

## **Exempel 5            Kalmar**

Överföringsledningar samt huvudavlopp i del av centralorten.

### **Sammanfattning**

Arbetet har initierats av svårigheten att bedöma de verkliga flödena i avloppssystemet vid extrema hydrologiska situationer. Detta gäller speciellt överföringen av avloppet från flera yttertätorter till centralorten. Från centralorten finns dessutom en påtaglig snabb påverkan vid nederbörd. Det konkreta exemplet har ingått som ett delprojekt i en större hydraulisk modell och avsåg att ge underlag för dimensionering av en ny pumpstation.

### **Kontaktperson**

Kenneth Svensson  
Kalmar Vatten och Renhållning AB, Römnätsavdelningen  
Box 822, 391 28 KALMAR  
Telefon: 0480-832 40      Fax: 0480-832 26

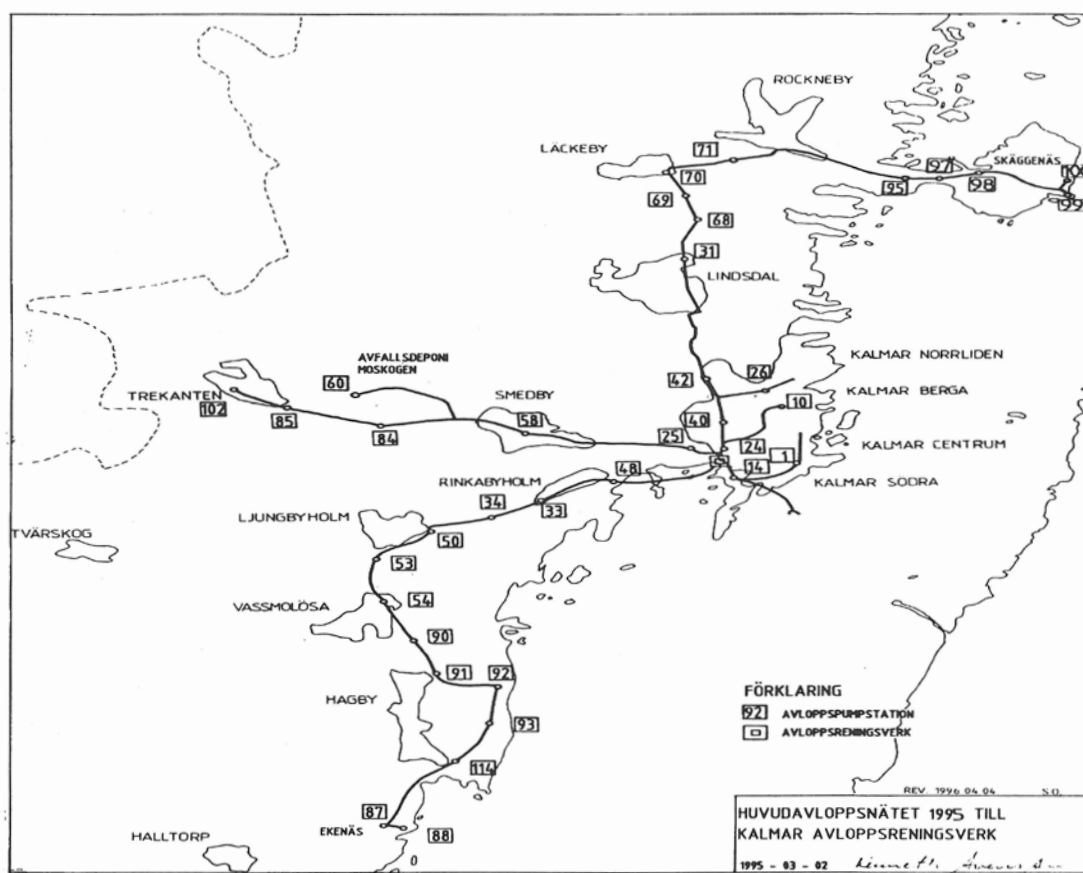
### **Bakgrund till projektet**

Från yttertätorten Lindsdal liksom några mindre tätorter norr om centralorten samt från de norra delarna av centrala Kalmar leds avloppet utmed väg E22 väster om bebyggelsen mot reningsverket. Den avslutande kilometerlånga sträckan pumpas vattnet.

Antalet anslutna personekvivalenter (pe) uppgår till ca 42 000. Bebyggelsen består till övervägande delen av småhus, en mindre andel flerbostadshus samt ett industriområde. Ledningsnätet är huvudsakligen ett duplikat system eller i övrigt av separat karaktär.

De största problemen fanns längst nedströms i systemet i form av bräddningar och översvämningar. Två huvudstammar, från norr respektive öster gick samman till en ledning kort före en äldre pumpstation vilken lyfte avloppet till reningsverket. Självfallsledningen uppströms denna station hade begränsad transportkapacitet. Intill knutpunkten i början av denna sträcka förekom ofta bräddningar. Vid nederbörd förekom momentana utsläpp. Vid omfattande snösmältning eller vid höga grundvattennivåer kunde bräddningar förekomma under flera dygn.

Den ovannämnda pumpstationen hade en del driftstörningar och var i behov av förbättring eller ombyggnad. De hydrauliska problemen på det närliggande nätet gjorde att ett nytt läge vid den ovan beskrivna knutpunkten (Svanebergs trafikplats) ansågs vara ett lämpligt läge för en ny pumpstation.



Figur 16 Del av huvudavloppsnätet till Kalmar avloppsreningsverk

### Syfte med modellarbetet

När planerna på byggnationen av en pumpstation skulle realiseras var redan modellarbetet påbörjat. En hydrologisk modell för hela tillrinningsområdet till Kalmar avloppsreningsverk var upprättad. Vissa delsträckor fanns beskrivna och den norra länken som har använts i detta projekt var beskriven i detalj samt delvis verifierad.

Med hjälp av modellen såg vi möjligheten att forma en pumpstation på en ny plats. Densamma kunde dimensioneras vad gäller volym och pumpkapaciteter till ett dagsaktuellt och, inte minst, framtida verkligt behov. Bedömningar om kommande anslutningar samt möjliga åtgärdsinsatser i form av saneringar gjordes samtidigt.

### Projektets arbetsgång och tidplan

Efter konsultationer med representanter för dåtida VBB/Ledningsförnyelse under 1990 enades vi om ett program för hydraulisk analys av huvudavloppssystemet i Kalmar. Under år -90 tog kommunen fram basdata och gjorde inmatningar för att beskriva modellen. Våren - sommaren -91 genomfördes ett fältmättningsprogram. Modellen

formulerades och i slutet av -91 gjordes en första kalibrering mot flera års mätdata. Arbetet med modellen fortsatte stegvis under nästa år. Rörmodellen byggdes upp i flera delar. Verifieringar, beräkningar och analyser varvades.

Parallellt med pumpstationsprojektet studerades tillrinningen till Kalmar avloppsreningsverk. Beräkningar verifierades mot uppmätt flöde och en vattenbalans med olika flödeskomponenter kunde upprättas.

Arbetet med att formulera en fullständig kombinerad Mouse-modell prioriterades för den norra ledningssträckan i samband med planerna på en ny pumpstation vid Svanebergs trafikplats. Projektet slutfördes och bygghandlingar upprättades under hösten 1993.

Ny pumpstation med anslutande ledningar byggdes och togs sedan i drift under försommaren 1994.

### **Modellbeskrivning - avgränsningar**

En MouseNAM-modell har formulerats och verifierats för Kalmars huvudavloppssystem. Modellen omfattar totalt 3 300 ha. Vid utgången av 1993 beräknades 760 ha ansluten dränerande yta (SRC) samt 62 ha ansluten hårdjord yta (FRC).

Modellen för den norra grenen formulerades som en fullständig kombinerad MouseRÖR/NAM-modell. Den har innefattat 16 km ledning med 7 pumpstationer och 13 utlopp, nöd- eller bräddavlopp.

Från den hydrologiska beskrivningen användes motsvarande delmodell. Det innebar 280 ha SRC-yta samt 10 ha FRC-yta. Förutom denna belastning har spillvatten tillförts med 64 liter/sekund.

Den kombinerade modellen har använts för simulering av ett helt års flödessituation i ledningsnätet på norra grenen. För simuleringen användes ett års högupplösande (15 minuter) nederbördsdata från Espergaerde, Danmark, korrigerad med hänsyn till de meteorologiska förutsättningarna i Kalmar.

### **Mätningar**

1991 genomfördes flödesmätningar på huvudavloppsnätet samt vid reningsverket. Tidigt på våren under 1,5 månad fanns mätloggrar i 7 pumpstationer samt 1 V/H-mätare på nätet. Vid reningsverket mättes inkommande flöde med hjälp av 1 logger samt 1 V/H-mätare. Under sommaren gjordes en mindre kompletterande mätinsats. Inkommande flöde till reningsverket har mätts med separat logger under långa sammanhängande perioder.

Riktade flödesmätningar har skett under 1993 vid två tillfällen med hjälp av loggrar och

---

V/H-mätare i ett mindre antal.

En registrerande nederbördsjätmätare med 0,2 mm:s upplösning har funnits på en fast mätplats i centrala Kalmar sedan 1990. Under perioder med mätningar av avloppsflöden har oftast någon extra nederbördsjätmätare placerats lokalt inom ett utvalt område. Uppgifter från SMHI:s väderstation i Kalmar har också använts.

Bräddavloppsmätning har skett i begränsad omfattning. I ett bräddavlopp har en nivålogger registrerat data.

Mätutrustning har hyrts in från VBB Viak vid varje mättillfälle. Ett mindre antal loggrar har införskaffats successivt. Montering av jätmätare samt viss tillsyn har skett med extern hjälp. Tömning av data från jätmätare har utförts av egen personal. Bearbetning av mätdata har uthyraren svarat för.

### **Kalibrering och verifieringsberäkningar**

För den ursprungliga NAM-modellen användes uppgifter från driftjournaler. I övrigt har kalibrering av modellerna skett mot erhållna mätdata, flöden och nederbörd. I de fall det funnits välunderbyggda mätdata har ofta relativt god överensstämmelse nåtts mellan mätning och beräkning. Vid vissa tillfällen har uppgifter och åsikter fått bearbetas i flera omgångar innan samstämmighet har kunnat nås. I en del fall har förutom osäkra mätvärden även funnits tveksamheter i fråga om funktionen på ledningssystemet.

En självklar förutsättning för att erhålla trovärdiga beräkningsresultat är ett nära samarbete mellan den som utför beräkningar och någon som har erfarenheter av det lokala avloppssystemet. Så har också detta projekt drivits. Alla beräkningar har utvärderats vid möten mellan representanter för kommunen och konsulten. Den senare har svarat för beräkningsarbetet.

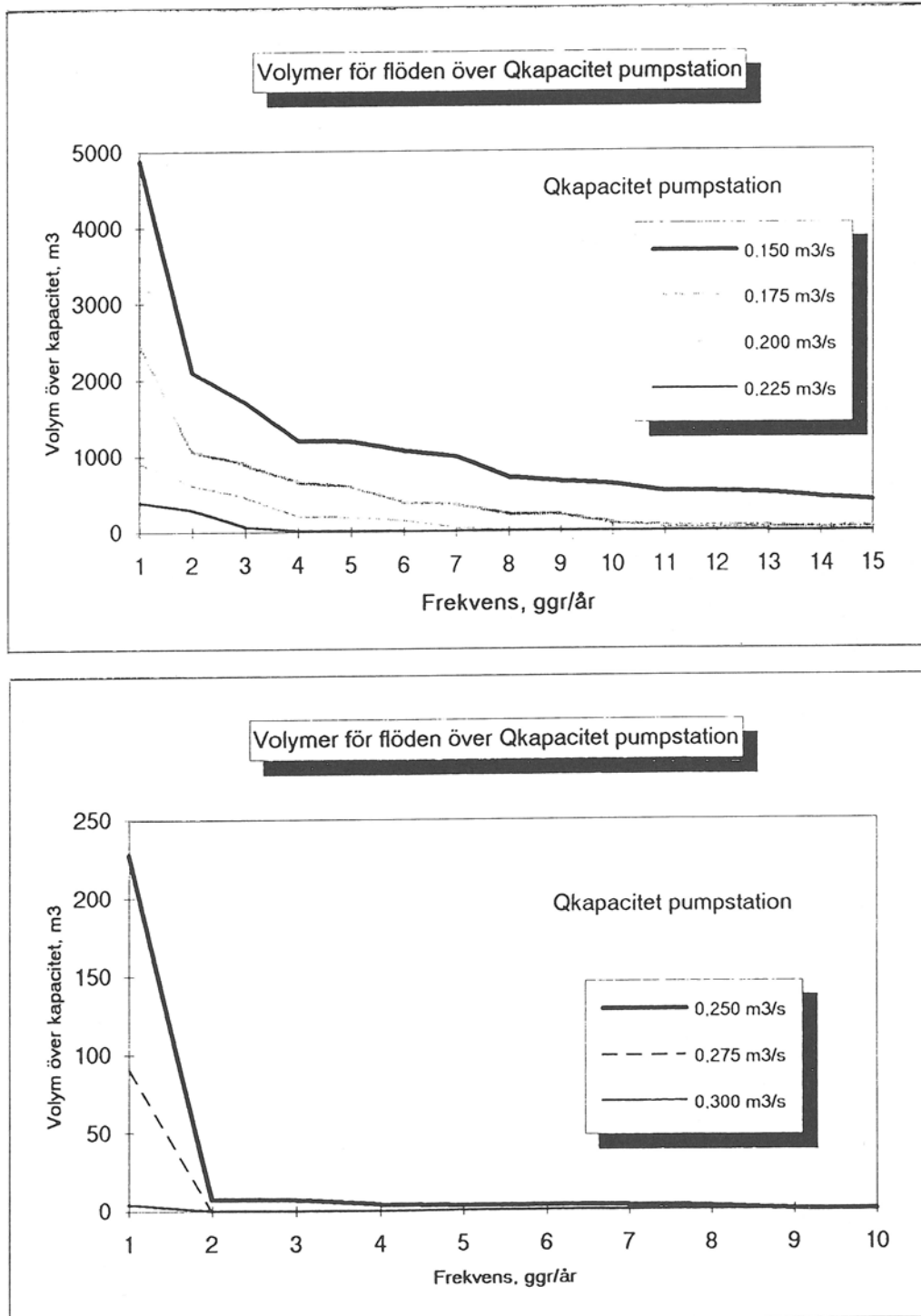
### **Resultat, slutsatser och åtgärdsförslag**

Resultaten från en beräkning ger som regel underlag för en fortsatt utredning och mera sällan material till en direkt åtgärdsinsats.

Den hydrauliska beräkningen i MouseNAM-modellen bekräftade i stort de uppfattningar som fanns i fråga om ovidkommande vatten. Fördelningen på olika områden av snabb respektive trög påverkan är värdefull och har lett till eller kommer att leda till åtgärder.

Den kontinuerliga modelleringen i MouseRTC gav ett användbart underlag till att dimensionera en ny pumpstation vid Svanebergs trafikplats. Samtidigt fick vi en beräkning på bräddade volymer. Pumpstationen har efter viss intrimning visat sig motsvara de hydrauliska krav som ställdes. Fortfarande finns en för hög direkt påverkan, men den skall kunna minskas genom konkreta åtgärder.





**Figur 17** Exempel på information från resultat av medelårssimulering med kombinerad MouseRÖR/NAM-modell. Figuren visar effekten som uppnås på bräddvolym och bräddfrequens beroende på vald pumpkapacitet.

---

Rensning av en 8 km lång sträcka huvudavlopp (diam 400-600 mm) uppströms den nya pumpstationen vis Svanebergs trafikplats gav bra utfall. 27 ton avvattnat sand- och grussediment togs upp ur ledningen. Två större stenar som var för sig fyllde nästan hela ledningssektionen hittades.

Vid fältarbeten som initierats av modellarbetet har konstaterats flera exempel på dålig funktion av ledningar och pumpstationer. På rörnätet har upptäckts avsnitt med dålig självrensning, bristande anordningar samt punktvisa inläckage. I pumpstationer har konstaterats höga tillslagsnivåer som dämmer inkommande självfallsledningar. Drifrutiner och planerat underhåll har förbättrats eller utökats.

Vid beräkning av bräddningar finns exempel som inte överensstämmer med inträffade extremsituationer. Förklaringen kan i något fall vara förenklingar eller felaktiga data i modellen. På andra avsnitt har funktionen på ledningsnätet varit sämre än förväntat.

I samband med miljöprovningen av Kalmar avloppsreningsverk upprättades en beskrivning av avloppsnätet samt planerade åtgärder. Tillrinningen till reningsverket studerades med anledning av den planerade utbyggnaden för kväverening. Uppgifter togs fram om rådande samt framtida förhållanden. Varaktighetskurvor samt maximal tillrinning redovisades och har legat till grund för dimensionering av bassängsvolymer vid den ombyggnad som kommer att påbörjas under 1996.

I några områden med källaröversvämningsproblem har fördjupade undersökningar initierats. Mätningar, inventeringar och invändig inspektion av rörledningar har lett fram till åtgärdsförslag. Ledningar har rensats och rotskurits. Bräddavlopp har byggts om eller slopats. För närvarande pågår ett par utredningsprojekt, vilka skall föreslå flera lämpliga åtgärdsinsatser.

### **Erfarenheter av projektet och nyttan med modellen**

Erfarenheten av modellarbete är att mätningar och kunskap om de hydrauliska förhållandena är helt avgörande för en välverifierad modell. Tillämpliga mätningresultat erhålls sällan enligt tidplan. Hydrologiska situationer är oförutsägbara. Mätutrustning fungerar inte alltid. Speciellt från V/H-mätare har det varit svårt att få fortlöpande och trovärdiga uppgifter. Indata för mätning kan vara svår att precisera. Styrning av pumpar med tillhörande pumpvolymer kan vara komplexa att beskriva.

Vid den årliga miljörapporteringen till länsstyrelsen hämtas uppgifter om bland annat ovidkommande vatten samt bräddade mängder avloppsvatten från Mouse-modellen. Vi är överens med myndigheterna om att vi har en god vattenbalans, spillvatten gentemot ovidkommande vatten, samt att bräddningarna är av måttlig omfattning.

Modeller stora som små ger möjligheter till en bättre hydraulisk förståelse av ledningssystem. De nödvändiga fältinventeringarna ger kännedom om verkliga driftförhållanden och är en kontaktyta mot driftpersonalen. Det senare skapar ökat intresse och bättre systemförståelse hos den gruppen. Detta har gjort det lättare att föreslå förbättringar av driften.

