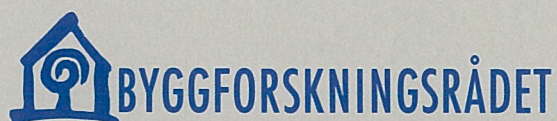
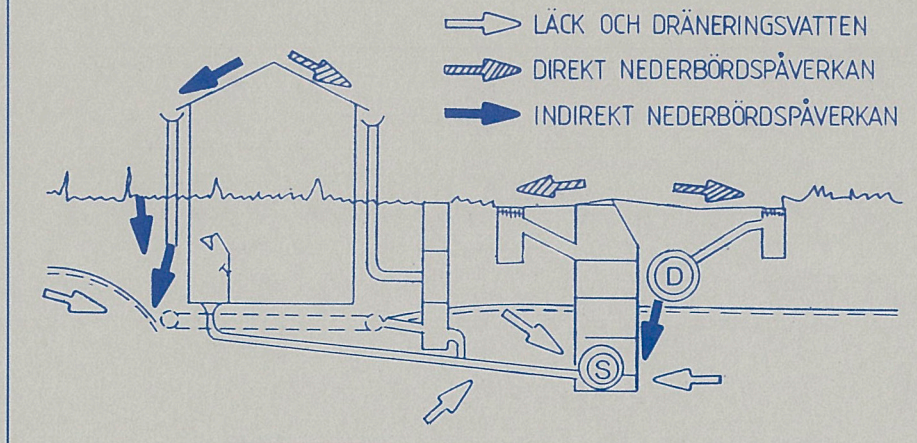




Indirekt nederbördspåverkan i spillvattensystem

Hans Bäckman
Björn Marklund
Rune Olsson
Bengt-Lennart Peterson
Tore Wästlin

Tre typer av ovidkommande vatten.



VA-FORSK

VA-FORSK är kommunernas eget FoU-program om kommunal va-teknik. Programmet finansieras i sin helhet av kommunerna, vilket är unikt på så sätt att statliga medel tidigare alltid använts för denna typ av verksamhet. FoU-avgiften är för närvarande en krona per kommuninnevånare och år. Avgiften är frivillig och intresset från kommunernas sida har varit mycket stort. Nästan alla kommuner är med i programmet, vilket innebär att budgeten årligen omfattar drygt åtta miljoner kronor.

VA-FORSK initierades gemensamt av Kommunförbundet och VAV. Verksamheten påbörjades år 1990. Programmet lägger tonvikten på tillämpad forskning inom det kommunala va-området. Projekt bedrivs inom hela det va-tekniska fältet under huvudrubrikerna:

Dricksvatten
Ledningsnät
Avloppsvattenrening
Ekonomi och organisation
Utbildning och information

VA-FORSK styrs av en kommitté, som utsetts gemensamt av VAV och Kommunförbundet. Kommittén är underställd VAVs styrelse. Under perioden 1993-1995 har kommittén följande sammansättning:

Hans Mattsson, ordförande	Södertälje
Professor Peter Balmér	GRYAAB, Göteborg
Driftchef Sture Bergström	Gatukontoret, Skellefteå
Kommunalråd Bert-Ove Bäckman	Lycksele
Avdelningschef Jane Cederqvist	Sv kommunförbundet
Tekn dr Jan Hultgren	Stockholm Vatten AB
Kommunalråd Caisa Hörberg	Lidingö
Ordf i tekniska nämnden Thure Larsson	Gatukontoret, Visby
Tekn chef Peeter Maripuu	Lysekil
Va-chef Bengt L Persson	Gatukontoret, Malmö
Vd Lars Jansson	VAV
Forskningsledare Jan Falk, sekreterare	VAV

VA-FORSK
Svenska vatten- och avloppsverksföreningen, VAV
Regeringsgatan 86
111 39 STOCKHOLM
Tel: 08-23 29 35
Fax: 08-21 37 51

Rapport nr 1993-08



Indirekt nederbördspåverkan i
spillvattensystem

Hans Bäckman
Björn Marklund
Rune Olsson
Bengt-Lennart Peterson
Tore Wästlin

VA-FORSKs rapportserie

Rapportens titel:	Indirekt nederbördspåverkan i spillvattensystem
Title of the report:	Rainfall induced infiltration in separate sewer systems
Rapportens beteckning Nr i VA-FORSK-serien:	1993-08
ISSN-nummer:	1102-5638
ISBN-nummer:	91-88392-52-X
Författare:	Hans Bäckman, VBB VIAK AB, Björn Marklund, Gävle kommun, Rune Olsson, Gävle kommun, Bengt-Lennart Peterson, VBB VIAK AB, Tore Wästlin, Gävle kommun
Utgivare:	Svenska vatten- och avloppsverksföreningen, VAV
VA-FORSK projekt nr:	93-101
Projektets namn:	Indirekt nederbördspåverkan i spillvattensystem
Projektets finansiering:	BFR, Gävle Kommun/Gatukontoret, VAV, Eskilstuna, Linköping, Norrköping, Nyköping, Södertälje, Uppsala, Västerås, Örebro, VBB VIAK AB samt VA-FORSK
Rapporten beställs från:	Svensk Byggtjänst, Litteraturtjänst, 171 88 Solna, tel 08-734 51 00
Rapportens omfattning	
Sidantal:	104
Format:	A4
Upplaga:	2000
Sökord:	Avlopp, Ovidkommande vatten, nederbördspåverkan, dagvatten, dränering, flödesmätning, övervakningssystem, flödessimulering, källor, serviser, geohydrologi
Keywords:	separate sewer systems, infiltration, inflow, strategy, flow measurements, urban runoff models, sources, geohydrology
Sammandrag:	Rapporten belyser hela problemkomplexet med ovidkommande vatten i spillvattensystem och omfattar begreppsförklaringar, strategisk planering, genomförande och bearbetning av flödesmätningar, flödessimuleringar samt ett geohydrologiskt angreppssätt på lokalplanet.
Abstract:	The report discusses rainfall induced infiltration in separate sewer systems and describes fundamental concepts, strategic planning, performing and analysing flow measurements, urban runoff modelling and a geohydrological analysis methodology applicable at the local level.
Målgrupper:	Kommunernas va-förvaltningar Miljöförvaltningsmyndigheter Konsulter inom va-branschen Studerande vid tekniska högskolor
Utgivningsår:	1993
Pris 1993:	200 kr exkl moms

SAMMANFATTNING

Indirekt nederbördspåverkan, INE, är ett samlat begrepp för den flödesökning som erhålls i samband med nederbörd och ej kan förklaras med direkt anslutna hårdgjorda ytor, DNE. INE-flödena strömmar således i marken innan de läcker in i otäta spillvattenledningar eller dräneras ut via fastighetsdräneringar. INE-problematiken beror på att dålig hänsyn har tagits till de geohydrologiska förutsättningarna vid bebyggelseplaneringen samt otäta avloppssystem. Vid problemlösningar måste man arbeta med en helhetssyn omfattande såväl privata som kommunala avloppsledningar. Detta projekt har omfattat hela problembilden med ovidkommande vatten. Genom att löpande bearbeta flödesstatistik erhålls en bra bild över omfattningen och karaktären på det ovidkommande vattnet.

Läck- och dräneringsflöden kan relativt lätt spåras genom mätning av nattminimiflöden. Flödesmätningar av nederbördspåverkan med portabla instrument är mer komplicerade och kostsamma att genomföra. Med hjälp av den sk ytfördelningsmodellen kan nederbördspåverkan automatiskt bearbetas till nyckeltalet "fiktivt ansluten yta". Ytorna redovisas med minutupplösning avseende rinntidsavstånd till mätpunkten. Ytfördelningsmodellen kan användas för att noggrant karakterisera nederbördspåverkan, underlätta verifieringar av MOUSE-modeller mm.

En ingenjörsmässig praxis för datorsimuleringar av flöden i spillvattennät har etablerats under det senaste decenniet. Traditionella datormodeller för avloppssystem är emellertid konstruerade för att i första hand beskriva avrinningen från hårdgjorda ytor. Den del av INE-flödet som påverkas av tidigare hydrologiska händelser (hydrologiskt minne) kan däremot ej hanteras på ett bra sätt. Ett försök gjordes att använda en modellansats som används för att beskriva tillrinningen till naturliga vattendrag. Modellen, som kalibrerades mot långa flödesserier från övervakningssystemet i Gävle, gav en anmärkningsvärt god överensstämmelse. Försöken kan ses som ett genombrott för modellanvändningen, särskilt i INE-påverkade avloppsnät. Den sk NAM-modellen är mycket användbar för årsvisa simuleringar, exempelvis uppskattningar av årliga bräddmängder samt vid prognos av flödesbelastningar.

Åtgärder för att minska det ovidkommande vattnet kan sättas in först då man har identifierat källorna. För att lyckas med detta måste man kunna kombinera ett geohydrologiskt tänkande med ett praktiskt förankrat va-tekniskt sunt förnuft. Här kan man inte nog betona vikten av att ha tillgång till personal med lång va-teknisk erfarenhet från det aktuella avloppsnätet.

Strategin på lokalplanet för att lokalisera källor till det ovidkommande vattnet kan beskrivas som ett samordnat angrepp från två håll. Med en teknisk kontroll av avloppssystemet identifieras exempelvis anslutna ytor till spillvattensystemet, överläckningssektioner, olämplig markplanering. Tyvärr går det ej att med rimliga insatser och dagens teknik att finna alla källor till ovidkommande vatten med enbart tekniska kontroller. Den tekniska kontrollen måste därför samordnas med en geohydrologisk beskrivning av hur ett visst område avvattnas. Beskrivningen syftar till att bl a identifiera avloppsgrenar där risk borde finnas för en kraftig påverkan av ovidkommande vatten.

Med tanke på de stora svårigheter som råder då man i efterhand skall rätta till problem med ovidkommande vatten bör stora ansträngningar göras för att undvika nya problem redan vid planeringen av bebyggelseområden. Detta förutsätter ett geohydrologiskt tänkande, nära samarbete mellan va-tekniker och stadsplanerare samt en naturanpassad va-projektering.

BEGREPP FÖR ATT BESKRIVA OVIDKOMMANDE VATTEN:

Ovidkommande vatten: Samlingsbegrepp för vatten som utöver spillvattnet tar sig in i spillvattensystemen.

Läck- och dräneringsvatten, LÄC: Samlingsbegrepp för grundvatten som läcker in via otäta fogar eller som medvetet dräneras ut till spillvattensystemet. LÄC-flödena uppmäts under torrväders-situationer.

Nederbördspåverkan, NBP: Samlingsbegrepp för flödesökningar i spillvattennät som uppkommer i samband med nederbörd

Direkt nederbördspåverkan, DNE: Flöden som orsakas av direkt anslutna hårdgjorda ytor till spillvattensystemet, exempelvis tak, asfaltytor.

Indirekt nederbördspåverkan, INE: Flöden som, utöver DNE, belastar spillvattennätet i samband med nederbörd, exempelvis överläckning eller snabb grundvattenbildning som dräneras till spillvattensystemet.

Snabb nederbördspåverkan, Snabb-NBP: Nederbördspåverkan, utläst ur flödeshydrografer, som uppträder i en viss mätpunkt inom samma tidsrymd som direkt anslutna hårdgjorda ytor, dvs nederbördens varaktighet plus koncentrationstiden.

Trög nederbördspåverkan, Trög-NBP: Nederbördspåverkan, utläst ur flödeshydrografer, som kvarstår i en viss mätpunkt efter den snabba nederbördspåverkan, dvs efter nederbördens slut plus koncentrationstiden.

Fast Respons Component, FRC: Flödeskomponent i MouseNAM som i huvudsak simulerar snabb nederbördspåverkan utan hydrologiskt minne.

Slow Respons Component, SRC: Flödeskomponent i MouseNAM som i huvudsak simulerar snabb nederbördspåverkan med hydrologiskt minne, trög nederbördspåverkan samt läck- och dränflöden.

ÖVRIGA BEGREPP:

Flödeshydrograf: Diagram över flöde som funktion av tiden.

Fiktivt ansluten yta: Den yta som krävs för att generera flödesökningen vid ett visst nederbördstillfälle. Används ofta vid utvärdering av flödeshydrografer avseende nederbördspåverkan innan man har kunnat konstatera om orsaken beror på DNE- eller INE-flöden. Den fiktivt anslutna ytan varierar ofta kraftigt för olika regn.

Geohydrologi: Läran om vattnets transport i mark.

Hydrologi: Läran om vattnets kretslopp i naturen.

Hydrologiskt minne: Nederbördspåverkan som påverkas av tidigare hydrologiska händelser. Större reaktion för samma regnmängd erhålls under blötare perioder jämfört med torra.

Infiltration: Vattens inträngning i marken.

Interflow: Tänkt horisontell vattenström i översta marklagret orsakat av en ytlig grundvattenspegel.

Koncentrationstid: Längsta rinntid för ytavrinning för en vattendroppe inom ett avrinningsområde.

Perkolations: Vertikal transport av vatten i marken till grundvattnet.

Rotzon: Den del av den omättade zonen i marken där vegetationen kan ta upp vatten.

Verifiera: Visa att en datormodell beskriver verkligheten tillräckligt väl i förhållande till syftet med modellanvändningen.

FÖRORD

Denna rapport utgör slutdokumentet för projektet "Indirekt nederbördspåverkan i spillvattensystem". Projektets syfte har varit att beskriva denna mycket komplicerade problemställning ur olika synvinklar samt att föreslå lämpliga arbetsätt för att ta sig an problem med indirekt nederbördspåverkan, INE. Rapporten har utformats så att den skall kunna användas som en idéskrift och lärobok för hela problemställningen kring sk ovidkommande vatten i spillvattensystem. Resultaten kring metoder för datorsimulering av INE-flöden har avrapporterats separat i BFR-rapporten R69:1991.

Projektet har bedrivits inom en arbetsgrupp bestående av Rune Olsson, (projektledare), Björn Marklund, Tore Wästlin, Gävle gatukontor samt Hans Bäckman, (sekreterare), Bengt-Lennart Peterson, VBB VIAK.

Därutöver har ett stort antal personer varit engagerade i projektet. De geohydrologiska beskrivningarna har utförts av Jerry Berg, J&W, Gävle. Göran Jacobsson, Bo Jonsson, P-O Sandquist, Tommy Sandberg och Lars Westlund, Gävle gatukontor har genomfört fältarbetena. Johan Larsson och Lars-Göran Gustafsson, VBB VIAK, har bistått med projektidéer och hjälpt till med olika utredningsdelar.

