BILAGA B. Uddeboverket, Luleå kommun

B.1 Allmänt

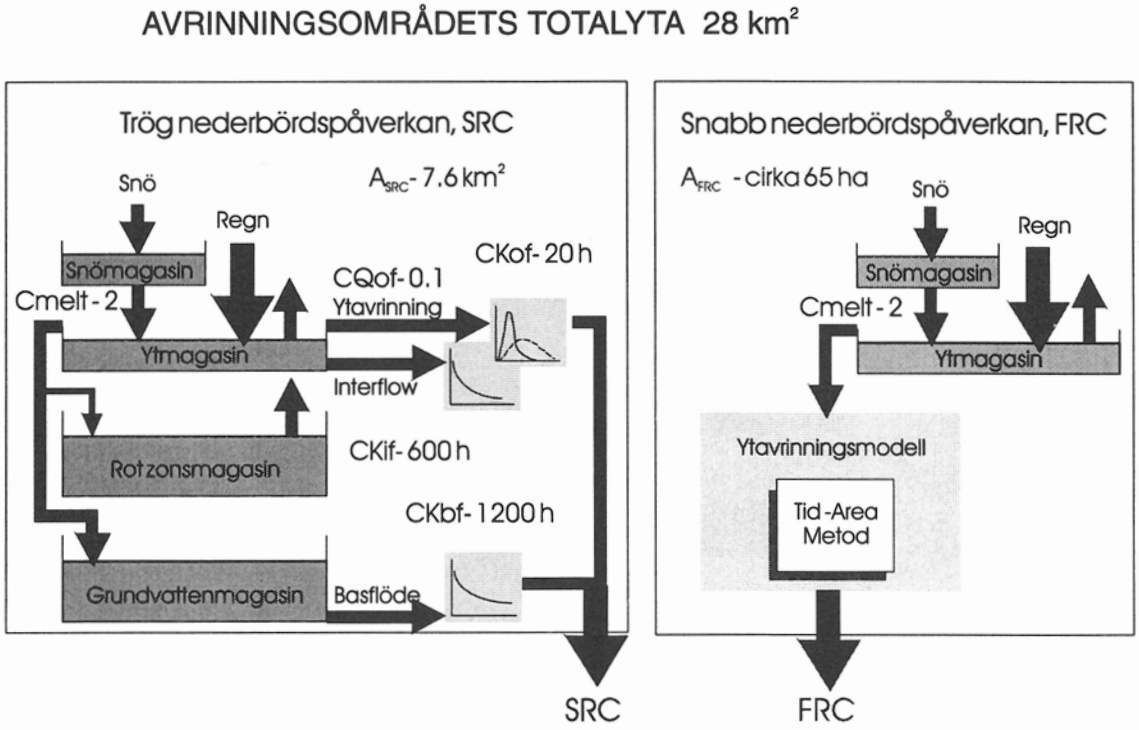
Tillrinningen till Uddebo avloppsreningsverk i Luleå har beskrivits med en generell hydrologisk modell, MouseNAM. Avloppssystemet betraktas härvid som ett dräneringssystem för avrinningsområdet. Förutom den direkta nederbördspåverkan i omedelbar anslutning till regntillfället, hanterar modellen indirekt flödespåverkan, till exempel varierande inläckage vid höga grundvattennivåer och snösmältningsförlopp.

Den upprättade NAM-modellen är en s k en-boxmodell, d v s hela avrinningsområdet betraktas som en enhet. Modellbeskrivningen är vidare förenklad genom att det i MouseNAM inte finns någon detaljerad beskrivning av den hydrauliska transporten i ledningsnätet.

Modellen har kalibrerats mot uppmätt flöde i reningsverket för perioden 1983 - 1993. Resultatet av kalibreringen redovisas i denna bilaga.

B.2 Modellbeskrivning med MouseNAM

B.2.1 Beräkningsförutsättningar



Figur B:1 En-box Nam-modell för tillrinningen till Uddebo avloppsverk i Luleå .

För att beskriva variationer i mängden nederbördspåverkat vatten i den samlade tillrinningen till avloppsverket kalibrerades en s.k. en-box NAM-modell, där avrinningsområdet behandlas som en enhet. I figur B:1 visas modellstrukturen, med kalibrerade värden för bidragande ytor och tidskonstanter inlagda.

En NAM-modell består av ett antal mark- och ytvattenmagasin som töms av (avdunstning och avrinning) och fylls på (nederbörd och snösmältning). Om nederbörd saknas under en längre period kommer magasinen att tömmas utan att någon påfyllnad sker.

Avloppssystemet betraktas härvid som ett dräneringssystem för avrinningsområdet. Den vattenmängd som modellen genererar representerar den totala vattenmängden inom tillrinningsområdet inklusive eventuella bräddvattenvolymer. Modellbeskrivningen innehåller alltså inte någon detaljerad beskrivning av den hydrauliska transporten i ledningsnätet. Modellen simulerar både snabb avrinning i direkt anslutning till regntillfället, FRC (ex. avrinning från hårdgjorda ytor) och trögare påverkan, SRC (ex. läck- och dränvatten). Då det ej fanns tillgång till nederbörds- och flödesdata med hög upplösning har det ej varit möjligt att göra någon detaljerad kalibrering av FRC-flödet.

B.2.2 Indata

Nederbörd

Nederbördsdata har hämtats från SMHI:s mätstation vid Kallax flygplats i form av dygnsnederbörd uppmätt klockan 07 för åren 1983-93.

Uppmätta nederbördsvärden är korrigerade enligt SMHI[1] för mätfel på grund av vindpåverkan, avdunstning och vätning. Som medeltal anger SMHI korrektionen till 26% för Kallax flygplats. Korrektionen skiljer sig mycket mellan snönederbörd och regnnederbörd. För aktuella nederbördsdata har tillämpats 20% korrektion vid regn och 33% vid snönederbörd.

För den aktuella perioden, 1983 t o m 1993, har SMHI:s uppgifter om olika korrektion för fast och flytande nederbörd använts så, att nederbörd vid samtidig minustemperatur har tolkats som snönederbörd.

Den korrigerade nederbörden för åren 1983-93 blev i medeltal 686 mm/år, något högre än den siffra SMHI anger som korrigerat medelvärde för perioden 1951-80, 616 mm/år.

[1] SMHI: Data rörande Sveriges nederbördsklimat. Normalvärden för perioden 1951-80. Rapport 1983:2

Potentiell avdunstning

Uppgifter om potentiell avdunstning, normalvärden för respektive månad, inhämtades från SMHI. Den årliga potentiella avdunstningen för Luleå är 452 mm/år. Mouse-NAM beräknar verklig avdunstning beroende på vatteninnehållet i olika delmagasin.

Temperatur

Temperaturdata har hämtats från SMHI:s mätstation vid Kallax flygplats. Där registreras temperatur klockan 07, 13 och 19 varje dygn. Här utnyttjades i ett första läge ett värde per dygn, avläst kl 07. Temperaturdata används av modellen endast för tömning och påfyllnad av snömagasin. De användes också, som nämnts tidigare, vid korrektion av nederbördsdata.

Snötäcke

Uppgifter om observerat snöjup uppmätt vid Kallax flygplats, dygnsvärden, inhämtades från SMHI. Snödjupet anges i cm. Eftersom inga uppgifter om snötäckets vatteninnehåll fanns tillgängliga, räknades snödjupet om till en ekvivalent vattenhalt med antagandet om densiteten 0.3 kg/dm^3. Detta värde är inte representativt för nyfallen snö då densiteten är avsevärt lägre. Jämförelse med modellberäknat snömagasin bör göras för snö under smältning eller sent under resp vinterperiod.

Spillvatten

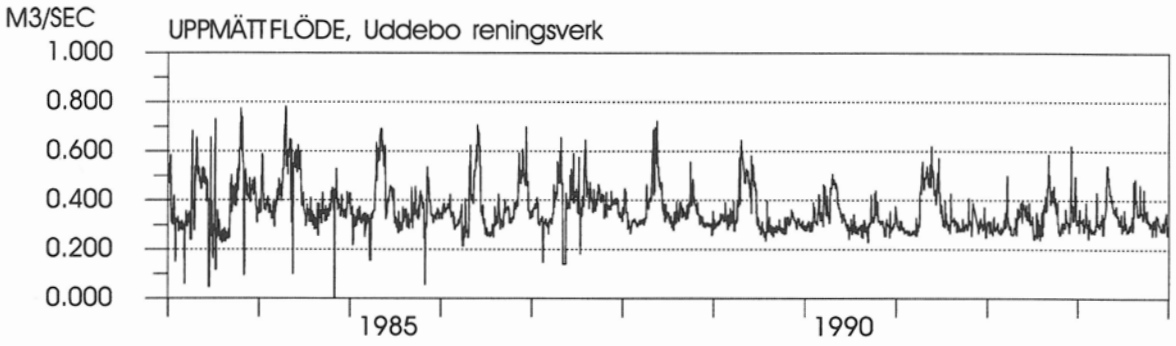
Vid uppskattning av spillvattenandelen av tillrinningen till Uddeboverket användes uppgifter om årsvis *debiterad* vattenmängd och totalt levererad vattenmängd. Dessutom inhämtades uppgifter om vattenproduktionen månadsvis vid vattenverket Gäddvik. På gund av vissa osäkerheter i mätdata vid vattenverket tidvis under perioden 1984-93, t ex mätfel under 1986, beslutades att inte utnyttja data om månadsvis variation i vattenproduktion. Å ena sidan skulle denna information kunna användas för bedömning av säsongsmässig variation i spillvattenproduktionen, men det är å andra sidan t ex inte sannolikt att en ökad vattenproduktion orsakad av bevattning under vissa torra sommarmånader hamnar i spillvattennätet.

Under perioden 1980-92 försåldes i medeltal 6.5 Mm^3/år. Under samma period levererades (år 1986 undantaget på grund av mätfel) i medeltal 8.2 Mm^3/år.Skillnaden mellan producerad och debiterad vattenmängd utgörs framför allt av förbrukning vid vattenverket och på ledningsnätet och läckage från vattennätet. En del av det vattnet kommer att tillföras avloppsledningarna, t ex spolning av avloppsledningar och inläckage till avloppsnätet. Det är naturligtvis omöjligt att veta i vilken omfattning icke debiterad vattenmängd tillförs avloppsnätet.

Ett konstant spillvattenflöde på 247 l/s antogs för hela kalibreringsperioden, vilket som ett medeltal motsvarar att ca 75% av skillnaden mellan producerad och debiterad vattenmängd antas tillföras spillvattennätet.. Före kalibrering drogs spillvattenflödet från uppmätta flödesvärden vid avloppsreningsverket.

Flödesdata vid reningsverket

NAM-modellen kalibrerades mot flödesvärden uppmätta vid Uddeboverket, dygnsvärden, för åren 1983-93, se figur B:2. I början av 80-talet tillämpades direktfällning med kalk vid Uddeboverket. Det är känt att det tidvis var problem med igensättning av flödesmätningsrännan på grund av kalkutfällningar. Numera tillämpas kemisk fällning med AVR. Vid kalibreringen har det därför främst tagits hänsyn till flödesbilden under de senare åren.

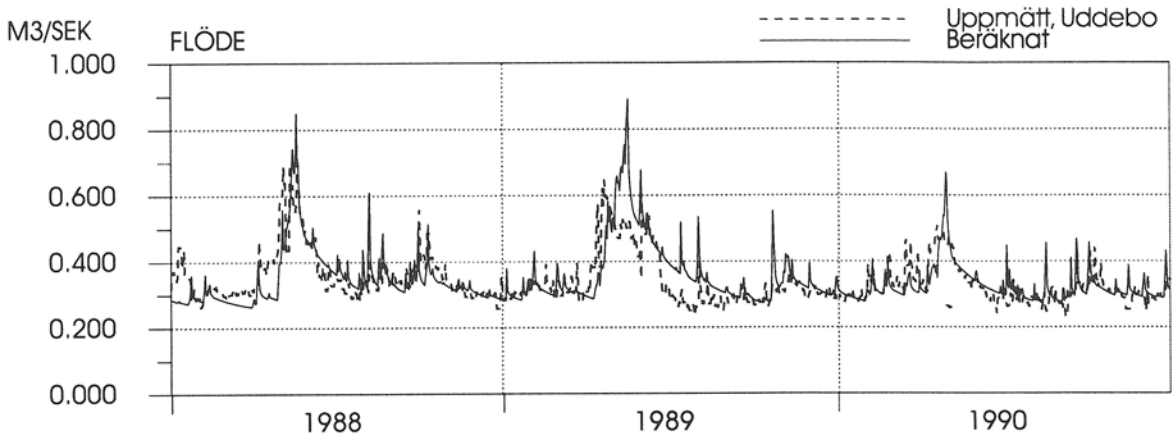


Figur B:2 Flöde uppmätt vid Uddebo avloppsreningsverk i Luleå, dygnsupplösning.

B.2.3 Kalibreringsresultat

Resultatet av kalibreringen framgår i figur B:1, där några NAM-modellparametrar redovisas. Baserat på mätningarna vid avloppsverket bedömdes översiktligt ca 65 ha bidra med snabb avrinning. Långsam hydrologisk påverkan bedömdes influeras av 760 ha av den totala geografiska ytan 2800 ha. Bedömningen av anslutningen av hårdgjorda ytor (65 ha) är endast översiktlig och baserad på mätdata med dygnsupplösning. En säkrare uppskattning kan först erhållas vid tillgång till data med högre upplösning, minst 0.25-1 timme, både vad gäller nederbörd och flödesdata. Den snabba nederbördsresponsen är viktig för att bestämma den momentana flödesintensiteten, för t ex bedömning av bräddningsflöden. I detta sammanhang, där längre tidsperioder beaktas, har däremot ett fel i uppskattningen av anslutna hårdgjorda ytor mindre betydelse för avrunnen totalvolym.

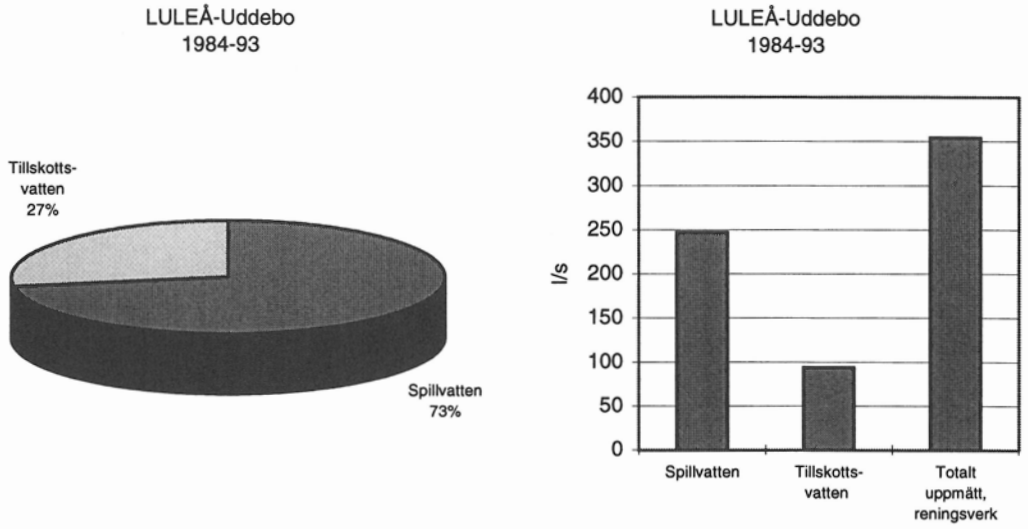
I figur B:3 visas som exempel överenstämmelse mellan simulerade och uppmätta flöden under tre år.



Figur B:3 En-box NAM-modell för tillrinningen till Uddbo reningsverk. Jämförelse mellan simulerade och uppmätta värden under tre år, 1989-90. Dygnsupplösning

Kalibreringen visar i stort sett god överensstämmelse mellan uppmätta och beräknade flöden. Variationerna i mänden ovidkommande vatten domineras klart av snösmältningsperioden och avklingningen efter denna. Modellbeskrivningen har vissa svårigheter att helt korrekt beskriva smältförloppet, speciellt under de extremt snörika vintrarna 1988 och 1989. Total smältvolym verkar vara av korrekt storleksorning, men tidsförloppet är något försenat och då med förhöjd intensitet. En delförklaring kan vara att den temperaturinformation som utnyttjats vid denna kalibrering är ett värde per dygn, avläst kl 07 på mogonen, och då således inte helt representativ för förhållandena under hela dygnet.

B.2.4 Vattenbalans för tillrinningen till reningsverket



Figur B:4 Flödeskomponenter i tillrinningen till Uddebo reningsverk. Medelvärden för 10-årsperioden 1984-93.

Av figur B:4 framgår komponenterna i tillrinningen i medeltal under tioårsperioden. Där redovisas summan av snabb och trög nederbördspåverkan som mängden ovidkommande vatten (beräknad med NAM-modellen). Av figuren framgår också medelvärdet för uppmätt flöde under perioden. Att det återstår en viss skillnad mellan summa beräknat flöde (NAM+spill) jämfört med uppmätta värden, är mest att hänföra till bristande flödesregistrering vid verket i början av tioårsperioden.

I medeltal utgör mängden ovidkommande vatten 94 l/s. Spillvattenmängden har, som tidigare nämnts uppskattas till 247 l/s. Vid reningsverket är flödesregistreringen i medeltal 354 l/s.

B.3 Slutsatser och diskussion - Uddeboverkets avrinningsområde

B.3.1 Allmänt

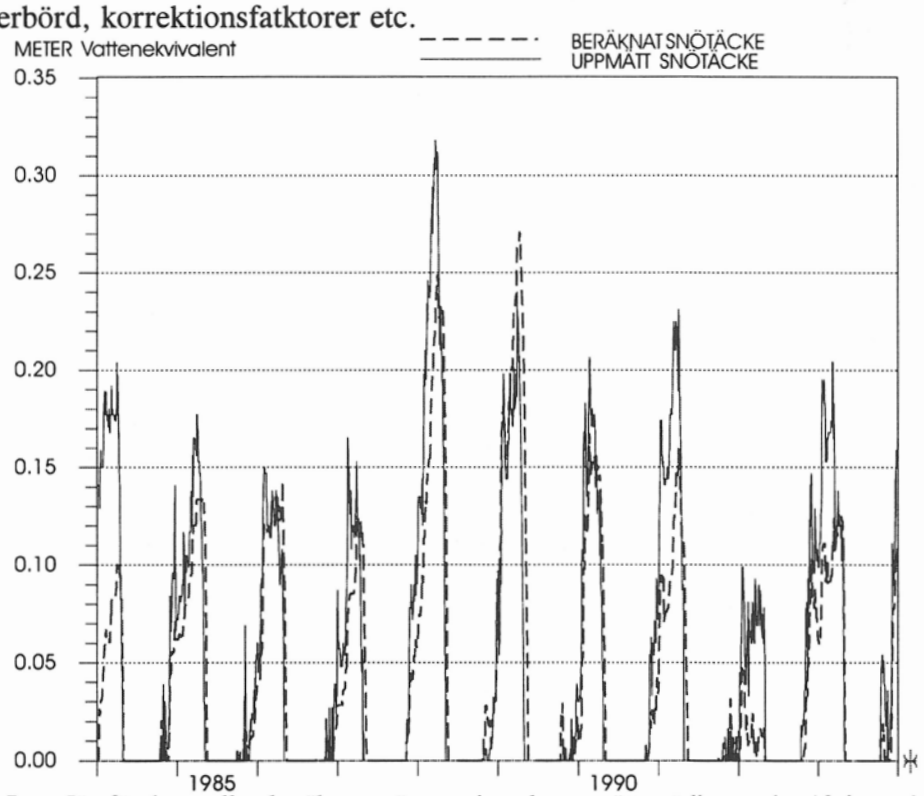
Generellt sett är den ovidkommande vattenmängden mycket låg, jämfört med situationen inom andra avrinningsområden. Det har dock framgått att den nederbördspåverkade andelen av tillrinningen är högst ojämnt fördelad i tiden.

En osäker post utgörs emellertid av spillvattenuppskattningen. Det kan vara en överskattning, men tillgängliga data tillåter inte en noggrannare utvärdering. Den specifika spillvattenproduktionen från 62 000 anslutna personer blir ca 340 l/p·d,

vilket är en hög siffra. Det kan alltså vara så att en del av den tillrinning som tolkats som spillvatten, i stället utgörs av ett mer eller mindre konstant inläckage. Detta skulle i så fall öka andelen i tillrinningen som benämns "ovidkommande".

B.3.2 Snösmältningspåverkan

I figur B:5 redovisas beräknad uppbyggnad och avtappning av snömagasinet inom avrinningsområden. Snötäcket uttrycks i modellen som ekvivalent smält vattenmängd i mm. I figuren jämförs med snödjupsobservationer vid Kallax flygplats. För att få jämförbara värden har snödjupsvärdena räknats om till ett ekvivalent vatteninnehåll genom antagande om en konstat snödensitet (0.3 mm vattenekvivalent per mm observerat snödjup). Av figuren framgår att snömagasinets innehåll naturligtvis varierar år från år, men också att modellbeskrivningen oftast förmår återskapa den verkliga snöuppbyggnaden relativt bra, trots osäkerheter i indata som mätning av snönederbörd, korrektionsfatktorer etc.