## Exempel 6 Karlskrona, centralorten

Avloppsplan - dimensionering av reningsverk

### Sammanfattning

I nuläget pågår utbyggnad av Koholmens reningsverk för kväverening och i samband med detta en planerad ökad överföring av vatten till Koholmen. Det möjliggör en reducering av antal avloppsreningsverk. Utbyggnaden av Koholmen avloppsreningsverk var ett av skälen till att arbetet med åtgärdsplan eller avloppsplanen för Karlskrona påbörjades. Arbetet med att ta fram en avloppsplan för Karlskronas framtida avloppshantering har baserats på användningen av beräkningsmodeller som hjälpmedel för värdering av olika insatser.

### Kontaktperson

Kenneth Johansson

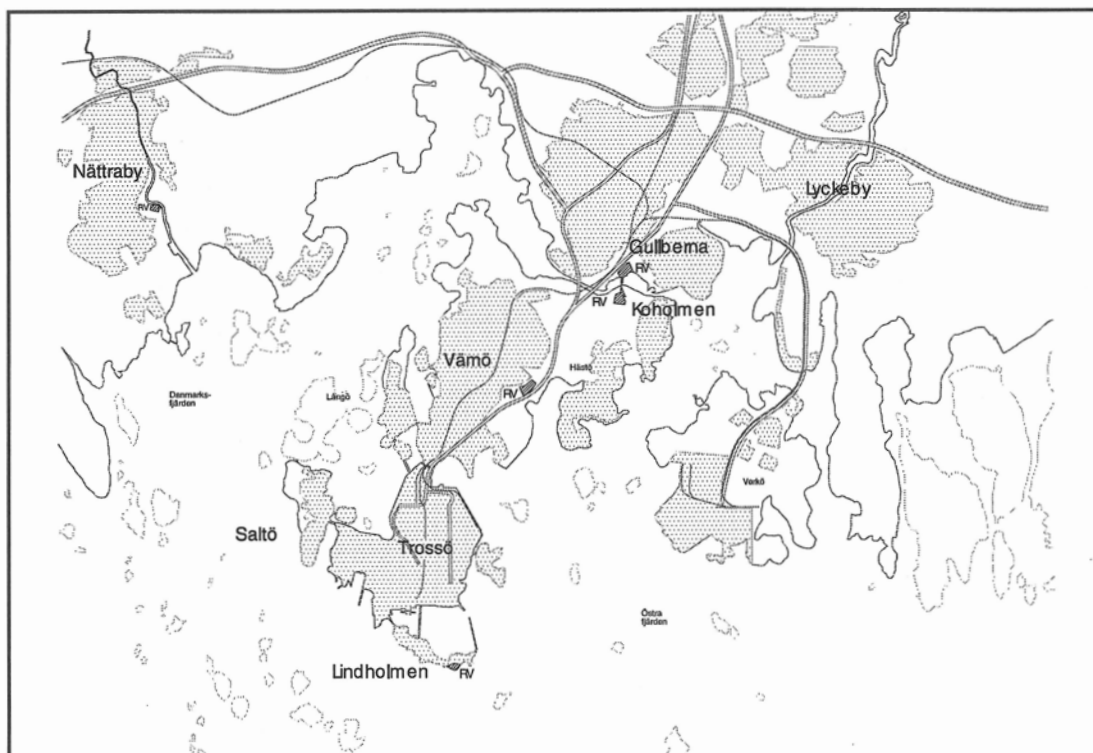
Karlskrona kommun, Tekniska kontoret, 371 30 Karlskrona

tel: 0455-831 91 fax: 0455-831 41

Exemplet har sammanställts av Cecilia Wennberg, VBB Viak, Stockholm

### Bakgrund till projektet

Karlskronas avloppssystem är utspritt på bla Trossö, Saltö, Vämö, Gullberna, Nättraby och Lyckeby, se **figur 18**, vilka avleds till olika reningsverk.



**Figur 18** Karlskrona delområden.

Avloppsvattnet från Vämö mfl avleds till Vämö reningsverk för mekanisk och biologisk rening. Avloppsvattnet från Rödeby, Lyckeby och norra Karlskrona avleds till Gullberna avloppsreningsverk för mekanisk och biologisk rening. Båda dessa verk pumpar avloppsvattnet vidare till Koholmens avloppsreningsverk för kemisk rening. Avloppsvattnet från Trossö och Saltö går till Lindholmens avloppsreningsverk.

Totalt omfattar avloppsledningsnätet ca 190 km självfallsledning och 34 km tryckledning varav ca 10 % är kombinerat. Det bor drygt 60 000 personer i Karlskrona varav 30 000 personer är anslutna till de berörda områdena. Avloppsnätet omfattar 60 pumpstationer, 57 nödavlopp och 3 bräddavlopp.

I nuläget pågår utbyggnad av Koholmens reningsverk för kväverening och i samband med detta en planerad ökad överföring av vatten till Koholmen. Det möjliggör en reducering av antal avloppsreningsverk. Utbyggnaden av Koholmens avloppsreningsverk var ett av skälen till att arbetet med åtgärdsplan eller avloppsplanen för Karlskrona påbörjades.

Den övergripande målsättningen var därmed att kunna;

“Redovisa en tekniskt/ekonomiskt fördelaktig och miljömässigt acceptabel principlösning för uppsamling, avledning och överföring av avloppsvatten till det nya reningsverket”.

### **Syfte med modellarbetet**

Sammantaget så beslöts 1991 att man skulle påbörja arbetet med en avloppsplan för Karlskrona där datormodeller skulle användas som ett hjälpmedel i åtgärdsarbetet. Beräkningsmodellerna bedömdes kunna utgöra ett effektivt hjälpmedel, framförallt i utvärderingen av olika alternativa framtida systemutformningar med avseende på överföring av avloppsvatten till Koholmen. Dessutom medgav modellerna möjligheten att beskriva, och därmed inkludera, den indirekta nederbördspåverkans effekt och betydelse för åtgärdsförslagen. Vidare var det också önskvärt och nödvändigt att öka kunskapen och förståelsen för funktionen på huvudledningsnätet mht översvämnings- och bräddavloppsförhållandena inom delområdena Trossö och Vämö.

Ytterligare ett syfte med modellarbetet var att med beräknade resultat kunna visa på den förändring i funktion som kan uppnås för t ex bräddningar eller källaröversvämnningar och relateras till uppställda miljökrav.

### **Projektets arbetsgång och tidplan**

Under hösten 1991 träffades arbetsgruppen beträffande åtgärdsplan för Karlskrona huvudavloppssystem. Vid det mötet diskuterades föreslagen tidplan samt genomförande av projektet som syftade till att påbörjas under hösten 1991 samt slutföras under hösten 1992.

---

Dessutom skapades en referensgrupp, tänkt att fungera som en länk mellan tekniska kontoret och övriga berörda förvaltningar och myndigheter. Referensgruppen var också tänkt att utgöra forum för diskussion kring projektupplägg och arbetsmetodik, funktionskrav samt principlösningsförslag, och skulle träffas vid sidan av arbetsgruppen. Vid det första referensgruppsmötet hösten 1991 var man överens om att projektupplägg och arbetsmetodik var riktig. Under de två följande referensgruppsmötena diskuterades funktionskrav respektive principlösningsförslag. Projektet påbörjades därmed under senhösten 1991 och redovisades i slutrapport i januari 1993.

Arbetet påbörjades med att se till att Mouse systemet installerades på kommunen så att de kunde börja mata in fysiska data för avloppssystemet i modellen för Trossö och Vämö. Vidare påbörjades undersökningar om hur tillgänglig realtidsdata var från det befintliga driftövervakningssystemet, samt vilka kompletterande mätdata som skulle behövas för modellverifieringen (tex nederbördsräknare).

Samtidigt med detta påbörjades insamling av data för formulering av en hydrologisk MouseNAM modell för tillrinningen till Vämö och Lindholmens reningsverk.

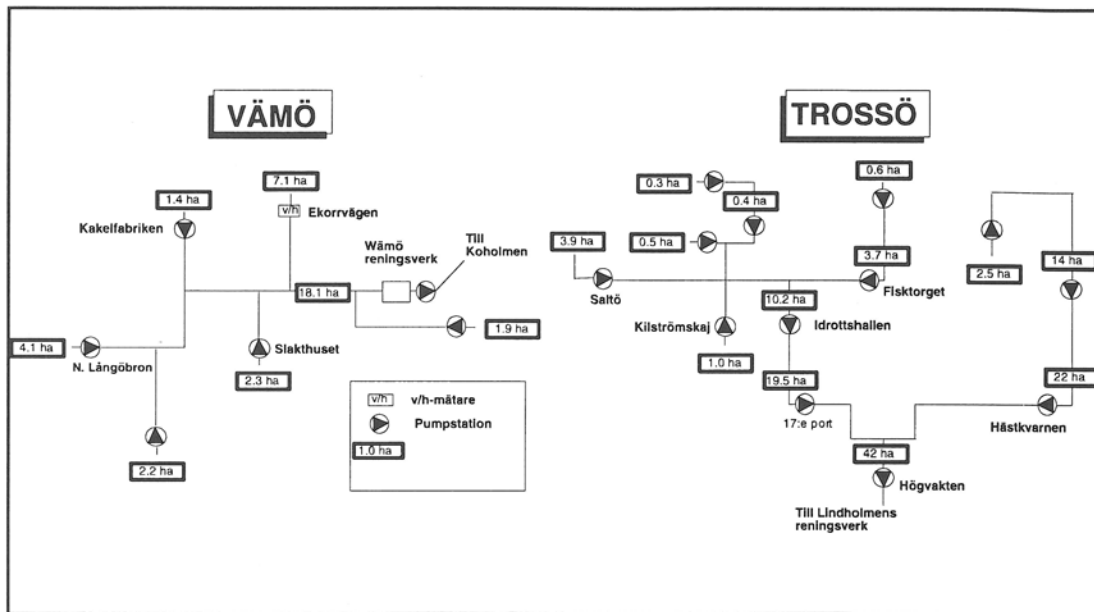
### **Modellbeskrivning - avgränsningar**

Sammantaget har delområdena Vämö, Trossö, Saltö, Gullberna och Nättraby inkluderats i modellbeskrivningen. Men mht en varierande problembild och olika frågeställningar så har MouseRÖR modeller endast formulerats och verifierats för Vämö (4 km<sup>2</sup> yta) och Trossö (3 km<sup>2</sup> yta). För dessa områden var det viktigt att även inkludera transporten och den hydrauliska funktionen i ledningsnätet eftersom, förutom tillrinningen till reningsverket, även frågor såsom bräddning, källaröversvämning och begränsande kapacitet i överförande pumpstationer var av betydelse.

De ursprungliga "detaljerade" modellerna för ledningsnäten i Vämö och Trossö förenklades. Den förenklade modellen för det befintliga huvudledningsnätet för Trossö och Saltö bestod av 43 delområden med 42 ha hårdgjord yta, 88 knutpunkter, 77 ledningar, 13 pumpstationer och 20 nöd/bräddavlopp.

Den förenklade modellen för det befintliga huvudledningsnätet för Vämö bestod av 47 delområden med 20 ha hårdgjord yta, 59 knutpunkter, 54 ledningar, 5 pumpstationer och 6 nöd/bräddavlopp.

I **figur 19** visas de formulerade RÖR modellerna för Trossö och Vämö.



Figur 19 Verifierade RÖR-modeller för Trossö och Vämö avrinningsområden.

För Gullberna och Nättraby var tillrinningen till reningsverket huvudfrågan, varför man för dessa områden endast upprättade en hydrologisk MouseNAM modell.

## Mätningar

För att få underlag för modellverifiering användes data från driftövervakningssystemet (Exomatic). Totalt användes flödesdata från 18 pumpstationer inom Trossö, Saltö, Gullberna och Vämö avrinningsområden. Befintligt övervakningssystem, Exomatic fanns vid starten för projektet. Undersökningar gjordes vid inledningen av projektet för hur mätdata skulle bli tillgänglig samt hur den skulle konverteras för att kunna lyftas in i ett analysprogram. Insamlingssystemet har succesivt byggts upp sedan september 1991.

Vidare utökades med nederbördsregistrering i Trossö, Vämö och Nättraby reningsverk, samt registrering av havsytans fluktuation vid Pantarholmskajen som kopplades till övervakningssystemet. En kompletterande nivå/hastighetsmätare (V/H) installerades på Ekorrvägen inom Vämö avrinningsområde.

## Kalibrerings och verifieringsberäkningar

De hydrologiska modellerna kalibrerades mot uppmätta dygnsvärden för tillrinningen till Nättraby, Vämö, Gullberna, Lindholmens och Koholmens reningsverk (från driftsjournal).

Kalibreringen av MouseNAM modellerna för Vämö, Trossö, Nättraby och Gullberna grundades på dygns- alternativt 12-timmars nederbördsvärden från SMHI:s station i Karlskrona, eller kommunens egen volymavläsning vid verken (dygnsavläsning). Perioden för kalibreringen utgörs av åren 1987-1991.

---

För verifiering av MouseRÖR modellerna för Vämö och Trossö användes uppmätt nederbörd (0.2 mm vippa) i Karlskrona från Studentviken (Vämö) och Östra Köpmansgatan (Trossö).

Verifiering av de hydrauliska modellerna för Vämö och Trossö gjordes för tre nederbördshändelser under sommaren 1992, som inte var påverkade av högt havsvattenstånd.

För beräkningar av bräddning och bakvattenbräddning med MouseNAM/RÖR modellen för olika principlösningförslag användes CDS-regn.

För studierna där modellberäkningarna användes för att studera alternativa överföringar av avloppsvatten till Koholmen användes en kontinuerlig nederbördsserie med korrigerad volym mht de meteorologiska förutsättningarna i Karlskrona.

### **Resultat, slutsatser och åtgärdsförslag**

De färdiga (formulerade och verifierade) modellerna användes först och främst för att skapa en bild av hur befintligt system fungerar, såsom vattenbalanser för tillrinningen till reningsverket mht olika flödeskomponenter, årsvariationer och den hydrauliska funktionen. Ett viktigt delresultat av detta blev kvantifieringen och lokaliseringen av havsinläckaget till vissa avgränsade områden inom Trossö, Saltö och Vämö.

Dessa resultat användes som referensresultat för de fortsatta studierna av möjliga framtida systemutformningar, på så sätt att nya resultat kunde relateras till denna referens som ett mått på en effekt av en förändring.

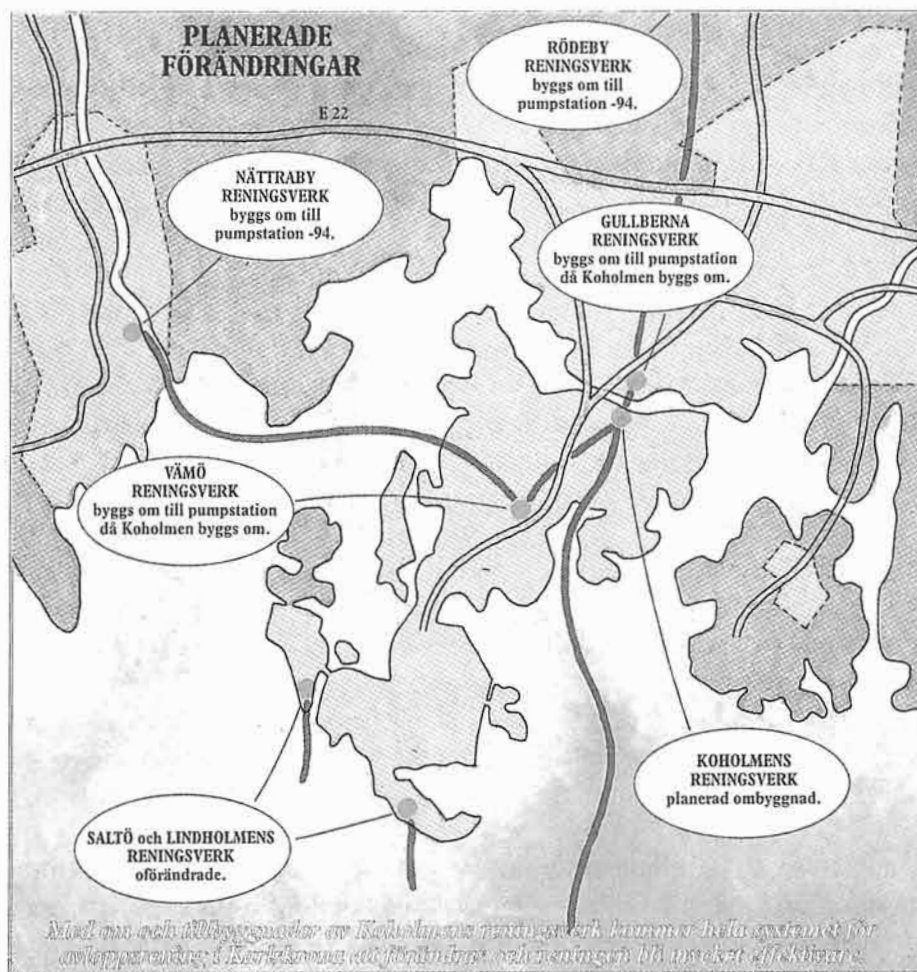
Utifrån de etablerade vattenbalanserna kunde förändringar i belastningen utvärderas med syftet att identifiera erforderliga åtgärder för att uppnå formulerade funktionskrav mht tex bräddningar. Det kan bestå av bortkoppling av hårdgjorda anslutna ytor eller bakvattenluckor på bräddutloppen för att förhindra bakvattenbräddning av havsvatten.

Slutsatserna från modellprojektet resulterade i ett huvudalternativ för den framtida överföringen av avloppsvattnet från delavrinningsområdena till Koholmens reningsverk, se **figur 20**.

- Reningsverken Vämö, Gullberna och Nättraby slopas
- Avloppsvattnet från Nättraby pumpas via sjöledning till Vämö för vidare transport till Koholmen.
- Lindholmens reningsverk behålls på kort sikt och belastas med avloppsvatten från Saltö industrireningsverk.

På längre sikt finns möjlighet att slopa reningsverket vid Lindholmen och överföra avloppsvattnet via en sjöledning till Koholmens reningsverk





**Figur 20** Framtida hantering av tillrinning från delområden.

Inom de olika alternativen ryms också föreslagna åtgärder på ledningsnäten. Dessa kan indelas i olika grupper såsom:

- Maximalt kapacitetsutnyttjande av huvudledningssystem (tex förändrad pumpstationsdrift)
- Lokal utjämning av direkt nederbördspåverkan (tex vid pumpstationer, vid anslutande ytterområden)
- Begränsning av tillförsel av ovidkommande vatten (Drift-, Underhålls- och Förnyelsearbete, ytreducering)
- Resultat erhålls för den framtida belastningen till Koholmens reningsverk för de olika systemalternativen.