Projektresultaten har diskuterats vid seminarier inom ramen för ett parallellt samverkansprojekt kring INE-problemen. Därvid har representanter deltagit från VAV samt 9 kommuner, nämligen Eskilstuna, Kalmar, Linköping, Norrköping, Nyköping, Södertälje, Uppsala, Västerås och Örebro. Projektet avslutades med ett seminarium den 9-10 feb 1993 i Sigtuna vilket samarrangerades med VAVs servisgrupp, TR42 och VAVs datorkommitté, VADAK.

Ett förstudieprojekt finansierades med medel från VAVs och BFRs PUVA-program. Huvudprojektet har till största delen finansierats av Byggforskningsrådet och Gävle gatukontor. Huvudprojektet har också stöttats av VAV och av kommunerna inom ramen för det parallella samverkansprojektet samt av VBB VIAK. VA-FORSK har i projektets slutfas stöttat framtagningen av denna publikation.

Det är vår förhoppning att denna rapport skall sprida kunskap och stimulera till en fortsatt utveckling av arbetsätt och hjälpmedel för att lösa problem med ovidkommande vatten. Vi vill varmt tacka alla som hjälpt till att genomföra detta projekt.

Arbetsgruppen för INE-projektet
Gävle/Stockholm i maj 1993

Gävle gatukontor

VBB VIAK Ledningsförnyelse

INNEHÅLL

1	PROBLEMBESKRIVNING	1
1.1	Ökade krav kräver handling	1
1.2	Begrepp för att beskriva och karakterisera det ovidkommande vattnet	2
1.2.1	Olika begreppsvärldar	3
1.2.2	Behov av en gemensam begreppsbild	4
1.2.3	Begrepp för att beskriva källorna till det ovidkommande vattnet	4
1.2.4	Begrepp för att beskriva tidsförskjutningar i flödesförlopp	5
1.2.5	Begrepp för att beskriva flödet vid datorsimuleringar	7
1.2.6	Blanda ej ihop begreppen!	8
1.3	Dimensioneringsprinciper och överbelastningsproblem i olika typer av avloppsnät	9
1.3.1	INE och datormodeller	12
1.4	Bakgrunden till "Gävle-projektet"	13
2	ÖVERGRIPANDE STRATEGI	16
2.1	Strategier för funktions- respektive konditionsproblem	16
2.2	Utredningsstrategin för INE-problem i korthet	17
2.3	Olika startpositioner kräver olika vägar	19
3	KVANTIFIERA OCH BESKRIVA NEDERBÖRDS-PÅVERKAN BASERAT PÅ DRIFTSTATISTIK	21
3.1	Olika typer av nyckeltal	22
3.2	Krav på övervakningssystem för flödesanalys vid olika ambitionsnivåer	23
3.2.1	Mätprinciper	24
3.2.2	Lagring av mätdata	27
3.2.3	Avläsnings- och lagringsintervall	28
3.2.4	Öppna system för flödesanalys	28
3.3	Karakterisering av ovidkommande vatten	29
3.3.1	Avklingning av nederbördspåverkan	29
3.3.2	Variation i "fiktivt ansluten yta"	31
3.3.3	Några idétips om möjliga bearbetningar	32

4	ETABLERADE ARBETSSÄTT FÖR BEARBETNING AV FLÖDESDATA	35
4.1	Flödesmätningshistorik	35
4.2	Läck- och dräneringsvatten vid olika grundvattensituationer	37
4.2.1	Arbetsgång vid utvärdering av läck- och dränflöden	37
4.2.2	Arbetsgång för att bedöma grundvattensituationen med hjälp av SGUs grundvattennät	38
4.3	Snabb och trög nederbördspåverkan	42
4.3.1	Arbetsgång vid utvärdering av nederbördspåverkan	42
4.4	Krav på dokumentation av flödesmätningar	46
5	PRAKTISK TEST AV "YTFÖRDELNINGSMODELLEN"	47
5.1	Mätområdet Sörby/Fridhem	47
5.2	Kunskap om ovidkommande vatten innan testen och mätningens uppläggning	49
5.3	Konventionell analys av flödeshydrografer	51
5.4	Analys med ytfördelningsmodellen och jämförelse med anslutna hårdgjorda ytor	51
5.4.1	Kort beskrivning av ytfördelningsmodellen	51
5.4.2	Jämförelse mellan resultat från anslutningskontroller och uppskattningar av total fiktiv yta	53
5.4.3	Redovisning av resultat från ytfördelningsmodellen och jämförelse med anslutningskontrollen	54
5.5	Kommentarer till testen med ytfördelningsmodellen	56
6	METODIK FÖR FLÖDESSIMULERING AV INDIREKT NEDERBÖRDSPÅVERKAN	58
6.1	Simuleringshistorik	58
6.2	Kort beskrivning av "NAM"-modellen och jämförelse med andra datormodeller	60
6.3	Viktiga användningsområden för NAM	65

7	STRATEGI FÖR ATT LOKALISERA KÄLLOR TILL OVIDKOMMANDE VATTEN	69
7.1	Vikten av att ha tillgång till erfarna va-tekniker	69
7.2	Planeringen av fältundersökningarna på lokalplanet i projektet	70
7.3	Samordnat angrepp från två håll	70
8	KONTROLL AV AVLOPPSSYSTEMENS UPPBYGGNAD OCH FUNKTION PÅ LOKALPLANET	73
8.1	De "besvärliga" privata servisledningarna	73
8.2	Anslutningskontroller för att spåra direkt nederbördspåverkan, DNE	73
8.3	Undersökningar för att spåra läck- och dräneringsvatten, LÄC, samt indirekt nederbördspåverkan, INE	74
8.3.1	Okulär besiktning	74
8.3.2	Flödesmätning på fastighet	75
8.3.3	Överläckningskontroll på huvudledningsnätet	76
8.3.4	Överläckningskontroll på servisledningar	76
8.3.5	Simulering av dräneringsvattenbildning	76
8.3.6	Invändig ledningsinspektion	77
9	GEOHYDROLOGISK BESKRIVNING AV ETT OMRÅDES AVVATTNING	78
9.1	Exemplet Storhagen	78
9.1.1	Problembeskrivning	78
9.1.2	Geohydrologisk beskrivning av Storhagen	80
9.1.3	Diskussion om avrinningsförhållandena i Storhagen	82
9.2	Exemplet Forsby	84
9.2.1	Problembeskrivning	84
9.2.2	Geohydrologisk beskrivning av Forsby	84
10	NÅGOT OM ÅTGÄRDSTEKNIK	87
11	FORTSATT ARBETE	88
12	REFERENSLISTA	89

1 PROBLEMBESKRIVNING

1.1 Ökade krav kräver handling

Överbelastade avloppsnät vållar olägenheter både för enskilda fastighetsägare och för miljön. Olägenheterna består av källaröversvämningar, bräddningar av orenat spillvatten samt nedsatt effekt i reningsverken.

Under senare decennier har toleransen hos brukarna mot att drabbas av ex källaröversvämningar gradvis minskat. Kommunernas ansvar för att undvika källaröversvämningar har ökat. En "lösning" av källaröversvämningssproblemen har ibland varit att bygga bräddavlopp för att avlasta avloppsnäten under flödestoppar.

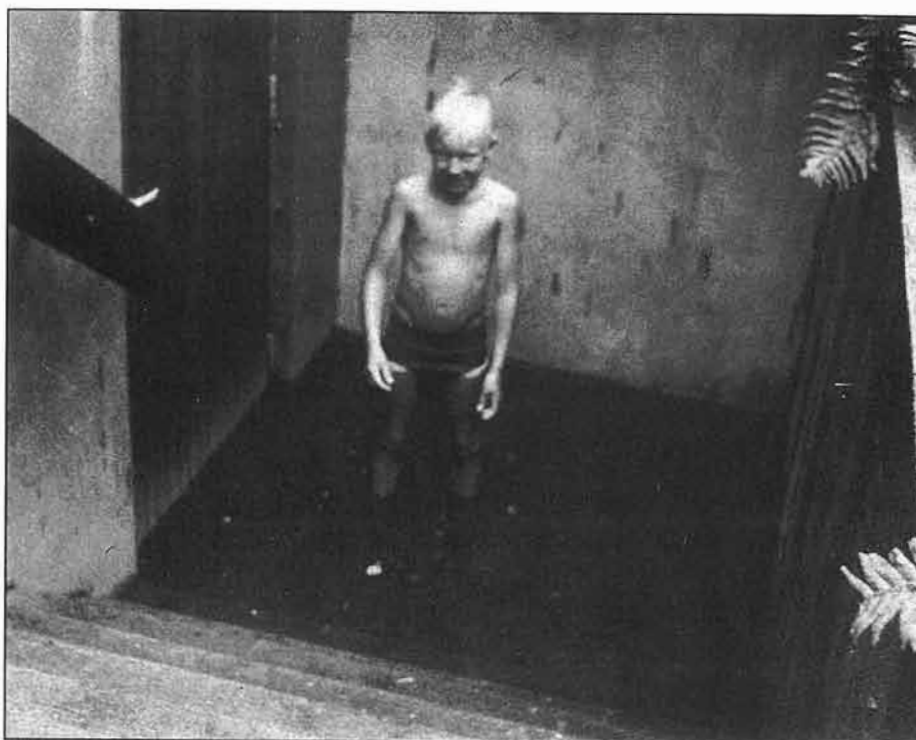


Foto: Toleransen mot källaröversvämningar minskar!

Bräddningsproblematiken har dock under slutet av 1980-talet fått en alltmer ökad uppmärksamhet och det kommer under 1990-talet att vara en viktig arbetsuppgift för kommunerna att ha en god kontroll över samtliga bräddpunkter.

Samverkan mellan avloppsnät och reningsverk får nu ett ökat intresse. Utgående från reningsverkens processtekniska funktion kommer större krav att ställas på att begränsa flödesvariationer till verket och undvika alltför hög utspädning av spillvattnet.

Höjda krav ställs således från många håll på våra avloppsledningsnät. Dessa avloppsnät har byggts ut i etapper under hela 1900-talet. Olika tidsperioder har haft sina värderingar, funktionskrav, praxis och tekniska förutsättningar vad gäller både projektering och anläggning av avloppsledningar. (Bäckman 1984).

Utgångsläget försvåras ytterligare av att dokumentationen av det verkliga utförandet ofta är dålig. Dessutom har det på många håll brustit i att löpande ta hand om drifterfarenheterna från va-näten .

Det är onekligen en utmaning att försöka uppfylla de ökade krav som nu ställs på befintliga avloppsnät. Man måste också som va-tekniker vidga sina vyer och arbeta med en helhetssyn över avloppsnät och reningsverk samt inbegripa även de privata servisledningsnäten i sin problembild. Det är också mycket viktigt att ha ett geohydrologiskt tänkesätt i sin problemlösning.

När man skall ta sig an problem orsakade av sk ovidkommande vatten måste man arbeta med en genomtänkt strategi där man utnyttjar både dokumenterad och odokumenterad kunskap för att erhålla en så bra startposition som möjligt. Man måste vara beredd att utnyttja många olika typer av mät-, utvärderings- och analysverktyg alltefter problemställningens behov. Det är också viktigt att inse att det inte finns några enkla "kokboks"-lösningar utan man måste hela tiden anpassa sitt agerande efter den va-tekniska verkligheten.

Måttet av framgång torde bestämmas av hur man lyckas kombinera moderna va-tekniska verktyg med ett sunt förnuft samt att man aldrig glömmer bort den gamla sanningen:

"Man kan aldrig lura vattnet"

Även om detta projekt inriktats mot indirekt nederbördspåverkan i spillvattennät så är en stor del av resultaten även användbara då man arbetar mera generellt med problem med sk ovidkommande vatten.

1.2 Begrepp för att beskriva och karakterisera det ovidkommande vattnet.

I denna rapport används benämningen ovidkommande vatten som ett överordnat begrepp. I begreppet ovidkommande vatten inryms allt vatten som utöver det "rena" spillvattnet tar sig in i spillvattensystemen.

1.2.1 Olika begreppsvärldar

På driftstörningsblanketter/felanmätningar efter en översvämning återfinns ofta diffusa formuleringar om vad som orsakat skadan såsom "för mycket ovidkommande vatten", "för stor vattenbelastning" etc. Många gånger pratas det allmänt om otäta, dåliga ledningar där det kan vara svårt att veta vad som avses.

Läckande ledningar eller inläckage används också ganska slarvigt. Ibland visar det sig att man även avsett dräneringsvatten, trots att det medvetet kopplats på spillvattensystemet för att säkerställa ett bebyggelseområdes dräneringsfunktion.

Dessa diffusa formuleringar är naturliga mot bakgrund av de många svårbestämbara parametrar som samspelar vid problem orsakade av ovidkommande vatten, exempelvis källaröversvämningar. Själva skadan är uppenbar, vilket emellertid bara är en konsekvens av flera, ofta okända eller bristfälligt kända orsaker.

En tydlig begreppsmodell är en förutsättning för att kunna beskriva den valda strategin mot problem med ovidkommande vatten, redovisa resultat från mätningar/utredningar, beskriva utredningsläget och effekten av genomförda åtgärder.

Det finns ej heller någon internationellt allmänt erkänd begreppsvärld för att beskriva och karakterisera det ovidkommande vattnet (Bäckman 1985). Vid en granskning av de i litteraturen förekommande begreppen framträder en mycket vildvuxen flora av begrepp.

Förklaringen till de många olika begreppen beror till stor del på att man beskriver det ovidkommande vattnet från olika perspektiv. I många fall kan man dock konstatera att en förvirrad begreppsvärld också beror på att man har en förvirrad problem- och verklighetsbeskrivning.

Man kan indela de idag förekommande begreppen för ovidkommande vatten såsom härstammande från tre olika begreppsvärldar, nämligen begrepp som syftar till att beskriva:

- * Källor till ovidkommande vatten
- * Tidsförskjutningar i flödesförlopp
- * Modellparametrar vid flödessimuleringar

Detta innebär att man har behov av att använda olika typer av begrepp i olika sammanhang.