Figur B:5 Jämförelse mellan beräknat snömagasin och uppmätt snödjup under 10-årsperioden 1984-93.

Både för beräknade och för uppmätta snödata anges maximalt snötäcke under 10-årsperioden nedan. Dessutom har maximal snösmältningsintensitet med varierande tidsbas beräknats (under 1 dygn, 2 dygn, 1 vecka, 2 veckor). Denna beräkning har utförts så, att maximal minskning av snömagasinet med aktuell tidsbas och tidpunkten plockats ur dataserierna. Angiven tidpunkt är sluttiden för aktuell period.

Snömagasin, beräknade värden (mm vattenekv.):

	datum	mm
Max snötäcke :	1989 04 08	271
Snösmältningsintensiteter		
Max snösm 1d :	1988 05 13	24.2
Max snösm 2d :	1988 05 13	44.0
Max snösm 7d :	1988 05 15	108
Max snösm 14d:	1988 05 19	172

Uppmätta snödjup (cm)

	datum	cm
Max snötäcke :	1988 03 22	106
"Snösmältningsintensiteter"		
Max snösm 1d :	1991 04 24	25*osäkert värde
Max snösm 2d :	1991 04 24	29*osäkert värde
Max snösm 7d :	1988 05 06	40
Max snösm 14d:	1988 05 07	64

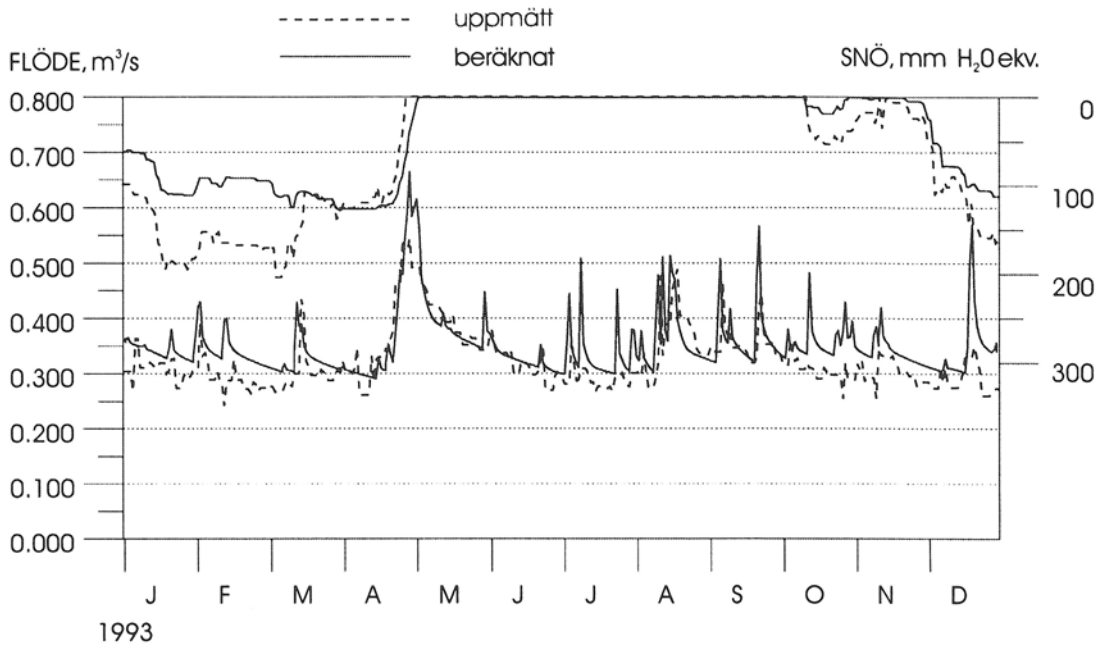
Under snösmältningsperioden utgör smältvattnet en mycket stor andel av den totala tillrinningen inom avrinningsområdet. Som en jämförelse har den maximalt beräknade avsmältningen under en vecka resp två veckor enligt ovan ställts i relation till spillvattenproduktionen under samma tid genom att smältvolymen (mm) multiplicerats med total dräneringsyta ($A_{SRC}+A_{FRC}$), totalt 825 ha:

Smältvolym i relation till spillvattentillrinningen:

Max snösm 7d :	ca 5.9 ggr spillvattenmängden
Max snösm 14d :	ca 4.7 ggr spillvattenmängden

Med kortare tidsbas (1d, 2d) är utspädningsgraden relativt sett större, men situationen är i storleksordning jämförbar med belastningen vid långvariga, volymrika regnsituationer sommartid. Den maximala avsmältningen under ett dygn motsvarar i volym ett 1-årsregn, motsvarande värde för 2 dygn representerar ungefär ett 4-årsregn.

I figur B:6 visas kopplingen mellan förändringen i snömagasinet och flödesvariationer vid reningsverket genom att dessa plottats i samma diagram.



Figur B:6 En-box NAM-modell för tillrinningen till Uddbo reningsverk. Jämförelse mellan simulerade och uppmätta flöden samt beräknat snömagasin jämfört med uppmätt snödjup under 1993. Dygnsupplösning

BILAGA C. Råneå avloppsreningsverk, Luleå kommun

C.1 Allmänt

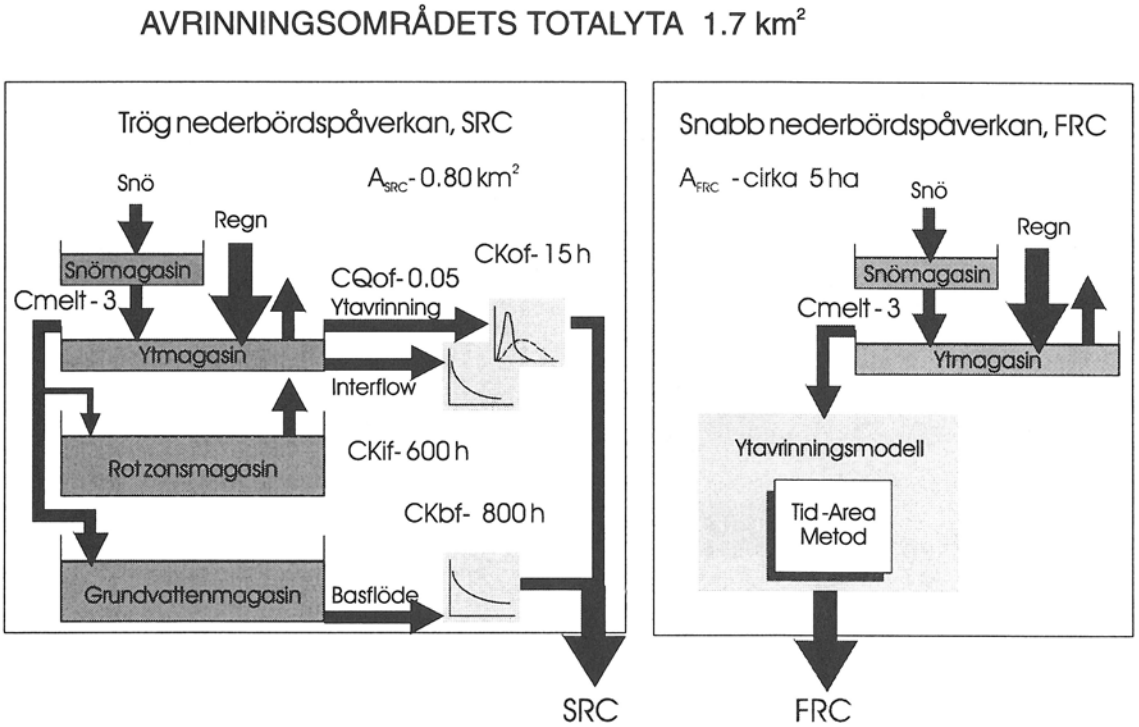
Tillrinningen till Råneå avloppsreningsverk i Luleå kommun har beskrivits med en generell hydrologisk modell, MouseNAM. Avloppssystemet betraktas härvid som ett dräneringssystem för avrinningsområdet. Förutom den direkta nederbördspåverkan i omedelbar anslutning till regntillfället, hanterar modellen indirekt flödespåverkan, till exempel varierande inläckage vid höga grundvattennivåer och snösmältningsförlopp.

Den upprättade NAM-modellen är en s k en-boxmodell, d v s hela avrinningsområdet betraktas som en enhet. Modellbeskrivningen är vidare förenklad genom att det i MouseNAM inte finns någon detaljerad beskrivning av den hydrauliska transporten i ledningsnätet.

Modellen har kalibrerats mot uppmätt flöde i reningsverket för perioden 1984 - 1993. Resultatet av kalibreringen redovisas i denna bilaga.

C.2 Modellbeskrivning med MouseNAM

C.2.1 Beräkningsförutsättningar



Figur C:1 En-box Nam-modell för tillrinningen till Råneå avloppsverk,i Luleå kommun .

För att beskriva variationer i mängden nederbördspåverkat vatten i den samlade tillrinningen till avloppsverket kalibrerades en s.k. en-box NAM-modell, där avrinningsområdet behandlas som en enhet. I figur C:1 visas modellstrukturen, med kalibrerade värden för bidragande ytor och tidskonstanter inlagda.

En NAM-modell består av ett antal mark- och ytvattenmagasin som töms av (avdunstning och avrinning) och fylls på (nederbörd och snösmältning). Om nederbörd saknas under en längre period kommer magasinen att tömmas utan att någon påfyllnad sker.

Avloppssystemet betraktas härvid som ett dräneringssystem för avrinningsområdet. Den vattenmängd som modellen genererar representerar den totala vattenmängden inom tillrinningsområdet inklusive eventuella bräddvattenvolymer. Modellbeskrivningen innehåller alltså inte någon detaljerad beskrivning av den hydrauliska transporten i ledningsnätet. Modellen simulerar både snabb avrinning i direkt anslutning till regntillfället, FRC (ex. avrinning från hårdgjorda ytor) och trögare påverkan, SRC (ex. läck- och dränvatten). Då det ej fanns tillgång till nederbörds- och flödesdata med hög upplösning har det ej varit möjligt att göra någon detaljerad kalibrering av FRC-flödet.

C.2.2 Indata

Nederbörd

Nederbördsdata har hämtats från SMHI:s mätstation vid Kallax flygplats i form av dygnsnederbörd uppmätt klockan 07 för åren 1983-93.

Uppmätta nederbördsvärden är korrigerade enligt SMHI[1] för mätfel på grund av vindpåverkan, avdunstning och vätning. Som medeltal anger SMHI korrektionen till 26% för Kallax flygplats. Korrektionen skiljer sig mycket mellan snönederbörd och regnnederbörd. För aktuella nederbördsdata har tillämpats 20% korrektion vid regn och 33% vid snönederbörd.

För den aktuella perioden, 1983 t o m 1993, har SMHI:s uppgifter om olika korrektion för fast och flytande nederbörd använts så, att nederbörd vid samtidig minustemperatur har tolkats som snönederbörd.

Den korrigerade nederbörden för åren 1983-93 blev i medeltal 686 mm/år, något högre än den siffra SMHI anger som korrigerat medelvärde för perioden 1951-80, 616 mm/år.

[1] SMHI: Data rörande Sveriges nederbördsklimat. Normalvärden för perioden 1951-80. Rapport 1983:28

Potentiell avdunstning

Uppgifter om potentiell avdunstning, normalvärden för respektive månad, inhämtades från SMHI. Den årliga potentiella avdunstningen för Luleå är 452 mm/år. Mouse-NAM beräknar verklig avdunstning beroende på vatteninnehållet i olika delmagasin.

Temperatur

Temperaturdata har hämtats från SMHI:s mätstation vid Kallax flygplats. Där registreras temperatur klockan 07, 13 och 19 varje dygn. Här utnyttjades i ett första läge ett värde per dygn, avläst kl 07. Temperaturdata används av modellen endast för tömning och påfyllnad av snömagasin. De användes också, som nämnts tidigare, vid korrektion av nederbördsdata.

Snötäcke

Uppgifter om observerat snöjup uppmätt vid Kallax flygplats, dygnsvärden, inhämtades från SMHI. Snödjupet anges i cm. Eftersom inga uppgifter om snötäckets vatteninnehåll fanns tillgängliga, räknades snödjupet om till en ekvivalent vattenhalt med antagandet om densiteten 0.3 kg/dm^3. Detta värde är inte representativt för nyfallen snö då densiteten är avsevärt lägre. Jämförelse med modellberäknat snömagasin bör göras för snö under smältning eller sent under resp vinterperiod.

Spillvatten

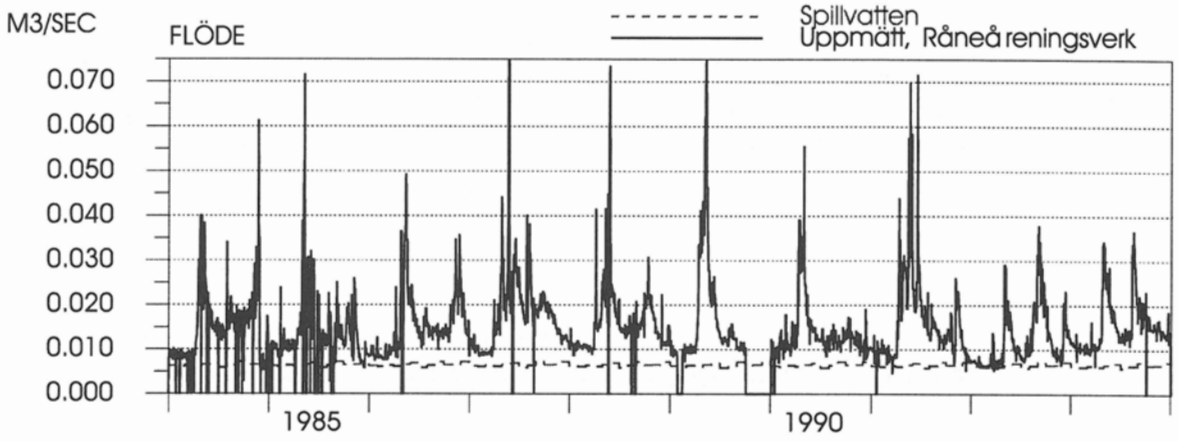
Vid uppskattning av spillvattenandelen av tillrinningen till Råneå avloppsverk användes uppgifter om månadsvis vattenproduktion vid vattenverket i Råneå för åren 1992-93. Tillgång fanns till uppgifter både för levererad vattenmängd och till vattenverket intagen råvattenmängd.

Under 1992-93 levererades från vattenverket i medeltal 0.217 Mm^3/år. Under samma period togs i medeltal 0.240 Mm^3/år råvatten in för behandling i vattenverket. Inga uppgifter fanns tillgängliga för debiterad vattenmängd inom Råneå avloppsverks tillrinningsområde.

Som spillvattenflöde antogs 90% av medelvärdet mellan råvattenflöde och utpumpad vattenmängd. Dessutom beräknades en månadsvis variation i spillvattenflöde som medeltal för åren 1992 och 1993. Denna månadsvisa spillvattenvariation antogs vara representativ för hela beräkningsperioden 1984-1993. Före kalibrering drogs spillvattenflödet från uppmätta flödesvärden vid avloppsreningsverket.

Flödesdata vid reningsverket

NAM-modellen kalibrerades mot flödesvärden uppmätta vid Råneå avloppsverk, dygnsvärden, för åren 1984-93, se figur C:2. Flödesdata för reningsverket med dygnsupplösning fanns i regel endast för vardagsdygn. För helger och för veckoslutsdygn är endast en summavolym avläst. Dessa volymer har fördelats på mellankommande dygn genom medeltalsberäkning.

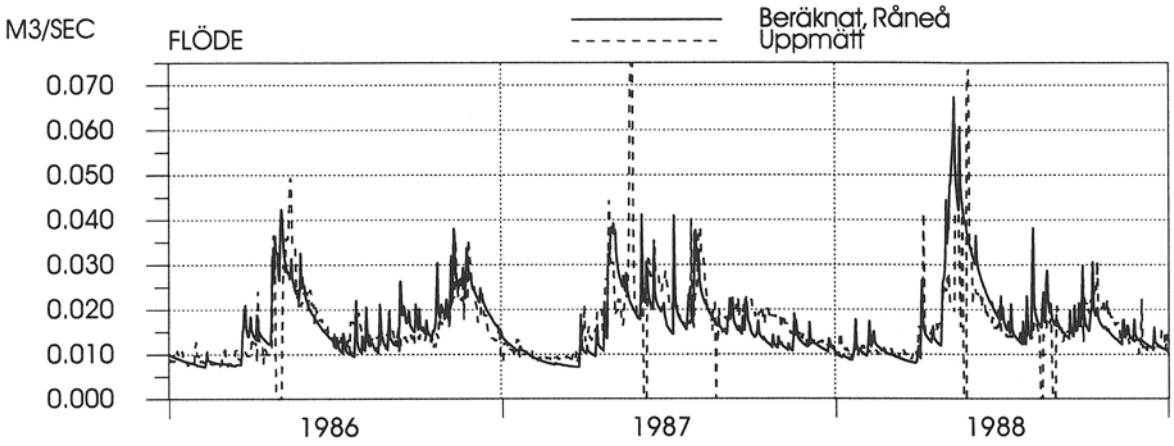


Figur C:2 Flöde uppmätt vid Råneå avloppsreningsverk, dygnsupplösning, tillsammans med uppskattad spillvattenmängd, månadvis variation.

C.2.3 Kalibreringsresultat

Resultatet av kalibreringen framgår i figur C:1, där några NAM-modellparametrar redovisas. Baserat på mätningarna vid avloppsverket bedömdes mycket översiktligt ca 5 ha bidra med snabb avrinning. Långsam hydrologisk påverkan bedömdes influeras av 80 ha av den totala geografiska ytan 170 ha. Bedömningen av anslutningen av hårdgjorda ytor (ca 5 ha) är endast översiktlig och baserad på mätdata med dygnsupplösning. En säkrare uppskattning kan först erhållas vid tillgång till data med högre upplösning, minst 0.25-1 timme, både vad gäller nederbörd och flödesdata. Den snabba nederbördsresponsen är viktig för att bestämma den momentana flödesintensiteten, för t ex bedömning av bräddningsflöden. I detta sammanhang, där längre tidsperioder beaktas, har däremot ett fel i uppskattningen av anslutna hårdgjorda ytor mindre betydelse för avrunnen totalvolym.

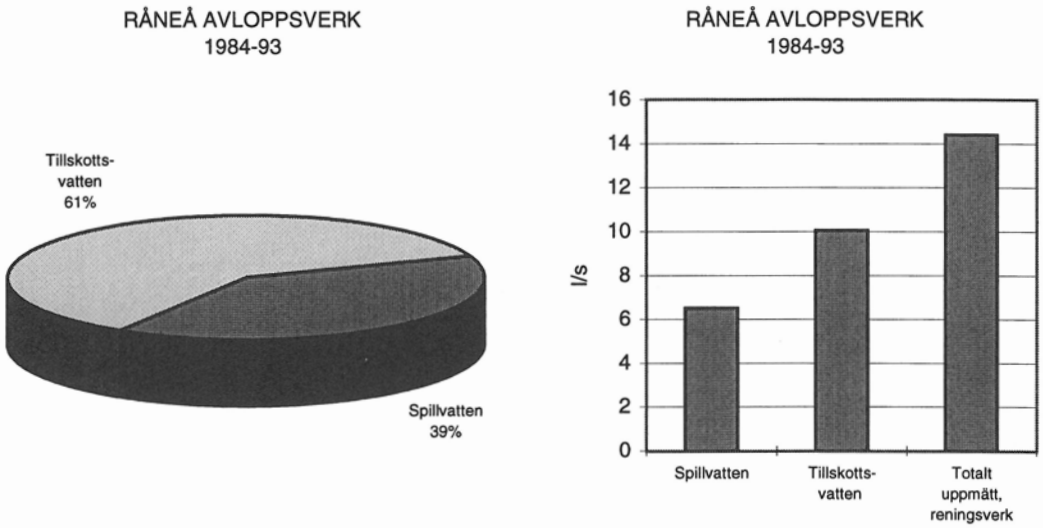
I figur C:3 visas som exempel överenstämmelse mellan simulerade och uppmätta flöden under tre år.



Figur C:3 En-box NAM-modell för tillrinningen till Råneå reningsverk. Jämförelse mellan simulerade och uppmätta värden under tre år, 1986-88. Dygnsupplösning

Kalibreringen visar i stort sett god överensstämmelse mellan uppmätta och beräknade flöden. Variationerna i mänden ovidkommande vatten domineras klart av snösmältningsperioden och avklingningen efter denna. Modellbeskrivningen har vissa svårigheter att helt korrekt beskriva smältförloppet, speciellt under de extremt snörika vintrarna 1988 och 1989. Total smältvolym verkar vara av korrekt storleksorning, men tidsförloppet är något försenat och då med förhöjd intensitet. En delförklaring kan vara att den temperaturinformation som utnyttjats vid denna kalibrering är ett värde per dygn, avläst kl 07 på mogonen, och då således inte helt representativ för förhållandena under hela dygnet.