### **Erfarenhet av projektet och nyttan med modellen**

Modellbeskrivningen av det befintliga systemet har successivt sedan 1993 uppdaterats med de åtgärder som genomförts, tex bortkoppling av ytor, installerade bakvattenluckor, nya pumpar etc. På så sätt har modellen bibehållits uppdaterad, vilket också innebär att den kan användas kontinuerligt i utredningsarbetet.

Detta har också gjorts i frågeställningen kring utbyggnaden av Koholmens reningsverk. Vid slopandet av de andra reningsverken friställs en hel del volymer som skulle kunna utnyttjas för utjämning och/eller styrning av flödet till det ombyggda Koholmen. Detta har studerats under de sista åren med målet att mht bräddning få en optimal fördelning av tillrinningen och vidaregående flöde för de olika delområdena som skall föras till Koholmen.

Man har också kunnat påvisa effekten av arbetet med att reducera havsvatteninläckaget inom Trossö och Vämö genom att med den hydrologiska modellen visa på skillnaden av de olika komponenterna. Därmed har modellen blivit ett verktyg för planering, uppföljning och verifiering av de åtgärdsinsatser som görs på ledningsnätet.

## **Exempel 7                      Karlskrona, Ramdala**

### **Sammanfattning**

Ramdala är ett litet samhälle som haft problem med källaröversvämningar vid intensiva åskregn under sommarhalvåret och med vattenavrinning på mark och i ledningar under snösmältningsperioder under vinterhalvåret.

Med hjälp av Mouseprogrammet och flödesmätningar har en kapacitetsbestämning av det befintliga avloppsnätet utförts och en teknisk lösning för att undanröja problemen uppnåtts.

### **Kontaktperson**

Kenneth Johansson  
Tekniska kontoret Karlskrona  
Tel. 0455-83191              Fax: 0455-831 41

Rolf Karlsson  
J & W Karlskrona  
Tel. 0455-44750

### **Bakgrund till projektet**

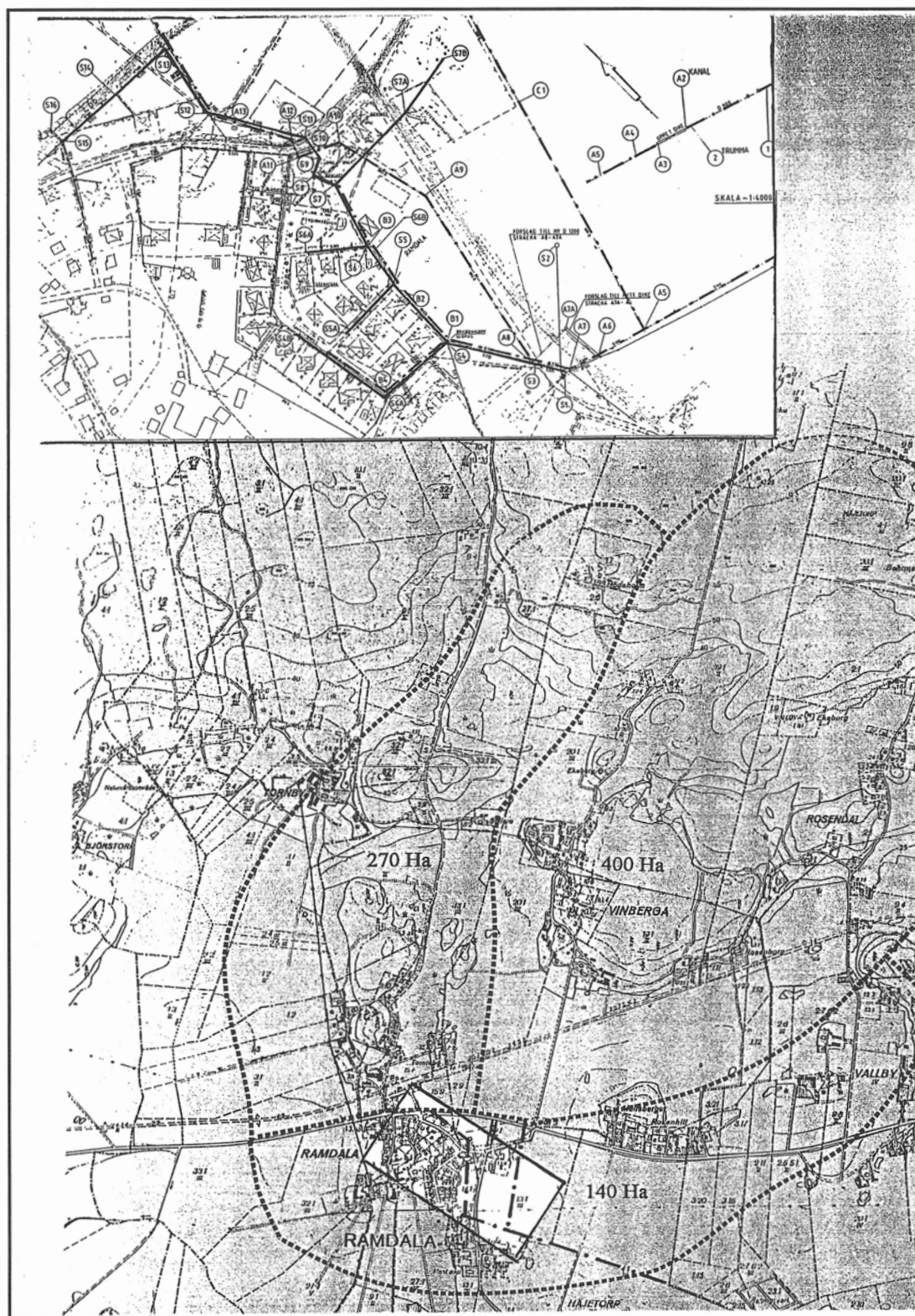
I Ramdala är ca 100 fastigheter anslutna till det kommunala spillvattennätet. Ledningsnätet är byggt i slutet av 1950-talet och huvudledningarna består av betongrör  $\phi$  225 mm. Spillvattnet leds till en pumpstation i sydöstra delen av samhället och pumpas till ett reningsverk beläget ca 1 km öster om samhället. Dagvattennätet är endast delvis utbyggt inom de centrala delarna av samhället. Det centrala dagvattennätet är kopplat till de sk "lantbruksledningarna" som via det västra och östra ledningssystemet avleder vatten från jordbruksområden norr och söder om samhället till ett dikessystem på ca 2 km som mynnar i Östersjön. Avrinningsområdet uppgår till 800 ha åker och ängsmark. Det finns 2 bräddavlopp från spillvattennätet till det centrala dagvattennätet som också står i förbindelse med "lantbruksledningarna".

Under 1980-talet utfördes saneringsåtgärder som bl.a. bestod av bortkoppling av tak- och hårdgjorda ytor inom de centrala delarna av samhället. Trots genomförda saneringsåtgärder drabbades ett tiotal fastigheter av källaröversvämning två gånger under en period av 3 månader vid nederbörd. Under annandag jul 1993 var det kraftig nederbörd på tjälad mark och under mars månad 1994 var det kraftig nederbörd i samband med snösmältning. Vatten från dagvattenbrunnar bräddade också ut på markytan.

För att få en fullständig beskrivning av flödesförhållandena i ledningssystemen vid olika

---

nederbördsbelastningar upprättades en datormodell i programsystemet Mouse.



Figur 21 Ledningsnätet i Ramdala

---

## Syfte med modellarbetet

Uppdraget innebar att:

- klarlägga de två dagvattennätens och spillvattennätets kapacitet och belastning, samt undersöka och redovisa hur ledningsnäten samverkar och påverkar varandra vid bräddning.
- föreslå lämpliga åtgärder och beskriva deras effekt.
- modellen skall ligga till grund för dels direkta åtgärder och dels för åtgärder på längre sikt.

## Projektets arbetsgång och tidplan

Arbetet startade 1988 med beräkning av de sk. "lantbruksledningarna". Detta arbete utfördes av VBB i Växjö. Beräkningarna verifierades med hjälp av flödesmätning i strategiskt placerade nedstigningsbrunnar som utfördes av Backö mätcenter under 1987. Under våren 1994 utfördes beräkningsarbeten av J&W i Karlskrona varvid samtliga dag- och spillvattenledningar räknades.

Modellerna verifierades med hjälp av flödesmätning i nedstigningsbrunnar och pumpstation samt mätning av dämningshöjder vid dels översvämningstillfället under mars 1994 och dels vid observationer i brunnar vid olika nederbördstillfällen. Dessa observationer utfördes av personal från tekniska kontoret i Karlskrona. Under beräkningsarbetet avstämde beräkningarna vid projekteringsmöten där tekniska kontoret och J&W träffades ca 1 gång i veckan under 2 månader.

## Modellbeskrivning - avgränsningar

Grunddata till modellerna har framtagits av tekniska kontoret. Ledningsnäten har digitaliserats med hjälp av Mouse-Cad. Modellen har först delats in i tre beräkningsmodeller: "Lantbruksledningarna", centrala dagvattenledningar och spillvattenledningar.

"Lantbruksledningarna" har belastats med typregn baserade på nederbördsstatistik enligt SMHI ( BFR-rapport R18 : 1979) med den regionala koefficienten för Ramdala ( $Z = 10$ ). Som typregn har använts regn av CDS-typ med 4 dygns total varaktighet, centralt block om 8 timmar och en skev (30/70) tidsfördelning. För beskrivning av randvillkoret vid dagvattennätets utlopp via dikessystemet till Åbyån har för varje återkomsttid grovt uppskattats motsvarande avrinningsintensitet för Åbyåns avrinningsområde. Denna konstanta avrinning har via en Mike 11-modell för Åbyån överförs till en motsvarande nivå vid dagvattennätets utlopp. Vattenflödet till spillvattennätet är redovisat som basflöde (ej nederbördsberoende) i vissa beräkningspunkter. Från ansluten dränering har antagits ett flöde på 0.5-0.75 l/s under snösmältningsperioden och flöden från anslutna

takytor har bedömts till 0.25-0.5 l/s.

Flödet från ett normalstort tak skulle vid ett sk. 10 minuters regn ge ett flödestillskott av ca. 1 l/s. Det är dock inte sannolikt att tiominutersregnet (åskregnet) inträffar när grundvattenytan är hög som under snösmältningsperioden och det sammanlagda flödet från dränering och taktytor har härvid bedömts till 1.0 l/s. Beräkningar och okulärbesiktning verifierar detta antagna flöde.

Det centrala dagvattennätet har belastats med ett 5-års CDS-regn. För att beskriva hydrauliken i ledningsnäten har MouseRÖR använts.

### **Mätningar**

Totalt har mätinsatsen bestått av flödesmätning i nedstigningsbrunnar (3 mätare), nederbördsregistrering (1 regnmätare), pumpregistrering (1 pumpstation) och okulärbesiktning vid olika nederbördstillfällen. Mätningarna har utförts så att en årscykel har registrerats.

### **Kalibrering och verifieringsberäkningar**

Verifieringsarbetet av de tre delmodellerna har skett mot mätdata och genom kontroll av dänningsnivåer i nedstigningsbrunnar vid olika nederbördsituationer.

### **Resultat, slutsatser och åtgärdsförslag**

Befintligt nät klarar inte att avbörda vatten vid påförande av ett 10-års CDS-regn utan att skadlig dämning uppstår. Följande åtgärdsförslag upprättades:

- Befintlig S225 byts till S315 och S400 på en sträcka av 300m.
- Tätning av bef. spillvattennät genom relining med flexibla foder ca. 350 m och brunnstätning av ca. 10 brunnar.
- Ny bräddning med waprobrunn vid pumpstationen för att hindra bakvattenströmning från "lantbruksledningarna" till spillvattennätet.
- Bräddning till dagvattennätet sker i en framräknad punkt (en bef. bräddning togs bort)
- "Lantbruksledningarna" uppdimensioneras från D800 till D1200 på en sträcka av 50 m. Dagvattensystemet "öppnas upp" genom att ett öppet dike ca. 50m långt och 4m brett anläggs på översvämningbart område. Diket och intilliggande mark tjänstgör som fördröjningsmagasin vid intensiva regn.

### **Erfarenheter av projektet och nyttan med modellen**

Föreslagna åtgärder byggdes under hösten 1995 och har varit i drift under ca 1 år. Under denna tid har inga olägenheter noterats trots att intensiva och långvariga regn inträffat. Genom modellarbetet har kunskap om ledningsnätens samverkan erhållits och erfarenheter av hur olika nederbördsförhållanden påverkar ledningsnäten. Tekniska kontoret har för avsikt att på sikt arbeta med att koppla bort ovidkommande vatten och modellen ger då svar på var insatserna gör störst nytta.

## Exempel 8 Malmö, Risebergabäcken

### Sammanfattning

Risebergabäckens avrinningsområde är ca 2920 ha. Av dessa är ca 340 ha hårdgjorda ytor. Översiktsplanen föreslår exploatering som ger ytterligare ca 183 ha hårdgjord yta inom avrinningsområdet. Hur stor är risken att bäcken i dagsläget översvämmas markområden vid kraftiga regn och/eller snösmältning? Vilka krav bör man ställa på hantering av dagvatten vid tillkommande exploatering? Vilka dämningnivåer i bäcken bör man räkna med? Dessa frågor låg till grund för den studie som redovisas här och som innefattade en modell i MOUSE-systemet.

Modellberäkningarna visar att i dagsläget kommer relativt stora obebyggda markområden att översvämmas vid ett regn som statistiskt sett återkommer vart 100:de år (100-årsregn). Däremot klarar bäcken idag 5-10-årsregn. Modellen visar vidare att när planerade exploateringar genomförts försämras läget något.

Studien resulterade i rekommendationer avseende lokalt omhändertagande av dagvatten och fördröjning av dagvattenavrinning vid nyexploatering. Den högsta vattenivå som i genomsnitt uppkommer i bäcken en gång per 100 år rekommenderas ligga till grund för bebyggelse och anläggningars plan- och höjdläge. Vidare föreslås att det anläggs dammar med en total volym på ca 200 000 m<sup>3</sup> i eller i anslutning till bäcken. Dessa dammar behövs främst för att utjämna flödet från de stora oexploaterade områden som även i framtiden kommer att avvattnas till bäcken.



Figur 22 Fotografi av Risebergabäcken



### **Kontaktperson**

Lars-Erik Widarsson  
Hans-Erik Carlsson  
VA-verket Malmö, Distributionsavdelningen  
205 80 Malmö  
040 / 34 10 00 (växel) -- 040 / 34 14 48 (fax)

Elisabet Sterner, VBB Viak, Växjö  
0470 / 485 00 (växel) -- 0470 / 463 73 (fax)

### **Bakgrund till projektet**

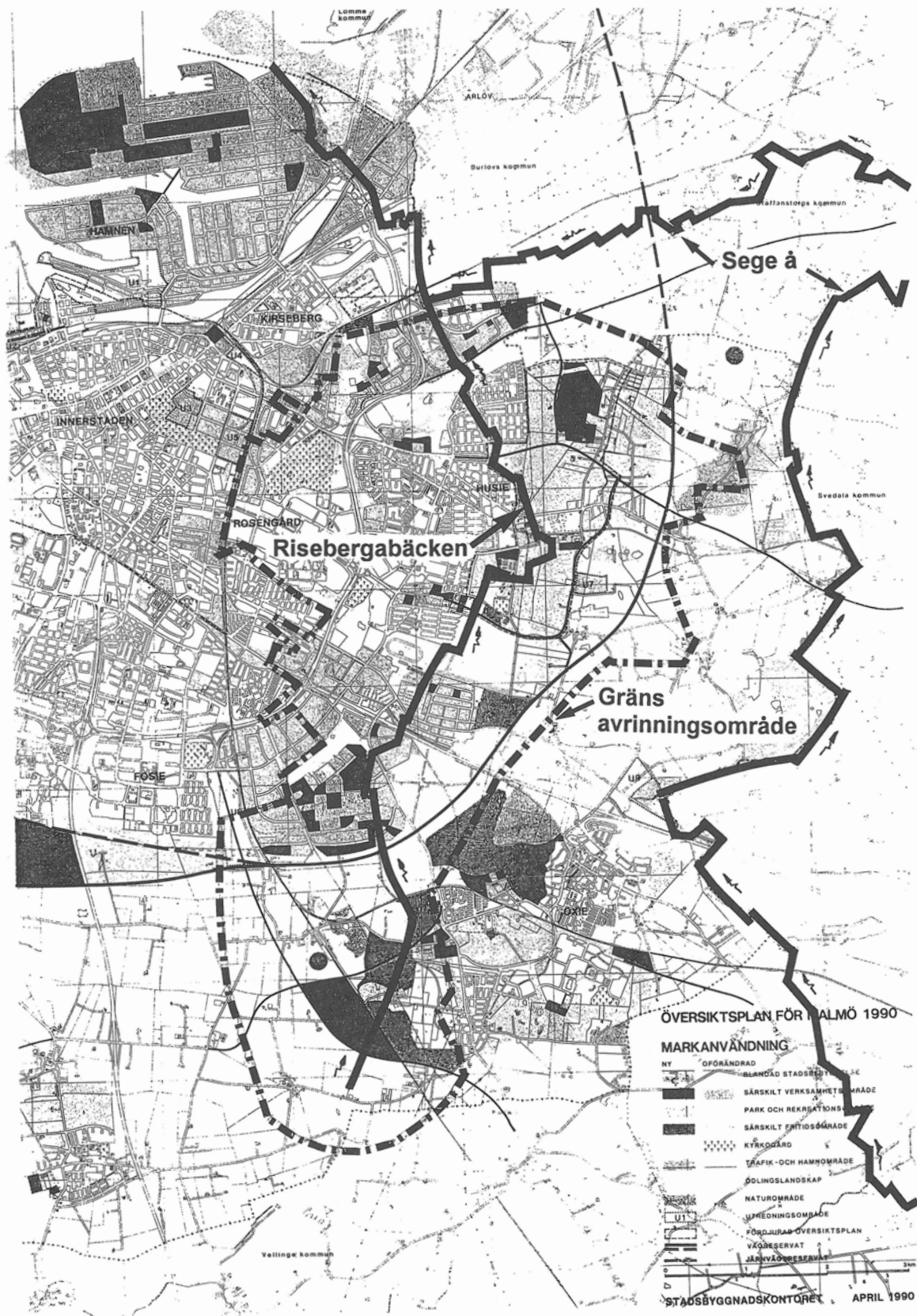
Risebergabäcken är ett biflöde till Segeå, se figur 23. I stort sett hela avrinningsområdet till Risebergabäcken är beläget inom Malmö kommun. Bäckens vatten kommer från jordbruksområden söder om Malmö och når tätorten i det sydöstra hörnet. Därifrån strömmar bäcken fram längs den östra randen av tätorten. Hela avrinningsområdet är ca 2920 ha (29,2 km<sup>2</sup>) stort och utgörs i huvudsak av åker- och parkmark, medan ca 340 ha utgörs av hårdgjorda ytor. Översiktsplanen föreslår exploatering som ger ytterligare ca 183 ha hårdgjord yta inom avrinningsområdet.