1.2.2 Behov av en gemensam begreppsmodell

Man kan lätt konstatera att det till och med inom samma begreppsmodell finns många mer eller mindre synonyma begrepp i omlopp. I detta kapitel görs ett försök att med utgångspunkt från vanliga termer för ovidkommande vatten vidareutveckla beskrivningssätten och föreslå ändamålsenliga begrepp i olika begreppsmodeller.

Det är en stor fördel om man kan sluta upp kring en genomarbetad och allmänt accepterad begreppsmodell av det ovidkommande vattnet och därmed rensa upp i begreppsfloran så långt som möjligt.

Detta är särskilt uppenbart då man skall redovisa olika typer av flödesanalyser. Med en rörig eller otydlig begreppsmodell kan det bli svårt att jämföra resultat från olika utredningar.

Behovet av en gemensam begreppsmodell kommer att bli än mer tydlig när flödeskurvor från olika typer av driftövervakningssystem, löpande kan bearbetas med automatiska analysprogram.

1.2.3 Begrepp för att beskriva källorna till det ovidkommande vattnet

När man vill relatera det ovidkommande vattnet till olika källor bör man hålla isär tre olika typer nämligen läck- och dräneringsvatten, direkt nederbördspåverkan och indirekt nederbördspåverkan.

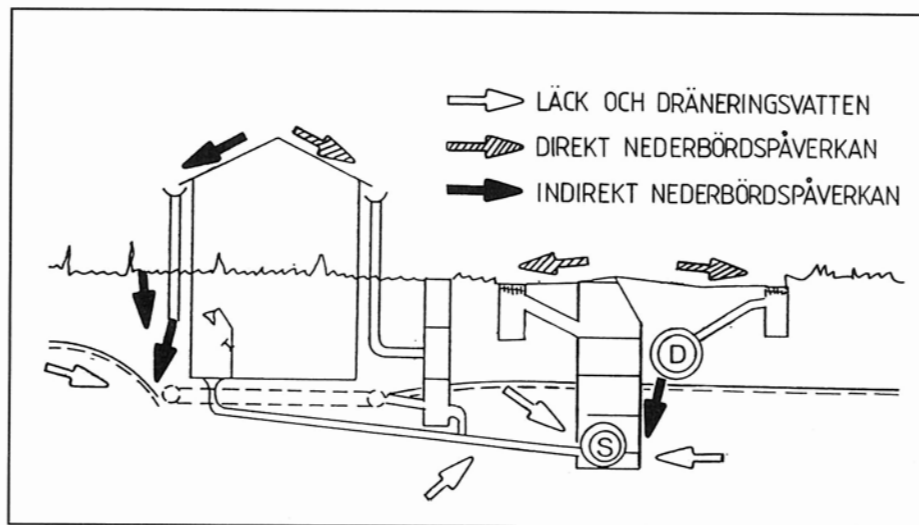
Det finns ytterligare källor till ovidkommande vatten som vi ej går närmare in på i detta sammanhang. Här avses exempelvis inläckage från läckande vattenledningar samt påverkan av hav, sjöar eller vattendrag. I övergripande studier kan det vara lätt att dessa räknas in under begreppet läck- och dränvatten av grundvatten. När man har lyckats isolera även dessa typer av ovidkommande vatten är det naturligt att beskriva dessa källor i klartext, exempelvis havspåverkan eller vattenledningsvatten.

Med **läck- och dräneringsvatten, LÄC** avses grundvatten som läcker in i eller dräneras till avloppssystemet. LÄC-flödena uppmäts under torrvädersperioder. Detta flöde, som varierar med grundvattennivån, kännetecknas av relativt måttliga flöden under långa perioder vilket ger stora volymer att pumpa och rena.

Nederbördspåverkan är den mängd ovidkommande vatten som tillkommer i samband med nederbörd. Nederbördspåverkan uppdelas i direkt och indirekt nederbördspåverkan. Med **direkt nederbördspåverkan, DNE**, avses flöden som orsakas av direkt anslutna hårdgjorda ytor såsom asfaltytor, tak etc.

Med **indirekt nederbördspåverkan**, **INE** avses flödesökningar i samband med nederbörd som överstiger det som kan förklaras med direkt anslutna ytor. Förloppet kan bero på exempelvis en relativt snabb grundvattenbildning som avleds till spillvattennätet via dräneringsledningar eller genom överläckning mellan otäta dagvatten- och spillvattenledningar på privat eller kommunal mark.

Kännetecknande för INE-flöden är att de har en mer eller mindre utdragen avklingning efter att regnet har upphört. Såväl toppflödena som hastigheten på avklingningen är också beroende av den hydrologiska situationen.

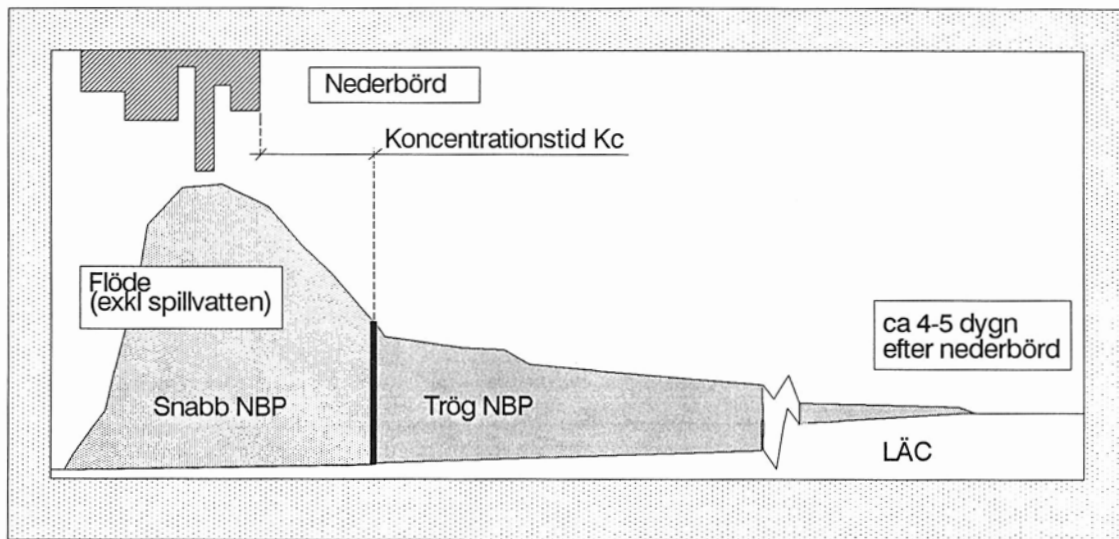


Figur 1:1 Tre typer av källor till ovidkommande vatten

1.2.4 Begrepp för att beskriva tidsförskjutningar i flödesförlopp

En annan typ av begrepp för ovidkommande vatten behövs när man studerar flödeshydrografer. Här ses endast konsekvensen av alla källor till ovidkommande vatten uppströms mätpunkten. Här behöver man kunna beskriva flödesförloppet, massberäknade flödesvolymmer mm med tidsperspektiv.

I kapitel 4.3 beskrivs detaljerat en arbetsgång vid utvärdering av nederbördspåverkan. Här är det viktigt att hålla isär den snabba nederbördspåverkan som ger höga toppflöden och den tröga nederbördspåverkan som gör att det i vissa avloppsnät kan ta flera dagar innan flödena kommit ned till mer måttliga nivåer. Detta beror på att den indirekta nederbördspåverkan har både en snabb komponent, **snabb-INE** och en fördröjd komponent, **trög-INE**.



Figur 1:2 Begrepp för ovidkommande vatten vid studier av tidsförskjutningar i flödesförlopp.

Observera att den snabba INE-komponenten ej kan skiljas från DNE-flöden, orsakade av direkt anslutna hårdgjorda ytor. Därav brukar man vid utvärderingar av flödesmätningar använda ett samlat begrepp, **nederbördspåverkan, NBP**.

Nederbördspåverkan delas lämpligen upp i **snabb-NBP** resp **trög-NBP**. Det är lämpligt att dra gränsen mellan snabb och trög nederbördspåverkan som tidpunkten efter regnets slut plus den sk koncentrationstiden, dvs längsta rinntiden. Därmed säras man ut den nederbördspåverkan som uppträder med samma tidsförlopp som direkt anslutna ytor.

Storleken på nederbördspåverkan beskrivs ofta med begreppet "**fiktivt ansluten yta**", dvs den yta som krävs för att generera den erhållna flödesökningen vid den aktuella nederbörden. I den sk ytfördelningsmodellen ges en redovisning av "fiktiva ytor" uppritade i diagram där ytans rinntidsavstånd till mätpunkten framgår, se vidare kap 5.4.

Avklingningen av flödesförlopp kan beskrivas på många sätt. I kapitel 3.3 redovisas flera begrepp som kan användas för att beskriva resterande nederbördspåverkan efter viss tid, exempelvis Rest-NBP(tidsangivelse). Rest-NBP(2d) visar då den kvarstående nederbördspåverkan två dygn efter regnets slut.

Det är en glidande övergång mellan den tröga nederbördspåverkan, **trög-INE**, och läck- och dräneringsvattenbelastningen, **LÄC**. Man brukar vid mätningar av läck- och dränvatten anse att mättillfället bör föregås av helst 4-5 dygn med uppehållsväder.

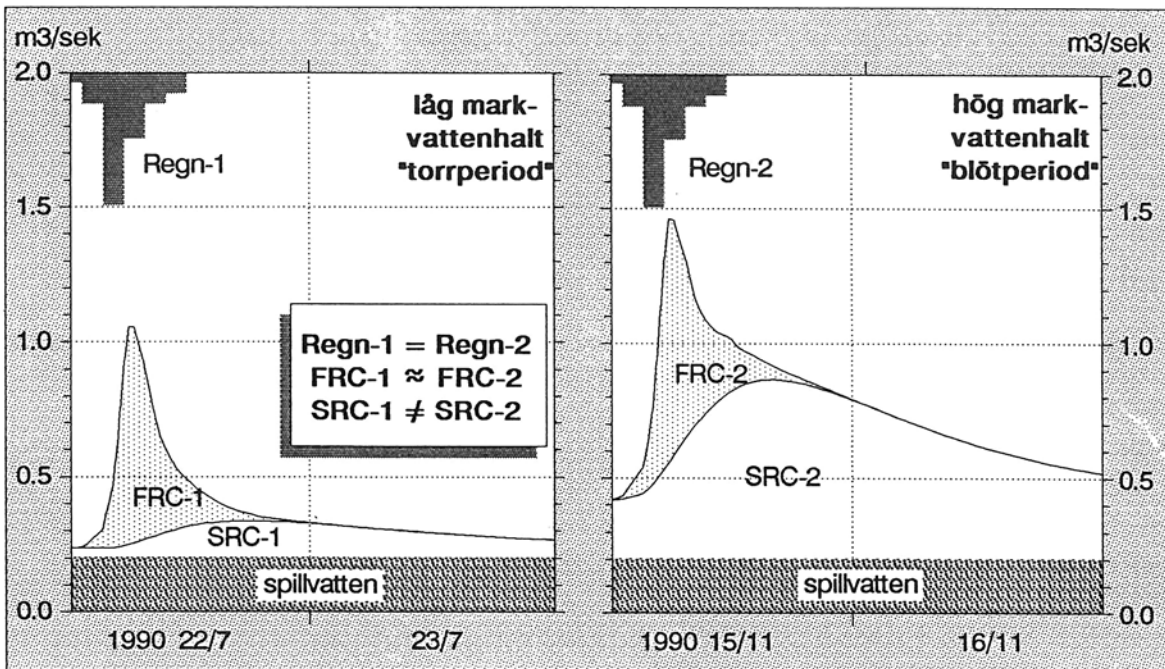
För att rätt kunna tolka resultat från flödesmätningar är det således viktigt att försöka bedöma grundvattensituationen vid mättillfället. Detta kan göras med hjälp av SGUs grundvattennät, (SGU 1985) eller något lokalt grundvattenobservationsnät. En enkel metodik beskrivs i kapitel 4.

1.2.5 Begrepp för att beskriva flödet vid datorsimuleringar.

I takt med att nya datormodeller tas fram introduceras många nya begrepp. Begreppsvärlden blir direkt kopplad till den enskilda modellens uppbyggnad.

I samband med att den sk NAM-modellen har introducerats, se vidare kap 6, finns det nu möjlighet att hålla isär flödeskomponenter som hydrologiskt oberoende resp hydrologiskt beroende. Man kan även beskriva detta som avrinning med eller utan hydrologiskt minne.

Ett avloppsnät med ett hydrologiskt minne påverkas av tidigare regnhändelser. Högre maxflöden och längre avklingningsperioder erhålls om regnen har föregåtts av nederbördsrika perioder jämfört med torrperioder.



Figur 1:3 Begrepp för ovidkommande vatten baserade på modellkomponenter i NAM-modellen.

Vi går inte närmare in på olika modellers begreppsvärld utan hänvisar till modellbeskrivningarna i resp manual. Det är dock viktigt för den oinvidige att inse att man i en datormodell förenklar verkligheten med ett antal olika modellparametrar som sammantaget skall presentera en beräknad flödeskurva så nära den verkliga (uppmätta) som möjligt.

I figur 1:3 visas hur två flödeskomponenter, FRC och SRC, i NAM-modellen används för att beskriva flödeshydrografer för två likadana regn men vid olika hydrologiska situationer. Skillnaderna mellan reaktionerna beror på tidigare hydrologiska händelser, dvs hänsyn tas till det hydrologiska minnet. De två flödeskomponenterna byggs upp av ett flertal modellparametrar, (Gustafsson, Olsson 1991). I kapitel 4 redovisas en metod att grovt uppskatta avrinning med eller utan hydrologiskt minne baserat på analys av flödeskurvor.