C.2.4 Vattenbalans för tillrinningen till reningsverket



Figur C:4 Flödeskomponenter i tillrinningen till Råneå reningsverk. Medelvärden för 10-årsperioden 1984-93.

Av figur C:4 framgår komponenterna i tillrinningen i medeltal under tioårsperioden. Där redovisas summan av snabb och trög nederbördspåverkan som mängden ovidkommande vatten (beräknad med NAM-modellen). Av figuren framgår också medelvärdet för uppmätt flöde under perioden. Att det återstår en viss skillnad mellan summa beräknat flöde (NAM+spill) jämfört med uppmätta värden, är mest att hänföra till att det tidvis saknas flödesregistrering vid verket.

I medeltal utgör mängden ovidkommande vatten 10.1 l/s. Den uppskattade spillvattenmängden är i medeltal 6.5 l/s. Vid reningsverket har under 10-årsperioden i medeltal registrerats 14.4 l/s.

C.3 Slutsatser och diskussion - Råneå reningsverks avrinningsområde

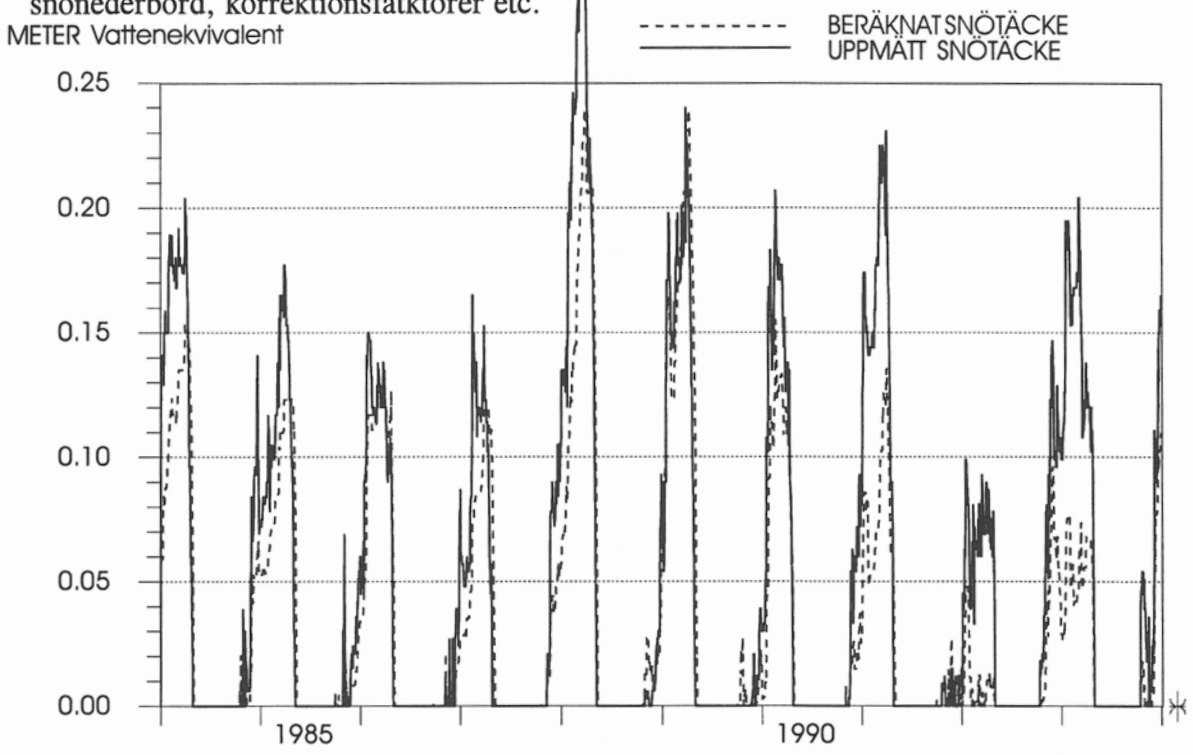
C.3.1 Allmänt

Generellt sett är den ovidkommande vattenmängden relativt hög, jämfört med situationen inom andra avrinningsområden. Dessutom har det framgått att den nederbördspåverkade andelen av tillrinningen är högst ojämnt fördelad i tiden.

En osäker post utgörs av spillvattenuppskattningen. Den specifika spillvattenproduktionen från 2 500 anslutna personer blir dock ca 225 l/p·d, vilket är en rimlig siffra.

C.3.2 Snösmältningspåverkan

I figur C:5 redovisas beräknad uppbyggnad och avtappning av snömagasinet inom avrinningsområden. Snötäcket uttrycks i modellen som ekvivalent smält vattenmängd i mm. I figuren jämförs med snödjupsobservationer vid Kallax flygplats. För att få jämförbara värden har snödjupsvärdena räknats om till ett ekvivalent vatteninnehåll genom antagande om en konstat snödensitet (0.3 mm vattenekvivalent per mm observerat snödjup). Av figuren framgår att snömagasinets innehåll naturligtvis varierar år från år, men också att modellbeskrivningen oftast förmår återskapa den verkliga snöuppbyggnaden relativt bra, trots osäkerheter i indata som mätning av snönederbörd, korrektionsfatktorer etc.



Figur C:5 Jämförelse mellan beräknat snömagasin och uppmätt snödjup under 10-årsperioden 1984-93.

Eftersom samma nederbördsdata utnyttjats som för Luleå Uddeboverket, se bilaga B, kan figuren användas som illustration till att smältkonstanten, förutom att ha betydelse för hastigheten i smältförloppet, även har betydelse i uppbyggnaden av snömagasinet med befintlig MouseNAM-beskrvning. Smältkonstanten C_{melt} blev vid kalibreringen för Luleå-Uddebo 2.0 mm/°C · dag, för Råneå 3.0 mm/°C · dag. De beräknade snömagasinen uppvisar vissa skillnader (jämför fig B:5 och C:5) i tillgänglig smältvolym när den egentliga snösmältningen inträder, speciellt för åren 1989 och 1993.

Både för beräknade och för uppmätta snödata anges maximalt snötäcke under 10-årsperioden nedan. Dessutom har maximal snösmältningsintensitet med varierande tidsbas beräknats (under 1 dygn, 2 dygn, 1 vecka, 2 veckor). Denna beräkning har utförts så, att maximal minskning av snömagasinet med aktuell tidsbas och tidpunkten plockats ur dataserierna. Angiven tidpunkt är sluttiden för aktuell period.

Snömagasin, beräknade värden (mm vattenekv.):

	datum	mm
Max snötäcke :	1988 03 30	239

Snösmältningsintensiteter:

Max snösm 1d :	1984 04 30	26.0
Max snösm 2d :	1984 04 30	49.7
Max snösm 7d :	1988 05 12	121.0
Max snösm 14d:	1988 05 11	190.2

Uppmätta snödjup (cm)

	datum	cm
Max snötäcke :	1988 03 22	106

"Snösmältningsintensiteter"

Max snösm 1d :	1991 04 24	25*osäkert värde
Max snösm 2d :	1991 04 24	29*osäkert värde
Max snösm 7d :	1988 05 06	40
Max snösm 14d:	1988 05 07	64

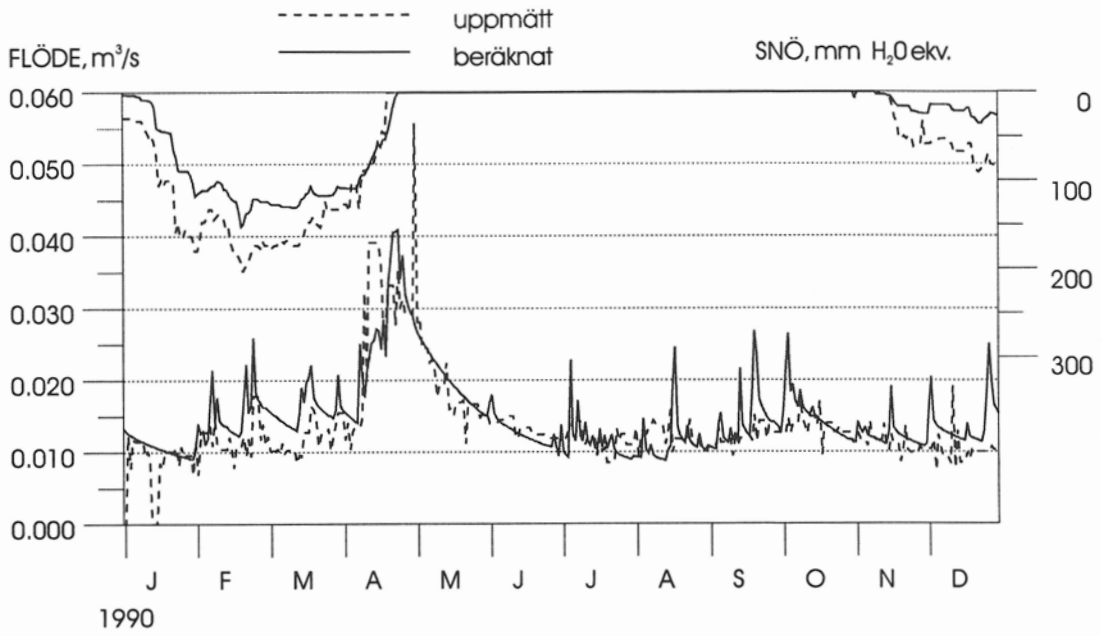
Under snösmältningsperioden utgör smältvattnet en mycket stor andel av den totala tillrinningen inom avrinningsområdet. Som en jämförelse har den maximalt beräknade avsmältningen under en vecka resp två veckor enligt ovan ställts i relation till spillvattenproduktionen under samma tid genom att smältvolymen (mm) multiplicerats med total dräneringsyta ($A_{SRC}+A_{FRC}$), totalt 85 ha:

Smältvolym i relation till spillvattentillrinningen:

Max snösm 7d :	ca 26.2 ggr spillvattenmängden
Max snösm 14d :	ca 20.6 ggr spillvattenmängden

Med kortare tidsbas (1d, 2d) är utspädningsgraden relativt sett större, men situationen är i storleksordning jämförbar med belastningen vid långvariga, volymrika regnsituationer sommartid. Den maximala avsmältningen under ett dygn motsvarar i volym ett 1-årsregn, motsvarande värde för 2 dygn representerar ett 5-årsregn.

I figur C:6 visas kopplingen mellan förändringen i snömagasinet och flödesvariationer vid reningsverket genom att dessa plottats i samma diagram.



Figur C:6 En-box NAM-modell för tillrinningen till Råneå reningsverk. Jämförelse mellan simulerade och uppmätta flöden samt beräknat snömagasin jämfört med uppmätt snödjup under 1990. Dygnsupplösning

BILAGA D. Lycksele avloppsreningsverk

D.1 Allmänt

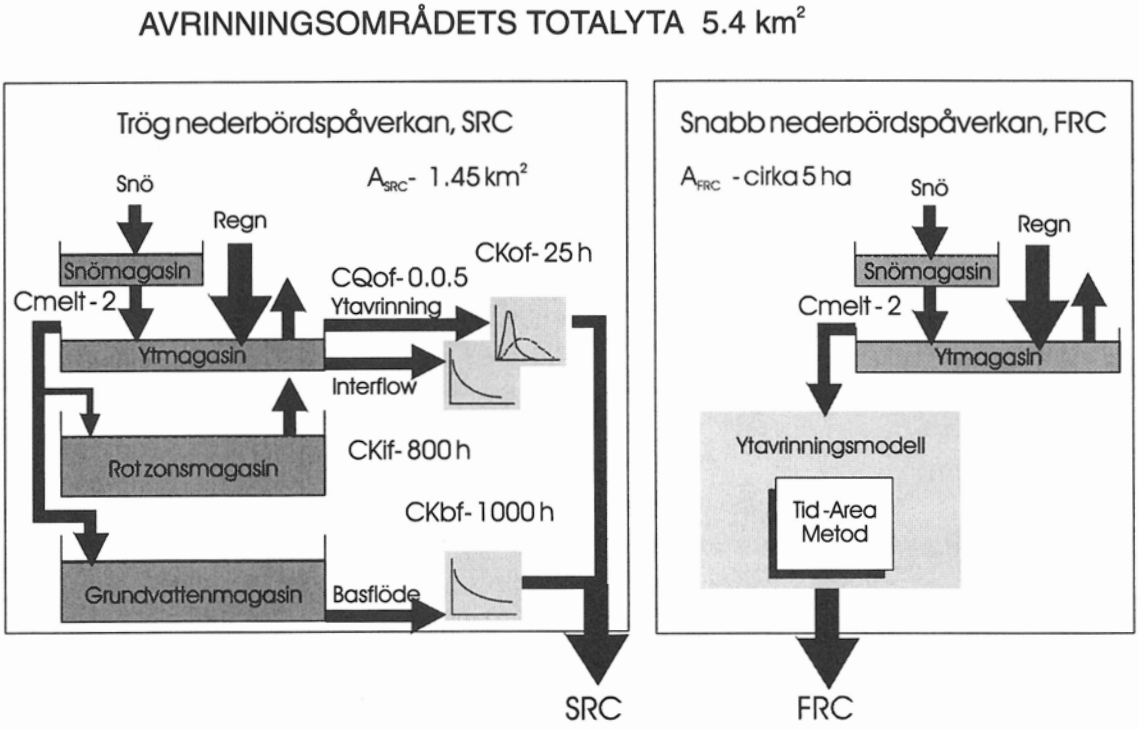
Tillrinningen till Lycksele avloppsreningsverk har beskrivits med en generell hydrologisk modell, MouseNAM. Avloppssystemet betraktas härvid som ett dräneringssystem för avrinningsområdet. Förutom den direkta nederbördspåverkan i omedelbar anslutning till regntillfället, hanterar modellen indirekt flödespåverkan, till exempel varierande inläckage vid höga grundvattennivåer och snösmältningsförlopp.

Den upprättade NAM-modellen är en s k en-boxmodell, d v s hela avrinningsområdet betraktas som en enhet. Modellbeskrivningen är vidare förenklad genom att det i MouseNAM inte finns någon detaljerad beskrivning av den hydrauliska transporten i ledningsnätet.

Modellen har kalibrerats mot uppmätt flöde i reningsverket för perioden 1984 - 1993. Resultatet av kalibreringen redovisas i denna bilaga.

D.2 Modellbeskrivning med MouseNAM

D.2.1 Beräkningsförutsättningar



Figur D:1 En-box Nam-modell för tillrinningen till Lycksele avloppsreningsverk.

För att beskriva variationer i mängden nederbördspåverkat vatten i den samlade tillrinningen till avloppsverket kalibrerades en s.k. en-box NAM-modell, där avrinningsområdet behandlas som en enhet. I figur D:1 visas modellstrukturen, med kalibrerade värden för bidragande ytor och tidskonstanter inlagda.

En NAM-modell består av ett antal mark- och ytvattenmagasin som töms av (avdunstning och avrinning) och fylls på (nederbörd och snösmältning). Om nederbörd saknas under en längre period kommer magasinen att tömmas utan att någon påfyllnad sker.

Avloppssystemet betraktas härvid som ett dräneringssystem för avrinningsområdet. Den vattenmängd som modellen genererar representerar den totala vattenmängden inom tillrinningsområdet inklusive eventuella bräddvattenvolymer. Modellbeskrivningen innehåller alltså inte någon detaljerad beskrivning av den hydrauliska transporten i ledningsnätet. Modellen simulerar både snabb avrinning i direkt anslutning till regntillfället, FRC (ex. avrinning från hårdgjorda ytor) och trögare påverkan, SRC (ex. läck- och dränvatten). Då det ej fanns tillgång till nederbörds- och flödesdata med hög upplösning har det ej varit möjligt att göra någon detaljerad kalibrering av FRC-flödet.

D.2.2 Indata

Nederbörd

Nederbördsdata har hämtats från SMHI:s mätstation i Lycksele i form av dygnsnederbörd uppmätt klockan 07 för åren 1984-93.

Uppmätta nederbördsvärden är korrigerade enligt SMHI[1] för mätfel på grund av vindpåverkan, avdunstning och vätning. Som medeltal anger SMHI korrektionen till 23% för Lycksele. Korrektionen skiljer sig mycket mellan snönederbörd och regnnederbörd. För aktuella nederbördsdata har tillämpats 18% korrektion vid regn och 32% vid snönederbörd. För den aktuella perioden, 1984 t o m 1993, har SMHI:s uppgifter om olika korrektion för fast och flytande nederbörd använts så, att nederbörd vid samtidig minustemperatur har tolkats som snönederbörd.

Den korrigerade nederbörden för åren 1984-93 blev i medeltal 767 mm/år, något högre än den siffra SMHI anger som korrigerat medelvärde för perioden 1951-80, 723 mm/år.

Potentiell avdunstning

Uppgifter om potentiell avdunstning, normalvärden för respektive månad, inhämtades från SMHI. Den årliga potentiella avdunstningen för Lycksele är 386 mm/år. MouseNAM beräknar verklig avdunstning beroende på vatteninnehållet i olika delmagasin.

[1] SMHI: Data rörande Sveriges nederbördsklimat. Normalvärden för perioden 1951-80. Rapport 1983:

Temperatur

Temperaturdata har hämtats från SMHI:s mätstation i Lycksele. Där registreras temperatur klockan 07, 13 och 19 varje dygn. Här utnyttjades i ett första läge ett värde per dygn, avläst kl 07. Temperaturdata används av modellen endast för tömning och påfyllnad av snömagasin. De användes också, som nämnts tidigare, vid korrektion av nederbördsdata.

Snötäcke

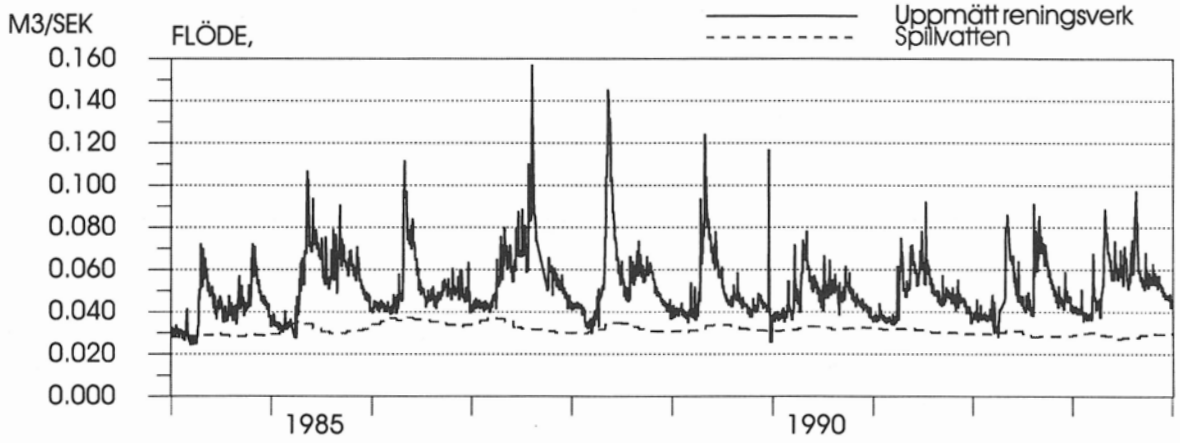
Uppgifter om observerat snöjup uppmätt i Lycksele, dygnsvärden, inhämtades från SMHI. Snödjupet anges i cm. Eftersom inga uppgifter om snötäckets vatteninnehåll fanns tillgängliga, räknades snödjupet om till en ekvivalent vattenhalt med antagandet om densiteten 0.3 kg/dm^3. Detta värde är inte representativt för nyfallen snö då densiteten är avsevärt lägre. Jämförelse med modellberäknat snömagasin bör göras för snö under smältning eller sent under resp vinterperiod.

Spillvatten

Vid uppskattning av spillvattenandelen av tillrinningen till Lycksele avloppsverk användes uppgifter om månadsvis vattenproduktion vid vattenverket i Lycksele för åren 1984-93. Som spillvattenflöde antogs 85% av producerad vattenmängd. Före kalibrering drogs spillvattenflödet från uppmätta flödesvärden vid avloppsreningsverket.

Flödesdata vid reningsverket

NAM-modellen kalibrerades mot flödesvärden uppmätta vid Lycksele avloppsverk,



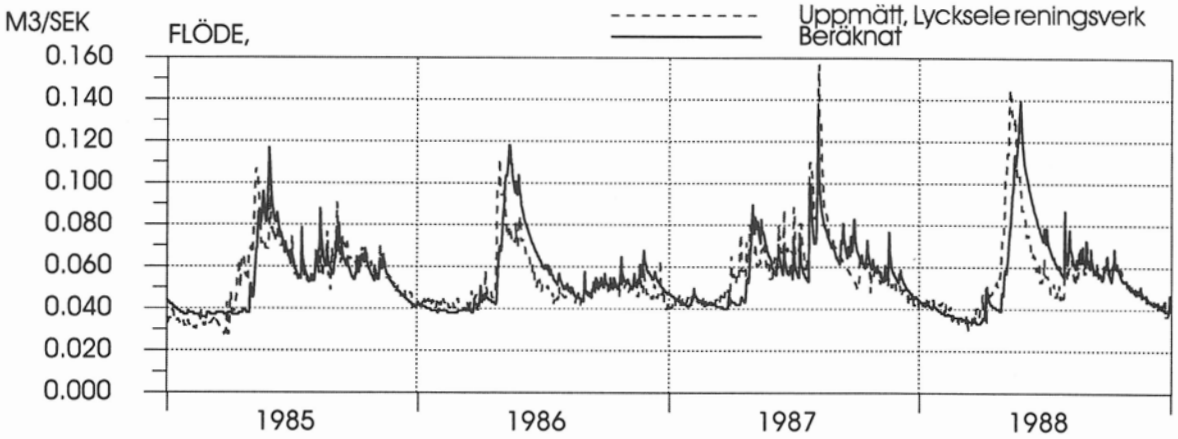
Figur D:2 Flöde uppmätt vid Lycksele avloppsreningsverk, dygnsupplösning, tillsammans med uppskattad spillvattenmängd, månadvis variation.

dygnsvärden, för åren 1984-93, se figur D:2. Flödesdata för reningsverket med dygnsupplösning fanns i regel endast för vardagsdygn. För helger och för veckoslutsdygn är endast en summavolym avläst. Dessa volymer har fördelats på mellankommande dygn genom medeltalsberäkning.