Hur översvämningskänslig är bäcken idag, hur kommer den planerade exploateringen att påverka översvämningsrisken och på vilken nivå kan den nya bebyggelsen planeras? Detta är exempel på frågeställningar som initierade denna modellstudie av Risebergabäcken.

### **Syfte med modellarbetet**

Målsättningen med studien var att beskriva Risebergabäckens hydrologiska och hydrauliska funktion med avseende på översvämningsrisken, att beskriva effekterna av den exploatering som kan tänkas ske i framtiden samt att föreslå åtgärder för att undvika problem i befintlig och tillkommande bebyggelse. Dessutom var målsättningen att testa olika åtgärdsalternativ om behov av detta fanns.





**Figur 23** Del av karta till gällande översiktsplan för Malmö med komplettering avseende Risebergabäcken och Segeå samt avrinningsområdets omfattning.

### **Projektets arbetsgång och tidplan**

Projektet som kan delas in i fem etapper genomfördes i samarbete mellan VBB Viak och Malmö VA-verk:

Etapp 1: Formulering av en vattendragsmodell i MOUSE-systemet för Risebergabäcken (hydraulik) och dess avrinningsområde (hydrologi).

Etapp 2: Fältmätningar omfattande kontinuerlig vattennivåmätning och flödesmätning i bäcken samt nederbörds-mätning inom avrinningsområdet.

Etapp 3: Verifiering av vattendragsmodellen mot resultaten från genomförda fältmätningar, dels med avseende på avrinningsområdets hydrologiska respons, dels med avseende på bäckens råhet.

Etapp 4: Tillämpning av den verifierade vattendragsmodellen för beskrivning av översvämningsrisken i Risebergabäcken för dels nuvarande förhållanden, dels efter planerad exploatering.

Etapp 5: Framtagande av principförslag till åtgärder för att minska risken för översvämnning i området. Effekterna av åtgärdsförslagen beskrivs med hjälp av vattendragsmodellen.

Projektet startade i september 1994 och slutredovisades i maj 1995. Fältmätningar genomfördes 1994-09-27 -- 1994-12-20.

### **Modellbeskrivning - avgränsningar**

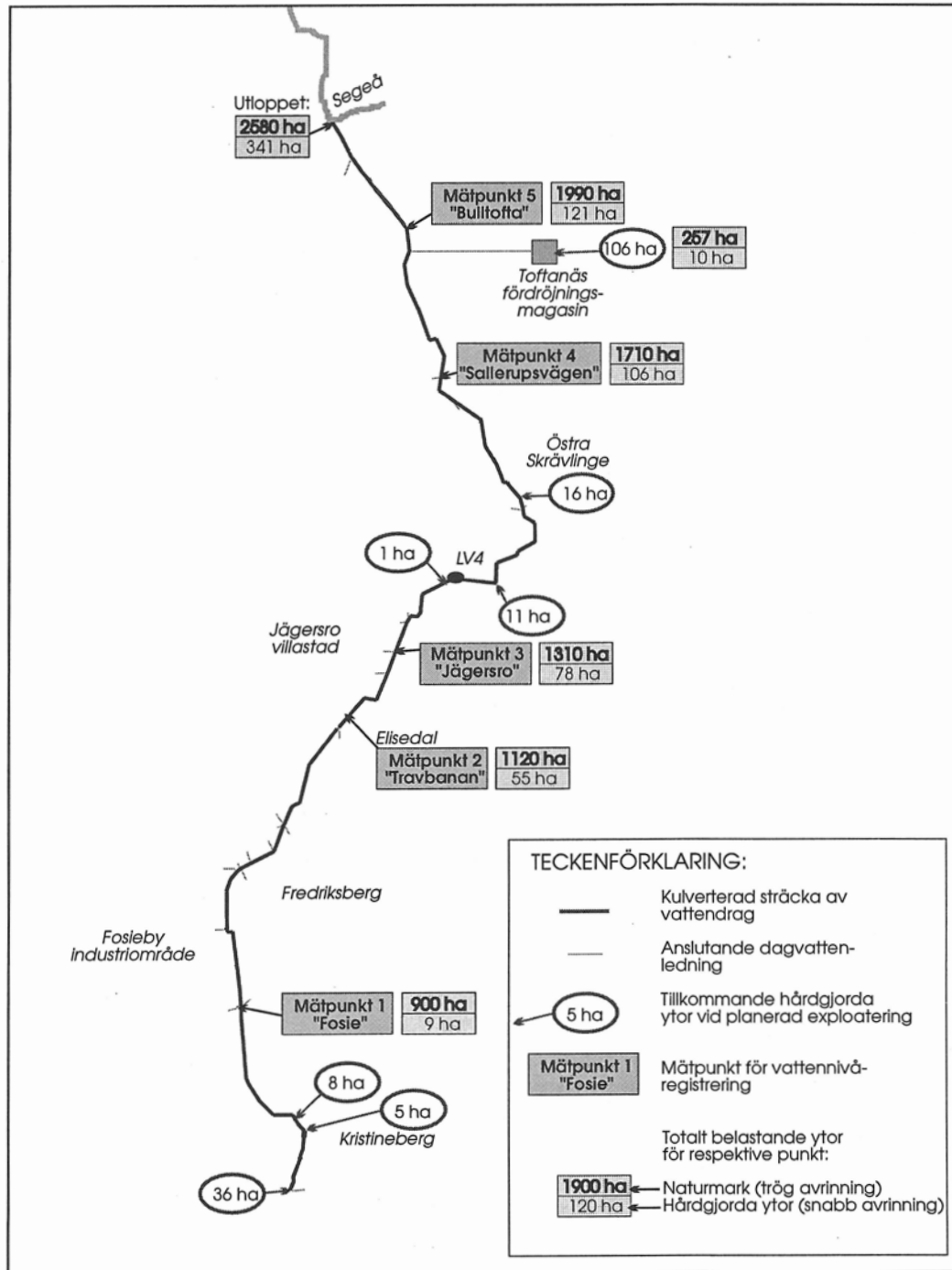
För att beskriva Risebergabäckens funktion har en vattendragsmodell formulerats i MOUSE-systemet. Denna modell omfattar dels en generell hydrologisk modell (Mouse NAM) som beskriver avrinningsområdets belastning på bäcken samt en hydraulisk modell (Mouse RÖR) som beskriver förutsättningarna för vattentransporten i bäcken.

Hela modellområdet omfattar ca 2920 ha. Av dessa är ca 340 ha hårdgjorda ytor medan resten består av naturmark. Avrinningen från områdena har beskrivits med den hydrologiska modellen som beskriver både den snabba avrinningen från de hårdgjorda ytorna och den trögare avrinningen från naturmarksområdena. Ytornas fördelning längs bäcken har baserats på tillgängligt ritningsmaterial. Modellen omfattar totalt 80 delområden. I figur 24 framgår hur stora ytor som belastar bäcken uppströms respektive mätpunkt.

Risebergabäckens fysiska utformning har beskrivits med den hydrauliska modellen. Bäckens tvärsektioner har lagts upp i modellen med hjälp av tvärsektioner och profiler hämtade från ritningsunderlag som togs fram i samband med rensning av bäcken under 70-talet. I bäckens uppströmsdel, där ritningsunderlag saknas, har tvärsektioner mätts

in (av VA-verket, nov. 1994). Likaså har ett antal tvärsnitt längs bäcken mätts in för kontroll.

Modellen omfattar dels 9600 meter vattendrag (bäck), dels 3700 meter ledning. Totalt omfattar modellen 145 knutpunkter.



**Figur 24** Vattendragsmodell över Risebergabäcken. 5 mät punkter har utnyttjats för verifiering av modellen.

## Mätningar

Under perioden 1994-09-27 -- 1994-12-20 utfördes kontinuerliga mätningar i Risebergabäcken. Mätpunkternas läge framgår av figur 24. I fyra punkter (mätpunkt 1 - 4) utfördes nivåmätning och i en punkt (mätpunkt 5) utfördes flödesmätning via nivåregistrering i bestämmande sektion (ett överfallsskibord monterades i bäcken). Under mätperioden utfördes även nederbörds-mätning vid tre stationer i eller i anslutning till avrinningsområdet.

## Kalibrering, verifieringsberäkning

Formuleringen av vattendragsmodellen baseras på tillgängligt kart- och ritningsmaterial som i alla detaljer ej kunnat ge en fullständig beskrivning. En verifiering mot fältmätningar är därför nödvändig för en trovärdig beskrivning av tryck- och flödesförhållanden i bäcken. Mätresultatet från fältmätningarna som genomfördes under hösten-vintern 1994 har utnyttjats för verifieringen.

De största osäkerheterna vid formulering av en vattendragsmodell ligger normalt i avrinningsområdenas respons (hydrologiska områdesparametrar) och vattendragets råhet för olika delsträckor (hydraulik). En ytterligare osäkerhet i formuleringen av modellen över Risebergabäcken är bäckens tvärsektioner. Flertalet tvärsektioner är hämtade från ritningsmaterial från rensningen av bäcken på 70-talet, och är således ej helt överensstämmande med dagens situation.

Vid verifieringen av modellen har råhet och tvärsektioner betraktats som en gemensam parameter för trögheten i bäcken. Vid verifieringen har råheten för de olika delsträckorna justerats medan tvärsektionerna har valts att hållas till den utformning som erhållits från ritningsmaterialet.

De hydrologiska områdesparametrarna verifierades i första hand mot uppmätt flöde i mätpunkt 5 (Bulltofta). Den snabba tidskonstanten för avrinningsområdena kalibrerades sedan mot uppmätta vattennivåer i övriga mätpunkter.

## Beräkningsmetodik

Vid modellberäkningarna har en rangordnad nederbördserie med 10-minutersvärden för åren 1929-1950 från Malmö utnyttjats. Ur denna serie har de 7 största nederbördstillfällena med avseende på volym och olika varaktigheter studerats. Vattendragsmodellen har belastats med dessa regn för att göra det möjligt att rangordna dem med avseende på översvämningensrisken. Efter en första genomräkning av de 7 regnen valdes 2 regn ut för vidare beräkningar, dels det regn som gav störst uppdämning i bäcken, dels det regn där översvämning precis undgås.

Det största regnet (1931-07-08), ca 100 mm, motsvarar statistiskt sett ett regn med 100 års återkomsttid. Som jämförelse har ett 100-års blockregn (typ CDS) även beräknats.

Detta regn ger ungefär samma uppdämningseffekt som det historiska regnet. Effekterna av det andra regnet (1948-08-07), ca 30 mm, uppskattas motsvara en situation med en återkomsttid på mellan 5 och 10 år.

Det bör påpekas att de studerade nederbördstillfällena har inträffat under sommaren. Nederbördstillfällena i samband med vinterperioden (hög markvattenhalt) skulle eventuellt kunna ge en svårare situation för bäcken, då avrinningen från naturmarken är större under denna period. När det gäller avrinningen från de hårdgjorda ytorna är det däremot de stora sommarregnen som är avgörande. I syfte att kunna se effekterna av den planerade exploateringen (ökade hårdgjorda ytor) är därför sommarsituationen lämplig att studera.

### **Resultat, slutsatser, åtgärdsförslag**

Modellberäkningarna visar att vid det mindre av regnen, "5-10-årssituationen", inträffar inga översvämningar inom området. För det största regnet, "100-årssituationen", inträffar översvämningar på 5 olika platser längs bäcken.

Beräkningarna visar vidare att den planerade exploateringen medför att översvämning sker även vid "5-10-årssituationen" i ett område. För "100-årssituationen" förstoras översvämningsområdena något i jämförelse med situationen innan exploatering.

Olika åtgärdsexempel har simulerats med målsättning att minska i översvämningensrisken i området. Den huvudsakliga åtgärdsprincip som tillämpas i exemplen är utjämning av flödet i bäcken genom anläggande av utjämningsdammar i anslutning till bäcken. En annan åtgärdsprincip som tillämpats är att dagvatten från hårdgjorda ytor i de nyplanerade områdena i möjligaste mån tas om hand lokalt inom området genom att dagvattnet avleds ut över gräs eller andra infiltrationsytor, "trög dagvattenhantering". I exemplen har antagits att 50 % av dagvattnet i villaområdena och 25 % av dagvattnet i industriområdena tas om hand på detta sätt.

Exemplen visar att för att helt undgå översvämning längs bäcken vid "100-årssituationen" erfordras förutom trög dagvattenhantering att 6 st utjämningsdammar motsvarande totalt ca 200 000 m<sup>3</sup> anläggs i anslutning till bäcken.

### **Erfarenheter av projektet och nyttan med modellen**

Att hitta bra mätstationer för nivå- och flödesmätning i vattendrag är inte helt lätt, dels med tanke på montering av givare, dels med tanke på att mätutrustningen ska få vara i fred. I Risebergabäcken monterades nivågivare under brokonstruktioner och flödesmätningen utfördes med hjälp av ett överfallsskibord som monterades i bäcken. Vid mätningarna hade vi otur att få ett par mätare förstörda av några klåfingriga personer.

Med stöd av modellstudien kunde följande viktiga *rekommendationer* ges:

- Dagvatten från hårdgjorda ytor i samtliga nyplanerade områden rekommenderas i möjligaste mån tas om hand lokalt inom området genom att dagvattnet avleds ut över gräs eller andra infiltrationsytor, "trög dagvattenhantering".
- För att skapa ytterligare kapacitetsutrymme i bäcken bör även inom befintliga planområden strävas efter att minska dagvattenavrinningen genom att låta dagvatten rinna ut över infiltrationsvänliga ytor. Anläggande av öppna dagvattenmagasin och våtmarker är positivt för reducering av flöden och även av eventuella föroreningar i dagvattnet.
- För att översvämningar längs bäcken ska undgås vid en 100-årssituation, både för nuvarande förhållanden och efter beaktande av planerad exploatering, krävs förutom en "trög dagvattenhantering" i nya områden att flödet i bäcken utjämnas. Detta föreslås göras genom anläggande av utjämningsdammar uppströms eller i anslutning till översvämningssområdena. Volym och läge kunde preciseras med hjälp av modellen och kartunderlag.
- De från beräkningarna erhållna högsta vattennivåerna i bäcken, för ett regn med en återkomsttid av 100 år, rekommenderas att ligga till grund för bestämning av bebyggelse och anläggningars plan- och höjdläge i området kring Risebergabäcken. Det är viktigt att ha detta typ av underlag tillhands i ett tidigt skede i arbetet med kommande översikts- och detaljplan.

## **Exempel 9 Akut spridning av föroreningar i dagvattennät, Statens Räddningsverk**

### **Sammanfattning**

En modell där MOUSE genom animering visar hur akuta föroreningar sprids i dagvattennät har utvecklats för Räddningsverket. Den ska användas i samband med undervisning för att illustrera förlopp på ett generellt sätt.

### **Kontaktperson**

Björn Albinson, Räddningsverket. Tel: 054-10 40 00. Fax: 054-10 28 89.  
Projektledaren Cecilia Wennberg hos VBB Viak, Stockholm.

### **Bakgrund**

MOUSE används normalt för att visa flöden av vatten men även hur farliga ämnen kan hamna i ledningssystemen. För att studera effekterna av akuta utsläpp i dagvattenledningar i samband med olyckshändelser med farliga ämnen har ett arbete utförts med hjälp av MOUSE-systemet. Presentation ska ske för räddningspersonal som inte är vana att tyda VA-branschens facktermer och därför behövdes ett enkelt sätt att presentera resultaten.

### **Syfte**

Modellen ska användas i undervisning för att medvetandegöra de problem som räddningstjänsten kan ställas inför. Genom att göra en animerad visning och samtidigt förklara uppbyggnaden av ledningssystem och förlopp under olika yttre förhållanden ökar kunskapen om risker och möjligheter att åtgärda dem. Planering av åtgärder för att begränsa skadorna kan förenklas när dynamiken förstås. Tekniken ska kunna tillämpas även i spillvattennät.

### **Arbetsgång och tidplan**

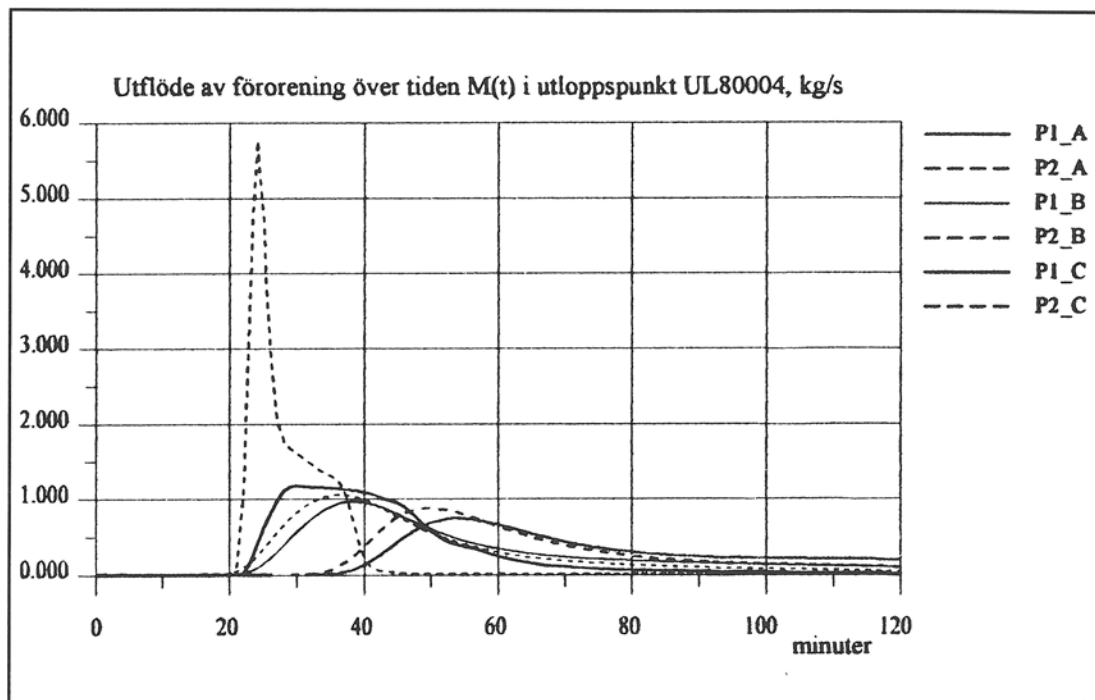
Dagvattnetsystemet i Våxnäs industriområde i Karlstad har tidigare studerats hydrauliskt med MOUSE. Resultatet från denna studie har använts i projektet.