1.2.6 Blanda ej ihop begreppen!

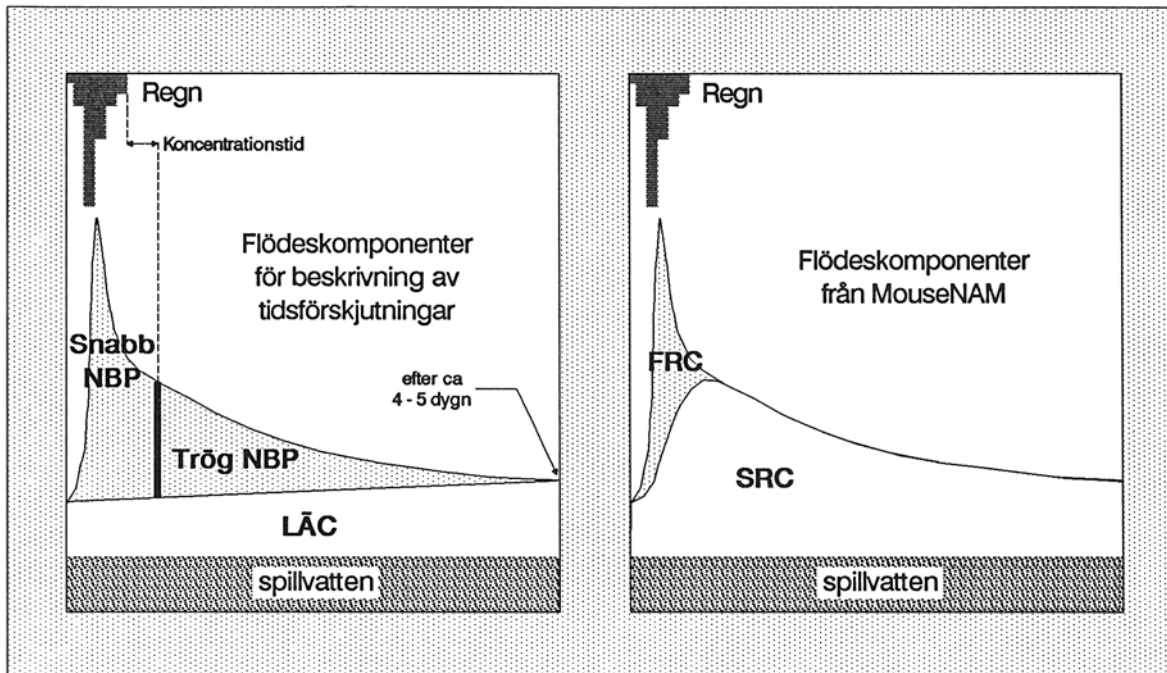
Det är viktigt, för att beskriva utredningsläget och åtgärdsalternativ, att ej blanda ihop direkt nederbördspåverkan, **DNE**, och snabb nederbördspåverkan, **snabb-NBP**. Eftersom man med DNE avser nederbördspåverkan där det ovidkommande vattnet avrinner från hårdgjorda ytor har man stora möjligheter att både beräkna flödeseffekterna samt att avgöra om och hur dagvattnet kan tas omhand på annat sätt än genom avledning till spillvattenledningen.

Snabb-NBP är ett samlingsbegrepp för DNE och snabb-INE som används vid bearbetning av flödesdata och när man saknar kunskap om storleken på DNE. Ju större andel av den snabba nederbördspåverkan som härrör från INE-källor desto besvärligare är arbetsgången för utredningar och åtgärder eftersom inträngningen av INE-källor till spillvattensystemet sker "någonstans under markytan". Storleken på DNE kan endast avgöras genom anslutningskontroller av hårdgjorda ytor.

Det går ej heller att sätta likhetstecken mellan avrinning utan hydrologiskt minne, **FRC** (flödeskomponent i MouseNAM), och direkt nederbördspåverkan, **DNE**. Detta beror på att FRC är ett samlat begrepp för både direkt nederbördspåverkan och snabb indirekta nederbördspåverkan utan hydrologiskt minne.

Notera att den snabba indirekta nederbördspåverkan kan delas upp i påverkan med resp utan hydrologiskt minne. **Snabb-INE med minne** innebär att en större snabb avrinning erhålls i blöta perioder jämfört med torra. Detta kan förklaras med att olika typer av små magasin då redan är fyllda vid regnstart. **Snabb-INE utan minne** kan exemplifieras med överläckning från dag- till spillvattenledningar i urspolade markkanaler. Överläckningen pågår så länge som dagvatten rinner av från hårdgjorda ytor.

Skillnaden mellan **FRC** och **snabb-NBP** visas i figur 1:4. En approximation av FRC-komponenten utgående från flödeshydrografer kan göras genom att dra en linje från startpunkten av nederbördspåverkan till kvarstående nederbördspåverkan efter regnslut plus koncentrationstid, se vidare kapitel 4.3 punkt 8.



Figur 1:4 Jämförelse mellan flödeskomponenter vid beskrivning av tidsförskjutningar i flödeshydrografer, t v, och flödeskomponenter vid beräkning av flöden med MouseNAM, t h.

1.3 Dimensioneringsprinciper och överbelastningsproblem i olika typer av avloppsnät

Översvämningsskador i samband med kraftiga regn uppstår i huvudsak då dämning i det kommunala ledningsnätet orsakar en bakåtströmning in i fastigheternas servisledning. Under dessa förhållanden kan ej heller vatten från fastigheten avledas.

Överbelastning inträffar då flödet i ledningssystemet överstiger den tillgängliga kapaciteten. Kapaciteten kan vara nedsatt till följd av svackor, sediment, inväxande rötter etc.

Dagvattensystemen är dimensionerade för att klara direkt avledning av regn från hårdgjorda ytor. Dagvattensystemen dimensioneras för att klara regn med viss återkomsttid. Överskrids dimensioneringsregnet är det meningen att dämning skall ske. Skador på fastigheter erhålls då om

dräneringsledningar har anslutits till dagvattensystemet och källarna är belägna under högsta dämningnivå. Vatten kommer då att stå mot husgrunden. Genom otätheter kan vattnet också leta sig in i källaren. I andra fall uppstår enbart fukt- och mögelskador.

Särskilt under 60- och 70-talet anslöts många dräneringsledningar till dagvattensystemet för att minska dräneringsvattenbelastningen till reningsverken. I en rundfråga (VAV 1982) konstaterades dock en stor variation i hur dräneringarna är anslutna. Andelen anslutna dräneringar till spillvattensystemet i olika kommuner varierade mellan 1 och 99%. Resterande har därmed anslutits till dagvattensystemet eller avledds på annat sätt. Vid rundfrågan 1982 uppgav ca hälften av kommunerna att man **tillät** anslutning av dräneringar till dagvattensystemet.

Det är dock svårt att uppskatta hur stor andel av dräneringsledningarna som är anslutna till dagvattensystemen i Sverige som helhet. En grov bedömning kan vara mellan ca 10 - 20 %.

1986 gick VAV och dåvarande Statens Planverk ut med en gemensam skrivelse (VAV Orienterar 7/86) där man bla annat påtalade för ny bebyggelse att:

"I de fall fall byggnadens dränledning ligger över uppdämningnivån - vanligen marknivån för förbindelsepunkten - är byggnormens krav för avledning av dränvatten till allmän dagvattenledning uppfyllt. Villkoret kan ibland uppfyllas genom att byggnaden inte förses med källare."

Kombinerade avloppssystem är dimensionerade för att hantera direkt nederbördspåverkan, spillvatten och dräneringsvatten. Vid överbelastningar uppstår skador då vattnet tränger upp genom källaravloppen via fastighetens spillvattenservis samtidigt som dräneringsledningarna också står dända.

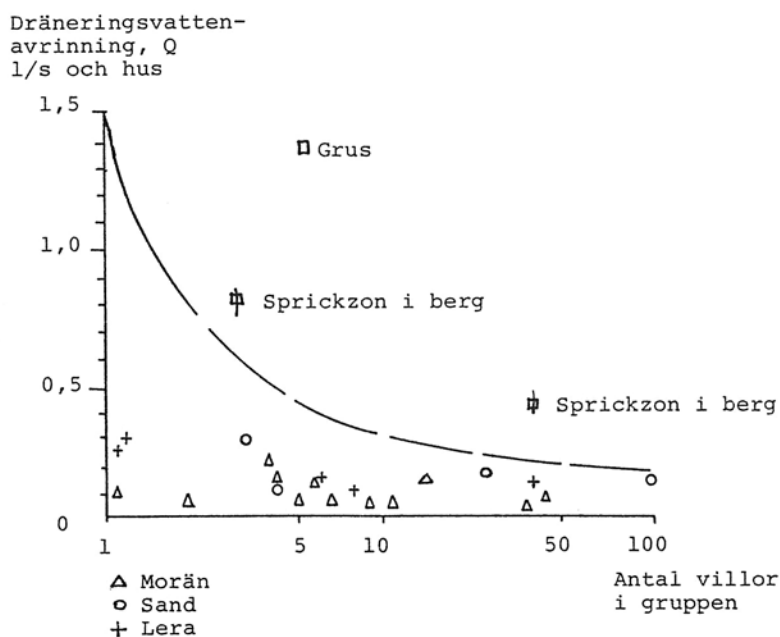
Motsvarande skador som i det kombinerade ledningsnätet kan även uppträda i **spillvattenledningar i duplikata system**. Teoretiskt sett så borde överbelastningar till följd av kraftig nederbördspåverkan ej vara möjliga i dessa ledningar. De är ej heller dimensionerade för att avledda nederbördsavrinningen, vilken i stället skall avledas i dagvattenledningen. Motsvarande förhållanden gäller även för sk **separatsystem** med den skillnad att dagvattenavrinningen här sker i öppna diken.

Vid flödesmätningar i spillvattenledningar i duplikata system kan man ofta konstatera att flödesbilden liknar den som erhålls i kombinerade ledningar. Detta beror på att helt stringenta separerade avloppssystem i praktiken ej kunnat tillskapas med den tillämpade praxisen. Kraftig snabb nederbördspåverkan kan förekomma trots att inga hårdgjorda ytor har anslutits.

Spillvattenledningar är normalt dimensionerade för att avleda spill- och dräneringsvatten. I anvisningarna för den hydrauliska dimensioneringen av dräneringsvattenflöden har olika principer tillämpats.

I SKTF(1947) framhöll man att det var med stor tvekan som man angav några siffror på dränvattenflöde eftersom dessa i hög grad ansågs bero på sättet för dräneringsvattnets avledande, den omgivande markens beskaffenhet och rörfogarnas täthet. Man angav dock att om en ledning skall dimensioneras för enbart spill- och dränvatten borde spillvattenflödet ökas med 50-200%. Vid tät bebyggelse, stor spillvattenmängd och liten infiltration borde den lägre siffran användas och vid omvända förhållanden den högre.

Även i VAV P28, (VAV 1976) framhålls att hänsyn måste tas bl a till lokala geohydrologiska förhållanden. I övrigt anges att årsmedelvärdet för dränvattenavrinningen normalt kan sättas till 0.03-0.05 l/s*ha. Saknas underlag för beräkning bör årsmedelvärdet 0.05 l/s*ha och maximifaktorn 3 väljas.



Figur 1:5 Uppmäta dräneringsflöden under torrväder per hus.

Faran med att överföra dessa årsmedelvärden till enskilda fastigheter visas i VAV (1982). Där finns redovisat uppmätta dräneringsflöden från enskilda fastigheter under torrväder vid hög grundvattennivå, se figur 1:5. Dräneringsflödena varierar här mellan 0.05 och 1.4 l/s och fastighet vilket motsvarar mellan 7 och 200 ggr spillvattenproduktionen för ett 3-personers hushåll.

Det är viktigt att konstatera att det kan vara en stor skillnad mellan enkla tumregler för uppskattning av dräneringsvattenflöden och de verkliga dräneringsflödena. Det är också mycket viktigt att notera att man **ej för någon typ av avloppsnät beaktat den indirekta nederbördspåverkan vid dimensionering.**

Detta kan ha sin förklaring i att den indirekta nederbördspåverkan ej följer några enkla regler utan blir en följd av hur pass olyckligt man utformat sitt ledningsnät i förhållande till de geohydrologiska förutsättningarna. Andra bidragande orsaker kan vara att man ej lyckats skapa en god täthet i de privata och kommunala spill- och dagvattenledningarna.

I figur 1:6 visas ett schema över tillämpbarheten av VAV P28, "Anvisningar för beräkning av allmänna avloppsledningar", för spillvattenledningar med olika typer av belastningar av ovidkommande vatten.

		Indirekt nederbördspåverkan, INE	
		Kraftig	Liten
Läck- och dräneringsvatten, LÄC	Kraftig	Ej tillämpbar	Ej tillämpbar
	Liten	Ej tillämpbar	Tillämpbar

Figur 1:6 Schema över tillämpbarheten av VAV P28 för spillvattenledningar i duplikata avloppssystem med olika typer av belastningar av ovidkommande vatten.

1.3.1 INE och datormodeller

Vid flödessimulering med datorstöd har det också varit svårt att beakta den indirekta nederbördspåverkan. Sk "Urbana avrinningsmodeller" är konstruerade för att hantera direkt nederbördspåverkan, spillvattenflöde och dräneringsvatten. De två senare brukar hanteras som konstantvärden under de relativt korta simuleringstiderna, oftast bara några timmar. Flödesdynamiken i modellen styrs då av nederbörden och av anslutna hårdgjorda ytor.

I de fall en urban modell har kalibrerats mot en noggrann flödesmätning av nederbördspåverkan kommer modellen även att i viss mån kunna hantera den snabba komponenten av indirekt nederbördspåverkan. Stora osäkerheter kvarstår dock eftersom storleken på den "fiktiva ytan" för indirekt nederbördspåverkan varierar kraftigt beroende på den hydrologiska situationen. Man riskerar att erhålla en "sommarmodell" om flödesmätningarna endast utförts under sommarperioden.

Den tröga indirekta nederbördspåverkan är ytterligare besvärlig att hantera modellmässigt med ett strikt tänkande med anslutna hårdgjorda ytor. I viss mån kan hänsyn tas till detta genom att "öka på" konstantinläckningen i modellen under korta simuleringstider. Detta förutsätter att man har tillgång till mycket omfattande och trovärdiga flödesmätningar från många olika hydrologiska situationer för att kunna bedöma lämpliga värden.

En följd av ovanstående är att det föreligger stora svårigheter då man skall relatera maxflöden i avloppsnät som är kraftigt påverkade av indirekt nederbördspåverkan till återkomsttiden för en viss regnhändelse, tex 10-års regnet. Återkomstbegreppet måste här i stället relateras direkt till återkomsttiden av ett visst maxflöde eller viss dämningnivå. Det kan mycket väl vara så att ett mindre regn som faller dagen efter ett mycket kraftigt regn ger större skada än det första regnet.

För att kunna beskriva dessa mycket besvärliga flödesförhållanden räcker det inte med en strikt urban avrinningsmodell. En riktig beskrivning av avrinningen till avloppsnät som är belastade med ett **hydrologiskt minne** förutsätter att avrinningen kan beskrivas med en **hydrologisk modell**. Inom ramen för detta projekt har en metodik utvecklats för användningen av en hydrologisk avrinningsmodell, NAM, med tillämpning mot avloppsnät (Gustafsson, Olsson 1991). En beskrivning av NAM-modellens uppbyggnad och användning ges även i kap 5.