D.2.3 Kalibreringsresultat

Resultatet av kalibreringen framgår i figur D:1, där några NAM-modellparametrar redovisas. Baserat på mätningarna vid avloppsverket bedömdes mycket översiktligt ca 5 ha bidra med snabb avrinning. Långsam hydrologisk påverkan bedömdes influeras av 145 ha av den totala geografiska ytan 540 ha. Bedömningen av anslutningen av hårdgjorda ytor (ca 5 ha) är endast översiktlig och baserad på mätdata med dygnsupplösning. En säkrare uppskattning kan först erhållas vid tillgång till data med högre upplösning, minst 0.25-1 timme, både vad gäller nederbörd och flödesdata. Den snabba nederbördsresponsen är viktig för att bestämma den momentana flödesintensiteten, för t ex bedömning av bräddningsflöden. I detta sammanhang, där längre tidsperioder beaktas, har däremot ett fel i uppskattningen av anslutna hårdgjorda ytor mindre betydelse för avrunnen totalvolym.

I figur D:3 visas som exempel överenstämmelse mellan simulerade och uppmätta flöden under fyra år.

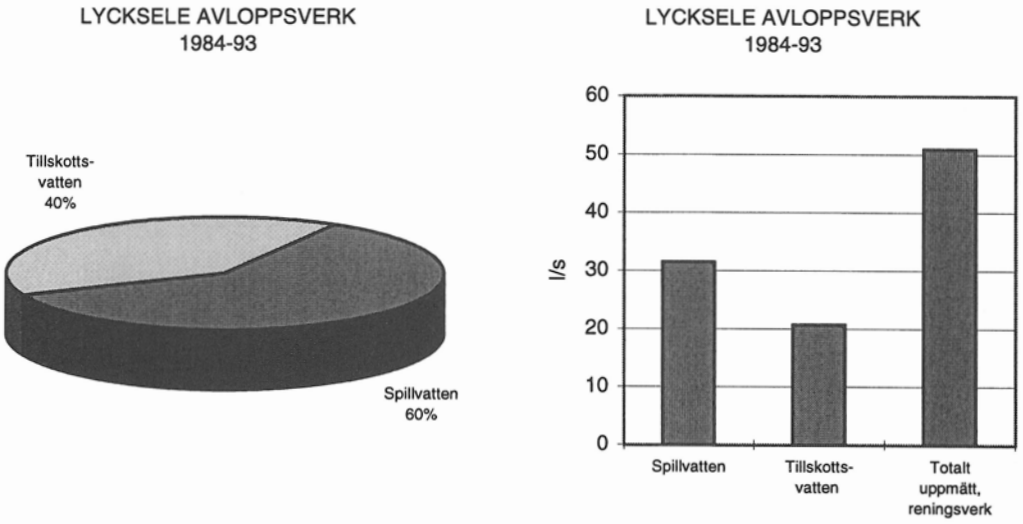


Figur D:3 En-box NAM-modell för tillrinningen till Lycksele reningsverk. Jämförelse mellan simulerade och uppmätta värden under fyra år, 1985-88. Dygnsupplösning

Kalibreringen visar i stort sett god överensstämmelse mellan uppmätta och beräknade flöden. Variationerna i mängden ovidkommande vatten domineras av snösmältningsperioden och avklingningen efter denna, men även vissa nederbördsrika sommar- eller höstperioder kan ge stora tillskottsvolymer. Modellbeskrivningen har vissa svårigheter att helt korrekt beskriva smältförloppet. Total smältvolym verkar vara av korrekt

storleksorning, men tidsförloppet är något försenat. En delförklaring kan vara att den temperaturinformation som utnyttjats vid denna kalibrering är ett värde per dygn, avläst kl 07 på morgonen, och då således inte helt representativ för förhållandena under hela dygnet.

D.2.4 Vattenbalans för tillrinningen till reningsverket



Figur D:4 Flödeskomponenter i tillrinningen till Lycksele reningsverk. Medelvärden för 10-årsperioden 1984-93.

Av figur D:4 framgår komponenterna i tillrinningen i medeltal under tioårsperioden. Där redovisas summan av snabb och trög nederbördspåverkan som mängden ovidkommande vatten (beräknad med NAM-modellen). Av figuren framgår också medelvärdet för uppmätt flöde under perioden..

I medeltal utgör mängden ovidkommande vatten 20.7 l/s. Den uppskattade spillvattenmängden är i medeltal 31.5 l/s. Vid reningsverket har under 10-årsperioden i medeltal registrerats 50.9 l/s.

D.3 Slutsatser och diskussion - Lycksele reningsverks avrinningsområde

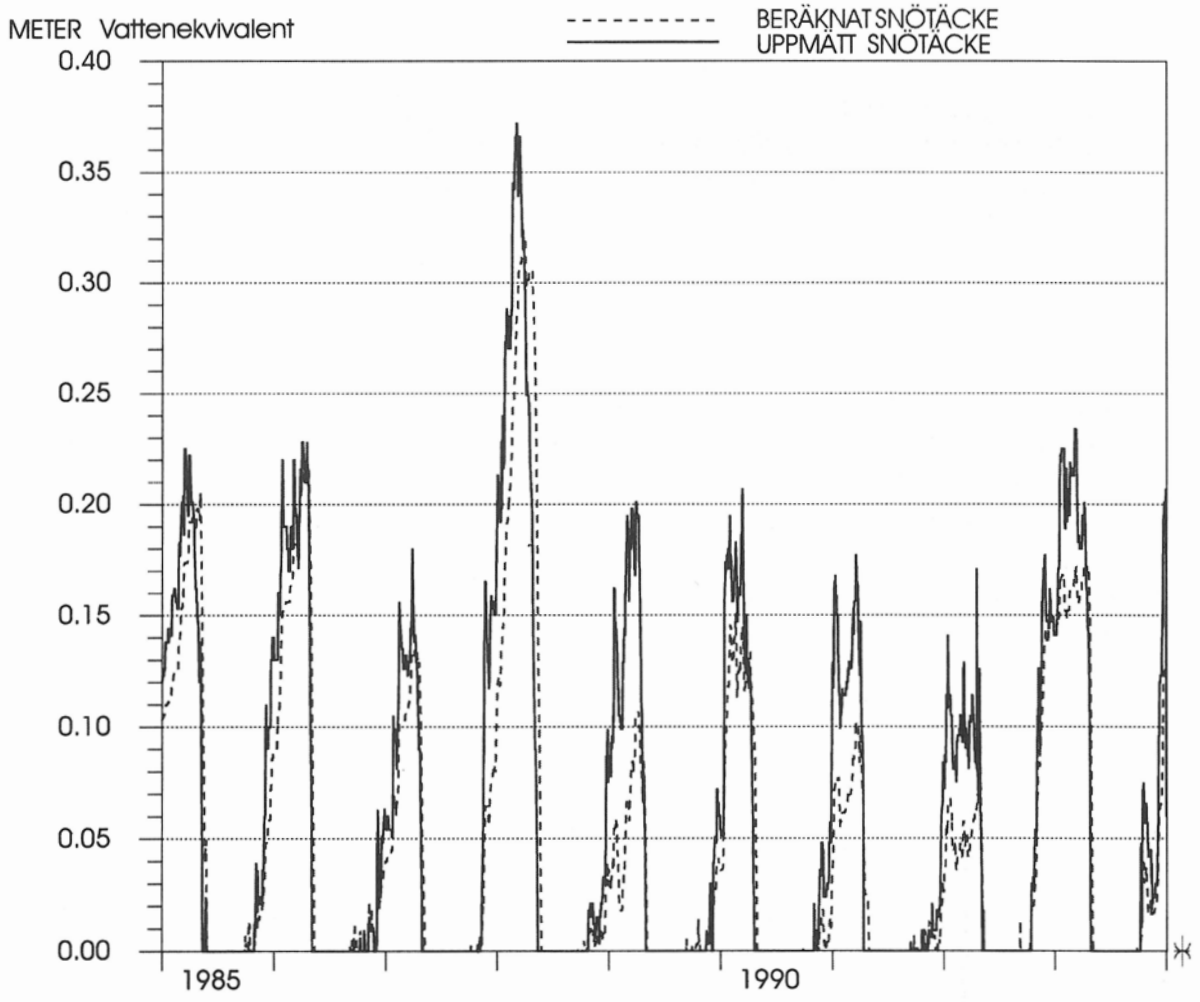
D.3.1 Allmänt

Generellt sett är den ovidkommande vattenmängden relativt "normal", kanske t o m något gynnsammare jämfört med situationen inom andra avrinningsområden. Dock har det framgått att den nederbördspåverkade andelen av tillrinningen är högst ojämnt fördelad i tiden.

En osäker post utgörs av spillvattenuppskattningen. Den specifika spillvattenproduktionen från 12 000 anslutna personer blir dock 227 l/p· d, vilket är en rimlig siffra.

D.3.2 Snösmältningspåverkan

I figur D:5 redovisas beräknad uppbyggnad och avtappning av snömagasinet inom avrinningsområden. Snötäcket uttrycks i modellen som ekvivalent smält vattenmängd i mm. I figuren jämförs med snödjupsobservationer i Lycksele. För att få jämförbara värden har snödjupsvärdena räknats om till ett ekvivalent vatteninnehåll genom antagande om en konstat snödensitet (0.3 mm vattenekvivalent per mm observerat snödjup). Av figuren framgår att snömagasinets innehåll naturligtvis varierar år från år, men också att modellbeskrivningen oftast förmår återskapa den verkliga snöuppbyggnaden relativt bra, trots osäkerheter i indata som mätning av snönederbörd, korrektionsfatktorer etc.



Figur D:5 Jämförelse mellan beräknat snömagasin och uppmätt snödjup under åren 1985-93.

Både för beräknade och för uppmätta snödata anges maximalt snötäcke under 10-årsperioden nedan. Dessutom har maximal snösmältningsintensitet med varierande tidsbas beräknats (under 1 dygn, 2 dygn, 1 vecka, 2 veckor). Denna beräkning har

utförts så, att maximal minskning av snömagasinet med aktuell tidsbas och tidpunkten plockats ur dataserierna. Angiven tidpunkt är sluttiden för aktuell period.

Snömagasin, beräknade värden (mm vattenekv.):

	datum	mm
Max snötäcke :	1988 03 31	320

Snösmältningsintensiteter:

Max snösm 1d :	1993 05 03	22.4
Max snösm 2d :	1993 05 03	41.6
Max snösm 7d :	1993 05 04	118.7
Max snösm 14d:	1988 05 26	189.6

Uppmätta snödjup (cm)

	datum	cm
Max snötäcke :	1988 03 06	124

"Snösmältningsintensiteter"

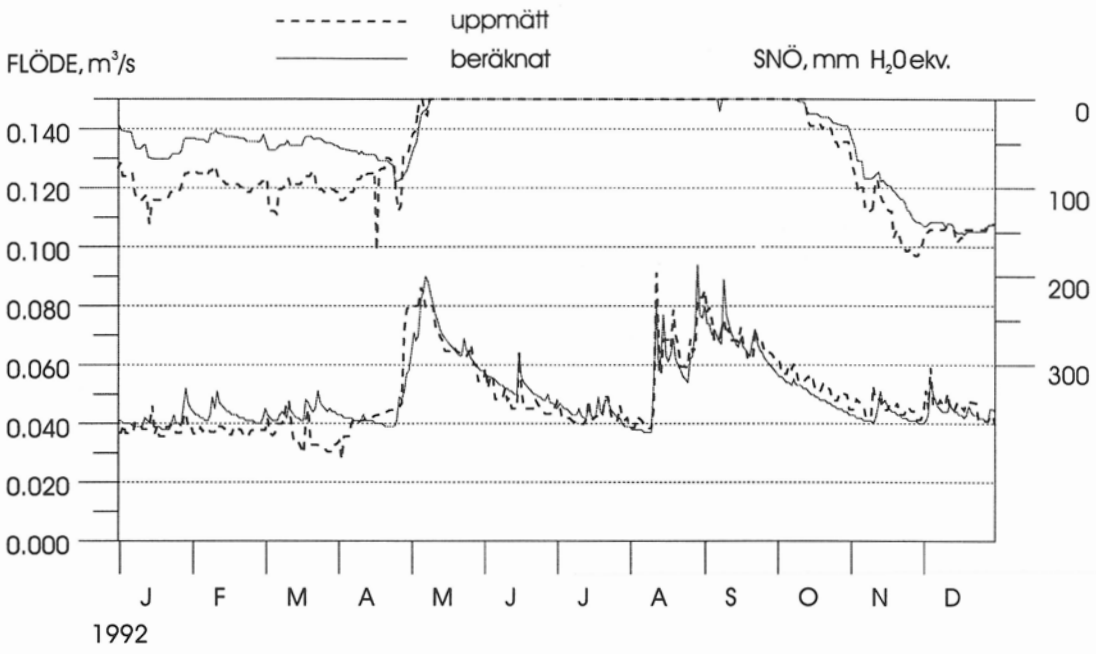
Max snösm 1d :	1992 04 19	30
Max snösm 2d :	1992 04 20	31
Max snösm 7d :	1993 04 28	47
Max snösm 14d:	1986 05 06	72

Under snösmältningsperioden utgör smältvattnet en mycket stor andel av den totala tillrinningen inom avrinningsområdet. Som en jämförelse har den maximalt beräknade avsmältningen under en vecka resp två veckor enligt ovan ställts i relation till spillvattenproduktionen under samma tid genom att smältvolymen (mm) multiplicerats med total dräneringsyta ($A_{SRC} + A_{FRC}$), totalt 150 ha:

Smältvolym i relation till spillvattentillrinningen:

Max snösm 7d :	ca 9.4 ggr spillvattenmängden
Max snösm 14d :	ca 7.5 ggr spillvattenmängden

Med kortare tidsbas (1d, 2d) är utspädningsgraden relativt sett större, men situationen är i storleksordning jämförbar med belastningen vid långvariga, volymrika regnsituationer sommartid. Den maximala avsmältningen under ett dygn motsvarar i volym ett ½-årsregn, motsvarande värde för 2 dygn representerar ett 2-årsregn.



Figur D:6 En-box NAM-modell för tillrinningen till Lycksele reningsverk. Jämförelse mellan simulerade och uppmätta flöden samt beräknat snömagasin jämfört med uppmätt snödjup under 1993. Dygnsupplösning

I figur D:6 visas kopplingen mellan förändringen i snömagasinet och flödesvariationer vid reningsverket genom att dessa plottats i samma diagram.

BILAGA E. Malå avloppsreningsverk

E.1 Allmänt

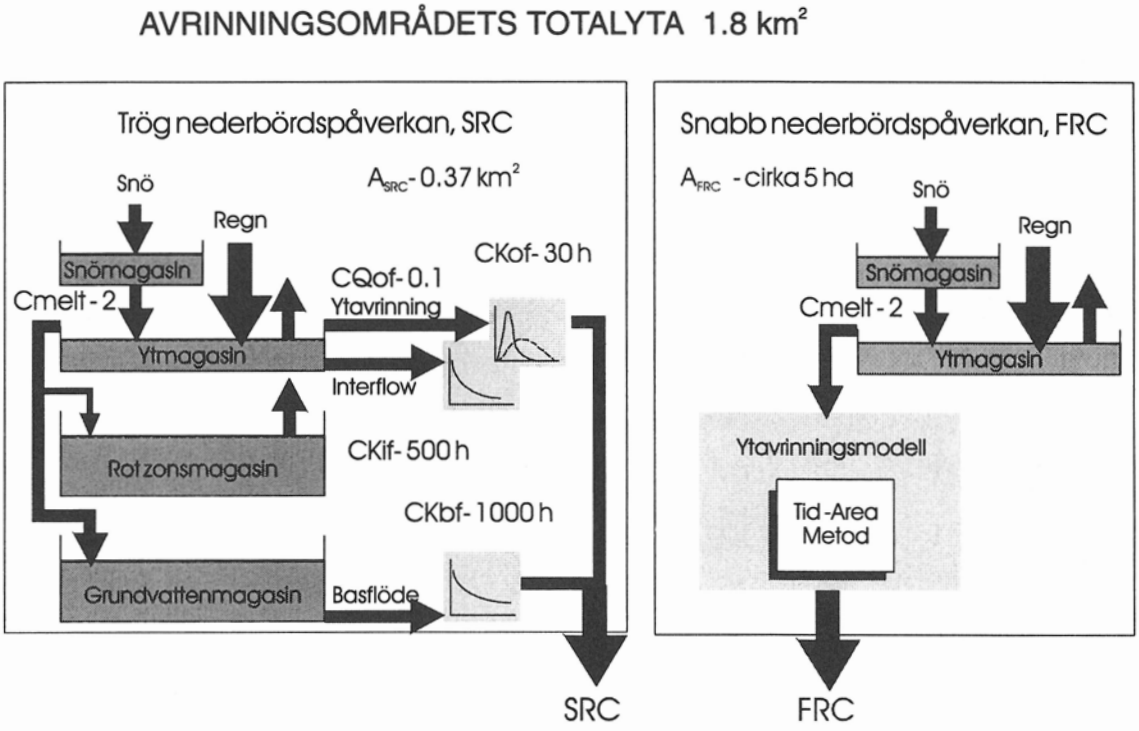
Tillrinningen till Malå avloppsreningsverk har beskrivits med en generell hydrologisk modell, MouseNAM. Avloppssystemet betraktas härvid som ett dräneringssystem för avrinningsområdet. Förutom den direkta nederbördspåverkan i omedelbar anslutning till regntillfället, hanterar modellen indirekt flödespåverkan, till exempel varierande inläckage vid höga grundvattennivåer och snösmältningsförlopp.

Den upprättade NAM-modellen är en s k en-boxmodell, d v s hela avrinningsområdet betraktas som en enhet. Modellbeskrivningen är vidare förenklad genom att det i MouseNAM inte finns någon detaljerad beskrivning av den hydrauliska transporten i ledningsnätet.

Modellen har kalibrerats mot uppmätt flöde i reningsverket för perioden 1990 - 1993. Resultatet av kalibreringen redovisas i denna bilaga.

E.2 Modellbeskrivning med MouseNAM

E.2.1 Beräkningsförutsättningar



Figur E:1 En-box Nam-modell för tillrinningen till Malå avloppsverk.

För att beskriva variationer i mängden nederbördspåverkat vatten i den samlade tillrinningen till avloppsverket kalibrerades en s.k. en-box NAM-modell, där avrinningsområdet behandlas som en enhet. I figur E:1 visas modellstrukturen, med kalibrerade värden för bidragande ytor och tidskonstanter inlagda.

En NAM-modell består av ett antal mark- och ytvattenmagasin som töms av (avdunstning och avrinning) och fylls på (nederbörd och snösmältning). Om nederbörd saknas under en längre period kommer magasinen att tömmas utan att någon påfyllnad sker.

Avloppssystemet betraktas härvid som ett dräneringssystem för avrinningsområdet. Den vattenmängd som modellen genererar representerar den totala vattenmängden inom tillrinningsområdet inklusive eventuella bräddvattenvolymer. Modellbeskrivningen innehåller alltså inte någon detaljerad beskrivning av den hydrauliska transporten i ledningsnätet. Modellen simulerar både snabb avrinning i direkt anslutning till regntillfället, FRC (ex. avrinning från hårdgjorda ytor) och trögare påverkan, SRC (ex. läck- och dränvatten). Då det ej fanns tillgång till nederbörds- och flödesdata med hög upplösning har det ej varit möjligt att göra någon detaljerad kalibrering av FRC-flödet.

E.2.2 Indata

Nederbörd

Nederbördsdata har hämtats från SMHI:s mätstation vid Malåträsk i form av dygnsnederbörd uppmätt klockan 07 för åren 1983-93.

Uppmätta nederbördsvärden är korrigerade enligt SMHI[1] för mätfel på grund av vindpåverkan, avdunstning och vätning. Som medeltal anger SMHI korrektionen till 18% för Malåträsk. Korrektionen skiljer sig mellan snönederbörd och regnnederbörd. För aktuella nederbördsdata har tillämpats 15% korrektion vid regn och 21% vid snönederbörd.