### **Modellbeskrivning - avgränsningar**

En modul har utvecklats som tar tillvara systemets möjligheter. Dynamiken illustreras

---

med hjälp av MouseTrap och Mike View. Förloppet i tid och med olika variabler visas. Sex olika scenarier ingår. I två utsläppspunkter rinner det ner antingen 20 m<sup>3</sup> vätska under 30 minuter, 20 m<sup>3</sup> under 30 minuter med tillsats av släckvatten och skumvätska eller samma mängd i samband med regn (0,2 årsregnet). Systemet hanterar inte olika ämnens egenskaper.



**Figur 25** Transporterade mängder i de sex olika varianterna. Bildens avvikande kurva beror på fördelningen av hårdgjorda ytor som avvattnas.

## Resultat, slutsatser, åtgärder

MOUSE-systemet, med denna modul, har blivit ett illustrativt underlag för diskussioner. Tider kan visas liksom maximala flöden och koncentrationer. En grafisk redovisning kan ske i valfria punkter längs systemet liksom en animering av flöde/koncentrationer.

Ett annat resultat av projektet blev upptäckten att det saknades grundläggande information hos många räddningsbefäl om dag- och spillvattensystemens inverkan i samband med olika uppdrag. Man lär sig ofta underhand från inträffade händelser och genom att samarbeta med VA-tekniker. Räddningsverket kommer nu att göra en skrift om detta. Den ska även handla om de olika frågor som kommer upp i samband med översvämningar och större bränder



### **Erfarenheter och nyttan av modellen**

MOUSE-systemet illustrerar förlopp och variabler på ett sätt som är svårt att göra utan datorsystem. Den största nyttan kommer modellen att ge som ett utbildningshjälpmedel tror Räddningsverket.

Den utvecklade modulen kan användas i andra VA-system för att skapa en känsla för problemen på "hemmaplan". Behovet av samverkan blir tydligt. Det kan användas för diskussion om utspädning av ämnet eller om spridningen ska stoppas så nära utsläppspunkten som möjligt. Tidsmarginalerna är i detta exempel små. Ämnets egenskaper hanteras ej. Men man kan ändå diskutera risker och lämpliga åtgärder utifrån ämnets egenskaper (tyngre eller lättare än vatten, blandbarhet med vatten, toxicitet, vidhäftande egenskaper).

Räddningsverket har fått en dedikerad modell låst till de sex olika scenarierna men den utvecklade modellen med sitt presentationsprogram kan användas i andra system.

## **Exempel 10      Parkdammen vid Umeå universitet**

### **Sammanfattning**

Parkdammen vid Umeå Universitet har senare år fått allt högre vattennivåer vid högvattenföring vilket medfört dämning av dräneringsledningar vid närliggande byggnader. För att avgöra vilka åtgärder som behöver vidtas för att stabilisera vattenståndet i dammen har manuella beräkningar samt övergripande beräkningar och bedömningar med hydrologiska och hydrauliska datormodeller med programvaran MOUSE genomförts.

Projektet har genomförts enligt en i förväg väl genomtänkt och planerad arbetsgång.

MouseRÖR har använts vid kapacitetsberäkningar nedströms dammen och planeras att användas vid beräkningar för hela avrinningsområdet uppströms dammen. Utformning av en översiktlig MouseNAM-modell för hela avrinningsområdet för dagvattensystemet hörande till parkdammen har genomförts. Den planeras att kalibreras när ytterligare fältmätningar genomförts.

Utförda fältmätningar är TV-inspektion av utgående dagvattenledning från dammen, flödesmätningar vid dammen och nederbördsräkning. Kontinuerlig flödes- och nederbördsräkning genomförs sedan augusti 1996.

Utförda beräkningar har klarlagt kapaciteten på dagvattensystemet nedströms dammen och visat att dämning vid utloppet från dammen ej är tillåten mht dräneringsnivåerna vid omgivande byggnader.

Det är för tidigt att i nuläget bedöma om utgående ledning från dammen är underdimensionerad i förhållande till det verkliga maxflödet genom dammen. Ytterligare datormodellberäkningar och fältmätningar förväntas ge mer exakta svar på vad som orsakat de tidigare översvämningarna vid dammen. Kommunens målsättning är att projektets fortsättning ska medföra en slutlig lösning för dammens drift.

### **Kontaktpersoner, arbetsplats**

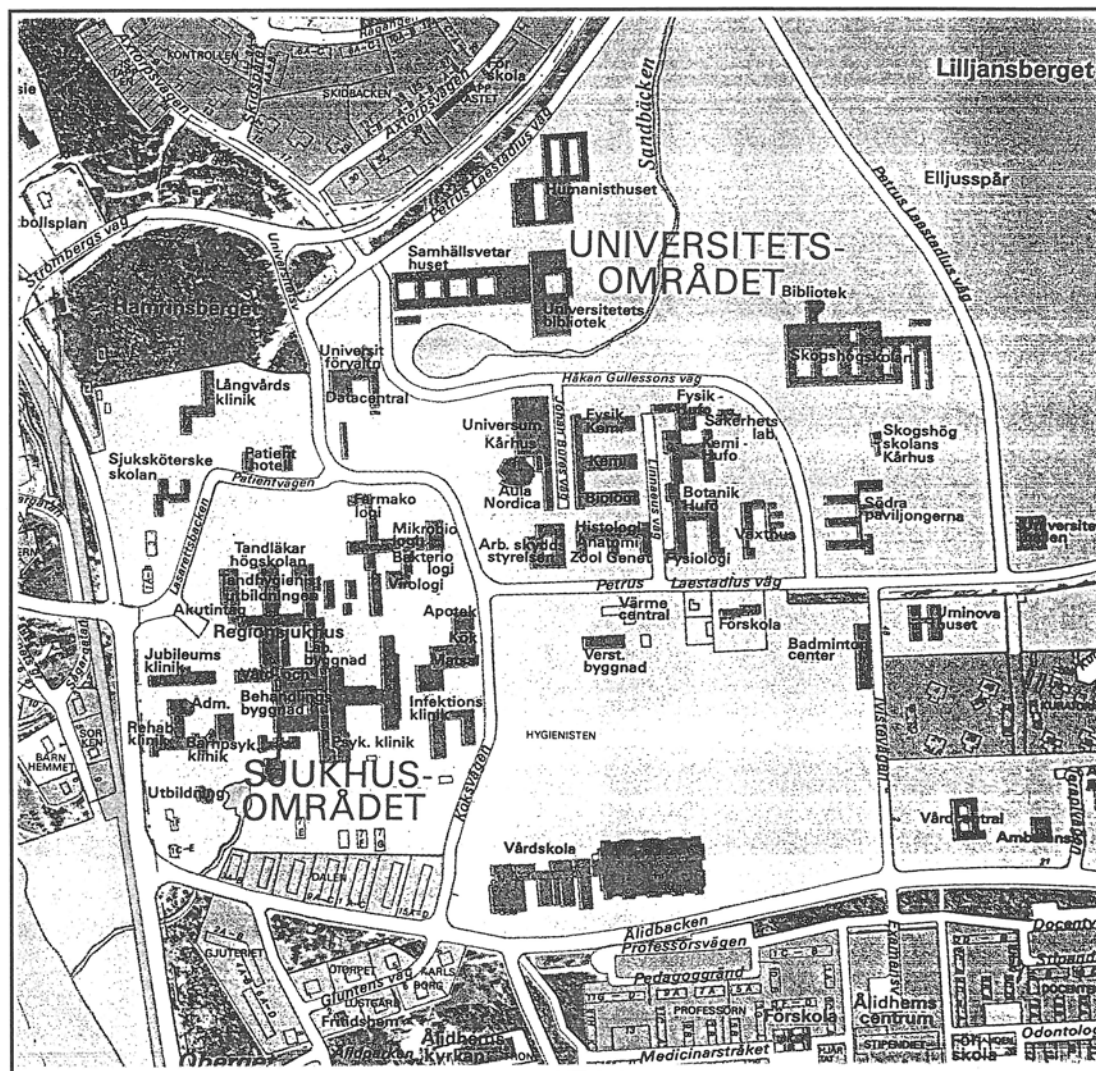
Kurt Knutsson, Umeå kommun. Tfn: 090-16 10 00. Fax: 090-16 13 47.

Ulf Wiklund, VAB Arkitekter & Ingenjörer AB

### **Bakgrund till projektet**

Parkdammen vid Umeå Universitet har senare år fått allt högre vattennivåer vid högvattenföring. Enligt gjorda iakttagelser stiger nivån i Parkdammen snabbt vid kraftiga och intensiva regn och då sker en dämning av dräneringsledningarna vid närliggande byggnader. Man har främst iakttagit dessa problem vid de omkringliggande

byggnaderna samhällsvetarhuset, biblioteket, UMDAC (datacentralen) och förvaltningsbyggnaden. Se situationsplan nedan.



Figur 26 Situationsplan över Universitetsområdet och dammen

Dammen kan enligt uppgift stiga ca 1,5 m, dvs så att strömning sker över dammkrönet. Vid snösmältningsperioder har liknande problem ej kunnat iakttagas. Vattennivån i dammen får ej överstiga +19,80 m.

Projektering av nya dränvattenledningar för samhällsvetarhuset har nyligen slutförts. Konstruktionen av dessa påverkas i hög grad av vattennivåerna i dammen. Om vattenytan ej kan hållas under +19,80 m måste pumpning av dränvattnet ske. Vid projekteringen har en förutsättning varit att vattennivåerna i dammen ej ska överstiga den angivna maxnivån.

För att avgöra vilka åtgärder som behöver vidtas för att stabilisera vattenståndet i dammen måste kapacitetsberäkningar avseende maxflöden genomföras. VAB fick därför detta uppdrag av Umeå kommun.

### **Syfte med modellarbetet**

Projektet har omfattat manuella beräkningar samt övergripande beräkningar och bedömningar med hydrologiska och hydrauliska datormodeller med programvaran Mouse för att om möjligt besvara följande frågeställningar:

- Vilken kapacitet har dagvattensystemet nedströms dammen?
- Hur stort är det dimensionerande maxflödet till dammen?
- Finns det några "trånga sektioner" i systemet?
- Vad är orsaken till att vattennivån i dammen tidvis har överstigit vattennivån +19,8 m?
- Vilka åtgärder krävs för att förhindra att vattennivån överstiger + 19,8 m?

### **Projektets arbetsgång och tidplan**

I projektets inledningsskede diskuterades projektets uppläggning och genomförande. Det beslutades att utföra projektet enligt följande arbetsgång:

1. Genomföra kapacitetskontroll av dagvattensystemet nedströms parkdammen, inklusive utloppet från dammen, med MouseRÖR. Syftet med beräkningarna var att klarlägga vilket flöde som är dimensionerande för systemet samt vilka delar som är begränsande.
2. Genomföra manuella tid-area-beräkningar för ett antal olika delavrinningsområden hörande till dagvattensystemet uppströms Universitetsdammen. Beräkna dimensionerande flöden samt genomsnittliga rinntider för hela avrinningsområdet. Som underlag användes grundkartor med nivåkurvor för aktuella områden.
3. Utformning och beräkning med en översiktlig MouseNAM-modell för hela avrinningsområdet för dagvattensystemet hörande till Universitetsdammen.
4. Kalibrering av MouseNAM-modellen. För kalibrering av modellen krävs beräkningar där modellen belastas med verkligt uppmätta regnserier och jämförelser av uppmätta och beräknade flöden genom dammen.
5. Utformning och beräkning med en översiktlig MouseRÖR-modell för hela avrinningsområdet för dagvattensystemet hörande till Universitetsdammen.

---

Beräkningar med MouseRÖR genomförs med detaljerade indata från MouseNAM enligt pkt 4 ovan.

I denna exempelsamling redovisas resultat från pkt 1-3 i beskrivningen där beräkningar genomfördes under våren 1996. Punkt 4-5 planeras att genomföras under ett senare skede sedan fältmätningar utförts. Fältmätningar i form av nederbördsräkning och flödesmätning har påbörjats i augusti 1996. Se noggrannare beskrivning nedan.

### Modellbeskrivningar - avgränsningar

Kapacitetskontroll av dagvattensystemet nedströms parkdammen, inklusive utloppet från dammen genomfördes med MouseRÖR. MouseRÖR-modellen har belastats med vattenmängder enligt följande:

- Flödet  $2,6 \text{ m}^3/\text{s}$  vid utloppet från dammen, KNP1329, motsvarande maximal nivå + 19,8 m i dammen.
- Teoretiskt dimensionerande 10-årsregn (CDS-regn) med 20 minuters varaktighet och val av Z-parametern enligt rapport R18:1979 "Regional fördelning av nederbördsintensitet" från Statens råd för byggnadsforskning, för lokal anpassning efter förhållandena i Umeå. Modellen belastades med idag kända uppgifter avseende tillrinningen till dammen.

Indata till modellen utgjordes dessutom av xyz-koordinater för brunnar, ledningsnivåer, ledningsdimensioner, ledningsmaterial m m. Underlaget till modellen utgjordes av befintligt kartmaterial, kommunens digitala inmätta ledningskartor och kompletterande inmätningar. Området indelades i ett antal olika delområden och dagvattenflöden vid respektive delområde beräknades med ytavrinningsmodellen i MouseNAM och tillfördes tillhörande brunn. Syftet med beräkningarna var att klarlägga vilket flöde som är dimensionerande för systemet samt vilka delar som är begränsande.

Utformning av en översiktlig MouseNAM-modell för hela avrinningsområdet för dagvattensystemet hörande till Universitetsdammen. Erfarenheter från liknande beräkningar visar att de snabba förloppen, dvs direkt avrinning från hårdgjorda ytor, ofta kan utgöra i storleksordningen 90 % av det totala flödet. De snabba förloppen är således dimensionerande. Vid beräkningarna belastades modellen med olika statistiska regn (10 årsregn) för att bestämma ett dimensionerande flöde.

Slutligen planeras (se pkt 5 ovan) uppbyggnad av en översiktlig MouseRÖR-modell för hela avrinningsområdet för dagvattensystemet hörande till parkdammen. Beräkningar med MouseRÖR planeras att genomföras med detaljerade indata från MouseNAM enligt pkt 4 ovan. Med hjälp av rörmodellen kan simuleringar av t ex erforderliga utjämningsmagasin uppströms i systemet beskrivas. Indata till modellen utgörs av samma uppgifter som vid pkt 1 ovan. Ytterligare indata, bottenivåer och tvärsnitt avseende Sandbäcken vid några lämpliga punkter, krävs också.

---

## Mätningar

TV-inspektion av dagvattenledningen dim 1200 mm från Universitetsdammen till patienthotellet för att kartlägga ledningens verkliga kapacitet och kondition genomfördes under mars 1996. Några större inläckage kunde iakttas längs sträckan, men framförallt upptäckte man ett kraftigt igensatt galler ca 250 m nedströms dammutloppet vid Patienthotellet som utgjorde en kraftig strypning i systemet. Vid Patienthotellet fördelas dagvattnet dels till kulvert direkt ut till Umeälven och dels till dagvattenledning som går via en damm på lasaretsområdet.

I nuläget finns ej underlagsmaterial i den omfattning att pkt 4-5 enligt ovan är möjlig att genomföra. Följande fältmätningar har därför påbörjats under augusti 1996 och planeras att genomföras under ca ett år:

- Nederbördsmätning med hög upplösning mellan varje mätvärde genomförs vid en närliggande avloppspumpstation.
- Flödesmätning avseende tillrinningen till parkdammen mäts kontinuerligt. Nivåmätning genomförs med tryckgivare vid utloppet (rakt skibord) från dammen.

## Kalibrering och verifieringsberäkningar

Kalibrering och verifieringsberäkningar avseende NAM- och RÖR-modellen planeras att genomföras sedan samtliga beräkningar och mätningar genomförts enligt det som tidigare beskrivits.

## Resultat, slutsatser och åtgärdsförslag

Utförda kapacitetskontroller har visat att befintlig dagvattenledning nedströms parkdammen och fram till Patienthotellet, ca 250 m, har en teoretisk kapacitet på ca 2,0 m<sup>3</sup>/s vid fritt flöde (maxnivå +19,8 m i dammen) inklusive tilläggsförluster pga inströmnings- och utströmningsmotstånd i brunnar.

Kulvertintaget vid parkdammen (utloppet) har en skibordsöppning med måtten 0,3\*2,0 m<sup>2</sup>. Möjligt maxflöde genom öppningen har beräknats till 2,6 m<sup>3</sup>/s vid fritt flöde och 1,1 m<sup>3</sup>/s vid dämning nedströms öppningen. Vid dämning kommer således en kraftig strypning att ske över öppningen.

Resultaten från beräkningarna med RÖR-modellen visade att det skedde kraftiga dämningar i ett flertal brunnar nedströms dammen. Exempelvis beräknades maximal vattennivå vid en brunn intill förvaltningsbyggnaden till 20,41 m, dvs långt över nivån på dräneringsledningarna vid byggnaden som ligger på nivån +19,2 m.

Det dimensionerande flödet till parkdammen beräknades med manuella tid-area-

---

beräkningar uppgå till mellan 3,1 och 4,0 m<sup>3</sup>/s, beroende på hur avrinningskoefficienterna för de olika delområdena valts.

Orsakerna till att vattennivån i dammen tidvis överstigit maximala vattennivån +19,8 m är troligtvis en kombination av det som tidigare beskrivits, dvs högt flöde till dammen, strypning vid utloppet från dammen, igensatt galler och eventuellt alltför liten dimension på utgående ledning från dammen. Eftersom mätdata avseende tillrinningen till dammen saknas är det i nuläget ej möjligt att värdera vad som är huvudorsak till problemen.

Aktuella åtgärder för att förhindra att vattennivån överstiger +19,8 m kan vara fördröjningsmagasin uppströms längs Sandbäcken, bräddning/pumpning av maxflöden till kulvert vid patienthotellet, ombyggnad av aktuell dagvattenledning m m.

### **Erfarenheter av projektet och nyttan med modellen**

Projektet har visat att man med hjälp av resultat från datormodellberäkningar i kombination med manuella beräkningar och fältmätningar kan genomföra åtgärder så att akuta problem försvinner. I detta fall rensades det igensatta gallret omgående och åtgärder för att minska inläckagen på utgående dagvattenledning har genomförts. Dessutom har en underhållsplan upprättats avseende tillsyn av både inläckage till ledningen och rensning av gallret.