Det är mycket viktigt för va-teknikerna att fundera igenom vilket underlag man behöver för att ta ställning till om en viss avloppsgren har kapacitet att mottaga ökade flöden till följd av eventuella förtätningar. Man har anledning att befara att många dylika kapacitetsutredningar genomförts utan att va-teknikern har haft en aning om det förekommit indirekt nederbördspåverkan eller ej.

1.4 Bakgrunden till "Gävle-projektet"

Ett mycket omfattande nederbördsdygn inträffade den 26-27 augusti 1979. Under 24 timmar föll inte mindre än 120 mm regn. Ett så kraftigt regn hade aldrig tidigare uppmätts i Gävle trots att nederbördsmätningar pågått sedan 1858. Regnet karakteriserades som minst ett 100-års regn.

Skyfallet ledde till 268 rapporterade källaröversvämningar. Gävle kommun hävdade att force majeure kunde åberopas. Statens va-nämnd gick emellertid emot kommunen. Domen stod fast i och med att vattenöverdomstolen ej tog upp fallet.

Ur motiveringen och den efterföljande diskussionen om möjliga va-tekniska konsekvenser av domen är det intressant att lyfta fram och kommentera några punkter. Här framkommer en hel del brister i vår begreppsvärld kring besvärande problem med ovidkommande vatten.

Stor vikt lades vid den juridiska bedömningen att ledningssystemen i de aktuella fallen bestod av två ledningar, vilka som brukligt benämns dag- och spillvattenledningar, sk duplikat system. Eftersom duplikatsystemets spillvattenledningar endast skall avleda spillvatten och dränvatten borde, enligt motiveringen i domen, spillvattenledningar i princip klara alla nederbördssituationer.

I domen utgick man ifrån att tillskottet av vatten från husgrundsdräneringar haft ringa betydelse. Orsakerna till översvämningarna förklarades istället med otäta skarvar, brunnslock mm.

Detta torde vara en förenklad syn på avrinningsförhållandena under dylika skyfall i ett spillvattennät med anslutna husgrundsdräneringar. Till bilden hör att 14 dagar innan skyfallet föll ett "4-års regn", vilket resulterade i en höjd grundvattennivå. Detta regn ställde dock ej till med några problem.

De i litteraturen angivna principerna för uppskattning av dräneringsvatten kan ha sin giltighet som genomsnittliga årsvärden. Däremot är det ej möjligt att överföra dessa i genomsnitt ganska obetydliga flöden till enskilda fastigheter under skyfall, våta perioder eller under snösmältning.

En slutsats av domarna kan vara att det är viktigt om man benämner en avloppsledning som kombinerad eller spillvattenledning. Väsentligt större funktionskrav ställs enligt domen på den senare.

I praktiken upplever man emellertid inte någon enkel uppdelning mellan olika typer av ledningar, utan det är en glidande övergång mellan avloppsledningar belastade med olika grad av ovidkommande vatten. Särskilt besvärande kan en fixering vid benämningar vara i det fall man duplicerat ett område genom att komplettera en befintlig kombinerad ledning med en dagvattenledning.

Om den gamla kombinerade ledningen därvid "omdöps" till spillvattenledning kan man riskera att denna utsätts för betydligt strängare juridisk bedömning jämfört med om den benämns kombinerad. Det är därför viktigt att man inte ändrar benämningen på den kombinerade ledningen

förrän sådana tekniska förbättringsåtgärder vidtagits som innebär att ledningen avlastats så mycket ovidkommande vatten att överbelastningsrisken eliminerats.

Vid formuleringar av funktionskrav har det blivit vanligt att sätta funktionskrav mot en viss händelse oavsett typ av avloppssystem. Recipienternas känslighet påverkar kraven på bräddningar och en rimlig bedömning ur brukarsynpunkt sätter funktionskraven för källaröversvämningar.

Exempel på detta ges i VAV P49, (VAV 1985) där Svenska vatten- och avloppsverksföreningen, VAV rekommenderar följande funktionskrav för samtliga avloppsnät inom verksamhetsområdet:

"Generellt gäller att avloppsnät ingående i allmän va-anläggning med avseende på risk för källaröversvämning bör anordnas och skötas så att de mest utsatta fastigheterna statistiskt sett inte löper risk att drabbas av översvämningar med kortare återkomsttid än 10 år."

En HD-dom från 1992 gällande uppdämning i ett dagvattensystem i Linköping, Stureforsmålet, har ytterligare skärpt kraven på huvudmännen när det gäller dimensionering av dagvattenledningar. I det aktuella fallet uppfyllde Linköping gällande dimensioneringsnormer från VAV men domstolarna bedömde att säkerhetsmarginalen var för liten.

Det här redovisade projektet kring indirekt nederbördspåverkan har tillkommit för att lyfta fram och öka förståelsen av denna mycket besvärliga form av ovidkommande vatten. Projektets syfte har också varit att peka på möjliga sätt att ta tag i problemen och med en genomtänkt strategi arbeta fram va-tekniskt riktiga åtgärder då "gamla" avloppssystem ej uppfyller gällande funktionskrav.

2 ÖVERGRIPANDE STRATEGI

2.1 Strategier för funktions- respektive konditionsproblem.

Man kan ibland möta en otålig inställning bland vissa va- tekniker att "nu måste vi åtgärda istället för att utreda". Inställningen är i sig sund, dvs att man med utredningar/undersökningar inte skall skjuta nödvändiga investeringar på framtiden. Man får dock inte hoppa över kanske helt avgörande men besvärliga utredningsmoment bara för att man snabbt vill komma till skott och samtidigt hävda att man genomför effektiva åtgärder.

I andra fall kan man se att va-tekniker pressas till olika åtgärder utan att ha all kunskap om orsakerna till problemen framme. Man har kanske varken personella resurser eller tid att gå till botten med olika frågeställningar men trots detta pressas till att plocka fram "lämpliga byggobjekt". Det är viktigt att tydligt klara ut vad man har för underlag för att föreslå en viss åtgärd, vilken effekt man räknar med att få samt hur effekten skall kontrolleras. Härvid är det av stor vikt att man tydligt håller isär tankebanorna och arbetsgången för åtgärder mot funktions- resp konditionsproblem.

Vid **konditionsproblem**, (spräckta rör, svackor, rötter etc) är problem-orsak-åtgärds-sambanden nära och överblickbara. Problemen är stationära, dvs de ligger still och kan betraktas när man så önskar. De va-tekniska besluten begränsar sig till att avgöra om eller när en konditionsförstärkning är nödvändig och därefter välja metod, exempelvis omläggning eller någon form av renovering. Resultatet av åtgärden kan inspekteras och täthetsprovas.

Vid **funktionsproblem** (bräddningar, källaröversvämningar, hög tillrinning till reningsverket etc) är problem-orsak- åtgärds-sambanden ofta mycket komplicerade. Orsakerna till problemen kan finnas långt ifrån det ställe där problemen givit sig till känna. Problemen uppstår kanske bara under en kort tid och detektivarbetet går ut på att försöka rekonstruera vad som egentligen hände innan man kan föreslå åtgärder. Effektiviteten i åtgärder mot exempelvis källaröversvämningar kan egentligen ej heller säkert utvärderas förrän efter det att samma situation har återkommit eller att insatserna har testats i en väl verifierad datormodell.

Eftersom avloppsnät samtidigt kan vara behäftade med både funktions- och konditionsproblem kan det vara svårt att hålla isär begreppen. Man kan riskera att blanda ihop orsak och verkan och föreslå en felaktig eller en mindre effektiv åtgärd. Exempelvis kan de konditionsproblem som påträffas vid TV-inspektion efter en källaröversvämning ibland få bära hela skulden för överbelastningen - rätt eller fel avgörs kanske inte, i värsta fall, förrän vid nästa lika kraftiga åskregn...

TV-inspektioner ger normalt ett bra underlag för att bedöma konditionsproblem. Det föreligger en stor risk om bildmaterialet övertolkas vid studier av exempelvis inläckage där fuktiga fogar eller svagt sipprande flöden direkt och okritiskt kan bli underlag för omfattande åtgärder.

Med en bristfällig och diffus problembild kan man lätt göra stora investeringar till måttlig va-teknisk nytta. Många mindre effektiva åtgärder kan genomföras i skydd av att det många gånger är svårt och arbetsamt att utvärdera och följa upp effekten av åtgärden. **Sensmoralen är att det kan vara dyrt att ha bråttom eller att arbeta med otydliga problem-orsaks-åtgärdssamband!**

2.2 Utredningsstrategin för INE-problem i korthet

Inledningsvis måste framhållas att det aldrig går att hitta en detaljerad och generellt tillämpbar strategi för att hantera problem med indirekt nederbördspåverkan. Strategin i det enskilda fallet påverkas i hög grad av den aktuella problembilden och kunskapsnivån om flödesförhållandena och dess orsaker.

Man bör dock vara medveten om att arbetsgången för att åtgärda problem med ovidkommande vatten, särskilt vid en dominans av indirekt nederbördspåverkan, både är lång, fylld med återvändsgränder och fallgropar.

För en effektiv framdrift i arbetet för va-detektiverna är det väldigt viktigt att denna typ av arbetsuppgifter ses som en naturlig del av och integreras i det dagliga arbetet med va-systemen. Hela personalen bör se sig själva som va-detektiver även om det är någon/några personer som har fått till huvuduppgift att driva arbetet framåt.

Det här redovisade projektet har inriktats mot problem med indirekt nederbördspåverkan. Det går emellertid ej att på ett tidigt stadium särskilja den indirekta nederbördspåverkan från övriga källor till ovidkommande vatten. Därför kan mycket av de här redovisade arbetsmomenten även till stor del appliceras på hela problemkomplexet med ovidkommande vatten.

Oftast är det så att det är först när man klarlagt omfattningen av LÄC- och DNE-källor som man på allvar kan ta i tu med INE-källorna.

Den nedan redovisade strategin utgör en idéskiss över lämplig turordning för olika moment. I de följande kapitlen ges exempel på tillämpning av utredningsverktyg på olika nivåer.

Utredningsstrategin för ovidkommande vattenproblem, inklusive INE-problem, måste bestå av ett stegvist arbetssätt där man gradvis

ringar in problemen både geografiskt och årstidsmässigt (hydrologiskt). Följande moment kan bli aktuella för att analysera, spåra och åtgärda problemen:

1. Kvantifiera och beskriva nederbördspåverkan baserat på driftstatistik från reningsverk och om möjligt även från pumpstationer.
2. Studera flödesförlopp med portabla flödesmätare
3. Simulera flödesförlopp med datormodeller för att mer generellt kunna beskriva problemen och pröva effekterna av olika typer av lösningar.
4. Lokalisera källor i utpekade problemområden. Med ett geohydrologiskt tänkande försöka klara ut hur området avleder dag- och dräneringsvattnet.
5. Med en klar problembild genomföra åtgärder som undanröjer problemen.

Man bör alltid starta med en värdering av befintligt material oavsett kvalitén i materialet. I värderingen skall även framgå en kvalitetsbedömning. Baserat på resultatet av det första steget skisseras inriktning och omfattning på nästa nivå.

I början handlar det om att mäta och studera flödesförlopp. Därefter har man möjlighet att föreslå flödesreglerande åtgärder såsom utjämning, förutsatt att erforderliga utjämningsvolymen är av rimlig storlek.

Man bör emellertid alltid göra en ansats för att försöka utvärdera möjligheterna till att finna källorna. Åtgärder som enbart bygger på en hydraulisk utjämning innebär att en hög utspädningsgrad kvarstår. Detta kan medföra problem i reningsverket samt att man tecknat in en stor del av transportkapaciteten i avloppssystemet för ovidkommande vatten.

I avloppsnät som har

- * lokala överbelastningsproblem
- * behov av utjämning men där erforderlig utjämningsvolym anses vara orimligt stor
- * ett alltför utspätt avloppsvatten för reningsprocesserna

finns det ingen annan möjlighet än att ge sig ikast med arbetet att identifiera källorna och undanröja problemen enligt steg 4 och 5 ovan.

2.3 Olika startpositioner kräver olika vägar

Det är stora variationer mellan kommuner beträffande startposition då man skall ge sig i kast med flödesproblem. Startpositionen bestäms av:

- * om man har ett datoriserat övervakningssystem
- * om man sparar och bearbetar den tillgängliga flödesinformationen
- * om man tar tillvara de övriga drifterfarenheterna på ett effektivt sätt.

En del kommuner har övervakningssystem som kontinuerligt genererar stora mängder med flödesinformation, nederbördsdata mm. Här bestäms startpositionen av hur man lyckas ta hand om informationsmängden och bearbeta denna effektivt. I de kommuner som ej har övervakningssystem finns normalt driftdata om flödesbelastningar till reningsverken samt på många håll även avlästa pumpdrifttider från pumpstationerna.

Ett utnyttjande av den "odokumenterade kunskapen från fältet" är också mycket viktigt för att erhålla en så bra startposition som möjligt. Här avses bl a en fungerande och lättillgänglig sammanställning av driftstörnings-/erfarenhetsrapportering. Det är också en förutsättning att det finns personella resurser i kommunen att ta tillvara erfarenheterna och ta tag i problem och arbeta mot en lösning av dessa. **Här kan man inte nog understryka vikten av att ha tillgång till personal med lång erfarenhet av drift i det egna ledningsnätet.**

I figuren 2:1 nedan har två ytterlighetsituationer renodlats vad gäller startpositioner och därav nödvändig arbetsgång för att hantera flödesproblem.

En bättre startposition medför att man snabbare och effektivare kan ta sig an problemen och därmed spara mycket pengar. Istället för att starta stora inventeringsarbeten/undersökningskampanjer kan man med en god startposition sammanställa problembeskrivningar från den gemensamma erfarenhetsbanken.

Det är viktigt att man klarar ut den egna kommunens startposition så att man kan rätta till eventuella bristande länkar. Man måste också inse att det ej går att stillatigande acceptera brister i samarbetsförmåga eller rapporteringsvilja. Många revirgränser måste övervinnas!

