lee, NJ 07024

Michael McCarthy
Environmental Engineer
N.C. Dept. of Natural Resources
P.O. Box 27687
Raleigh, NC 27611

Robert Rauch
Civil Engineer
Md. Water Resources Admin.
Annapolis, MD 21401

Earl Shaver
Project Engineer
Md. Water Resources Admin.
Annapolis, MD 21401

TIMETABLE FOR VISIT TO THE USA NOVEMBER - DECEMBER 1976

Dates	Flights	Visited institutions
26/11	Göthenburg - Washington	
28/11 - 3/12		Conference Easton, Maryland
4/12 - 5/12	Washington - Philadelphia	
6/12		Philadelphia Water Department
6/12	Philadelphia - Toronto	
7/12 - 8/12		Canada Centre for Inland Waters
8/12	Toronto - Chicago - Urbana	
9/12 - 10/12		University of Illinois Illinois State Water Survey
11/12 - 12/12	Urbana - Chicago - Denver	
13/12		Colorado State University, Ft Collins
13/12	Denver - San Francisco	
14/12 - 15/15		Division of Sanitary Engineering City of S.F. Water Resources Engineers
16/12	San Francisco - Jacksonville	
17/12		University of Florida, Gainesville
19/12	Miami - Göthenburg	

Chalmers Tekniska Högskola

GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Institutionerna för
Geologi
Geoteknik med grundläggning
Vattenbyggnad
Vattenförsörjning- och avloppsteknik

Meddelande:

- nr 1 Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvatten-
avrinning och grundvattenbildning. Läges-
rapporter (1972-07-01 - 1973-03-01). 1973.
- nr 2 Leif Carlsson: Grundvattenavsänkning Del 1.
Evaluering av akviferers geohydrologiska
data med hjälp av provpumpningsdata. 1973.
- nr 3 Leif Carlsson: Grundvattenavsänkning Del 2.
Evaluering av lågpermeabla lagers hydrauliska
diffusivitet med hjälp av provpumpningsdata.
1973.
- nr 4 Viktor Arnell: Nederbördsrätmätare. En samman-
ställning av några olika mätartyper. 1973.
- nr 5 Viktor Arnell: Intensitets-varaktighetskurvor
för häftiga regn i Göteborg under 45-årsperioden
1926 - 1971. 1974.
- nr 6 Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvatten-
avrinning och grundvattenbildning. Läges-
rapporter (1973-03-01 - 1974-02-01).
1974.
- nr 7 Olov Holmstrand, Per O Wedel: Ingenjörsgelogiska
kartor - litteraturstudier. 1974.

- 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.
- nr 9 Olov Holmstrand (red.): Seminarium om ingenjörsgelogiska kartor. 1974.
- nr 10 Viktor Arnell, Börje Sjölander: Mätning av nederbördsintensiteter i Göteborgsregionen. Stationsbeskrivning. 1974.
- nr 11 Per-Arne Malmquist, Gilbert Svensson: Rapport från arbetsgruppen "Dagvattnets beskaffenhet och egenskaper". Sammanställning av utförda dagvattenundersökningar i Stockholm och Göteborg 1969-1972. The character and properties of urban storm water results from investigations in Stockholm and Gothenburg 1969-1972. English summary. 1974.
- 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.
- nr 13 Viktor Arnell, Sven Lyngfelt: Nederbörds-avrinningsmätningar i Bergsjön, Göteborg 1973-1974. 1975.
- nr 14 Per-Arne Malmquist, Gilbert Svensson: Delrapport. Dagvattnets sammansättning i Göteborg. Urban storm water quality. Interim report from a study in Gothenburg. English summary. 1975.
- nr 15 Viktor Arnell, Sven Lyngfelt, Anders Sjöberg och Gilbert Svensson: Dagvatten. Uppsatser presenterade vid konferens om urban hydrologi i Sarpsborg, Norge, 1975. 1976.

- nr 16 Leif Andr asson, Leif Carlsson, Klas Cederwall,
Bengt-Arne Torstensson och Per Wedel: Grund-
vatten. Upps tser presenterade vid konferens
om urban hydrologi i Sarpsborg, Norge, 1975.
1976.
- nr 17 Olov Holmstrand: Markvattenunders kningar i ett
urbant område. 1976.
- nr 18 -
- nr 19 Viktor Arnell, Jan Falk, Per-Arne Malmquist:
Urban Storm Water Research in Sweden. In Eng-
lish. 1977.
- nr 20 Viktor Arnell: Studier av amerikansk dagvatten-
teknik. Resa i december 1976. 1977.

- nr 27 Anders Eriksson, Per Lindvall: Lokalt omhändertagande av dagvatten. Resultatredovisning av enkät rörande drift och konstruktion av perkolationsanläggningar. 1978. 126 sidor. 25:-.
- nr 28 Olov Holmstrand (red.): Lokalt omhändertagande av dagvatten. Delrapport nr 2 från perioden 1977-02-01--1977-11-30. 1978. 69 sidor. 20:-.
- nr 30 Lars O Ericsson: Infiltrationsprocessen i en dagvattenmodell. Teori, Undersökning, Mätning och Utvärdering. 1978. 45 sidor. 20:-.
- nr 31 Lars O Ericsson: Permeabilitetsbestämning i fält vid perkolationsmagasin. Dimensionering. 1978. 15 sidor. 15:-.