Vidare har beräkningarna visat att dämning ej är tillåten i intagskulvert (utloppet från dammen) mht dräneringsnivåerna i omgivande byggnader. Med denna förutsättning blir skibordsöppningens kapacitet 2,6 m<sup>3</sup>/s vid maxnivå i dammen medan den utgående ledningens kapacitet är max 2,0 m<sup>3</sup>/s vid helt fylld sektion. Någon ökning av skibordsöppningens area krävs således ej i detta fall. Dagvattensystemets kapacitet nedströms dammen skulle i detta alternativ bli maximalt ca 2 m<sup>3</sup>/s. Fördelen med att inte tillåta dämning är att dräneringsvatten från närliggande byggnader ej behöver pumpas. Nackdelen är att kapaciteten nedströms dammen blir lägre än om dämning accepteras och därmed finns ett behov av olika typer av åtgärder. Aktuella åtgärder är utjämningsmagasin uppströms eller bräddanordning från dammen.

Kommunens målsättning är att projektets fortsättning ska medföra en slutlig lösning för dammens drift. Projektets fortsättning planeras att utföras enligt pkt 4-5 i tidigare beskriven arbetsgång.

Det är för tidigt att i nuläget (augusti 1996) bedöma om utgående ledning från dammen är underdimensionerad i förhållande till det verkliga maxflödet genom dammen. Ytterligare datormodellberäkningar och fältmätningar förväntas ge mer exakta svar på vad som orsakat de tidigare översvämningarna vid dammen.



## Exempel 11      Växjö, Spetsamossens utjämningsmagasin

### Sammanfattning

Sedan nya utbyggnadsområden anslutits till det äldre dagvattensystemet genom Växjö centrum har ledningsnätet inte klarat av att ta hand om allt regnvatten. Vid häftiga regn har gator och parkeringsplatser i centrum översvämmats.

Dagvattensystemet har beskrivits med den hydrauliska modellen MouseRÖR. Modellen har använts för att klarlägga funktionen i det befintliga systemet samt för att studera effekten av alternativa åtgärder för att undvika framtida översvämning.

Som lämplig åtgärd har ett öppet utjämningsmagasin utförts, och med modellen som hjälpmedel har magasin och ledningar dimensionerats.

### Kontaktperson

Kjell Gustafsson  
Växjö kommun, Tekniska förvaltningen  
Box 1222  
351 12 Växjö  
0470 / 410 00 (växel) -- 0470 / 126 67 (fax)

Exemplet har sammanställts av Elisabet Sterner, VBB Viak, Växjö.

### Bakgrund till projektet

Det äldre dagvattensystem genom Växjö centrum har fortlöpande fått ta hand om dagvatten från nya utbyggnadsområden. Avrinningsområdet kom att omfatta totalt 270 hektar bebyggt område från Norrleden i norr till Växjösjön i söder. Området blev så stort att ledningssystemet inte klarade av att ta hand om allt dagvatten från takytor, parkeringsplatser, gator och gårdar. Vid häftiga regn drabbades vissa centralt belägna gator och parkeringsplatser därför av översvämningar. Den kraftiga uppdämningen i dagvattensystemet vid kraftiga regn befarades även orsaka uppdämning i husgrundsdräneringar. På längre sikt skulle detta kunna innebära att dräneringsledningar sätts igen och dess funktion minskar med fuktskador som följd.

### Syfte med modellarbetet

Målsättningen med modellarbetet har i första hand varit att ta fram ett modellverktyg för att kunna bedöma lämpliga åtgärder för att undvika översvämningar i området och slippa kraftig uppdämning i systemet.



### **Projektets arbetsgång och tidplan**

- Under sommaren 1986 utfördes ett mätprogram i olika punkter i dagvattenssystemet.
- Under hösten 1987 genomfördes modellarbetet, som omfattade en modellformulering i MouseRÖR och verifiering mot mätdata. Modellberäkningar av det befintliga nätet genomfördes för att klarlägga kritiska ledningssektioner i systemet.
- Ett principförslag till åtgärder togs fram, att anlägga ett öppet utjämningsmagasin för dagvatten. Effekterna av åtgärderna beskrevs med hjälp av modellen.
- Byggnationen av det öppna dagvattenmagasinet startade 1988. Sommaren 1989 var hela anläggningsarbetet klart och magasinet kunde tas i drift.

### **Modellbeskrivning - avgränsningar**

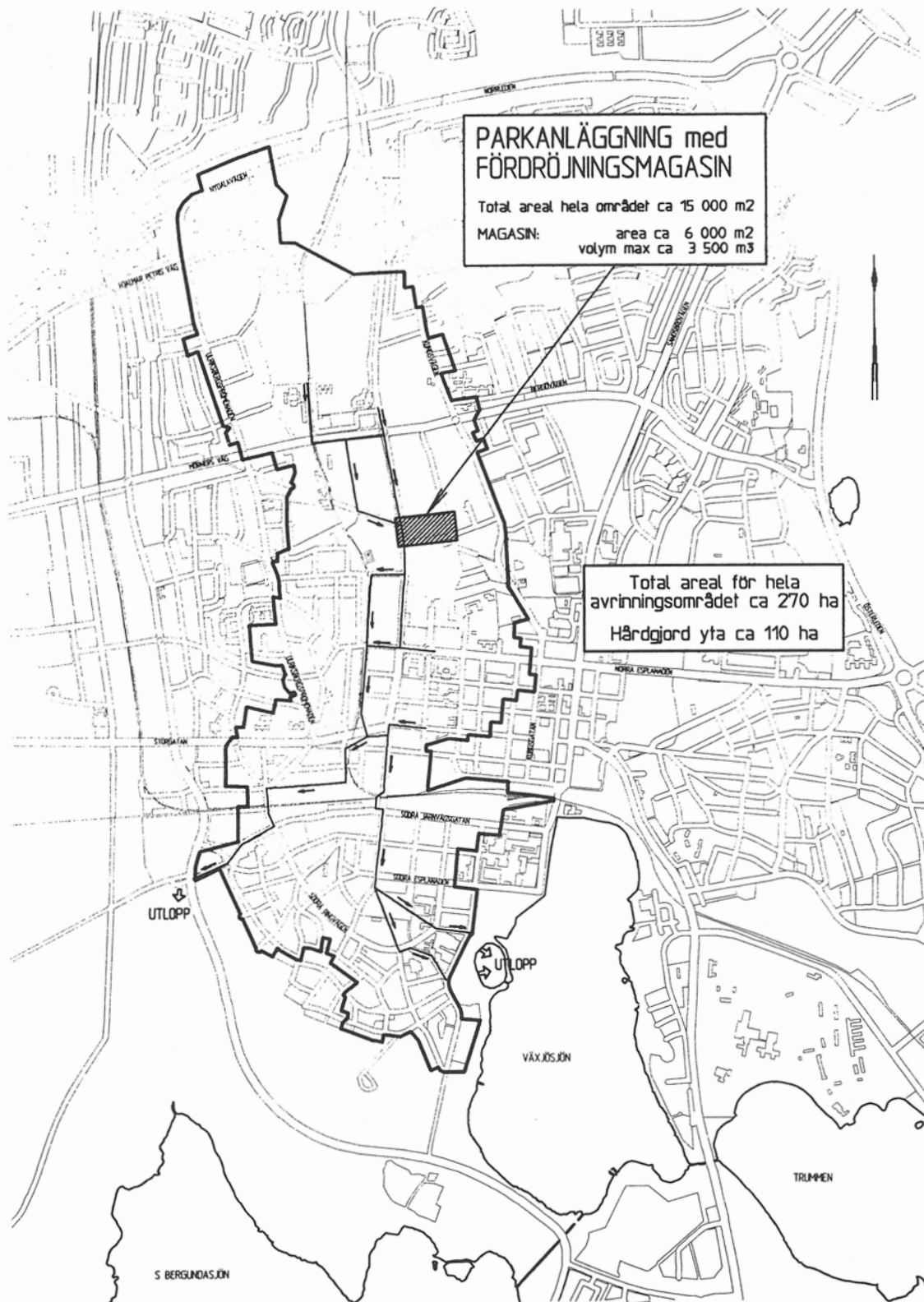
Dagvattensystemet i de centrala delarna av Växjö, se figur 1, har beskrivits i den hydrauliska modellen MouseRÖR. Dagvattenssystemet har tre utlopp, två i Växjösjön och ett i Södra Bergundasjön. Hela avrinningsområdet omfattar ca 270 ha. Ca 110 ha hårdgjorda ytor är kopplade till dagvattenssystemet. Modellen omfattar 14 000 meter ledning och totalt 170 knutpunkter.

### **Mätningar**

Under sommaren 1986 utfördes kontinuerliga mätningar i dagvattenssystemet. Mätningarna omfattade flödesmätning i utloppsledningarna samt nivåregistrering i nedstigningsbrunnar uppströms i systemet. Totalt omfattade mätprogrammet 8 mätpunkter för nivåmätning och 3 mätpunkter för flödesmätning. Under mätperioden utfördes även nederbörds mätning inom området.

### **Kalibrering, verifieringsberäkning**

Verifiering av MouseRÖR-modellen har utförts genom kontroll dels mot flödesmätning i utloppsledningarna, dels mot uppmätta dämningnivåer i nedstigningsbrunnar uppströms i systemet.



**Figur 27** Dagvattenssystemet i de centrala delarna av Växjö har beskrivits med en MouseRÖR-modell. Efter att nya bebyggelseområden tillkommit i norr omfattar avrinningsområdet totalt ca 270 ha.

## Resultat, slutsatser, åtgärdsförslag

Den färdiga (formulerade och verifierade) modellen användes först för att studera det befintliga dagvattensystemets funktion, bl a mht uppdämning i systemet. Härigenom framkom var kapacitetsbristen var i systemet, och därmed var åtgärder skulle planeras. Modellen användes vidare för att simulera tänkbara åtgärder med syfte att undvika besvärande översvämningar och förhindra skadlig uppdämning i systemet. Följande åtgärdsförslag upprättades, se även figur 27 och 28.

- Ett öppet utjämningsmagasin för dagvatten, om 3 500 m<sup>3</sup>, anläggs i ett centralt beläget parkområde, Spetsamossen.
- Flödet regleras till 500 l/s vid Lidbergsgatan, vilket medför att det regnvatten som inte ledningsnätet klarar av leds in i magasinet. Kraftiga flödestoppar utjämnas och fördröjs härmed.

Strypflödet har med hjälp av modellen dimensionerats för att trycknivån nedströms i systemet ej ska överstiga ledningshjassa. Magasinet har dimensionerats för att kunna fördröja ett regn med 5 års återkomsttid (typ CDS blockregn med 60 minuters varaktighet).

## Erfarenheter av projektet och nyttan med modellen

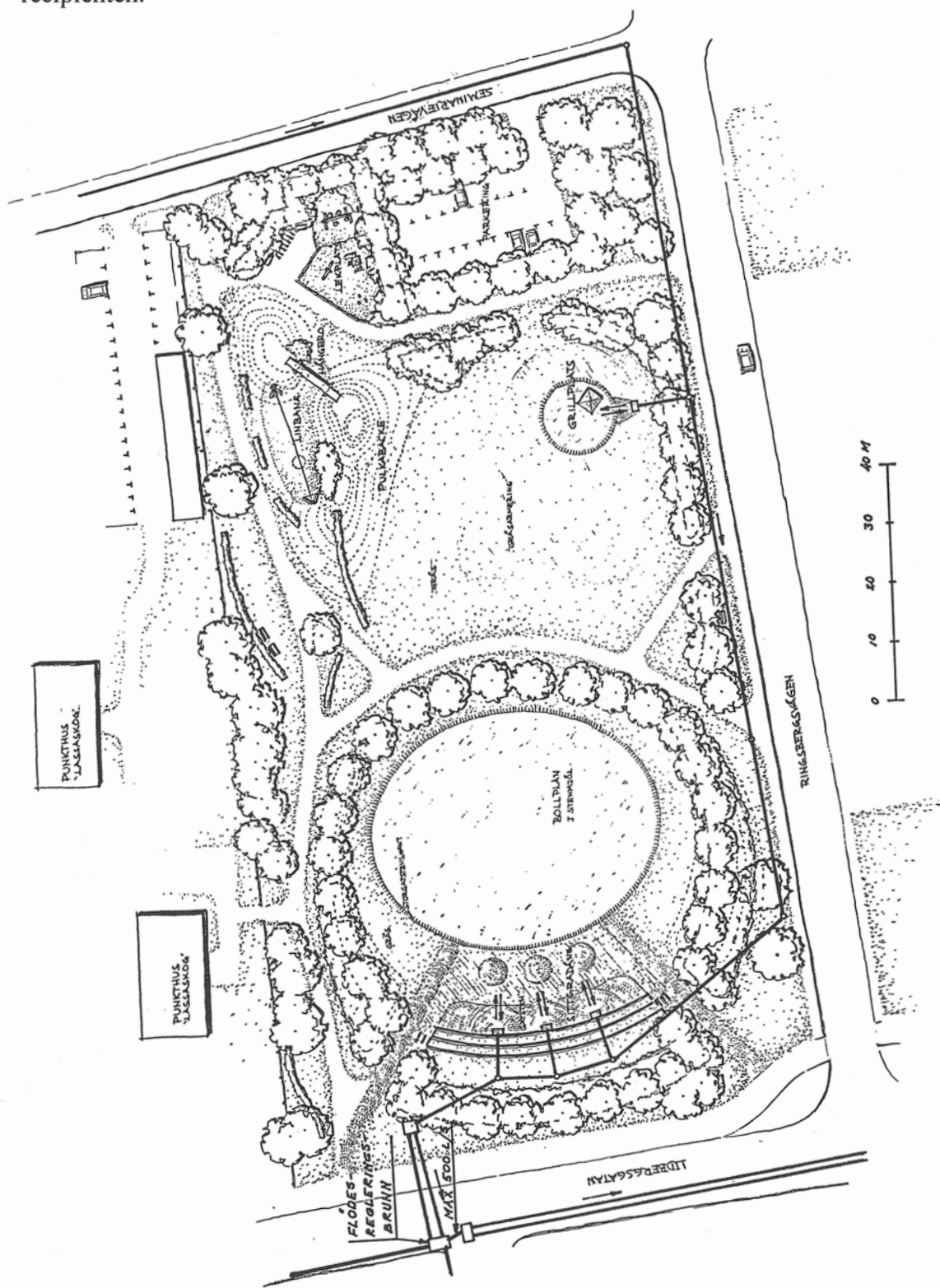
Utjämningsmagasinet har nu varit i drift i 7 år och har under denna tid fungerat som planerat. Det regnvatten som ledningssystemet inte klarar av, spolas upp i magasinet (sidomagasin). När regnet upphör töms magasinet relativt snabbt och ytorna kan på nytt användas för lek, idrott och rekreation.

Genom modellarbete har kunskap om ledningsnätets funktion erhållits. Modellen har också gjort det möjligt att studera effekten av olika strypflöden i systemet samt att dimensionera utjämningsmagasinets volym och ledningar.

Genom att ett utjämningsmagasin för dagvatten byggdes (total area på 15 000 m<sup>2</sup>) blev det möjligt att förnya parkområdet vid Spetsamossen. Trädgårdsarkitekter anlätades under planeringsarbetet varvid ett mycket trevligt och attraktivt parkområde tog form. Schaktmassorna utnyttjades till skydd för trafikbuller och som spännande lekkullar för barnen. De nedsänkta ytorna inramades av träd och buskar och kunde utnyttjas för aktiviteter som fotboll och boule. Nivåskillnaden mot angränsande gata utnyttjades till en naturlig läktare till en friluftsscenen. Tre rundlar av smågatsten i magasinets botten bildar själva scenen.

Flödesutjämning är en billig lösning om man jämför med kostnaden för att komplettera befintligt ledningsnät med nya dagvattenkulkvertar. Anläggningskostnaden för magasinet inkl park och lek område i Spetsamossen kostade 1989 ca 2,5 Mkr. Av denna kostnad utgjorde parkarbetena ca 0,6 Mkr. Det ska jämföras med en uppskattad kostnad på 12 - 15 Mkr för en konventionell lösning, som innebär komplettering av befintligt

ledningsnät med nya dagvattenkilvertar genom hårt trafikerade centrungator ner till recipienten.