För den aktuella perioden, 1983 t o m 1993, har SMHI:s uppgifter om olika korrektion för fast och flytande nederbörd använts så, att nederbörd vid samtidig minustemperatur har tolkats som snönederbörd.

Den korrigerade nederbörden för åren 1983-93 blev i medeltal 726 mm/år, något högre än den siffra SMHI anger som korrigerat medelvärde för perioden 1951-80, 675 mm/år.

Potentiell avdunstning

Uppgifter om potentiell avdunstning, normalvärden för respektive månad, inhämtades från SMHI. Den årliga potentiella avdunstningen för Malå är 386 mm/år. Mouse-NAM beräknar verklig avdunstning beroende på vatteninnehållet i olika delmagasin.

[1] SMHI: Data rörande Sveriges nederbördsklimat. Normalvärden för perioden 1951-80. Rapport 1983:

Temperatur

Temperaturdata har hämtats från SMHI:s mätstation i Lycksele. Där registreras temperatur klockan 07, 13 och 19 varje dygn. Här utnyttjades i ett första läge ett värde per dygn, avläst kl 07. Temperaturdata används av modellen endast för tömning och påfyllnad av snömagasin. De användes också, som nämnts tidigare, vid korrektion av nederbördsdata.

Snötäcke

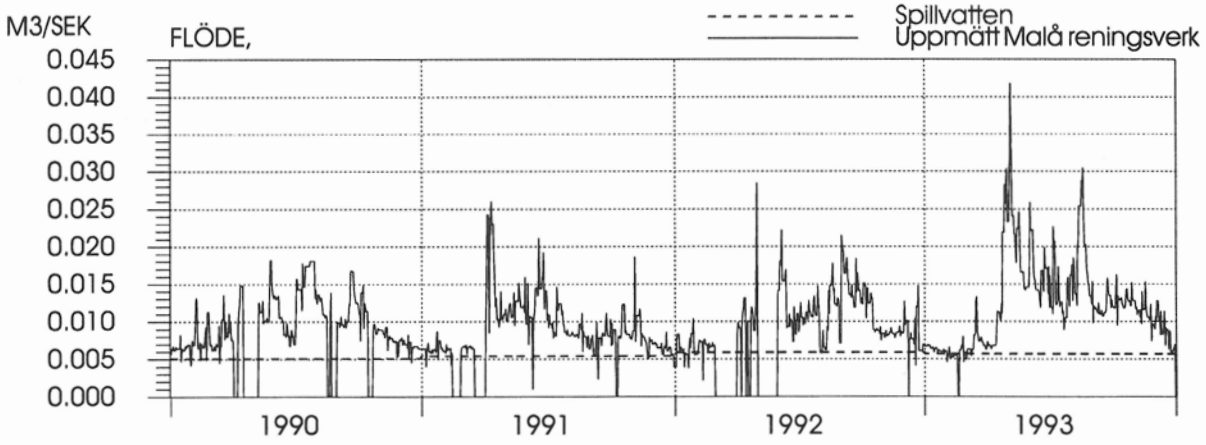
Uppgifter om observerat snöjup uppmätt vid Malåträsk, dygnsvärden, inhämtades från SMHI. Snödjupet anges i cm. Eftersom inga uppgifter om snötäckets vatteninnehåll fanns tillgängliga, räknades snödjupet om till en ekvivalent vattenhalt med antagandet om densiteten 0.3 kg/dm^3. Detta värde är inte representativt för nyfallen snö då densiteten är avsevärt lägre. Jämförelse med modellberäknat snömagasin bör göras för snö under smältning eller sent under resp vinterperiod.

Spillvatten

Vid uppskattning av spillvattenandelen av tillrinningen till Malå avloppsverk användes uppgifter om årsvis vattenproduktion vid vattenverket i Malå för åren 1990-93.

Under 1984-93 levererades från vattenverket i medeltal 0.222 Mm^3/år. Inga uppgifter fanns tillgängliga för debiterad vattenmängd inom Malå avloppsverks tillrinningsområde. Som spillvattenflöde antogs 75% av producerad vattenmängd. Före kalibrering drogs spillvattenflödet från uppmätta flödesvärden vid avloppsreningsverket.

Flödesdata vid reningsverket



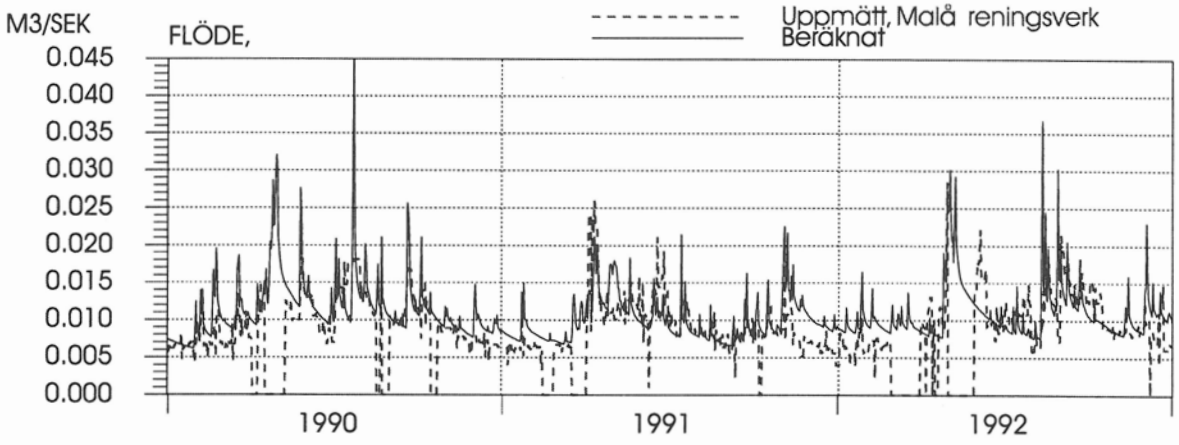
Figur E:2 Flöde uppmätt vid Malå avloppsreningsverk, dygnsupplösning, tillsammans med uppskattad spillvattenmängd, årsvis variation.

NAM-modellen kalibrerades mot flödesvärden uppmätta vid Malå avloppsverk, dygnsvärden. Endast data för åren 1990-93 fanns tillgängliga, varför kalibreringen fick ske mot denna 4-årsperiod, se figur E:2. Flödesdata för reningsverket med dygnsupplösning fanns i regel endast för vardagsdygn. För helger och för veckoslutsdygn är endast en summavolym avläst. Dessa volymer har fördelats på mellankommande dygn genom medeltalsberäkning.

E.2.3 Kalibreringsresultat

Resultatet av kalibreringen framgår i figur E:1, där några NAM-modellparametrar redovisas. Baserat på mätningarna vid avloppsverket bedömdes mycket översiktligt ca 5 ha bidra med snabb avrinning. Långsam hydrologisk påverkan bedömdes influeras av 37 ha av den totala geografiska ytan 180 ha. Bedömningen av anslutningen av hårdgjorda ytor (ca 5 ha) är endast översiktlig och baserad på mätdata med dygnsupplösning. En säkrare uppskattning kan först erhållas vid tillgång till data med högre upplösning, minst 0.25-1 timme, både vad gäller nederbörd och flödesdata. Den snabba nederbördsresponsen är viktig för att bestämma den momentana flödesintensiteten, för t ex bedömning av bräddningsflöden. I detta sammanhang, där längre tidsperioder beaktas, har däremot ett fel i uppskattningen av anslutna hårdgjorda ytor mindre betydelse för avrunnen totalvolym.

I figur E:3 visas som exempel överenstämmelse mellan simulerade och uppmätta flöden under tre år.



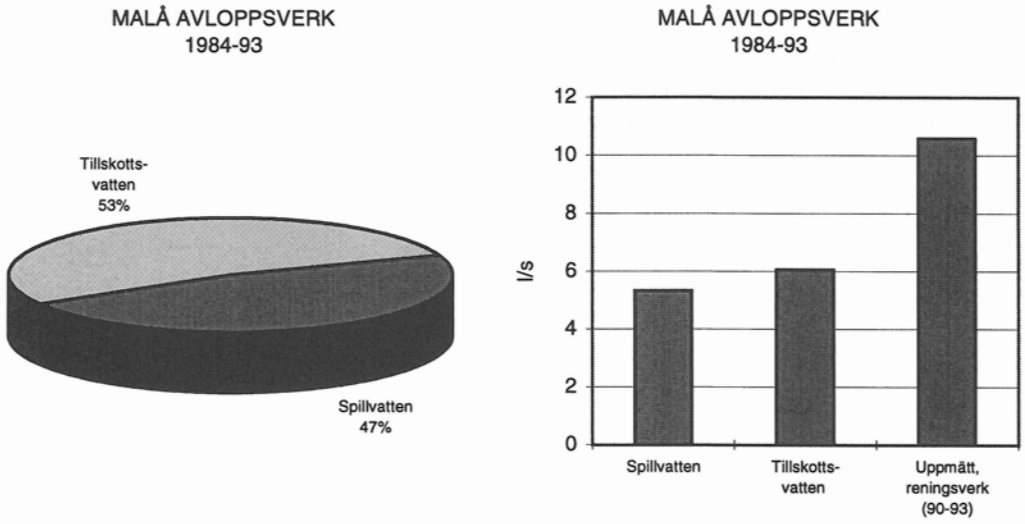
Figur E:3 En-box NAM-modell för tillrinningen till Malå reningsverk. Jämförelse mellan simulerade och uppmätta värden under tre år, 1990-92. Dygnsupplösning

Kalibreringen visar i relativt god överensstämmelse mellan uppmätta och beräknade flöden. Variationerna i mänden ovidkommande vatten domineras klart av snösmältningsperioden och avklingningen efter denna, men även blöta sommar- och höstför-

hållanden har betydelse för mängden tillskottsvatten. Tyvärr är det avbrott i flödesregistreringarna vid reningsverket i samband med flera snösmältningsperioder.

Modellbeskrivningen har vissa svårigheter att helt korrekt beskriva flödesförhållandena under vinterperioden. Modellen genererar avrinning under korta perioder med plustemperatur och höjer därmed basflödesnivån, vilket inte har någon motsvarighet i flödesregistreringarna vid reningsverket.

E.2.4 Vattenbalans för tillrinningen till reningsverket



Figur E:4 Flödeskomponenter i tillrinningen till Malå reningsverk. Medelvärden för 10-årsperioden 1984-93 (beräknade värden och spillvatten) samt för 1990-93 (uppmätta flödesvärden vid reningsverket).

Av figur E:4 framgår komponenterna i tillrinningen i medeltal under tioårsperioden 1984-93. Där redovisas summan av snabb och trög nederbördspåverkan som mängden ovidkommande vatten (beräknad med NAM-modellen). Av figuren framgår också medelvärdet för uppmätt flöde under perioden 1990-93. Att det återstår en viss skillnad mellan summa beräknat flöde (NAM+spill) jämfört med uppmätta värden, är att hänföra till att jämförelsen avser olika tidsperioder samt att det tidvis saknas flödesregistrering vid verket.

I medeltal utgör mängden ovidkommande vatten 6.1 l/s. Den uppskattade spillvattenmängden är som medelvärde 5.3 l/s. Vid reningsverket är medelvärdet av registerade flöden under perioden 1990-93 i medeltal 10.6 l/s.

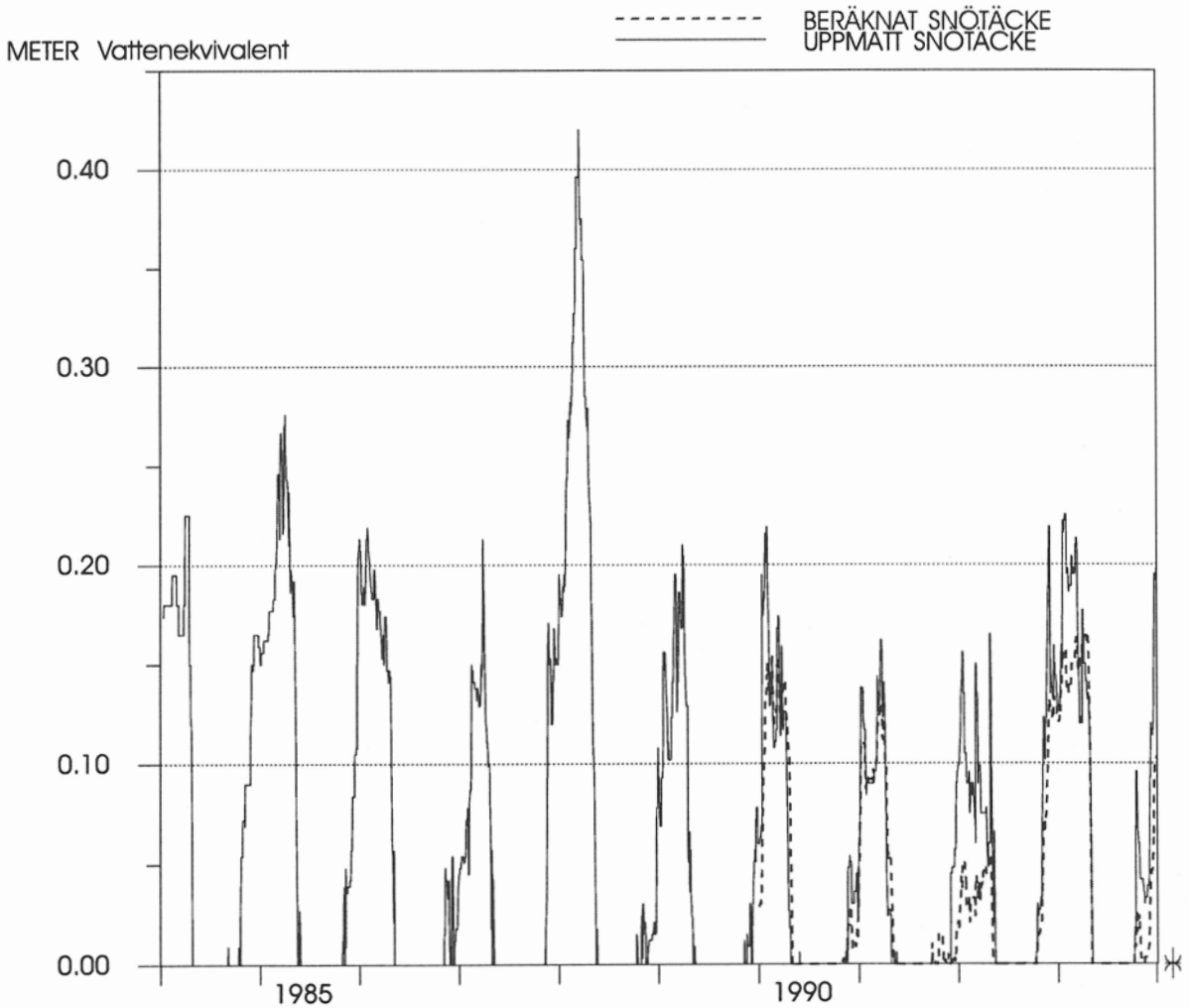
E.3 Slutsatser och diskussion - Malå reningsverks avrinningsområde

E.3.1 Allmänt

Generellt sett är den ovidkommande vattenmängden relativt "normal", jämfört med situationen inom andra avrinningsområden. Dessutom har det framgått att den nederbördspåverkade andelen av tillrinningen är högst ojämnt fördelad i tiden.

En osäker post utgörs av spillvattenuppskattningen. Den specifika spillvattenproduktionen från 3 000 anslutna personer blir dock ca 154 l/p· d, vilket är en rimlig siffra (möjligen något låg).

E.3.2 Snösmältningspåverkan



Figur E:5 Jämförelse mellan uppmätt snödjup under 10-årsperioden 1984-93 och beräknat snömagasin (1990-93).

I figur E:5 redovisas beräknad uppbyggnad och avtappning av snömagasinet inom avrinningsområden. Snötäcket uttrycks i modellen som ekvivalent smält vattenmängd i mm. I figuren jämförs med snödjupsobservationer vid Malåträsk. För att få jämför-

bara värden har snödjupsvärdena räknats om till ett ekvivalent vatteninnehåll genom antagande om en konstat snödensitet (0.3 mm vattenekvivalent per mm observerat snödjup). Av figuren framgår att snömagasinets innehåll naturligtvis varierar år från år, men också att modellbeskrivningen oftast förmår återskapa den verkliga snöuppbyggnaden relativt bra, trots osäkerheter i indata som mätning av snönederbörd, korrektionsfatktorer etc.

Både för beräknade och för uppmätta snödata anges maximalt snötäcke under 10-årsperioden nedan. Dessutom har maximal snösmältningsintensitet med varierande tidsbas beräknats (under 1 dygn, 2 dygn, 1 vecka, 2 veckor). Denna beräkning har utförts så, att maximal minskning av snömagasinet med aktuell tidsbas och tidpunkten plockats ur dataserierna. Angiven tidpunkt är sluttiden för aktuell period.

Snömagasin, beräknade värden 1990-93 (mm vattenekv.):

	datum	**mm**
Max snötäcke :	1993 04 21	164.7
Snösmältningsintensiteter:		
Max snösm 1d :	1993 05 03	22.4
Max snösm 2d :	1993 05 03	41.6
Max snösm 7d :	1993 05 04	117.0
Max snösm 14d:	1993 05 05	164.7

Uppmätta snödjup (cm) under 1985-93 (1984 undantaget pga tveksamma data):

	datum	**cm**
Max snötäcke :	1988 03 18	140
"Snösmältningsintensiteter"		
Max snösm 1d :	1989 04 17	23
Max snösm 2d :	1992 05 01	26
Max snösm 7d :	1985 05 17	42
Max snösm 14d:	1985 05 20	64

Uppmätta snödjup (cm) under 1990-93:

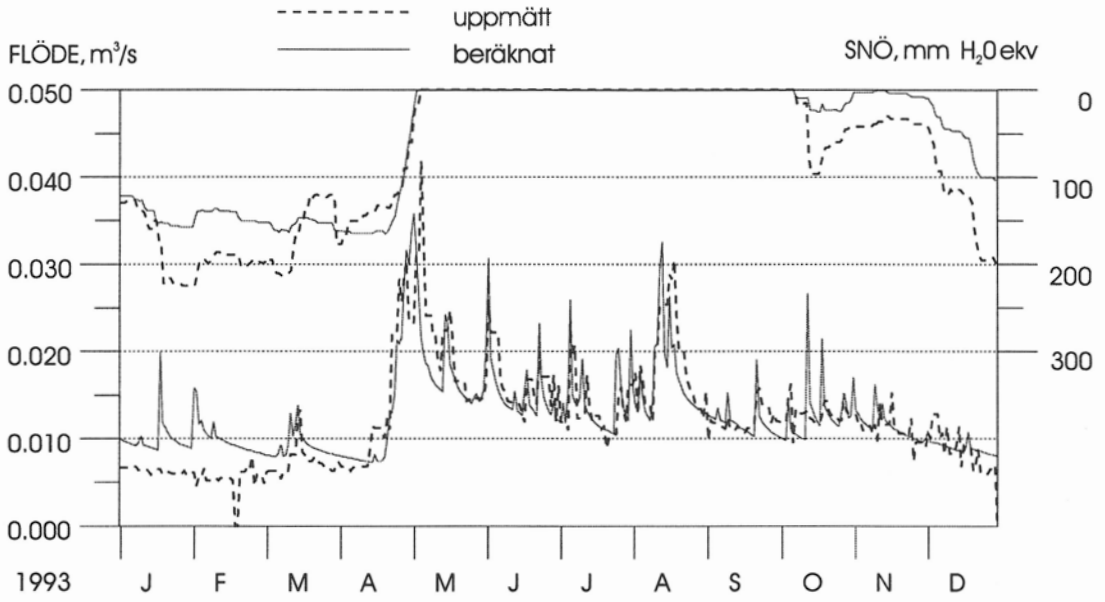
Max snötäcke :	1993 01 27	75
"Snösmältningsintensiteter"		
Max snösm 1d :	1992 05 01	21
Max snösm 2d :	1992 05 01	26
Max snösm 7d :	1992 05 05	40
Max snösm 14d:	1992 05 12	47

Under snösmältningsperioden utgör smältvattnet en mycket stor andel av den totala tillrinningen inom avrinningsområdet. Som en jämförelse har den maximalt beräknade avsmältningen under en vecka resp två veckor enligt ovan (för perioden 1990-93) ställts i relation till spillvat-tenproduktionen under samma tid genom att smältvolymen (mm) multiplicerats med total dräneringsyta ($A_{SRC}+A_{FRC}$), totalt 43 ha:

Smältvolym i relation till spillvattentillrinningen (1990-93):

Max snösm 7d :	ca 15.6 ggr spillvattenmängden
Max snösm 14d :	ca 11.0 ggr spillvattenmängden

Med kortare tidsbas (1d, 2d) är utspädningsgraden relativt sett större, men situationen är i storleksordning jämförbar med belastningen vid långvariga, volymrika regnsituationer sommartid. Den maximala avsmältningen under ett dygn motsvarar i volym ett ½-årsregn, motsvarande värde för 2 dygn representerar ett 2-årsregn.



Figur E:6 En-box NAM-modell för tillrinningen till Malå reningsverk. Jämförelse mellan simulerade och uppmätta flöden samt beräknat snömagasin under 1993. Dygnsupplösning

I figur E:6 visas kopplingen mellan förändringen i snömagasinet och flödesvariationer vid reningsverket genom att dessa plottats i samma diagram.