KOMMUN A

KOMMUN B

Startposition:

- Dåligt fungerande erfarenhetsinsamling
 - Obearbetade dygnsflöden vid reningsverket, osäker nederbörds-mätning, ingen pumpstationsstatistik, ingen bräddkontroll
 - "Va-detektiver" saknas
- Väl fungerande erfarenhetsinsamling
 - Väl utbyggt övervakningssystem för reningsverk och pumpstationer. Flera nederbörds-mätare finns, bräddkontroller genomförs. Lätt att spara undan födesuppgifter med hög upplösning.
 - "Va-detektiver" finns

Arbetsgång vid problem:

1. Underlag för flödesanalys

- Genomföra erfarenhetsinventering, förhoppningsvis finns den erfarna personalen kvar och är beredd att samarbeta.
 - Leta fram, sammanställa och bearbeta driftstatistik.
 - Genomföra omfattande mätinsatser: Läck- och dränmätning ("nattmätning"), Nederbörd, Portabla flödesmätare, Bräddkontroller, etc.
 - Upprepa mätinsatsen vid annan årstid och/eller i en viss del av avloppsnätet
 - Om inte mätinsatsen fungerat bra tvingas man att upprepa mätningarna (mätarkrängel eller torrväder vid mätning av nederbördspåverkan)
- Söka fram all tillgänglig information om en viss typ av problem, stämma av bilden mot erfaren personal.
 - Studera flödesförhållandena som gällde vid problemtillfället och jämföra med andra perioder.
 - Eventuellt komplettera med mätning med portabla instrument.

2. Flödesanalys med modeller/analysverktyg

3. Fältinventering för att fastställa källor

Figur 2:1 Olika startpositioner kräver olika vägar

3 Kvantifiera och beskriva nederbörds- påverkan baserat på driftstatistik.

Nyckeltalsberäkningar för ovidkommande vatten borde vara ett lika naturligt arbetsmoment för va-detektiven som vad temperatur- och blodtrycksmätning är för husläkaren.

Flerårig driftstatistik över flödestillrinning till reningsverk och pumpstationer ger en bra bild över flödesdynamiken i avlopps nätet. Många gånger är dock materialet bristfälligt till följd av mättekniska osäkerheter, långa avläsningsintervall samt osäkra nederbördsuppgifter. Trots detta så ger en bearbetning en hel del information om vilken eller vilka typer av ovidkommande vatten som dominerar samt en fingervisning om storleken på problemen under olika hydrologiska situationer.

Vid bearbetningen behöver man i första hand uppgifter om:

- * flöden till reningsverk
- * renvattenproduktionen och värden på den årliga debiterade vattenmängden
- * nederbörd (och ev temperatur)
- * grundvattennivån
- * uppgifter från bräddavlopp
- * vattennivån i närliggande vattendrag, sjö eller hav om misstanke finns om påverkan.

En nyckeltalsbearbetning av driftstatistiken kan förutom rena flödesuppgifter även ge upplysningar om:

- * Hur stor är den "fiktivt" anslutna ytan, dvs den motsvarande yta som krävs för att generera flödesökningen vid ett visst regn?
- * Hur mycket varierar den "fiktiva" ytan under året?
- * Hur snabbt avklingar en nederbördspåverkan?
- * Hur stor är läck- och dränvattenbelastningen vid hög grundvattennivå eller högt vattenstånd i vattendrag?
- * Hur är belastningarna vid snösmältningen?

Bearbetningarna syftar i ett första steg till att karakterisera det ovidkommande vattet både till typ och till årstidsmässiga variationer. Mer förfinade flödesundersökningar kan därefter planeras.

Hittills har man oftast varit hänvisad till manuella bearbetningar av statistik med dygnsmedelvärden för flöden. I många kommuner kommer man nog att även under de närmsta åren att ligga kvar på denna nivå.

I takt med att fler övervakningssystem installeras i avloppssystemen bör dock intresset öka för att utnyttja denna många gånger högkvalitativa flödesstatistik. Här kan man förvänta att övervakningssystemen till vissa delar kan ersätta mer kampanjvisa flödesmätningssatser förutsatt att mätprinciperna och tidsupplösningen är tillräckligt bra.

Man kan ofta konstatera att övervakningssystem har tillkommit med andra ambitioner än att detaljerat spara flödesstatistik med hög upplösning. De som lyckas med att i övervakningssystemet kombinera själva driftövervakningen med behovet av en långsiktig flödesuppföljning erhåller helt nya och fantastiska möjligheter till flödesanalys.

Kvalitén och omfattningen på driftstatistiken varierar således stort mellan olika kommuner:

- * Manuellt avlästa dygnsflöden vid reningsverk och nederbörd.
- * Övervakningssystem med insamling av uppgifter över flöden, bräddning och nederbörd samt även möjlighet att koppla in eller senare komplettera med exempelvis vattenstånds- och grundvattenobservationer mm.

3.1 Olika typer av nyckeltal

Oavsett kvalitén på driftstatistiken är det viktigt att ta vara på materialet och överskådligt presentera stora mängder flödesuppgifter i sk nyckeltal. Nyckeltal för ovidkommande vatten kan uttryckas på tre principiellt olika sätt:

1) Absoluta tal, exempelvis:

- * volym/tidsenhet: l/s, m³/d, m fl.
- * fiktivt deltagande yta: m², ha, m fl. (**fiktiv yta** erhålls genom att dividera en flödesökning vid ett regntillfälle med regnmängden uttryckt i meter, m³/m = m²)

- 2) Värden som relateras till uppströms liggande ledningslängd eller yta exempelvis:
 - * liter/meter o dygn, (l/mod)
 - * liter/sekund o hektar (l/s ha)
 - * fiktivt ansluten yta/längden av kommunala spillvattenförande ledningar (m^2/m)
- 3) Värdena relateras till spillvattenflödet i den aktuella mätpunkten exempelvis:
 - * Utspädningsgrad (4-faldig utspädning = 1 del spill + 3 delar ovidkommande vatten)

Dessa tre typer representerar det som man i bästa fall, ofta med stor möda, kan åstadkomma med manuella bearbetningar. Via övervakningssystem borde arbetet kunna automatiseras och resultaten presenteras i överskådliga diagram. Med övervakningssystem kan även dessa nyckeltalsbearbetningar öppna nya möjligheter för att karakterisera ovidkommande vatten genom tidsserieanalyser av nyckeltalens förändring i tiden eller studier av olika nyckeltal under olika hydrologiska situationer.

3.2 Krav på övervakningssystem för flödesanalys vid olika ambitionsnivåer.

Det är viktigt att på ett tidigt stadium vid upphandling av övervakningssystem klara ut om man även vill utnyttja systemet för mer avancerad flödesuppföljning. En målsättning kan exempelvis vara att ersätta portabla högupplösande flödesmätare med givare kopplade till övervakningssystemet. Om detta ej beaktas vid upphandlingen och man i ett senare skede vill utnyttja flödesinformationen kan problem uppstå genom att:

- * Lagringsmöjligheterna begränsades, varför de insamlade värdena successivt behöver omvandlas till medelvärden.
- * Man kan bli hänvisad till att endast kunna utnyttja de standardbearbetningar som finns i systemet och som kanske inte är anpassade till flödesanalyser.
- * Det är besvärligt att läsa över datainformationen till andra program.

- * Möjligheterna att koppla in ytterligare givare utöver de ordinarie kan vara begränsad.
- * Det kan bli kostbart att i efterhand skapa de tekniska möjligheterna samt omprogrammera systemet för att undanröja ovanstående punkter.

De krav som bör ställas på hela kedjan för flödesanalys via övervakningssystem måste omfatta mätprinciper, avläsningsintervall, lagringsintervall och öppenhet vad gäller dataöverföring till bearbetningsverktyg.

Det finns många tänkbara varianter på lösningar och gränsdragningar mellan olika datormiljöer. Nedan ges några tips inför upphandling av övervakningssystem samt en beskrivning av olika länkar i kedjan från rådata till färdiga nyckeltal.

3.2.1 Mätprinciper

Högre krav på slutresultatet medför högre kostnader eftersom man måste välja mer avancerade mätprinciper. Därför är det viktigt, att som ett första moment, diskutera vad man vill använda flödesstatistiken till. Nedan beskrivs tre ambitionsnivåer för flödesanalys:

- Ambitionsnivå 1:** Detaljerade studier för att kunna rekonstruera flödesförloppen. (I synnerhet vid regntillfällen).
- Ambitionsnivå 2:** Övergripande studier av exempelvis årsvisa bräddvolymerna i pumpstationer och vid reningsverk.
- Ambitionsnivå 3:** Grov nyckeltalsbearbetning för att karakterisera det ovidkommande vattnet och beskriva årliga variationer.

Den tredje ambitionsnivån kan uppnås utan hjälp av övervakningssystem.

I figur 3:1 visas ett schema över vilka krav som ställs på tidsupplösningen i flödesstatistik för att klara olika ambitionsnivåer enligt ovan. I schemat framgår att om man vill kunna rekonstruera flödesdynamiken vid ett visst regntillfälle erfordras en upplösning i flödesstatistiken på minutnivå. Om man nöjer sig med ambitionsnivå 3 så kan det räcka med en dygnsupplösning.

		Ambitionsnivå		
		1.	2.	3.
Upplösning i flödes- statistik	Minut	X	X	X
	Timme	O	X	X
	Dygn	/	O	X

X = Bra eller mycket bra
O = Tveksamt/kan möjligen utnyttjas
/ = För dålig upplösning/kan ej utnyttjas

Figur 3:1 Schema över krav på tidsupplösning i flödesstatistik vid olika ambitionsnivåer.

Det är viktigt att noga sätta sig in i hur olika mätprinciper fungerar. Dessutom behöver man i detalj skärskåda vilka mätprinciper och bearbetningsprinciper som tillämpas i olika övervakningssystem.

En ofta använd mätmetod går ut på att mäta pumpdrifttider och eventuellt vattennivån i pumpsumpen för kalibrering av pumpkapaciteter och beräkning av tillflöde. För denna mätning, som sker enligt principen "hink och klocka", utnyttjas olika delmätningar. Delmätningarna, var för sig, räcker ej till för att nå ett trovärdigt resultat utan de måste alltid kombineras med varandra. Många kombinationsmöjligheter finns och valet av lämpligaste kombination är beroende på ambitionsnivån.

1. Uppfyllnad och avsänkningsmätning.

Under uppfyllnadsfasen är tillflödet lika med volymen delat med tiden mellan pumpens frånslag och nästa tillslag. Under avsänkningsfasen är utpumpat flöde lika med volymen delat med tiden mellan tillslag och efterföljande frånslag plus tillflödet under avsänkningsfasen, som kan approximativt uppskattas vara lika med tillflödet under den föregående uppfyllnadsfasen.

Mätprincipen har en allvarlig begränsning: Den ger ej trovärdiga resultat då pumparna går långa tider.

2. Kapacitetsmätning i kombination med kontinuerlig kapacitetsbestämning.

Mätningen baseras enbart på pumparnas **verkliga** kapacitet. Denna kapacitet bestäms med hjälp av alla de uppfyllnads- och avsänkingsmätningar som görs under en viss period, exempelvis ett dygn.

Om tillflödet överstiger pumpens kapacitet är denna mätprincip ej trovärdig.

3. Kapacitetsmätning i kombination med uppfyllnads- och avsänkingsmätning.

Mätningen baseras på en kombination av ovanstående metoder på så sätt att uppfyllnads- och avsänkingsmätning används som standard metod medan pumpkapacitetsmetoden används vid långa pumptider.

Vid bräddning ger metoden ej riktiga mätresultat.

4. Kapacitetsmätning i kombination med uppfyllnads- och avsänkingsmätning samt registrering av nivå i pumpsumpen.

Metod 2 eller 3 ovan används som huvudalternativ men vid långa pumptider används nivån i pumpsumpen för att bestämma tillrinningens variation under pumpningen.

Mätprincipen klarar de flesta förekommande situationer. I många fall kan nivån dessutom utnyttjas för beräkning av bräddflödet.

5. Istället för nivå i pumpsumpen kan registrering av bräddtillfällen användas. Då inte nivåmätning förekommer bör detta alltid göras, för att man skall kunna avgöra trovärdigheten i mätningen. Allra bäst är naturligtvis att mäta det bräddade flödet på något sätt. Miniminivån är att bräddningslarmet lagras, så att man åtminstone vet att mätningen inte är trovärdig under denna period.

Alternativt kan flödet mätas med elektromagnetisk flödesmätare på tryckledningen från pumpstationerna. Denna mätprincip ger en kontinuerlig signal som kan användas för flödesmätning med hög upplösning. Fördelen med mätprincipen är att den är oberoende av antalet pumpar samt av variation i pumparnas kapacitet, lyfthöjd eller mottryck.

Nackdelen är att mätningen inte ger tillrinningen till en pumpstation utan hur mycket vatten som pumpas vidare. Detta är en lämplig metod särskilt vid varvtalsreglerade pumpar.

Ett annat sätt att erhålla hög upplösning på flödesdata är att använda speciella givare, exempelvis sk V/H-mätare, dvs mätning av vattnets hastighet och nivå. Med dessa parametrar kan flödet därefter beräknas. Hastighetsmätning i självfallsledning bör, med nuvarande givare, tolkas med viss försiktighet eftersom detta är en svår parameter att mäta.

Mätning av nederbörd är naturligtvis en förutsättning för flödesanalys. Nederbörden är ofta mycket ojämnt fördelad varför flera nederbördsmätare behövs för att med någorlunda säkerhet bedöma nederbördens utbredning. I Gävle fanns 5 fasta nederbördsstationer för det ca 5 000 ha stora avrinningsområdet till det centrala reningsverket Duvbacken. Det är ej möjligt att ange ett generellt krav i form av antal nederbördsmätare per ytenhet. Antalet mätare måste istället fastställas i en teknisk-/ekonomisk avvägning gentemot den ambitionsnivå man har satt upp för sin flödesanalys.

Det är idag relativt billigt att mäta nederbörd med bra upplösning mätt i mm nederbörd. I de flesta va-tekniska sammanhang kan en upplösning för nederbördsmätningar på 0.5 mm anses vara bra och 0.2 mm vara mycket bra. Man bör alltid ha i minnet att den största osäkerheten i nederbördsmätningar med konventionella mätare beror på osäkerheter i nederbördens utbredning (areell variation). Det hjälper således inte att ha nederbördsmätare med extremt hög upplösning om antalet mätare är litet.