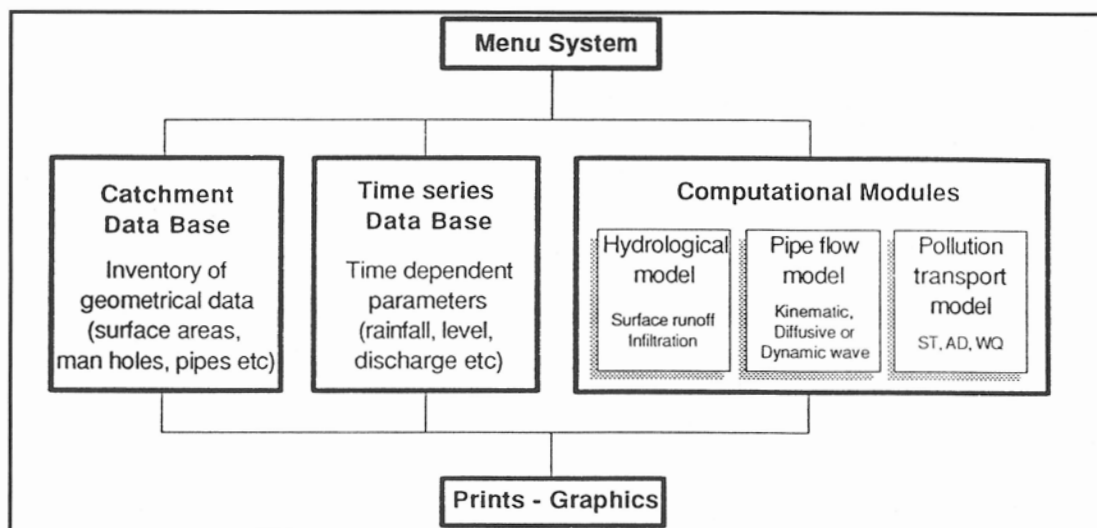


**Figur 28** Ett öppet uttåmningsmagasin för regnvatten i ett centralt beläget parkområde i Växjö, Spetsamossen.

## 7 Beskrivning av MOUSE-systemet

MOUSE-systemet innehåller ett antal delmoduler med varierande komplexitet och möjliggör beskrivning av ytavrinning, olika typer av inläckage till ledningssystem, flödes- och nivåutvecklingen i ledningssystem samt föroreningsbelastningar på avloppsreningsverk och recipient. Både förenklade och generella ekvationer och samband finns inkluderade i systemet, vilket ger användaren möjlighet att välja den bäst lämpade beräkningsmetoden för den aktuella problemställningen. Följande faciliteter utgör grunden för systemet, se även figur 29:

- Ett windowsbaserat menysystem för redigering, beräkning och redovisning av data, där en användarmanual finns integrerad i systemet via "hjälpmenyer"
- En databas för områdes- och ledningssystemdata
- En tidsseriedatabas för samtliga tidsberoende parametrar såsom nederbörd, flöden etc, vilken bl a möjliggör direkt jämförelse av beräknade och uppmätta flödesserier, sammankoppling av flera modeller i serie etc
- Rutiner för tabellering och grafisk presentation av in- och utdata, inklusive möjlighet för grafisk redovisning av såväl ledningssystemdata (plan och profil) som tidsserier och rörliga trycklinjer för valfria ledningsprofiler
- Beräkningsmodeller som medger generell hydrologisk modellering (avloppssystemets belastning), generell hydraulisk modellering (flödes- och nivåutvecklingen i avloppssystemet) samt generell kvalitetsmodellering (sedimenttransport, föroreningstranport etc i avloppssystemet)



Figur 29 Mousesystemets uppbyggnad

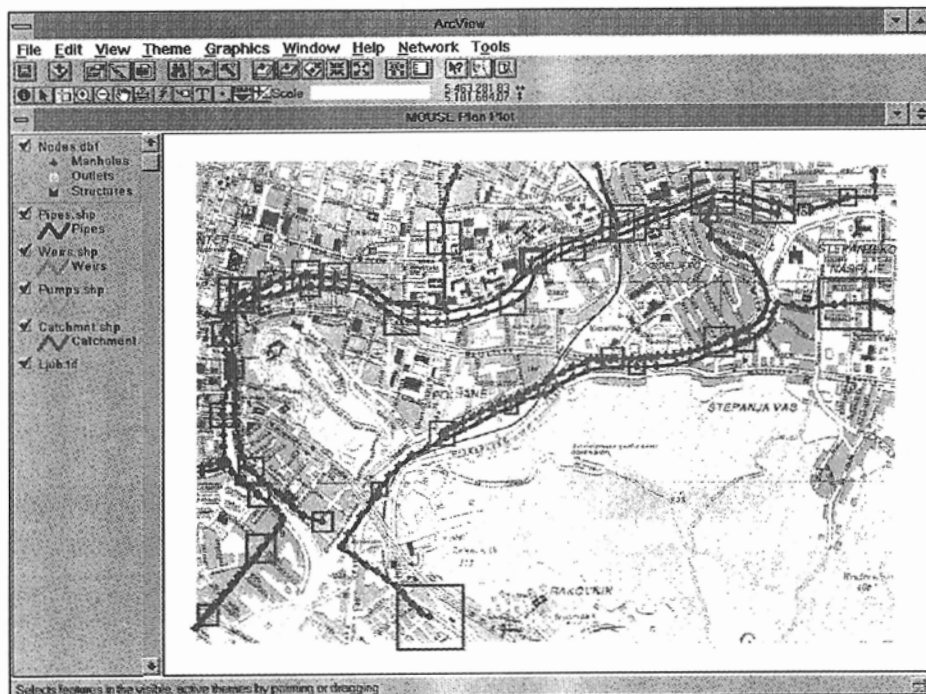
Systemet är uppbyggt kring en grundmodul bestående av menysystem, områdes- och ledningsdatabas, tidsseriedatabas och presentationsfaciliteter enligt beskrivningen ovan. Till denna kopplas sedan de specialmoduler och beräkningsmoduler som är aktuella för respektive användningsområde.

### MouseGIS - Modul för koppling mot GIS-världen och förenkling/hantering av modeller

MouseGIS är en applikation som arbetar tillsammans med GIS-verktyget ArcView. Applikationen består av två delar:

- Ledningsnätseditorn (Network Editor) och
- Resultatpresentationen (Result Presentation).

Ledningsnätseditorn används för att skapa sitt ledningsnät för vidare användning i MOUSE. Data kan hämtas från olika källor såsom MOUSE textfilsformat eller databaser. I editorn görs urval av de ledningar som skall modelleras i MOUSE. I systemet finns inbyggt flera olika sätt att förenkla ledningsnätet enligt kriterier på diameter, lutningsändring, stalp mm vilka användaren bestämmer. Förenklingen kan göras manuellt, stegvis eller automatiskt.



Figur 30 Planplot med MouseGIS

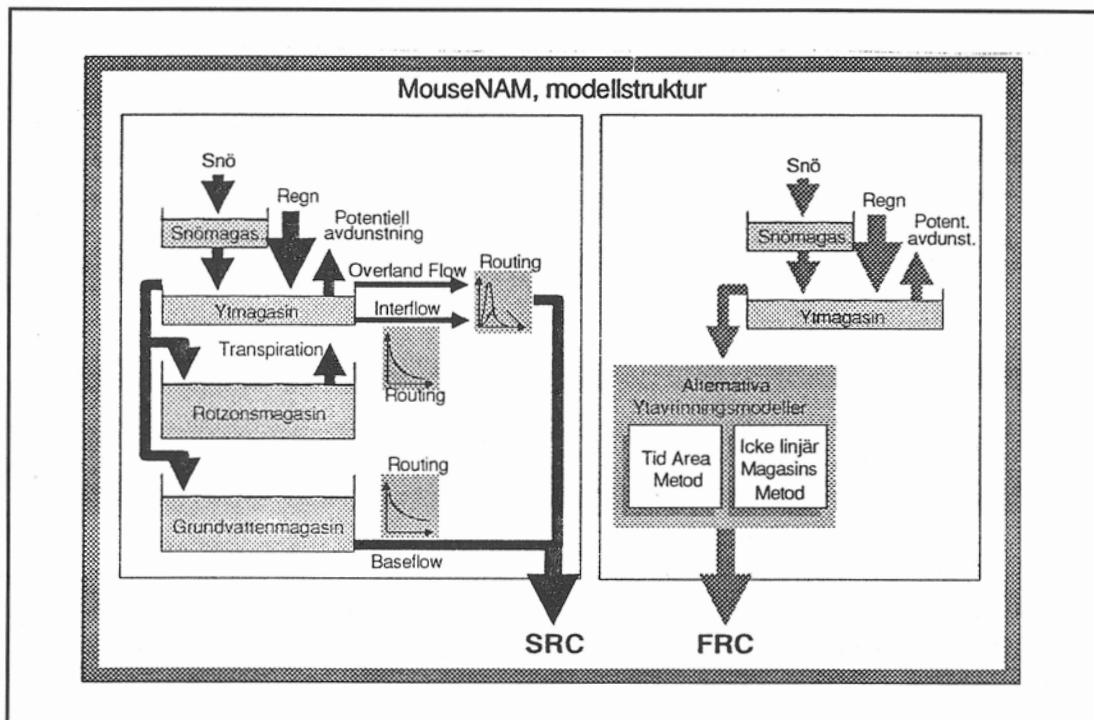
Resultatpresentationen ger möjlighet att visa beräkningsresultat från MOUSE tillsammans med annan tillgänglig GIS information. ArcView miljön ger möjlighet att med stor frihet kombinera till exempel MOUSE resultat med valfri kartinformation som bakgrund.

### **MouseNAM - Hydrologisk modell**

MouseNAM är en generell hydrologisk modell för beskrivning av avrinningsförloppen från både urbana och icke urbana områden. Modellen tar hänsyn till både den snabba avrinningskomponenten (FRC) från exempelvis hårdgjorda ytor, och den tröga avrinningskomponenten (SRC) orsakad av exempelvis en mer eller mindre snabb dränering till ledningssystemet av omkringliggande mark. Den senare är starkt påverkad av om markvattenhalten etc är hög eller låg, dvs om man befinner sig i en blöt eller torr period. Med MouseNAM är det alltså möjligt att även simulera den del av regnvattnet som inte avrinner omedelbart vid regntillfället. Fördröjningens storlek kan handla om allt från timmar till dagar och veckor. En korrekt beskrivning av denna flödeskomponent är ofta mycket viktig då exempelvis bräddning och tillrinning till reningsverk studeras. I dessa fall krävs därför sk kontinuerlig modellering med historiska regnserier, där avrinningsförloppet beskrivs under både regntillfällena och mellanliggande torrperioder. Med MouseNAM är det möjligt att utföra kontinuerlig modellering av även mycket långa nederbördsserier (10-tals år). Detta innebär att statistik kan produceras utgående från effekterna istället för ifrån nederbörden.

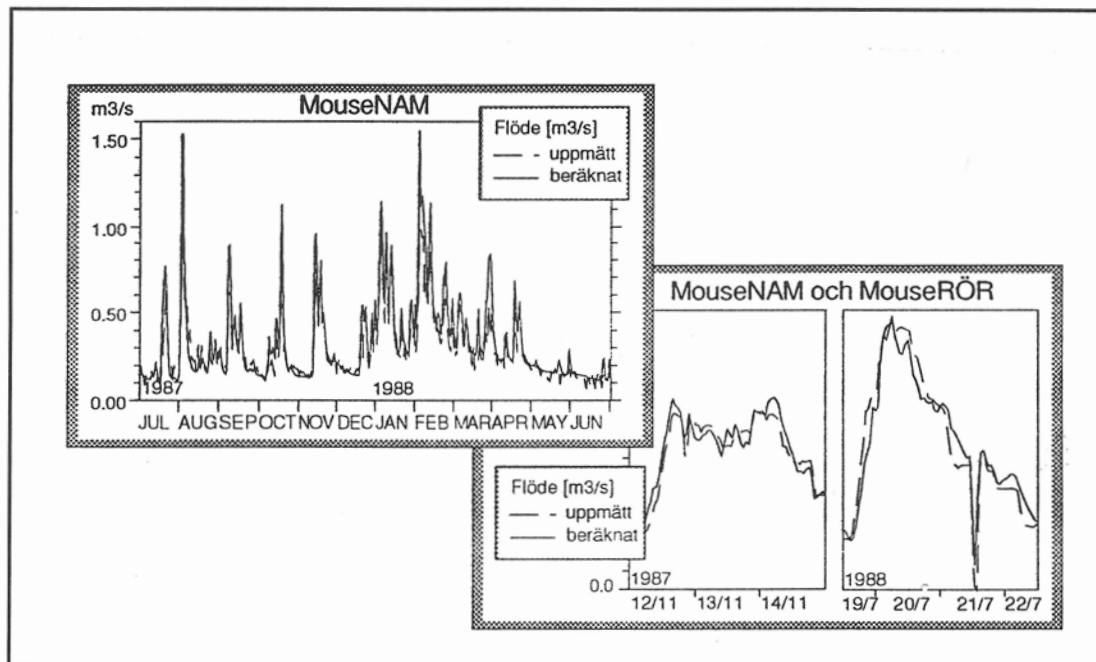
Den övergripande modellstrukturen för MouseNAM visas i figur 31. De individuella hydrologiska processerna är i MouseNAM ihopslagna till en begreppsmässig beskrivning, vilken är en imitation av vattnets kretslopp i och på marken. Vatten magasineras i fyra olika typer av magasin: snö- och ytmagasin samt rotzons- och grundvattenmagasin. Mängden vatten i magasinen uppdateras kontinuerligt av processer som infiltration och avdunstning såväl som snösmältning och nederbörd. Dessutom finns två alternativa ytavrinningsmodeller tillgängliga för simulering av FRC, nämligen tid-area metoden och en icke linjär reservoar.





Figur 31 MouseNAM, modellstruktur

Vissa av modellparametrarna är relaterade till motsvarande fysiska data, men det slutliga valet av parametervärden måste baseras på jämförelse mellan beräknade och uppmätta flödesdata, se figur 32.

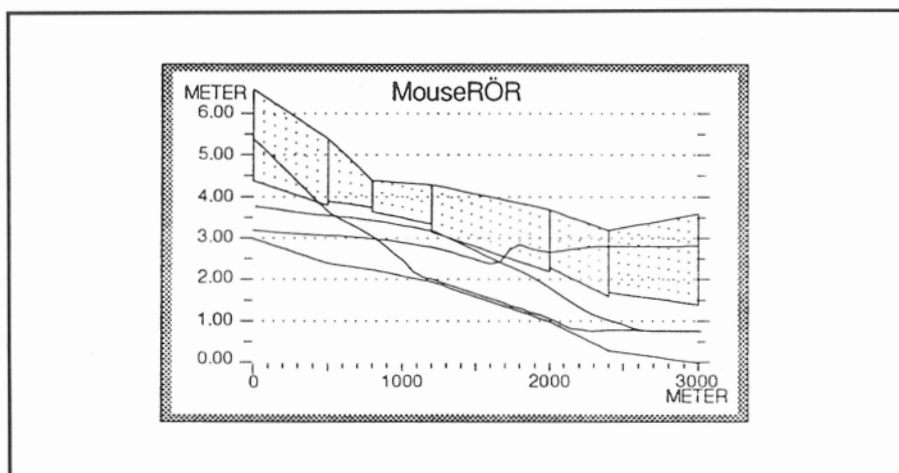


Figur 32 MouseNAM, beräkningsresultat

## MouseRÖR - Ledningsflödesmodell

Denna modul beräknar flöden och nivåer i ledningsnätet, dvs de hydrauliska processerna, och utgör en mycket viktig grundsten för flera av de övriga modulerna. MouseRÖR kan exempelvis användas för detaljerade studier av hydrauliska fenomen som bräddning, magasinering, dämning etc för olika typer av belastningssituationer som beräknats med en verifierad MouseNAM-modell (se ovan). En korrekt beskrivning av flödes- och nivåutvecklingen i ledningsnätet är också en av förutsättningarna för att processer som sediment- och föroreningstransport skall kunna studeras med hjälp av MouseTRAP-modulen (se nedan):

Beräkningsmetoden i MouseRÖR grundar sig på St Venants differentialekvationer. Tre olika nivåer av komplexitet i beräkningsmetoden kan väljas: sk Kinematisk våg, Diffusiv våg och den fullständiga beskrivningen, sk Dynamisk våg. Den sistnämnda ger den mest korrekta beskrivningen av trycklinjer och dämningförhållanden och möjliggör hydrauliska analyser av även mycket komplexa loopade (sammanbundna) system med bräddavlopp, utjämningsmagasin, pumpar etc. Modulen kan även användas för beräkning av tunnlar och öppna diken, och det finns möjlighet att "backa" i tiden och simulera en viss del av exempelvis ett regntillfälle med ändrade förhållanden, sk hot-start. I figur 33 visas exempel på beräkningsresultat från MouseRÖR, där trycklinjen för en ledningsprofil tagits fram för tre olika tidpunkter under en kraftig flödestopp.



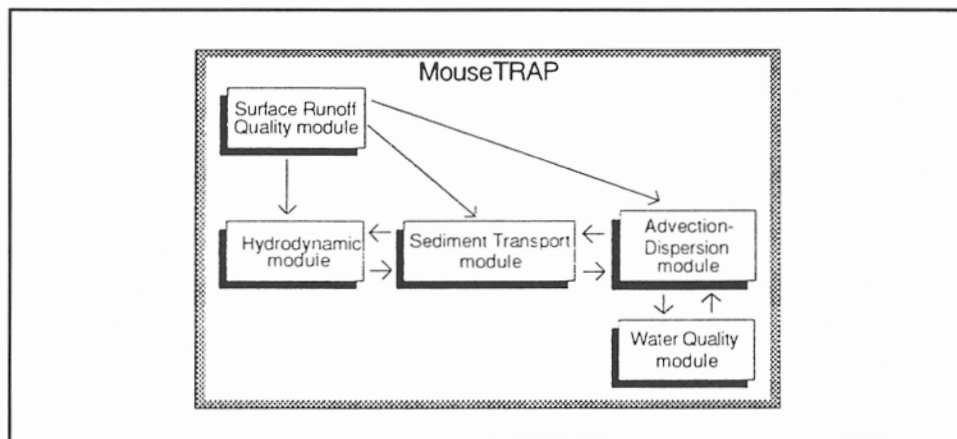
Figur 33 Profilplot från MouseRÖR med beräknade vattennivåer (trycklinjer)

## MouseTRAP - Föroreningstransportmodell

De senare årens ökade krav från allmänheten på förbättrad vattenkvalitet i recipienter har skapat ett behov av verktyg för studier av inte bara kvantitativa aspekter men även kvalitativa. Med MouseTRAP kan en detaljerad beskrivning av förorening- och sedimenttransport göras för hela avloppssystemet, från belastande ytor, via avloppssystemet, till mottagande recipient för bräddvatten. Modellen beskriver mer specifikt följande

typer av processer:

- Avspolning av sediment från ytor (“Surface Runoff Quality module”);
- Sedimenttransport och avsättningar i avloppsnätet samt transport av lösta och till sediment bundna föroreningsämnen (“Sediment Transport module”);
- Biologiska processer i avloppsnätet såsom nedbrytning och syreutbyte (“Advection Dispersion” och “Water Quality module”).



**Figur 34** Moduler i MouseTRAP

I figur 34 framgår kopplingen mellan de olika delmodulerna i MouseTRAP och MouseRÖR (“Hydrodynamic module”). Exempel på praktiska problemställningar som kan studeras med modulen är:

- Inom vilka delar av ledningsnätet lagras sediment och vad innebär detta för den hydrauliska kapaciteten;
- Hur påverkas sedimentationsförhållandena av utökad magasinering via exempelvis reglering och styrning av avloppsnätet;
- Hur ser föroreningsbelastningen på avloppsreningsverket ut vid urspolning av ledningar med sediment;
- Vad är den totala föroreningsbelastningen på recipienten från bräddavloppen för nuvarande förhållanden, alternativa systemutformningar eller olika typer av regleringsstrategier;
- Optimering av regleringsstrategier med hänsyn till inte bara kvantitativa aspekter utan även kvalitativa aspekter.