BILAGA F. Kåge avloppsreningsverk, Skellefteå kommun

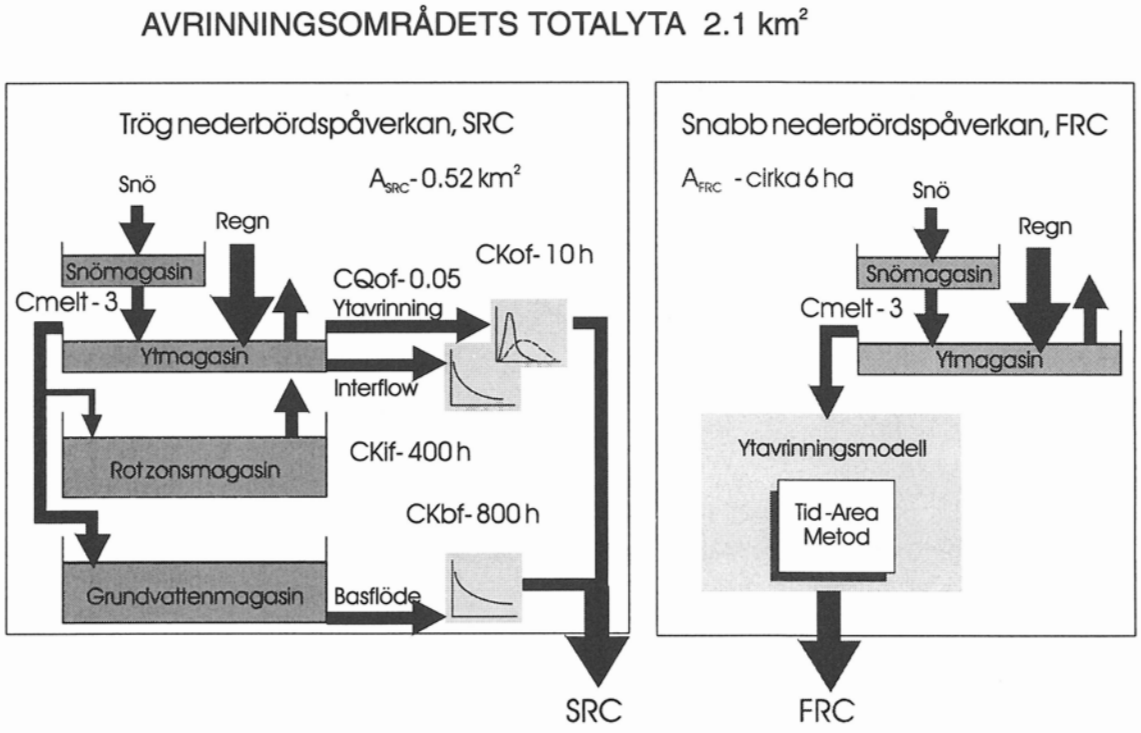
F.1 Allmänt

Tillrinningen till Kåge avloppsreningsverk i Skellefteå kommun har beskrivits med en generell hydrologisk modell, MouseNAM. Avloppssystemet betraktas härvid som ett dräneringssystem för avrinningsområdet. Förutom den direkta nederbördspåverkan i omedelbar anslutning till regntillfället, hanterar modellen indirekt flödespåverkan, till exempel varierande inläckage vid höga grundvattennivåer och snösmältningsförlopp.

Den upprättade NAM-modellen är en s k en-boxmodell, d v s hela avrinningsområdet betraktas som en enhet. Modellbeskrivningen är vidare förenklad genom att det i MouseNAM inte finns någon detaljerad beskrivning av den hydrauliska transporten i ledningsnätet. Modellen har tidigare kalibrerats mot uppmätt flöde i reningsverket för åren 1979-93 och redovisats i en rapport till kommunen. I denna bilaga redovisas en bearbetad version av denna rapport enligt samma systematik som för övriga avrinningsområden, begränsat till värden för tioårsperioden 1984 - 1993.

F.2 Modellbeskrivning med MouseNAM

F.2.1 Beräkningsförutsättningar



Figur F:1 En-box NAM-modell för tillrinningen till Kåge avloppsverk i Skellefteå kommun.

För att beskriva variationer i mängden nederbördspåverkat vatten i den samlade tillrinningen till avloppsverket kalibrerades en s.k. en-box NAM-modell, där avrinningsområdet behandlas som en enhet. I figur F:1 visas modellstrukturen, med kalibrerade värden för bidragande ytor och tidskonstanter inlagda.

En NAM-modell består av ett antal mark- och ytvattenmagasin som töms av (avdunstning och avrinning) och fylls på (nederbörd och snösmältning). Om nederbörd saknas under en längre period kommer magasinen att tömmas utan att någon påfyllnad sker.

Avloppssystemet betraktas härvid som ett dräneringssystem för avrinningsområdet. Den vattenmängd som modellen genererar representerar den totala vattenmängden inom tillrinningsområdet inklusive eventuella bräddvattenvolymer. Modellbeskrivningen innehåller alltså inte någon detaljerad beskrivning av den hydrauliska transporten i ledningsnätet. Modellen simulerar både snabb avrinning i direkt anslutning till regntillfället, FRC (ex. avrinning från hårdgjorda ytor) och trögare påverkan, SRC (ex. läck- och dränvatten). Då det ej fanns tillgång till nederbörds- och flödesdata med hög upplösning har det ej varit möjligt att göra någon detaljerad kalibrering av FRC-flödet.

F.2.2 Indata

Nederbörd

Nederbördsdata har hämtats från SMHI:s mätstationer Skellefteå flygplats och Fällfors, klockan 07 och 19 varje dygn 1978-93. Uppgifter har i första hand hämtats från Skellefteå flygplats, men under perioder då mätdata saknats där har uppgifter hämtats från Fällfors. Under två perioder saknades uppgifter helt (juli 1981 och januari 1982). Nederbörden ansattes då till ett värde som motsvarar månadsmedelvärdet. Det gjordes eftersom en NAM-modell är beroende av en korrekt vattenbalans. Om nederbörd saknas under en längre period kommer magasinen i modellbeskrivningen att tömmas av utan att någon påfyllnad sker.

Uppmätta nederbördsvärden är korrigerade enligt SMHI[1] för mätfel på grund av vindpåverkan, avdunstning och vätning. Som medeltal anger SMHI korrektionen till 25% för Skellefteå flygplats och 24% för Fällfors. Det är en höga värden som beror på att stationerna bedömts vara dåligt vindskyddade. Korrektionen skiljer sig mycket mellan snönederbörd och regnnederbörd. För Skellefteå flygplats anges 18% korrektion vid regn och 34% vid snö och för Fällfors 17% vid regn och 33% vid snö.

För den aktuella perioden, 1978 t o m 1993, har SMHI:s uppgifter om olika korrektion för fast och flytande nederbörd använts så, att nederbörd vid samtidig minustemperatur har tolkats som snönederbörd.

Den uppmätta (okorrigerade) nederbörden var 529 mm/år vid Skellefteå flygplats och 627 mm/år i Fällfors. För att göra de två nederbördserierna likvärdiga räknades nederbörden i Fällfors om med en faktor 0,84.

[1] SMHI: Data rörande Sveriges nederbördsklimat. Normalvärden för perioden 1951-80. Rapport 1983:2

Potentiell avdunstning

Uppgifter om potentiell avdunstning, normalvärden för respektive månad, inhämtades från SMHI. SMHI anger potentiell avdunstning för ca 150 platser i Sverige (nederbörd mäts på ca 2000 platser i Sverige). Skellefteå eller Kåge finns inte med bland dessa. De närmaste platserna är Fällfors och Bjuröklubb. Av dessa två låg det närmast till hands att välja Fällfors eftersom nederbörds- och temperaturdata till viss del hämtats därifrån. Vid en jämförelse med ett antal andra platser längs Norrlandskusten uppvisade både Fällfors och Bjuröklubb extrema avdunstningsvärden, se tabell F:1. Av den anledningen valdes potentiell avdunstning från Umeå som indata till beräkningarna.

Tabell F:1 Potentiell avdunstning vid fem platser i Norrland

Plats:	Fällfors	Bjuröklubb	Umeå	Piteå	Luleå fpl
mm/år	326	518	450	412	452

Den årliga potentiella avdunstningen är 450 mm/år, se tabell II. MouseNAM beräknar verklig avdunstning beroende på vatteninnehållet i olika delmagasin.

Tabell F:2 Potentiell avdunstning i Umeå, månadsmedelvärden

Månad	jan	feb	mar	apr	maj	jun	jul	aug	sep	okt	nov	dec
mm/mån	0.0	0.9	6.3	23	75	105	102	67	28	5.4	0.0	0.0

Temperatur

Temperaturdata har hämtats från SMHI:s mätstationer Skellefteå flygplats och Fällfors, klockan 04 och 13 varje dygn 1978-93. Uppgifter har i första hand hämtats från Skellefteå flygplats, men under perioder då mätdata saknats där har uppgifter hämtats från Fällfors. Under tre perioder saknades uppgifter helt (maj 1980, juli 1981 och januari 1982). Temperaturen ansattes då till ett värde som motsvarar månadsmedelvärdet. Under sammanlagt 33 månader fanns endast en temperaturregistrering per dygn. Den längsta sammanhängande perioden då temperaturuppgifter saknas vid ena eller båda tidpunkterna är april 1981 - maj 1982. Dessutom saknas registrering vid ena tidpunkten under fem månader vardera 1978, 1979 och 1983 samt under enstaka månader 1980, 1984 och 1985.

Temperaturdata används av modellen endast för tömning och påfyllnad av snömagasin. De användes också, som nämnts tidigare, vid korrektion av nederbördsdata.

Snötäcke

Inga uppgifter om observerat snöjup fanns tillgängliga för detta avrinningsområde.

Spillvatten

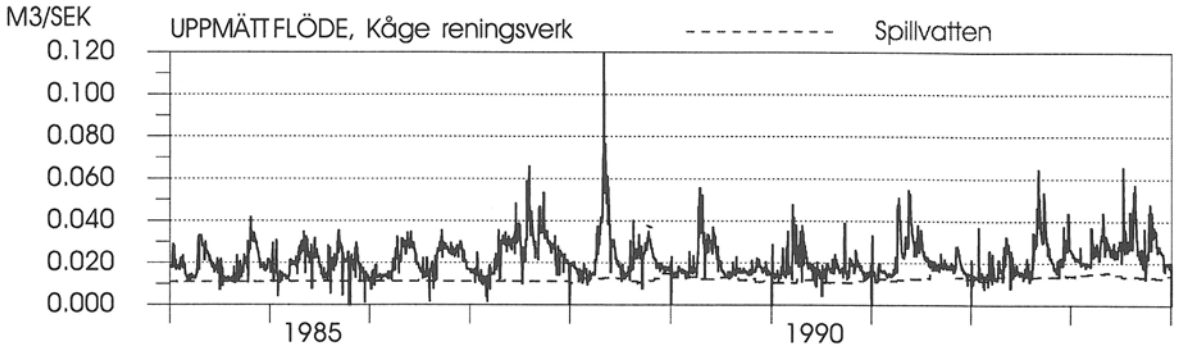
Som uppskattning av spillvattenandelen i tillrinningen användes uppgifter om debiterad vattenmängd 1990 - 1993 och producerad vattenmängd 1988 - 1993 inom avrinningsområdet. För åren före 1988 resp 1990 beräknades producerad vattenmängd utifrån befolkningsuppgifter och debiterad vattenmängd som 60% av producerad.

Skillnaden mellan producerad och debiterad vattenmängd utgörs framför allt av förbrukning vid vattenverket och på ledningsnätet och läckage från vattennätet. En del av det vattnet kommer att tillföras avloppsledningarna, t ex spolning av avloppsledningar och inläckage till avloppsnätet. Det är naturligtvis omöjligt att veta i vilken omfattning icke debiterad vattenmängd tillförs avloppsnätet. Vid en jämförelse mellan uppmätt flöde i avloppsreningsverket och producerad och debiterad mängd vatten var det rimligt att anta att ca 50% av odebiterad vattenmängd tillförs avloppsnätet.

Före kalibrering drogs spillvattenflödet (debiterad mängd plus 50% av odebiterad mängd) från uppmätta flödesvärden vid avloppsreningsverket.

Flödesdata vid reningsverket

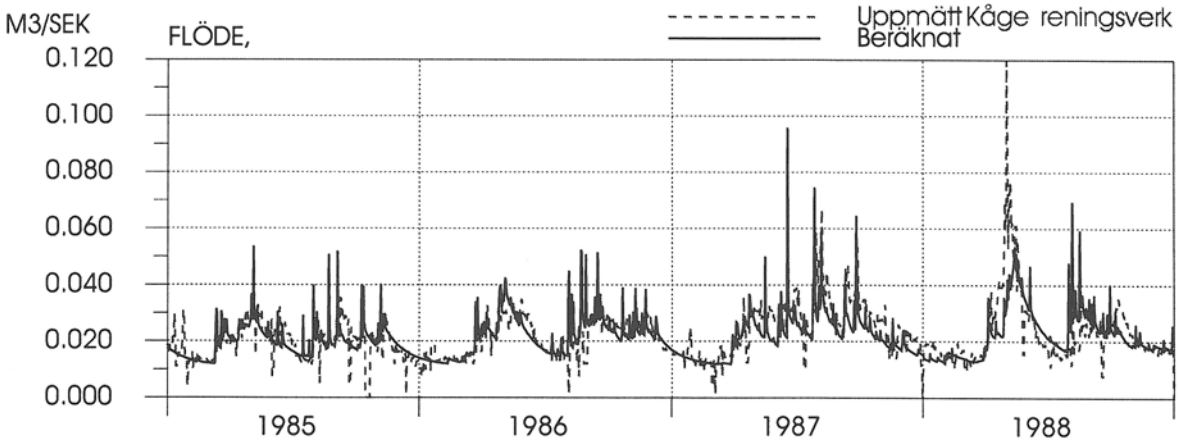
NAM-modellen kalibrerades mot flödesvärden uppmätta vid Kåge avloppsreningsverk, dygnsvärden 1979 - 1993. I figur F:2 redovisas flödesvärden för 1984-93 tillsammans med uppskattad spillvattenmängd.



Figur F:2 Flöde uppmätt vid Kåge avloppsreningsverk, dygnsupplösning, tillsammans med uppskattad spillvattenmängd.

F.2.3 Kalibreringsresultat

Resultatet av kalibreringen framgår i figur F:1, där några NAM-modellparametrar redovisas. Baserat på mätningarna vid avloppsverket bedömdes mycket översiktligt ca 6 ha bidra med snabb avrinning. Långsam hydrologisk påverkan bedömdes influeras av 52 ha av den totala geografiska ytan 210 ha. Bedömningen av anslutningen av hårdgjorda ytor (ca 6 ha) är endast översiktlig och baserad på mätdata med dygnsupplösning. En säkrare uppskattning kan först erhållas vid tillgång till data med högre

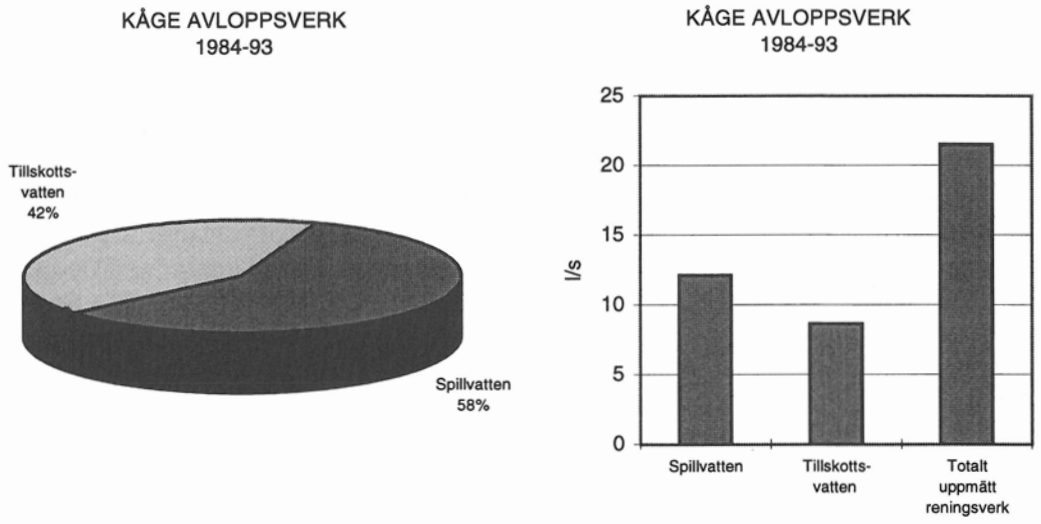


Figur F:3 En-box NAM-modell för tillrinningen till Kåge reningsverk. Jämförelse mellan simulerade och uppmätta värden under tre år, 1985-88. Dygnsupplösning

upplösning, minst 0.25-1 timme, både vad gäller nederbörd och flödesdata. Den snabba nederbördsresponsen är viktig för att bestämma den momentana flödesintensiteten, för t ex bedömning av bräddningsflöden. I detta sammanhang, där längre tidsperioder beaktas, har däremot ett fel i uppskattningen av anslutna hårdgjorda ytor mindre betydelse för avrunnen totalvolym.

I figur F:3 visas som exempel överenstämmelse mellan simulerade och uppmätta flöden under fyra år. Kalibreringen visar i stort sett god överensstämmelse mellan uppmätta och beräknade flöden. Störst avvikelser finns i början av kalibreringsperioden samt vid snösmältning (t ex 1988). En förklaring till att överensstämmelsen är sämre i början av kalibreringsperioden kan vara att tillgången till indata (spillvatten, nederbörd och temperatur) är sämre för de tidiga åren. Det framgår av figur F:3 att modellbeskrivningen har vissa svårigheten att beskriva snösmältningsförloppet och följdverkningar därav helt korrekt.

F.2.4 Vattenbalans för tillrinningen till reningsverket



Figur F:4 Flödeskomponenter i tillrinningen till Kåge reningsverk. Medelvärden för 10-årsperioden 1984-93.

Av figur F:4 framgår komponenterna i tillrinningen i medeltal under tioårsperioden. Där redovisas summan av snabb och trög nederbördspåverkan som mängden ovidkommande vatten (beräknad med NAM-modellen). Av figuren framgår också medelvärdet för uppmätt flöde under perioden. Att det återstår en viss skillnad mellan summa beräknat flöde (NAM+spill) jämfört med uppmätta värden, är mest att hänföra till att det tidvis saknas flödesregistrering vid verket.

I medeltal utgör mängden ovidkommande vatten 8.6 l/s. Den uppskattade spillvattenmängden är i medeltal 12.1 l/s. Vid reningsverket har under 10-årsperioden i medeltal registrerats 21.5 l/s.

F.3 Slutsatser och diskussion - Kåge reningsverks avrinningsområde

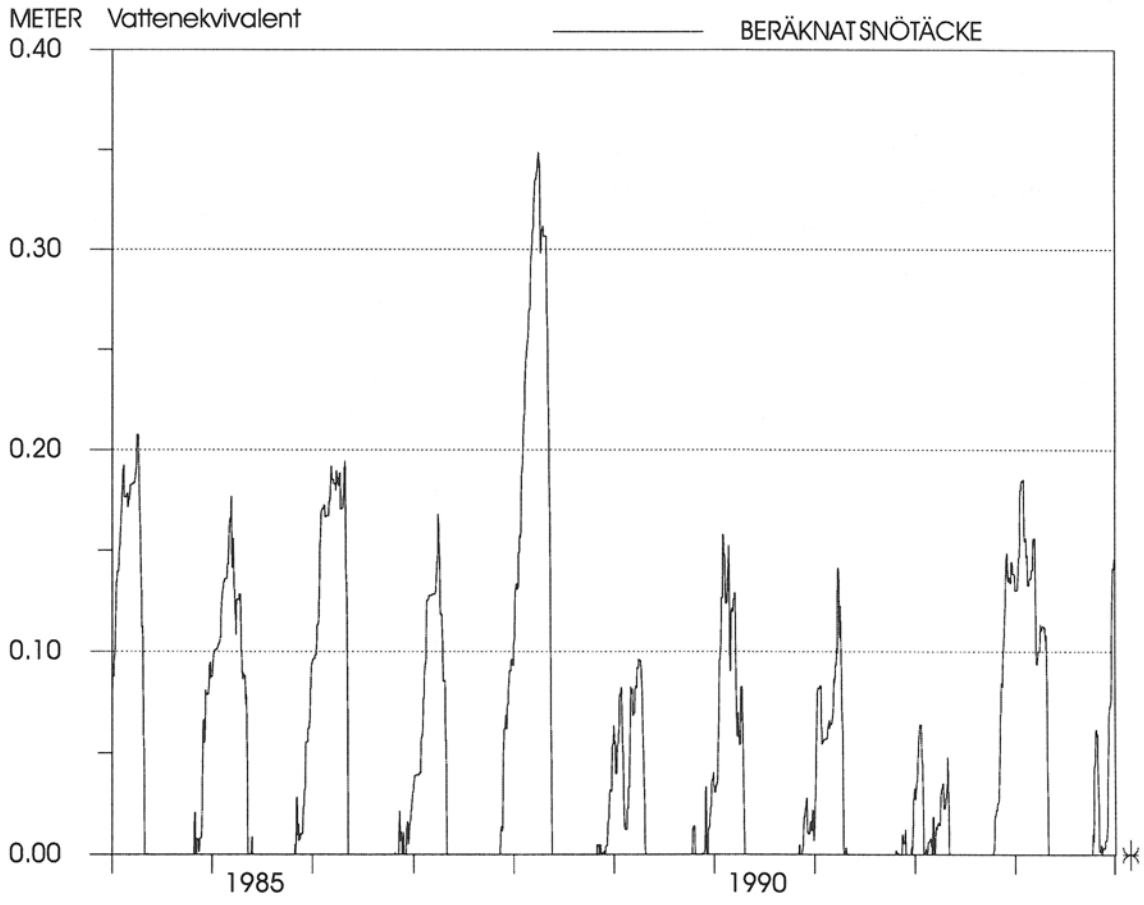
F.3.1 Allmänt

Generellt sett är den ovidkommande vattenmängden relativt låg, jämfört med situationen inom andra avrinningsområden. Den nederbördspåverkade andelen av tillrinningen är dock högst ojämnt fördelad i tiden, med tydlig flödesförhöjning i samband med snösmältningen men även under andra nederbördsrika perioder..