Utvecklingen av sk väderradar innebär att en helt ny princip för nederbördsmätningar snart kan bli tillgänglig även i va-tekniska sammanhang. En väderradar mäter både nederbördsintensitetens tidsvariation och areella variation.

3.2.2 Lagring av mätdata

Det bör tydligt framgå vid lagring av mätdata under vilka perioder som mätarna varit ur funktion eller när mätprincipen inte gett trovärdiga resultat, exempelvis vid bräddning.

Om pumpstationsdata skall användas för flödesanalys är det angeläget att underlaget för flödesberäkningen, dvs pumparnas start- och stopptider, lagras. Detta gäller naturligtvis även nivåer, hastigheter och dylikt vid andra typer av mätningar. Därmed finns möjlighet att vid behov kontrollera och eventuellt räkna om flödesuppgifterna.

Eftersom alla mätprinciper som använder driftdata från pumpstationer bygger på någon form av volymsbestämning med hjälp av kända nivåer

är det av största vikt att ändringar i driften noggrant bokförs. Helst direkt via övervakningssystemet. Minimikravet är dock att dessa nivåer inte får ändras av driftspersonalen utan detaljerad anteckning i driftjournalen. I annat fall kan långa flödesserier i efterhand behöva kasseras eftersom de ej är trovärdiga och de rådande systeminställningarna ej går att rekonstruera i efterhand.

All lagring av mätdata bör ske i **realtid** och i **svensk normaltid (SNT)** året om. Vid den direkta redovisningen i övervakningssystemet visas dock normalt den gällande tiden.

Det är en stor fördel om den långsiktiga överföringen och lagringen av flödesuppgifter görs så automatiserat som möjligt. Det är lätt att förlora mätuppgifter om lagringen förutsätter ett manuellt handgrepp inom en viss tidsperiod innan flödesuppgifterna omvandlas till medelvärden eller kasseras.

3.2.3 Avläsnings- och lagringsintervall

Om flödesförlopp under regntillfällen ska kunna rekonstrueras med en MOUSE-modell efter exempelvis källaröversvämning eller bräddning ställs stora krav på upplösningen av flödesuppgifter. Här kan 5 minuters upplösning anses vara bra och 1 minuts upplösning vara mycket bra. Vad som kan anses vara nödvändiga krav på upplösningen styrs dock till stor del av hur snabb nederbördsreaktionen är i det aktuella avloppsnätet.

Vid torrväderssituationer med måttliga flödesvariationer behöver ej kraven på upplösning vara så hög, exempelvis någon timme.

Det är, för många tillämpningar, viktigt att upplösningen av mätuppgifter även kan behållas vid den långsiktiga lagringen. För perioder med måttliga flödesvariationer kan dock en glesare lagring accepteras.

3.2.4 Öppna system för flödesanalys

Nyckeltalsbearbetningar är ett ingenjörsmässigt hjälpmedel där det finns många olika uppfattningar om hur dessa bör framställas och presenteras. Likaså kan det föreligga stora skillnader i krav på flödesbearbetningar om de exempelvis skall användas för kalibrering av datormodeller eller bara för att mera översiktligt följa upp flödessituationen.

Av dessa skäl bör mätuppgifterna kunna konverteras (läsas) över till en helt öppen tidsseriedatabas med en effektiv databashanterare så att var och en kan utnyttja materialet efter de aktuella behoven. Ett minimikrav är åtminstone att datafilerna med varje mätparameter skall kunna konverteras till sk ASCII text-fil.

Det är en stor fördel om tidseriedatabasen läggs i en datormiljö där mätuppgifterna lätt kan kompletteras med andra mätningar, ex grundvattennivå, vattenstånd i närliggande vattendrag mm.

Till varje mätpunkt skall man också fritt kunna koppla de uppgifter som behövs för olika nyckeltal, exempelvis ledningsnätets längd uppströms, bedömd vattenförbrukning, i förekommande fall bräddnivå, etc.

Bearbetningen och framställningen av nyckeltal kan därefter göras med moderna standardprogram för statistik, kalkyl och grafik.

3.3 Karakterisering av ovidkommande vatten

Kännetecknande för flödesdynamiken i avloppsnät med kraftig indirekt nederbördspåverkan är en trög avklingning av flödesökningen efter det att nederbörden har upphört. Dessutom varierar den sk fiktivt anslutna ytan stort mellan olika tillfällen beroende på den hydrologiska situationen.

Här har vi utgått ifrån att man ej genomfört en fullständig anslutningskontroll i fält av hårdgjorda ytor. Därigenom går det inte att särskilja den snabba indirekta nederbördspåverkan från den direkta. Nyckeltalen relateras därför till det överordnade begreppet "nederbördspåverkan".

3.3.1 Avklingning av nederbördspåverkan.

Avklingningsförlopp kan beskrivas med avancerade matematiska formler eller med mera lättförståeliga nyckeltal. Den matematiska karakteriseringen kan vara till stor hjälp vid exempelvis kalibrering av datormodeller för beskrivning av en trög avrinning från markmagasin mm men kräver att man är väl införstådd i matematikens värld. På denna nivå, med karakterisering av INE-problem baserat på information från övervakningssystem, har vi valt att föra fram ett enkelt nyckeltal.

Förutsatt att man har skiljt ut flödesökningen till följd av nederbörd, här kallat nederbördspåverkan (NBP), från det övriga avloppsflödet kan följande nyckeltal beräknas:

Resterande nederbördspåverkan, Rest-NBP:

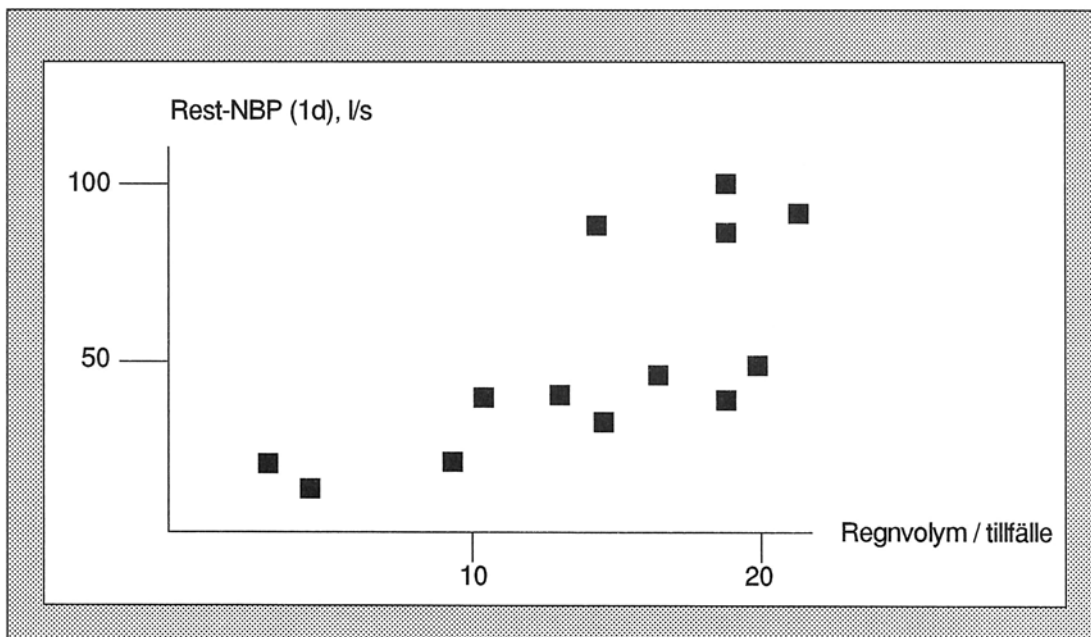
Kvardröjd flödesökning vid en viss tid efter regnslut uttryckt som Rest-NBP(Tidsuppgift), exempelvis Rest-NBP(6h), Rest-NBP(1d), Rest-NBP(3d) etc.

Restvärdena kan uttryckas i procent eller i absoluta tal, ex 1/s. Rest-NBP(1d) = 60% och 70 l/s innebär att efter ett dygn återstår 60%

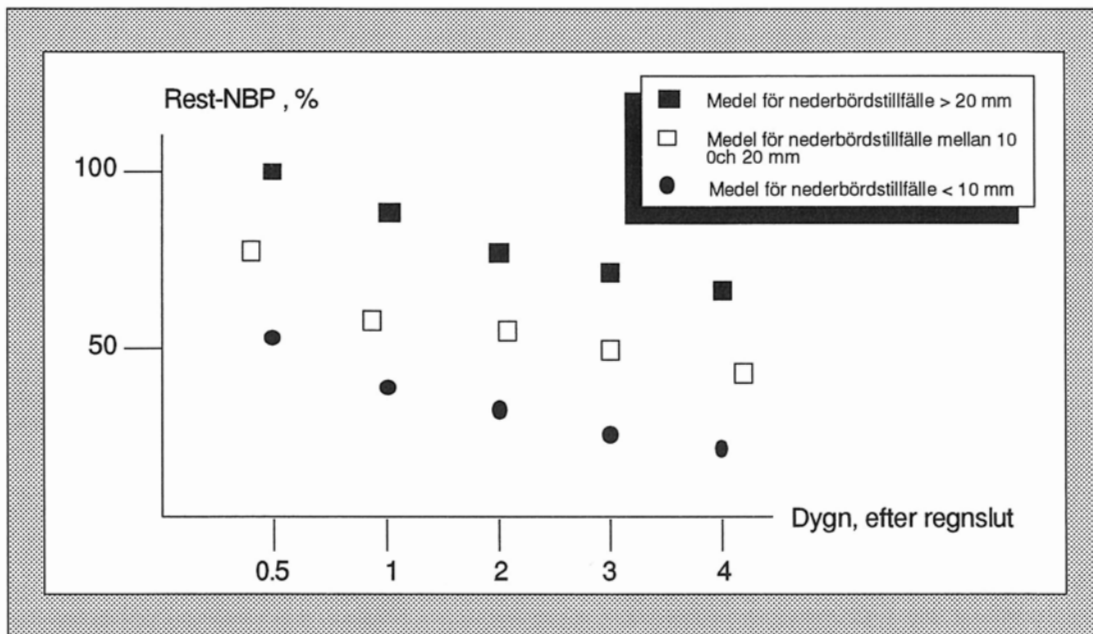
av det maximala flödestillskottet resp att det återstående flödestillskottet efter 1 dygn är 70 l/s. De här föreslagna nyckeltalen behöver relateras till regnets varaktighet, intensitet och grundvattensituationen.

Bearbetning och presentationer med detta nyckeltal, Rest-NBP, kan göras på många sätt. Nedan visas i ett konstruerat exempel hur man kan presentera Rest-NBP efter 1 dygn för olika nederbördstillfällen, figur 3:2. Man kan dessutom med symbolmarkeringar hålla isär nederbördstillfällena med olika varaktigheter, grundvattensituationer mm.

Vill man följa den procentuella av klingningen av nederbördspåverkan med tiden kan detta göras i diagram enligt figur 3:3. Det är viktigt att ha tillgång till stora informationsmängder eftersom man här bör söka fram regn som föregåtts av ett par, helst 4-5, dagars torrvädersperiod samt rensa bort alla regn där det förekommer efterregn inom, i exemplet nedan, 4 dygn.



Figur 3:2 Konstruerat exempel över Rest-NBP(1d) från en specifik mätpunkt.



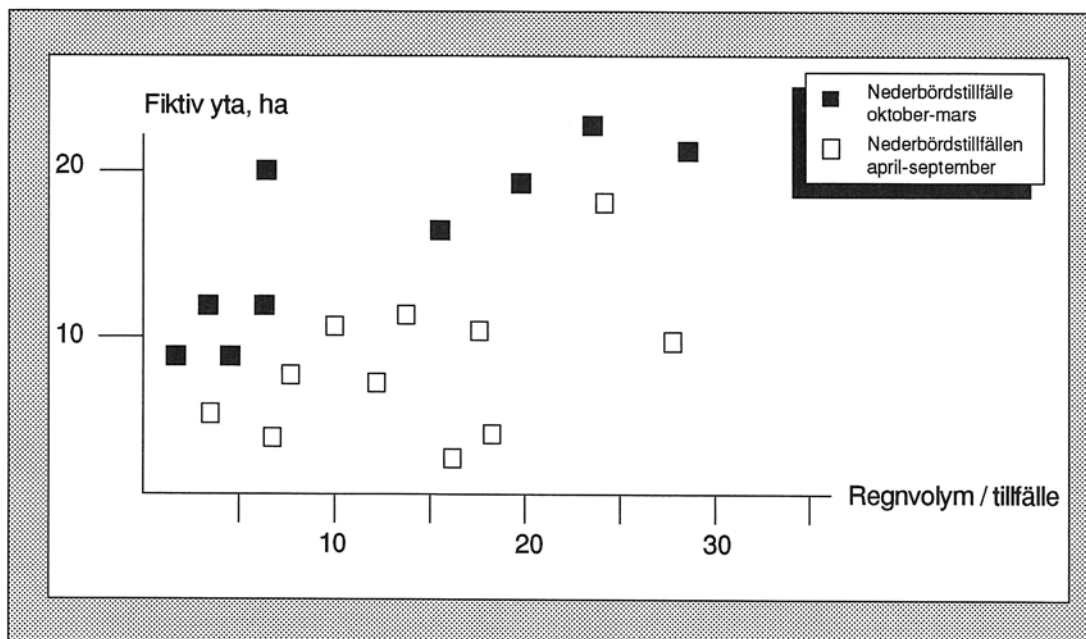
Figur 3:3 Konstruerat exempel över Rest-NBP i % som funktion av tid efter regnslut från en specifik mätpunkt.

Om diagrammen, typ figur 3:2, blir svårlästa kan man bilda medelvärden för Rest-NBP, lämpligen uppdelat på olika klasser. Uppdelningen kan göras på många sätt. Man kan välja att hålla isär olika kraftiga regn, olika årstider, olika grundvattenstånd etc.

I exemplet, figur 3:3, visas en tänkt bearbetning av dygnsmedelvärden. Här blir resultaten påverkade av om regnet fallit tidigt eller sent på dygnet eller över tidpunkten för avläsningen av dygnsflödena. Ytterligare osäkerheter uppstår om dygnsnederbörden avläses vid annan tidpunkt än avläsningen av dygnsflöde i reningsverket. Om man har som underlag en kontinuerlig flödesmätning och nederbörds-mätning via övervakningssystem förfinas givetvis upplösningen i bearbetade nyckeltal. Dessutom erhålls en god beskrivning av den geografiska fördelningen eftersom motsvarande bearbetningar kan göras i varje punkt som flödesmätning görs.