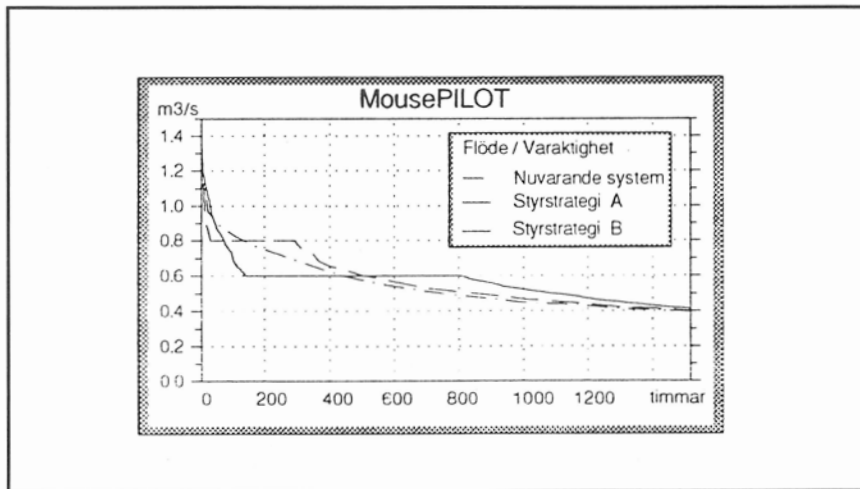
### **MouseRTC - Modul för kontinuerlig långtidssimulering**

Vid traditionell analys av tryck- och flödesförhållanden i dagvattenförande system används oftast typregn med relativt kort varaktighet baserade på nederbördsstatistik. Detta förfaringssätt kan anses som rimligt i de fall då återkomsttiden för en nederbörds-händelse ungefär överensstämmer med återkomsttiden för effekterna i ledningssystemet. Detta antagande gäller dock inte i de fall då den tröga avrinnings-komponenten (SRC) är betydelsefull, vilket den ofta är då exempelvis bräddning och tillrinning till reningsverk studeras. I dessa fall krävs kontinuerlig modellering med historiska regnserier, där statistik kan produceras utgående från effekterna istället för ifrån nederbörden.

Som ett resultat av det ökade intresset för miljön, blir gradvis sk Realtidsstyrning av avloppssystem (RTC) en mer och mer vanlig teknik för att omvandla befintliga statiska system, till dynamiska reglerbara system, med syftet att optimera avloppssystemens funktion. Implementering av Realtidsstyrning kan många gånger vara mycket kostnadseffektivt jämfört med traditionella åtgärder. Denna trend skapar ett behov av trovärdiga verktyg för analys av potentialen och effekterna av Realtidsstyrning. För värdering av långtidseffekterna av exempelvis olika typer av styrstrategier krävs även här kontinuerlig modellering.

Simulering av långa perioder (flera år) med den dynamiska ledningsflödesmodellen i MouseRÖR, är fortfarande inte praktiskt möjligt. Via modulen MouseRTC (tidigare MousePILOT) har detta hinder dock eliminerats genom att kombinera en förenklad sk stationär modell, där beräkningstidssteg på en till flera timmar används, och den dynamiska ledningsflödesmodellen i MouseRÖR, där beräkningstidssteg mindre än en minut ofta används. Baserat på de aktuella flödesförhållandena i det studerade ledningssystemet, växlar MouseRTC automatiskt fram och tillbaka mellan den förenklade och den fullständigt dynamiska modellen.

Förutom kontinuerlig modellering, erbjuder MouseRTC också en mängd olika möjligheter för beskrivning av alternativa styrstrategier för reglerbara anordningar såsom rörliga luckor och skibord, ventiler etc. MouseRTC är därför ett kraftfullt verktyg för såväl detaljstudier av alternativa styrstrategier som översiktliga studier av långtidseffekterna av både traditionella åtgärder och Realtidsstyrning. Exempelvis utgör denna modul ett smidigt instrument för uppskattning av årliga bräddvolym, frekvenser, varaktighet etc. I figur 35 visas ett exempel på resultat från MouseRTC.



Figur 35 Jämförelse av styrstrategier med MouseRTC (tidigare MousePILOT)

### MouseONLINE - Driftverktyget för modellbaserad Online-styrning

MouseONLINE är driftverktyget för modellbaserad online-styrning av ett avloppssystem, med andra ord den centrala kontrollenheten i ett realtidsstyrt avloppssystem. MouseONLINE installeras ovanpå ett traditionellt styr- och övervakningssystem, och sänder instruktioner i form av börvärden och inställningar till detta system. Dessa börvärden och inställningar väljs av MouseONLINE utgående från all tillgänglig information, dvs:

- Aktuell status i avloppssystemet, uttryckt i uppmätta flöden, nivåer etc som kontinuerligt sänds on-line ifrån övervakningssystemet;
- Uppskattad framtida status i avloppssystemet via modellbaserade prognoser med bl a den fullt dynamiska ledningsflödesmodellen.

Den sistnämnda informationskällan förutsätter alltså en tidigare väl verifierad hydrologisk och hydraulisk modell för det aktuella avloppssystemet.

Arkitekturen för MouseONLINE möjliggör flexibel datakommunikation med externa program. Exempelvis kan information inhämtas vad gäller avloppsreningsverkets aktuella kapacitet, om sådan information finns tillgänglig. I den andra riktningen kan prognoser för förväntat inflöde till reningsverket sändas till styrsystemet för reningsverket, för optimering av verkets drift. MouseONLINE har konstruerats för att kunna användas utan kontinuerlig övervakning av en operatör.

---

## 8 Referenser

- Andréasson M., Larsson J. (1992). Bräddning - Problemets omfattning i svenska tätorter. VAV. VA-FORSK. Rapport 1992-02
- Gustafsson, L.G. (1993). Simulering av hydrologin inom urbana områden. Metodikmanual - MouseNAM. VAV. VA-FORSK. Rapport 1993-04
- Hernebring C. (1992). Samverkan mellan avloppsnät och reningsverk - Tillämpnings-exempel i Halmstad. VAV. VA-FORSK. Rapport 1992-08
- Hernebring C. (1996). Snösmältningpåverkan på avloppssystem inom urbana områden. VAV. VA-FORSK. Rapport 1996-07
- Hernebring C., Appelgren, C. (1995). Transport av föroreningar i avloppssystem. Beräkningsmöjligheter med MouseTRAP. VAV. VA-FORSK. Rapport 1995-02
- Mansfeldt R., Andréasson M., Svensson B. (1994). Utjämningsmagasin - Erfarenheter i svenska avloppsnät. VAV. VA-FORSK. Rapport 1994-13
- Statens Naturvårdsverk (1993). Bräddning från avloppsledningar. Kontroll av bräddning och bräddningsmängder. SNV. Allmänna Råd 93:6





## Rapporter utgivna i VA-FORSK-serien

- 1992-01 Hydraulisk analys av vattenledningsnät, *Lennart Andersson*
- 1992-02 Samverkan mellan avloppsnät och reningsverk, *Claes Hernebring*
- 1992-03 Lukt- och smakstörningar i dricksvatten, *Kjell Kihlberg, Roger Sävenhed*
- 1992-04 Artificial Groundwater Recharge – State of the Art, *Cristina Frycklund*
- 1992-05 Analysmetod för kloridoxid, klorit och klorat, *Mats Lindgren, Einar Pontén*
- 1992-06 Undersökning av förfilter för järn- och manganreduktion vid dricksvattenrening, *Tibor Nemeth, Åke Elgemark*
- 1992-07 Inventering av datorbaserade system för övervakning och styrning inom kommunal teknik, *Bengt Zagerholm*
- 1992-08 Bräddning – Problemet omfattning i svenska tätorter, *Mats Andreasson, Johan Larsson*
- 1992-09 Lokalt dagvattenhantering — Erfarenheter från några anläggningar i drift, *Eva Jansson, Bo Lind, Björn Malbert*
- 1992-10 PRISEK Prioritering Samhällskonsekvenser Ekonomi – Ekonomisk modell och systematisk effektredovisning för värdering och prioritering av va-åtgärder, *Bertil Gustafsson, Gilbert Svensson*
- 1992-11 Konditionsstabilitet hos avloppsledningar av betong, *Viveka Lidström*
- 1992-12 Skadefall på nylagda betongledningar, *Ann-Christin Sundahl*
- 1992-13 Konstgjord grundvattenbildning, *Bertil Sundlöf, Lars Kronqvist*
- 1992-14 Trädrötter och ledningar, *Örjan Ståhl*
- 1992-15 Naturliga system för avloppsrening och resursutnyttjande i tempererat klimat, *HB Wittgren, Kenth Hasselgren*
- 1992-16 Vattenboken – En bok för mellanstadiet om vårt svenska vatten, *Accurat Information AB, VAV*
- 1992-17 Vattenboken – Lärarboken, *Accurat Information AB, VAV*
- 1992-18 Utvärdering av VA-FORSK, *Björn Svedinger*
- 1992-19 Hårdgöring av dricksvatten med krita-kolsyra – ett alternativ till kalk-kolsyra, *Dan Göthe, Bertil Israelsson*
- 1993-01 Alternativ va-teknik – Exempelsamling, *Per-Arne Malmqvist, Agneta Samuelsson*
- 1993-02 Luft- och sedimentansamlingar i tryckledningar – Inledande studie, *Lennart Jönsson*
- 1993-03 Algtoxiner i dricksvatten – en undersökning vid två svenska vattenverk samt litteraturstudie, *Heléne Annadotter*
- 1993-04 Simulering av hydrologin inom urbana områden. Metodikmanual – MouseNAM, *Lars-Göran Gustafsson*
- 1993-05 Användning av kloridoxid — Reaktorstudier och halter i distributionssystemet vid nio vattenverk, *Mats Lindgren, Einar Pontén*
- 1993-06 Slamspridning på åkermark, *Per-Göran Andersson, Peter Nilsson*
- 1993-07 Analys av tillförselgrad till avloppsverk — svårigheter och möjligheter. Tillämpning på tillrinningen till Tivoliverket i Sundsvall, *Claes Hernebring*
- 1993-08 Indirekt nederbördspåverkan i spillvattensystem, *Hans Bäckman, Björn Marklund, Rune Olsson, Bengt-Lennart Peterson, Tore Wästlin*
- 1993-09 Franska va-driftentreprenader, *Lise-Lotte Nilsson*
- 1993-10 Generell kravspecifikation för styr- och övervakningssystem, *Bengt Zagerholm*
- 1993-11 Va på entreprenad, *Gösta Fredriksson, Bo Lannblad, Bengt Larsson, Åke Mattsson*
- 1993-12 Renovering av avloppsledningar. Riktlinjer för dokumentering och kvalitetskontroll, *Björn Borstad, Inge Faldager, Thomas Johansson*
- 1993-13 Simulering av vattenledningsnät med Piccolo — en utvärdering, *Krister Törneke*
- 1993-14 Drömmen om att allt ska förbli som det var — några reflexioner om konkurrens och strategier för förändring inom va-branschen, *Lennart Hansson, Ola Mattisson*
- 1993-15 Kostnader för drift av avloppsreningsverk, *Peter Balmér, Bengt Mattsson*
- 1993-16 Rötammarens förmåga att bryta ned organiska föreningar i slam, *Hans Ring*
- 1994-01 Va-ledningars kondition, *Peter Stahre, Ann-Christin Sundahl, Viveka Lidström*
- 1994-02 Tillämpning av kvicksilverfri COD-analys inom va-tekniken, *Evy Axén, Gregory M Morrison*
- 1994-03 Drifterfarenheter med biologisk kvävereduktion, *Magnus Emanuelsson*
- 1994-04 Bestämning av nitrat i kommunalt avloppsvatten — en metod lämpad för automatiserad övervakning och kontroll, *Christer Björklund, Bo Karlberg, Maikael Karlsson*
- 1994-05 Vattenförbrukningens dygnsvariation, *Lars Nikell*
- 1994-06 Dagvattnets sammansättning, recipientpåverkan och behandling, *Thomas Larm*
- 1994-07 Svavelväteproblem i avloppsledningar — praktiska drifterfarenheter och tillämpbara anvisningar, *Anders Ledskog, Sven-Gunnar Larsson, Bo Göran Lindqvist*
- 1994-08 Konstgjord grundvattenbildning — Processtudier vid inducerad infiltration och bassänginfiltration, *Cristina Frycklund, Gunnar Jacks, Per-Olof Johansson, Kerstin Lekander*
- 1994-09 Desinfektion/oxidation som förbehandling av ytvatten, *Mats Engdahl*
- 1994-10 Kontroll av bräddavlopp, *Bertil Forsberg*
- 1994-11 Dagvattnets sammansättning, *Per-Arne Malmqvist, Gilbert Svensson, Caroline Fjellström*
- 1994-12 Kortbedömning av TV-inspekterade avloppsledningar, *Olle Nilsson, Peter Stahre*
- 1994-13 Utjämningsmagasin. Erfarenheter i svenska avloppsnät, *Rolf Mansfeldt, Mats Andréasson, Bertil Svensson*
- 1994-14 MIKE SHE i Urban Miljö, Tillämpningsexempel Vittskövle, *Stefan Winberg, Lars-Göran Gustafsson, Lars Bengtsson*
- 1994-15 Avskiljare för lätta vätskor och fett, *Fred Nyberg*
- 1994-16 Datorstödd simulering av aktivslamprocessen – Försök vid 5 svenska reningsverk, *Jes la Cour Jansen, Dines Thornberg, Anders Finnson*
- 1995-01 Ringar på vattnet – VA-verken och Agenda 21, *Anna Helmrot, Gunnel Jonsson, Örjan Eriksson*
- 1995-02 Transport av föroreningar i avloppssystem. Beräkningsmöjligheter med MouseTRAP, *Claes Hernebring, Cecilia Appelgren*
- 1995-03 Alternativa avloppssystem i Bergsjön och Hamburgsund. Delrapport från ECO-GUIDE-projektet, *Per-Arne Malmqvist, Hans Björkman, Majlis Stenberg, Ann-Carin Andersson, Anne-Marie Tillman, Erik Kärrman*
- 1995-04 Utvärdering av biologisk fosforavskiljning vid Öresundsverket i Helsingborg – Processtekniska och mikrobiologiska aspekter, *Magnus Christensson, Karin Jönsson, Natuschka Lee, Ewa Lie, Per Johansson, Thomas Welander, Kjetill Østgaard*
- 1995-05 Internkontroll vid VA-verk. Arbetsbok för upprättande och genomförande av internkontrollprogram för arbetsmiljön vid va-verk, *Ingvar Borgström, Anders Karlsson*
- 1995-06 Regional VA-samverkan – Potential och principer, *Lennart Hansson, Ola Mattisson*
- 1995-07 Hårdhetshöjning av dricksvatten med krita-kolsyra, ett alternativ till kalk-kolsyra – Fullskaleförsök vid Öxsjöverket Lerum, *Dan Göthe, Bertil Israelsson*
- 1995-08 Våtmarksrening vid Landsbro ARV, *Leif Lorentzon, Göran Nilsson, Yvonne Gunnevik, Carl Odelberg, Thomas Svensson*
- 1995-09 Tvättmedel – Effekter på reningsverk och miljö, *Cajsa Wahlberg*
- 1995-10 Utvärdering av VAVs läckagestatistik, *Ann-Christin Sundahl, Åse Hasselkvist*
- 1995-11 Trädrötter och avloppsledningar. En fördjupad undersökning av rotproblem i nya avloppsledningar, *Örjan Ståhl, Jörgen Rosenlöf*
- 1995-12 Renovering av vattenledningar. Riktlinjer för metodval, dimensionering och utförande, *Thomas Johansson, Per Romdal, Øistein Torgersen*
- 1995-13 Nya kemikalier – En utmaning för kommunala reningsverk. Förstudie, *Björn Frostell, Bengt Hultman, Jonas Röttorp, Peter Solyom*
- 1995-14 CD-ROM inom VA, *Leif W Linde, Gunnar Petersson*
- 1995-15 Kvalitetssäkerhet och leveranssäkerhet i distributionssystem för dricksvatten, *Bengt Zagerholm, Rolf Bergström*
- 1995-16 Försöksrapport från biologisk fosforavskiljning vid Jämshögs reningsverk, Olofströms kommun, *Carl-Johan Legetth*



## Rapporter utgivna i VA-FORSK-serien

- 1996-01 Organiskt avfall som växtnäringsresurs. Potential och förslag till forsknings- och utvecklingsinsatser, *H B Wittgren*
- 1996-02 Rotinträngning i avloppsledningar. En undersökning av omfattning och kostnader i Sveriges kommuner, *Örjan Stål*
- 1996-03 Källsorterad humanurin i kretslopp – Förstudie i tre delar, *Håkan Jönsson, Anna Olsson, Thor Axel Stenström, Gunnel Dalhammar*
- 1996-04 VA sett på nytt sätt – Driftentreprenader i några kommuner, *Gösta Fredriksson, Bo Lannblad, Bengt Larsson, Åke Mattsson*
- 1996-05 Avrinningsområdesbaserade organisationer som aktiva planeringsaktörer, *Jan-Erik Gustafsson*
- 1996-06 Bedömningsgrunder för ovidkommande vatten i avloppsnät. Metodikmanual, *Ann-Marie Gustafsson, Gilbert Svensson*
- 1996-07 Snösmältningspåverkan på avloppssystem inom urbana områden, *Claes Hemebring*
- 1996-08 Rening av avloppsslam från tungmetaller och organiska miljöfarliga ämnen, *Erik Levlin, Lars Westlund, Bengt Hultman*
- 1996-09 Kemikaliers effekter i VA-sammanhang. En datasammanställning, *Ingemar Dellien*
- 1996-10 Syrgas i kombination med luftinblåsning vid pilotförsök med kväverening vid Västerås reningsverk, *Hermann Wiklund, Kjell-Ivar Dahlqvist, Bernt Ericsson*
- 1996-11 Export av svenskt kommunalt VA-kunnande, *Gösta W Fredriksson, Åke Mattsson*
- 1996-12 Litteraturlösningsdatabas för grundvatten i urban miljö på Internet, *Chester Svensson*
- 1996-13 Konkurrensutsättning av VA-verksamheten, *Stig Tunestål*
- 1997-1 Utvärdering av VA-lösningar i ekobyar, *J-E Haglund, B Olofsson*
- 1997-2 Aktivt stöd till fastighetsägare vid nybyggnad av VA-nät, *Roland Strandberg, Mårten Wärmö*
- 1997-3 Dosering av biokultur i en igensatt infiltrationsanläggning – En utvärdering, *Jenny Holmgren*
- 1997-4 Biogasanläggningar i Sverige, *Anna Lindberg*
- 1997-5 VA-försörjning i ny skepnad – Om konkurrens och strukturomvandling i Vaxholm, *Ola Mattisson*
- 1997-6 Fosfors växttillgänglighet i olika typer av slam, handelsgödsel samt aska, *Kersti Linderholm*
- 1997-7 Dricksvatten och korrosion – En handbok för vattenverken, *Bo Berghult, Ann Elfström Broo, Torsten Hedberg*
- 1997-8 Alternativa avloppssystem i Bergsjön och Hamburgsund. Sammanfattande slutrapport från ECO-GUIDE-projektet, *Per-Arne Malmqvist, Majlis Stenberg*
- 1997-9 Analys av avloppssystem med datormodeller – Tillämpningsexempel med MOUSE-systemet, *Bo Granlund, Mats Andréasson*