En osäker post utgörs av spillvattenuppskattningen. Den specifika spillvattenproduktionen från 2 500 anslutna personer blir ca 420 l/p · d, vilket är en relativt hög siffra.

F.3.2 Snösmältningspåverkan

I figur F:5 redovisas beräknad uppbyggnad och avtappning av snömagasinet inom avrinningsområden. Snötäcket uttrycks i modellen som ekvivalent smält vattenmängd i mm. Inga snödjupsobservationer att jämföra med fanns tillgängliga för detta avrinningsområde. Av figuren framgår att snömagasinets innehåll varierar betydligt år från år med ett maximalt beräknat värde under våren 1988.



Figur F:5 Beräknat snömagasin under 10-årsperioden 1984-93.

För det beräknade snömagasinet anges maximalt snötäcke under 10-årsperioden nedan. Dessutom har maximal snösmältningsintensitet med varierande tidsbas beräknats (under 1 dygn, 2 dygn, 1 vecka, 2 veckor). Denna beräkning har utförts så, att maximal minskning av snömagasinet med aktuell tidsbas och tidpunkten plockats ur dataserierna. Angiven tidpunkt är sluttiden för aktuell period.

Snömagasin, beräknade värden 1984-93 (mm vattenekv.):

	datum	**mm**
Max snötäcke :	1988 03 31	348.5
Snösmältningsintensiteter:		
Max snösm 1d :	1984 04 29	33.1
Max snösm 2d :	1986 05 07	55.8
Max snösm 7d :	1988 05 17	133.75
Max snösm 14d:	1988 05 19	221.95

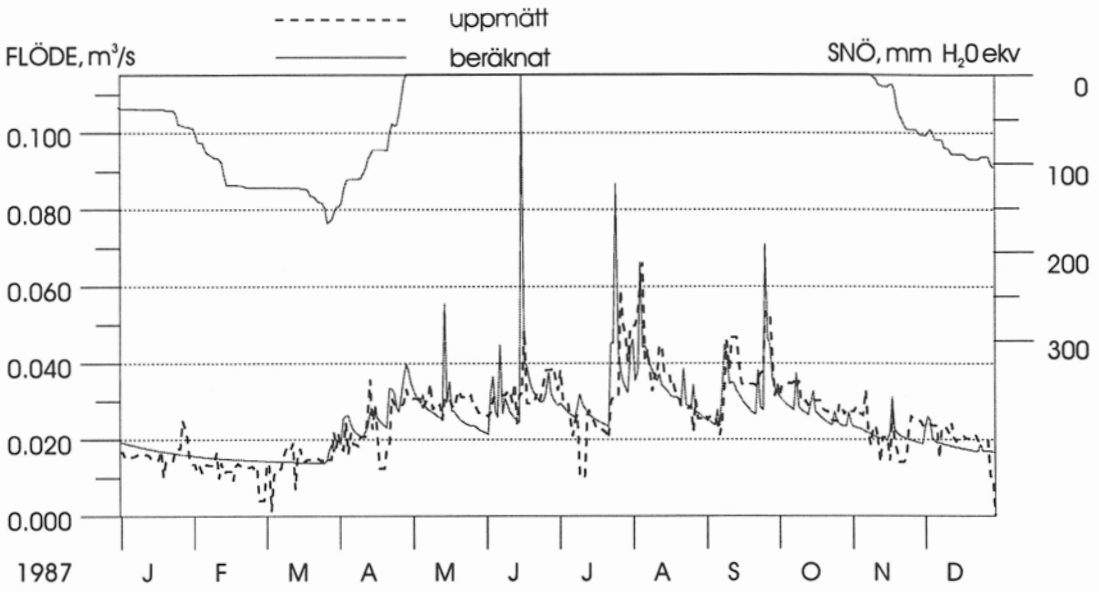
Under snösmältningsperioden utgör smältvattnet en mycket stor andel av den totala tillrinningen inom avrinningsområdet. Som en jämförelse har den maximalt beräknade avsmältningen under en vecka resp två veckor enligt ovan ställts i relation till spillvattenproduktionen under samma tid genom att smältvolymen (mm) multiplicerats med total dräneringsyta ($A_{SRC}+A_{FRC}$), totalt 58 ha:

Smältvolym i relation till spillvattentillrinningen:

Max snösm 7d :	ca 10.6 ggr spillvattenmängden
Max snösm 14d :	ca 8.8 ggr spillvattenmängden

Med kortare tidsbas (1d, 2d) är utspädningsgraden relativt sett större, men situationen är i storleksordning jämförbar med belastningen vid långvariga, volymrika regnsituationer sommartid. Den maximala avsmältningen under ett dygn motsvarar i volym ett 1-årsregn, motsvarande värde för 2 dygn representerar ett 5-årsregn.

I figur F:6 visas kopplingen mellan förändringen i snömagasinet och flödesvariationer vid reningsverket genom att dessa plottats i samma diagram.



Figur F:6 En-box NAM-modell för tillrinningen till Kåge reningsverk. Jämförelse mellan simulerade och uppmätta flöden samt beräknat snömagasin under 1987.

BILAGA G. Tivoliverket, Sundsvalls kommun

G.1 Allmänt

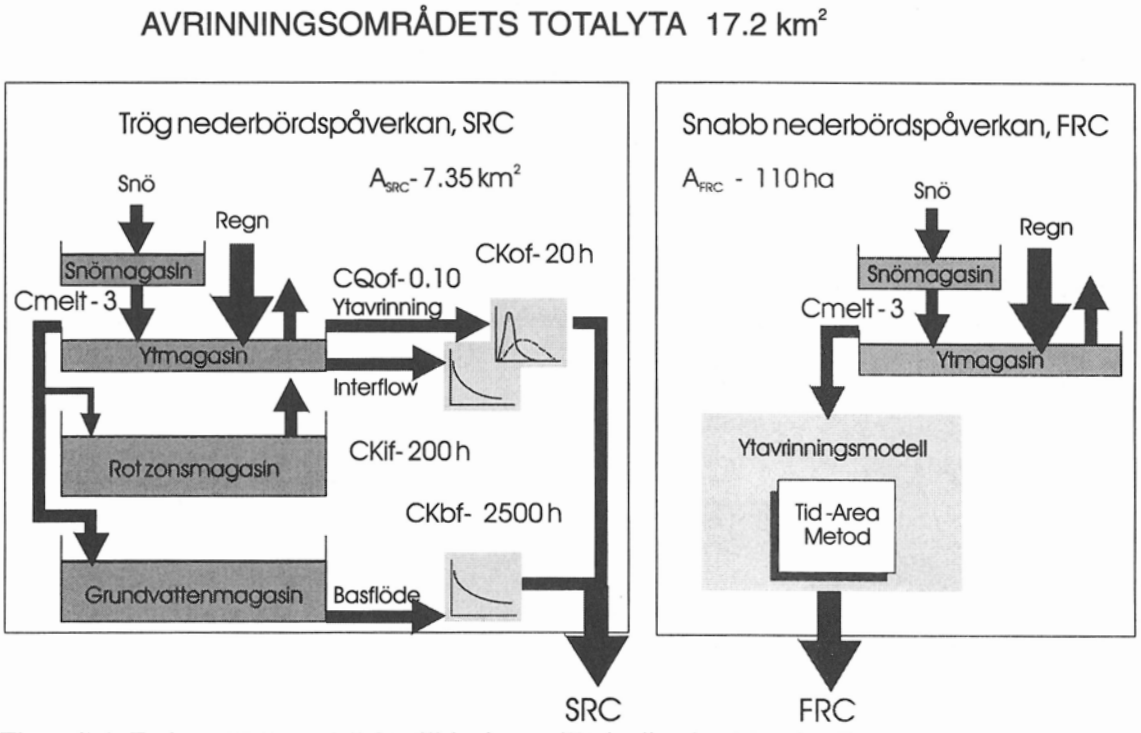
Tillrinningen till Tivoliverket i Sundsvall har beskrivits med en generell hydrologisk modell, MouseNAM. Avloppssystemet betraktas härvid som ett dräneringssystem för avrinningsområdet. Förutom den direkta nederbördspåverkan i omedelbar anslutning till regntillfället, hanterar modellen indirekt flödespåverkan, till exempel varierande inläckage vid höga grundvattennivåer och snösmältningsförlopp.

Den upprättade NAM-modellen är en s k en-boxmodell, d v s hela avrinningsområdet betraktas som en enhet. Modellbeskrivningen är vidare förenklad genom att det i MouseNAM inte finns någon detaljerad beskrivning av den hydrauliska transporten i ledningsnätet.

Modellen har kalibrerats mot uppmätt flöde i reningsverket för perioden 1984 - 1993. Resultatet av kalibreringen redovisas i denna bilaga.

G.2 Modellbeskrivning med MouseNAM

G.2.1 Beräkningsförutsättningar



Figur G:1 En-box NAM-modell för tillrinningen till Tivoliverket i Sundsvall .

För att beskriva variationer i mängden nederbördspåverkat vatten i den samlade tillrinningen till avloppsverket har tidigare en s.k. en-box NAM-modell kalibrerats, där avrinningsområdet behandlas som en enhet. I figur G:1 visas modellstrukturen, med kalibrerade värden för bidragande ytor och tidskonstanter inlagda. Kalibrerad SRC-yta skiljer sig något (ca 10%) från den yta som framkommit vid tidigare kalibering[1]. Detta beror på att korrektionen av nederbörd, främst snönederbörd, utförts på ett annat sätt, jämfört med tidigare kalibreringar. Dessutom har tillämpade värden för potentiell avdunstning omvärderats. Dessa förändringar har utförts för att data för alla avrinningsområden inom projektet skulle behandlas på ett enhetligt sätt.

En NAM-modell består av ett antal mark- och ytvattenmagasin som töms av (avdunstning och avrinning) och fylls på (nederbörd och snösmältning). Om nederbörd saknas under en längre period kommer magasinen att tömmas utan att någon påfyllnad sker.

Avloppssystemet betraktas härvid som ett dräneringssystem för avrinningsområdet. Den vattenmängd som modellen genererar representerar den totala vattenmängden inom tillrinningsområdet inklusive eventuella bräddvattenvolymer. Modellbeskrivningen innehåller alltså inte någon detaljerad beskrivning av den hydrauliska transporten i ledningsnätet. Modellen simulerar både snabb avrinning i direkt anslutning till regntillfället, FRC (ex. avrinning från hårdgjorda ytor) och trögare påverkan, SRC (ex. läck- och dränvatten). Angiven ansluten hårdgjord yta har tidigare kalibrerats mot nederbörds- och flödesdata med hög upplösning i olika punkter inom ledningssystemet.

G.2.2 Indata

Nederbörd

Nederbördsdata har hämtats från SMHI:s klimatstation vid Sidsjön i form av dygnsnederbörd uppmätt klockan 07 för åren 1983-93.

Uppmätta nederbördsvärden är korrigerade enligt SMHI[2] för mätfel på grund av vindpåverkan, avdunstning och vätning. Som medeltal anger SMHI korrektionen till 23% för Sidsjöns klimatstation. Korrektionen skiljer sig mycket mellan snönederbörd och regnnederbörd. För aktuella nederbördsdata har tillämpats 18% korrektion vid regn och 31% vid snönederbörd.

För den aktuella perioden, 1983 t o m 1993, har SMHI:s uppgifter om olika korrektion för fast och flytande nederbörd använts så, att nederbörd vid samtidig minustem-

---

[1] Resultat från utredningar inom Tivoliverkets avloppssystem har t ex redovisats i:
Andréasson M., Larsson J.: Bräddning - Problemets omfattning i svenska tätorter. VAV. VA-forsk. Rapport nr 1992-08.
Hernebring C.: Analys av tillförselgrad till avloppsverk. Tillämpning på Tivoliverket i Sundsvall. VAV. VA-forsk. Rapport nr 1993-07.
Mansfeldt R., Andréasson M., Svensson B. : Utjämningsmagasin. Erfarenheter i svenska avloppsnät. VAV. VA-forsk . Rapport nr 1994-13.

[2] SMHI: Data rörande Sveriges nederbördsklimat. Normalvärden för perioden 1951-80. Rapport 1983:2

peratur har tolkats som snönederbörd.

Den korrigerade nederbörden för åren 1983-93 blev i medeltal 933 mm/år, högre än den siffra SMHI anger som korrigerat medelvärde för perioden 1951-80, 797 mm/år.

Potentiell avdunstning

Uppgifter om potentiell avdunstning, normalvärden för respektive månad, inhämtades från SMHI. Den årliga potentiella avdunstningen för Sundsvall är 480 mm/år. MouseNAM beräknar verklig avdunstning beroende på vatteninnehållet i olika delmagasin.

Temperatur

Temperaturdata har hämtats från SMHI:s mätstation vid Sidsjön. Där registreras temperatur klockan 07, 13 och 19 varje dygn. Här utnyttjades i ett första läge ett värde per dygn, avläst kl 07. Temperaturdata används av modellen endast för tömning och påfyllnad av snömagasin. De användes också, som nämnts tidigare, vid korrektion av nederbördsdata.

Snötäcke

Uppgifter om observerat snöjup uppmätt vid Sidsjön (2 värden per månad) inhämtades från SMHI. Snödjupet anges i cm. Eftersom inga uppgifter om snötäckets vatteninnehåll fanns tillgängliga, räknades snödjupet om till en ekvivalent vattenhalt med antagandet om densiteten 0.3 kg/dm^3. Detta värde är inte representativt för nyfallen snö då densiteten är avsevärt lägre. Jämförelse med modellberäknat snömagasin bör göras för snö under smältning eller sent under resp vinterperiod.

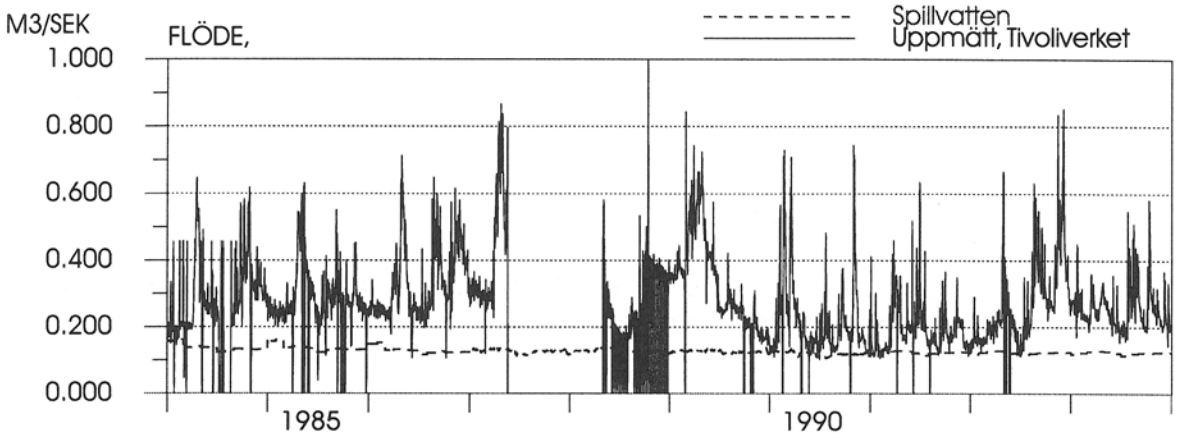
Spillvatten

För bedömning av spillvattenflödet utnyttjades uppgifter om vattenproduktionen inom Tivoliverkets avrinningsområde. Sedan tidigare fanns tillgång till dygnsvärden för vattenproduktionen för åren 1985-90. Denna dataserie bearbetades genom beräkning av ett flytande 7-dygnsmedelvärde. Serien kompletterades med månadsmedelvärden för 1986. För 1984 och 1985 användes årsvariationen under 1986 uppräknad m h t årsproduktionen. Likaså kompletterades mätserien för åren 1991-93 med månadsvärden.

Som en uppskattning av spillvattenandelen av tillrinningen till avloppsverket användes 60% av vattenproduktionen enligt ovan.Före kalibrering drogs spillvattenflödet från uppmätta flödesvärden vid avloppsreningsverket.

Flödesdata vid reningsverket

NAM-modellen kalibrerades mot flödesvärden uppmätta vid Tivoliverket, dygnsvärden, för åren 1983-93, se figur B:2. Det framgår att det saknas mätdata under stora delar av 1987 och 1988 samt vissa andra kortare perioder. Mätserien innehåller vidare vissa smärre plötsliga avvikelser, där det är svårt att finna någon hydrologisk förklaringsgrund

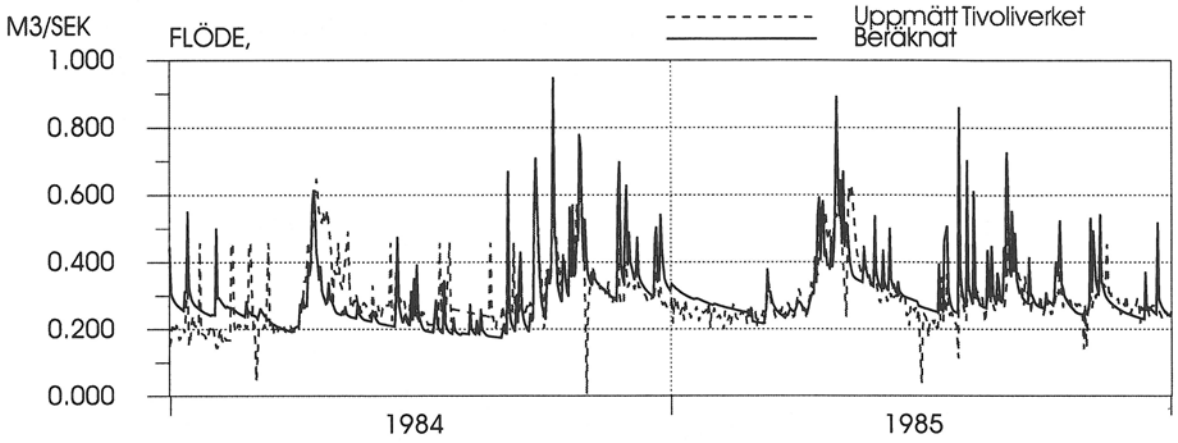


Figur G:2 Flöde uppmätt vid Tivoliverket i Sundsvall, dygnsupplösning, tillsamans med uppskattad spillvattenmängd.

G.2.3 Kalibreringsresultat

Resultatet av kalibreringen framgår i figur G:1, där några NAM-modellparametrar redovisas. Långsam hydrologisk påverkan bedömdes influeras av 735 ha av den totala geografiska ytan 1720 ha. Bedömningen av anslutningen av hårdgjorda ytor (110 ha) är baserad på mätdata med hög upplösning och därför en relativt säker uppskattning av snabb nederbördspåverkan.

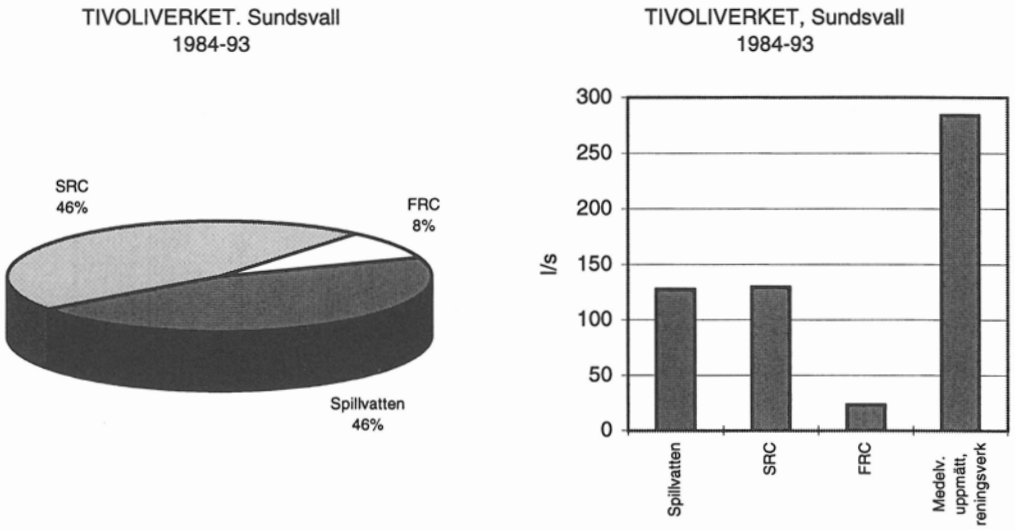
I figur G:3 visas som exempel överenstämmelse mellan simulerade och uppmätta flöden under två år.



Figur G:3 En-box NAM-modell för tillrinningen till Tivoliverket i Sundsvall. Jämförelse mellan simulerade och uppmätta värden under två år, 1984-85. Dygnsupplösning

Kalibreringen visar tidvis god överensstämmelse mellan uppmätta och beräknade flöden. För vissa perioder är det dock svårt att finna en hydrologisk förklaring till variationer i tillflödet. Variationerna i mängden ovidkommande vatten är inte enbart dominerade av snösmältningsperioden. Även häftiga sommarregn och nederbördsrika höstförhållanden slår igenom. Modellbeskrivningen tycks i huvudsak beskriva snösmältningsförloppet korrekt.

G.2.4 Vattenbalans för tillrinningen till reningsverket



Figur G:4 Flödeskomponenter i tillrinningen till Tivoliverket i Sundsvall. Medelvärden för 10-årsperioden 1984-93.

Av figur G:4 framgår komponenterna i tillrinningen i medeltal under tioårsperioden. I detta fall redovisas delkomponenterna snabb och trög nederbördspåverkan (FRC resp SRC), beräknat med NAM-modellen, var för sig eftersom FRC-uppskattningen är relativt säker. Av figuren framgår också medelvärdet för uppmätt flöde, för de perioder när flödesdata funnits.

I medeltal utgör mängden ovidkommande vatten 153 l/s. Den uppskattade spillvattenmängden är i medeltal 128 l/s. Vid reningsverket har under 10-årsperioden i medeltal registrerats 284 l/s.

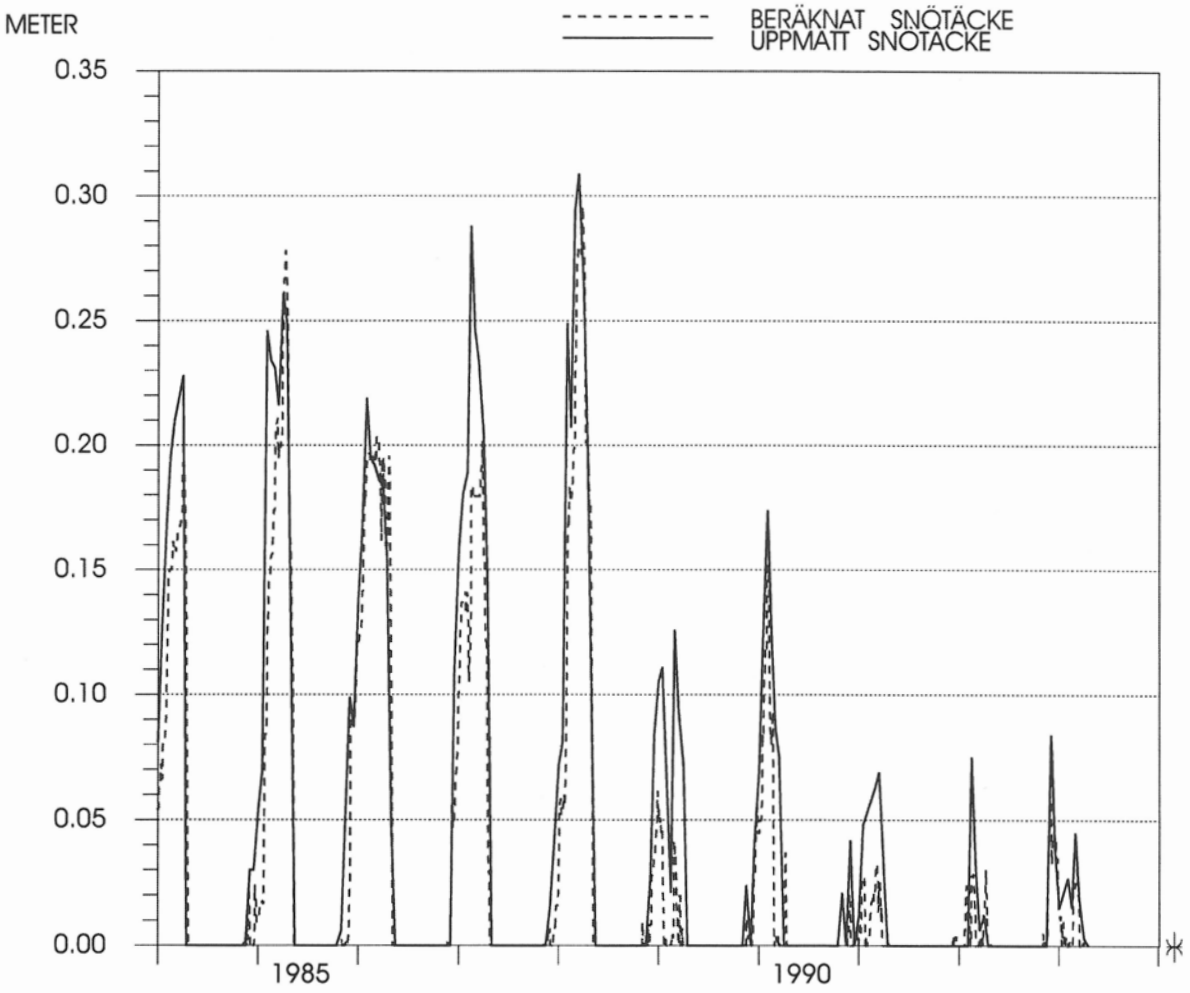
G.3 Slutsatser och diskussion - Tivoliverkets avrinningsområde

G.3.1 Allmänt

Generellt sett är den ovidkommande vattenmängden "normal", jämfört med situationen inom andra avrinningsområden. Dessutom har det framgått att den nederbördspåverkade andelen av tillrinningen är högst ojämnt fördelad i tiden. En osäker post utgörs av spillvattenuppskattningen. Den specifika spillvattenproduktionen från 45 000 anslutna personer blir dock ca 245 l/p·d, vilket är en rimlig siffra.

G.3.2 Snösmältningspåverkan

I figur G:5 redovisas beräknad uppbyggnad och avtappning av snömagasinet inom avrinningsområden. Snötäcket uttrycks i modellen som ekvivalent smält vattenmängd i mm. I figuren jämförs med snödjupsobservationer vid Sidsjön. För att få jämförbara värden har snödjupsvärdena räknats om till ett ekvivalent vatteninnehåll genom antagande om en konstat snödensitet (0.3 mm vattenekvivalent per mm observerat snödjup). Av figuren framgår att snömagasinets innehåll naturligtvis varierar år från år, men också att modellbeskrivningen oftast förmår återskapa den verkliga snöuppbyggnaden mycket bra, trots osäkerheter i indata som mätning av snönederbörd, korrektionsfaktorer etc.



Figur G:5 Jämförelse mellan beräknat snömagasin och uppmätt snödjup under 10-årsperioden 1984-93.

Både för beräknade och för uppmätta snödata anges maximalt snötäcke under 10-årsperioden nedan. Dessutom har maximal snösmältningsintensitet med varierande tidsbas beräknats (under 1 dygn, 2 dygn, 1 vecka, 2 veckor). Denna beräkning har utförts så, att maximal minskning av snömagasinet med aktuell tidsbas och tidpunkten plockats ur dataserierna. Angiven tidpunkt är sluttiden för aktuell period.

Snömagasin, beräknade värden (mm vattenekv.):

	datum	mm
Max snötäcke :	1988 03 27	295.9

Snösmältningsintensiteter:

Max snösm 1d :	1986 05 05	36.0
Max snösm 2d :	1986 05 05	54.2
Max snösm 7d :	1986 05 05	137.9
Max snösm 14d:	1986 05 06	195.8

Uppmätta snödjup (cm), registering varannan vecka
omräknat till vattenekvivalent genom antagande om densiteten 0.3 .

	datum	mm
Max snötäcke :	1988 03 15	309

"Snösmältningsintensitet":

Max snösm 14d:	1984 04 15	228

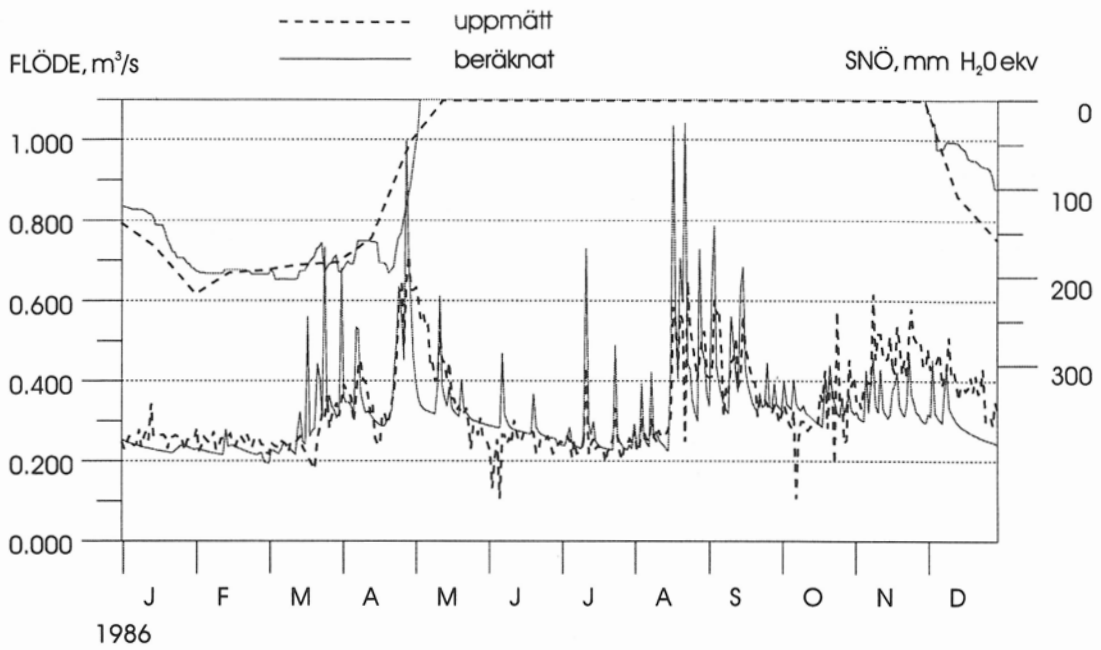
Under snösmältningsperioden utgör smältvattnet en mycket stor andel av den totala tillrinningen inom avrinningsområdet. Som en jämförelse har den maximalt beräknade avsmältningen under en vecka resp två veckor enligt ovan ställts i relation till spillvattenproduktionen under samma tid genom att smältvolymen (mm) multiplicerats med total dräneringsyta ($A_{SRC}+A_{FRC}$), totalt 845 ha:

Smältvolym i relation till spillvattentillrinningen:

Max snösm 7d :	ca 15.1 ggr spillvattenmängden
Max snösm 14d :	ca 10.7 ggr spillvattenmängden

Med kortare tidsbas (1d, 2d) är utspädningsgraden relativt sett större, men situationen är i storleksordning jämförbar med belastningen vid långvariga, volymrika regnsituationer sommartid. Den maximala avsmältningen under ett dygn motsvarar i volym ett 1-årsregn, motsvarande värde för 2 dygn representerar ett 2-årsregn.

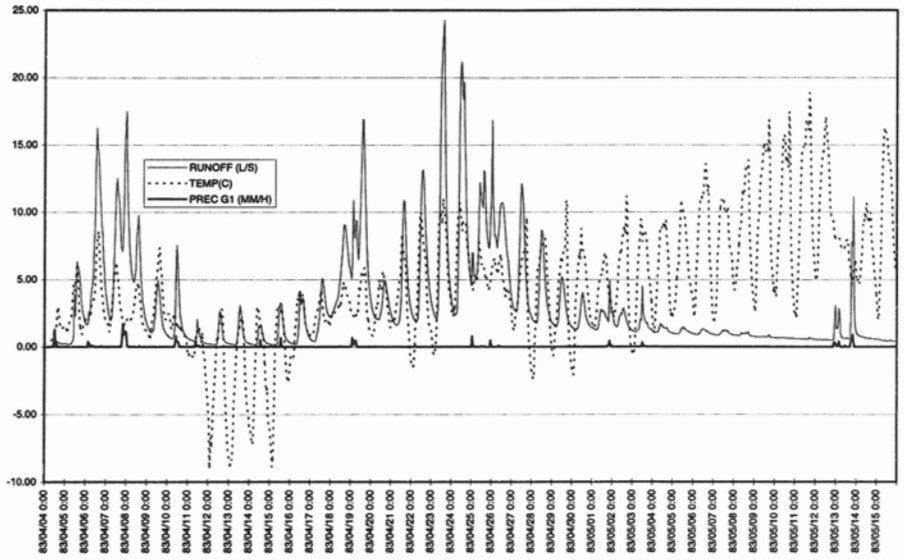
I figur G:6 visas kopplingen mellan förändringen i snömagasinet och flödesvariationer vid reningsverket genom att dessa plottats i samma diagram.

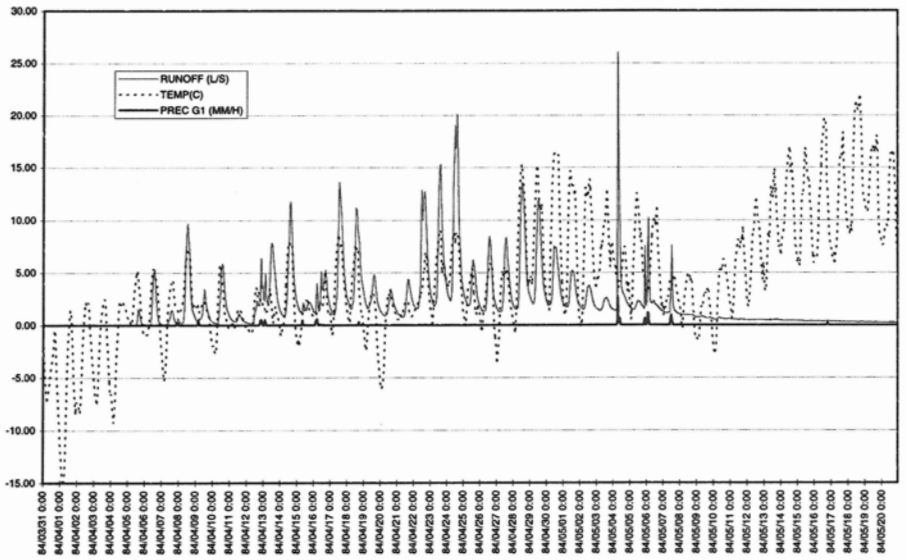


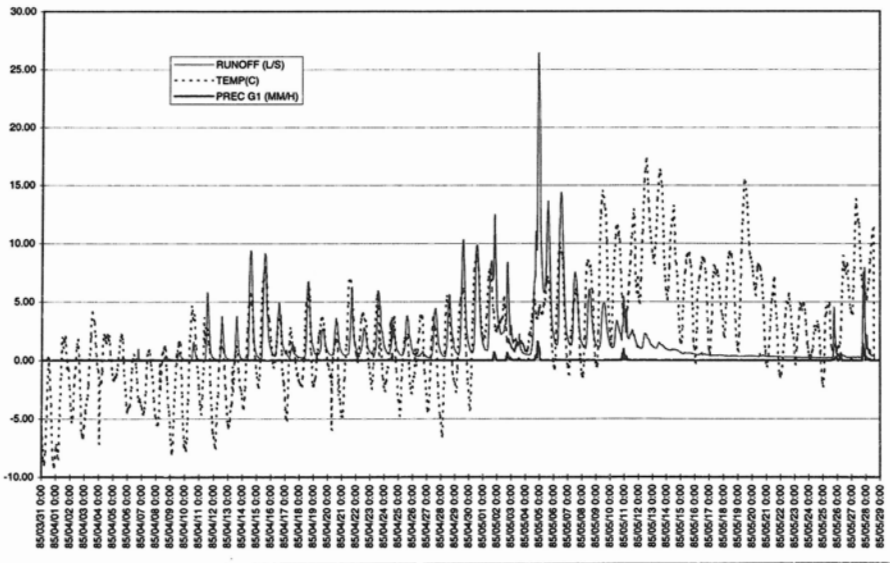
Figur G:6 En-box NAM-modell för tillrinningen till Tivoliverket i Sundsvall. Jämförelse mellan simulerade och uppmätta flöden samt beräknat snömagasin jämfört med uppmätt snödjup under 1986. Dygnsupplösning

BILAGOR

2. MÄTNINGAR AV SNÖSMÄLTNINGSAVRINNING PÅ PORSÖBERGET I LULEÅ

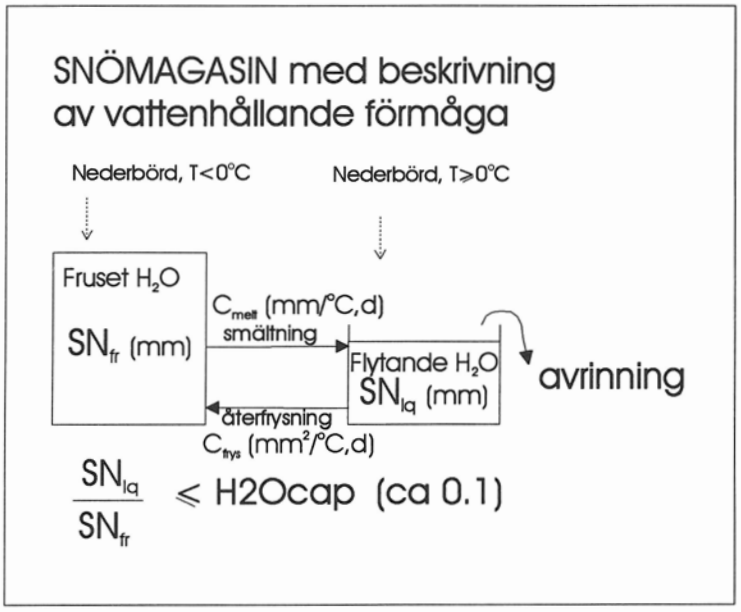


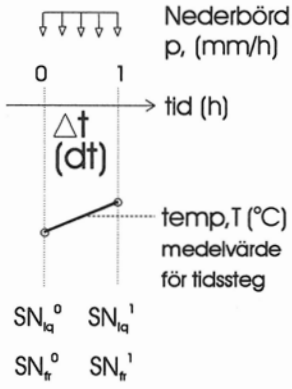




BILAGOR

3. MODELLBESKRIVNING MED SNÖTÄCKETS VATTENHÅLLANDE FÖRMÅGA





Modellbeskrivning oberoende av beräkningstidsstegets längd.
(Smält- resp fystemp förutsätts vara = 0 °C):

SMÄLTNING (T⩾0°C)

Snömagasin - fruset (mm):

$$SN_{fr}^{1} = \max \begin{cases} 0 \\ SN_{fr}^{0} - C_{melt}*T*dt/24 \end{cases}$$

Snömagasin - f lytande (mm):

$$SN_{lq}^{1} = \min \begin{cases} SN_{fr}^{1}*H2Ocap \\ SN_{lq}^{0}+C_{melt}*T*dt/24+p*dt \end{cases}$$

Avrinning (mm/h):

$$q = \max \begin{cases} 0 \\ p-(SN_{lq}^{1}-SN_{lq}^{0}+SN_{fr}^{1}-SN_{fr}^{0})/dt \end{cases}$$

ÅTERFRYSNING (T<0°C)

Potentiell återfrysning beskrivs med formeln:
$(SN_{fr}^{1})^2 = (SN_{fr}^{0})^2 + C_{frys}*(-T)*dt/24$

Snömagasin - fruset (mm):

$$SN_{fr}^{1} = \min \begin{cases} p*dt + \sqrt{(SN_{fr}^{0})^2+C_{frys}*(-T)*dt/24} \\ p*dt + SN_{fr}^{0} + SN_{lq}^{0} \end{cases}$$

Snömagasin - flytande (mm):

$$SN_{lq}^{1} = \max \begin{cases} 0 \\ SN_{lq}^{0} -(SN_{fr}^{1}-SN_{fr}^{0}-p*dt) \end{cases}$$

Avrinning:

$q = 0$

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 klordioxid, 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 – Problemets omfattning i svenska tätorter, *Mats Andreason, Johan Larsson*
1992-09 Lokal 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 klordioxid — 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, *Bjorn 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 strategeier för förändring inom va-branschen, *Lennart Hansson, Ola Mattisson*
1993-15 Kostnader för drift av avloppsreningsverk, *Peter Balmér, Bengt Mattsson*
1993-16 Rötkammares 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 avv 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*

Rapporter utgivna i VA-FORSK-serien

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, *Clæs 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 Stål, 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*

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 Hernebring*