3.3.2 Variation i "fiktivt ansluten yta"

Vid bedömningar av om det går att ansluta ytterligare spillvattenflöden till en viss avloppsgren är det av avgörande betydelse att kunna bedöma verkliga flödestillskott under regntillfällena. Här kan man ha en stor nytta av långa mätserier vilka av praktiska/ekonomiska skäl endast torde kunna genereras via övervakningssystem.



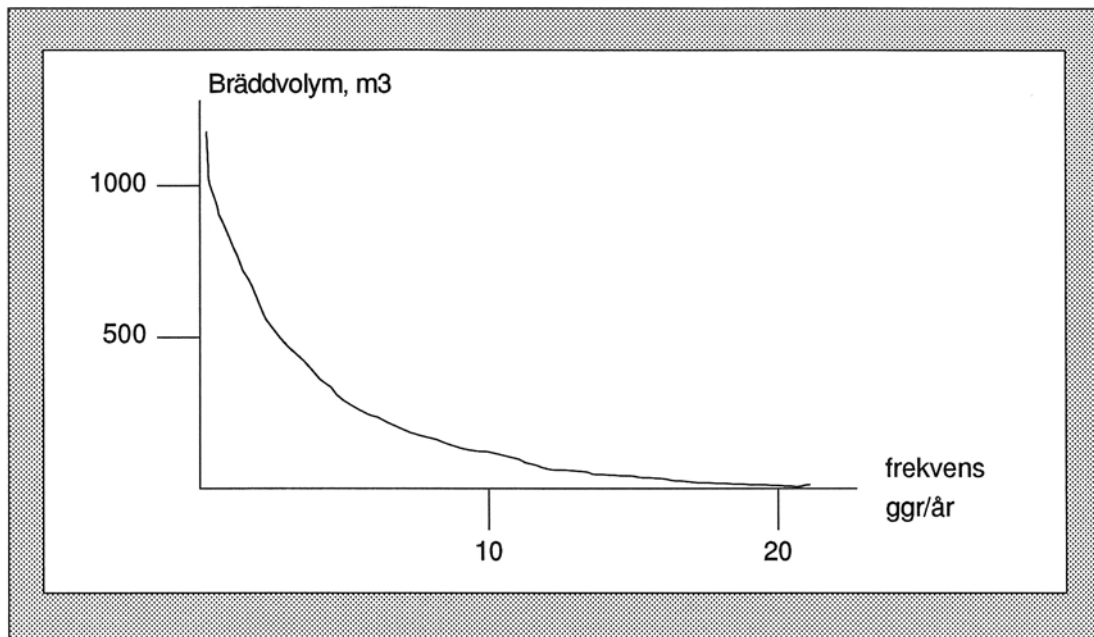
Figur 3:4 Konstruerat exempel variation i fiktivt ansluten area i en viss pumpstation som funktion av regnmängd.

I figur 3:4 visas i ett konstruerat exempel variationen i fiktivt ansluten yta till en viss avloppsgren. Där framgår hur mycket storleken på den fiktiva ytan påverkas av regnmängd per regntillfälle. Här kan det vara intressant att också försöka hålla isär regntillfällena i blöta resp relativt torra perioder.

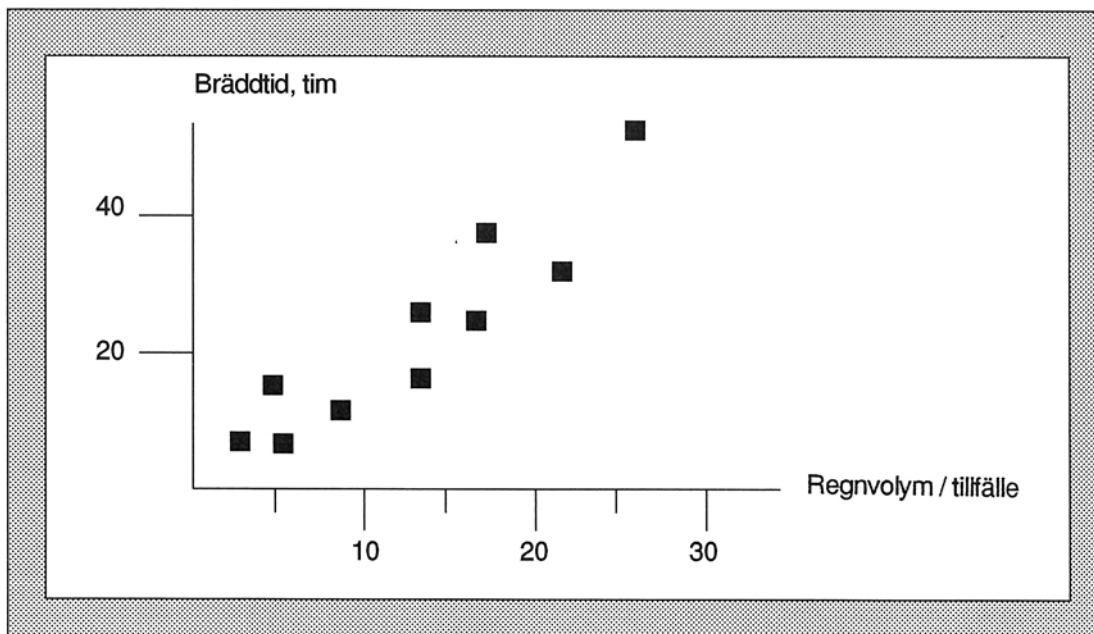
3.3.3 Några idétips om andra möjliga bearbetningar

Mängder av ytterligare bearbetningar kan skisseras. För vissa bearbetningar kan man behöva komplettera med annan typ av underlag, exempelvis uppgifter om grundvattensituationen, nivåer i hav, sjöar eller vattendrag. Vid vissa bearbetningar är det viktigt att också ha tillgång till temperaturuppgifter.

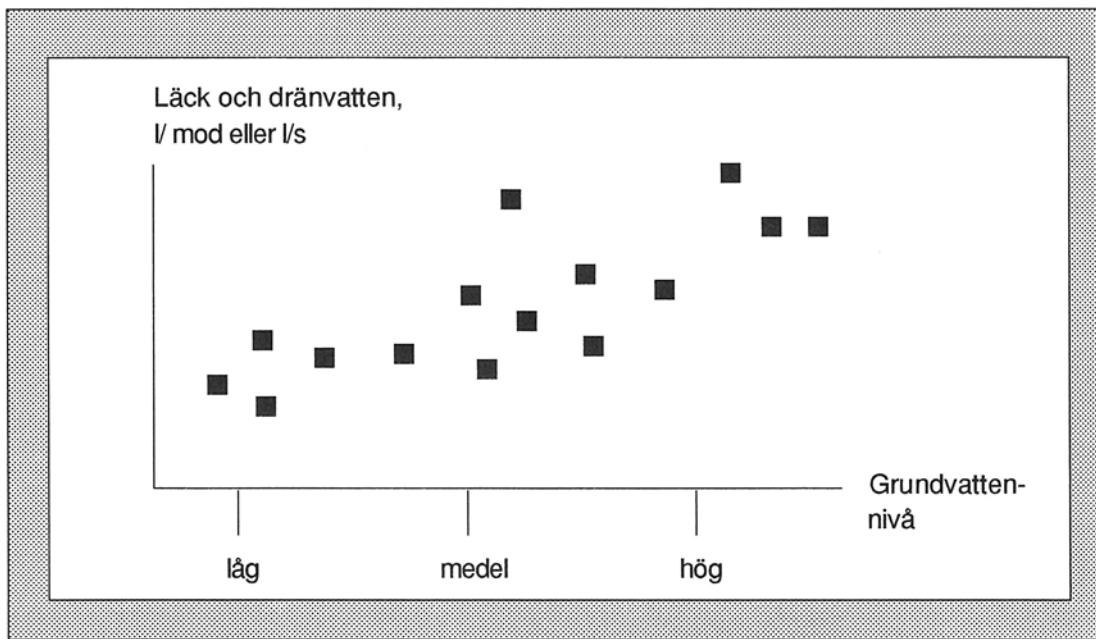
På de följande sidorna redovisas några exempel på tänkbara bearbetningar med stort va-tekniskt värde, se vidare figur 3:5 - 3:8. Där visas också exempel på den näst intill oändliga variationen bearbetningsmöjligheter. Därav borde framgå vikten av att ej endast vara hänvisad till standardbearbetningar inom ett visst system. En fri bearbetning förutsätter att den kreativa va-teknikern efter eget huvud fritt kan bearbeta och komplettera "rådata" från övervakningssystem.



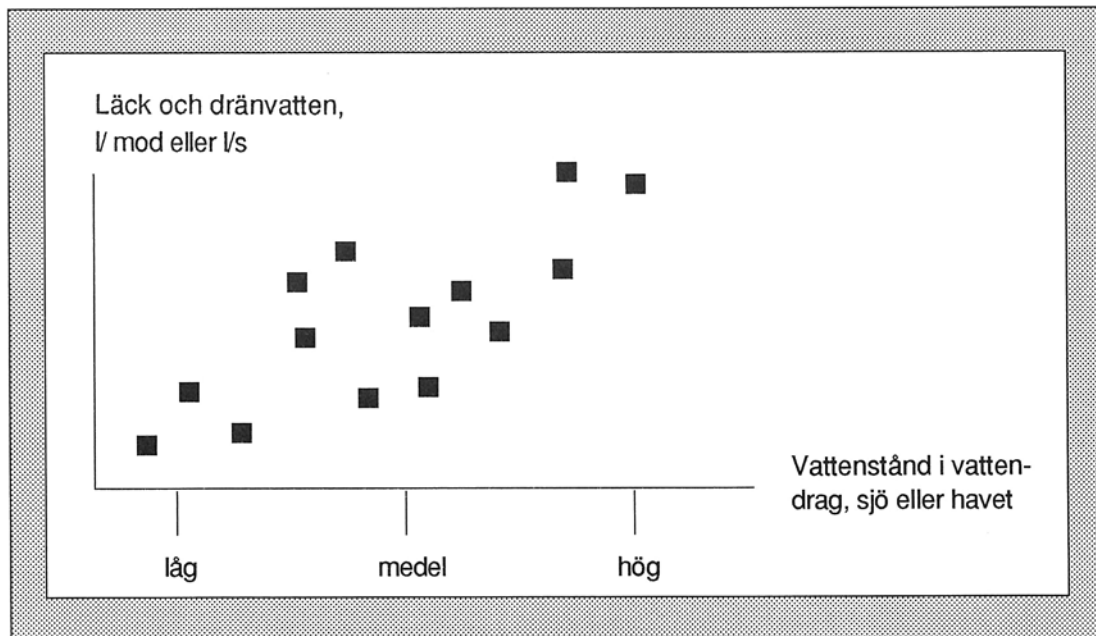
Figur 3:5 Bräddad volym vid ett visst bräddavlopp som funktion av frekvensen



Figur 3:6 Bräddtid vid ett visst bräddavlopp som funktion av regnvolymer.



Figur 3:7 Variationen i läck- och dräneringsflöden, nattminimiflöde under torrväder, i förhållande till grundvattensituationen



Figur 3:8 Variationen av läck- och dränvatten under torrperioder vid en viss pumpstation i förhållande till vattennivån i något näraliggande vattendrag.

4 ETABLERADE ARBETSSÄTT FÖR BEARBETNING AV FLÖDESDATA

4.1 Flödesmätningshistorik

Flödesmätning i avloppsnät med portabla mätinstrument har en lång tradition i Sverige. Man kan i grova drag skilja på två typer av mätningar:

- * Momentana mätningar av flöden vid små flödesförändringar
- * Kontinuerliga mätningar för att i tiden följa ett flödesförlopp

Mätning av ovidkommande vatten under torrvädersperioder, läck- och dränvatten, kan göras med en relativt måttlig resursinsats eftersom flödesförloppen här kan betraktas som konstanta under mätperioden, vanligen nattetid efter det att spillvattnet har runnit av. Mätprinciperna är vanligen portabla skibord, (rektangulära eller V-formade överfall), mättrännor eller uppfyllnadsmätning i pumpstationer.

Antingen instrumenteras mätsektionen så att nattminimiflödet automatiskt registreras eller så genomförs manuella avläsningar. De manuella avläsningarna är fortfarande vanliga. Detta beror på att man under natten då har möjlighet att komplettera mätningarna med okulära flödesuppskattningar och exempelvis följa ett kraftigare flöde av läck- och dräneringsvatten uppströms i ledningsnätet.

Det är ett slöseri med resurser att flytta runt kontinuerligt registrerande instrument för att gradvis ringa in läck- och dränflöden. En nattmätning med erfarna va-detektiver är, i detta sammanhang, en helt överlägsen metod.

Användandet av kontinuerliga registrerande instrument krävs däremot vid mätning av nederbördspåverkan. Dessa mätningar är emellertid resurskrävande. Därför måste höga krav ställas på en god mätplanering för hela kedjan från placering av instrument till utvärdering och tolkning av resultaten.

Tekniken för kontinuerlig mätning av nederbördspåverkan har gradvis förändrats från 1970-talet med i första hand inhemska mätare som arbetade med olika registreringsprinciper exempelvis omvandling av givarsignaler till tonfrekvenser vilka spelades in på band. Under 1980-talet blev det vanligare med importerade datoriserade instrument.

Ser man på utvecklingen av mätprinciper för kontinuerlig mätning i öppna ledningar, självfallsledningar, så har det inte hänt så mycket de senaste 10 åren. Däremot sker det löpande stora förbättringar vad gäller givare, lagrings- och bearbetningsmöjligheter. Alltjämt kvarstår dock

många osäkerheter och det finns fortfarande ingen mätprincip för helt tillförlitlig mätning av flöde i delvis fyllda avloppsledningar.

Det är absolut nödvändigt att de som arbetar med flödesmätningar är väl införstådda med de osäkerheter som föreligger i olika led av arbetet. Det är också viktigt att en allmänt accepterad ingenjörspraxis etableras vid analys och utvärdering av flödesdata. Annars kan det vara svårt att både upphandla flödesmätningstjänster eller att i efterhand utvärdera kvaliteten i materialet.

Under 1970-talet användes ofta indikerande mätprinciper, såsom utspädningsmätning, för kontroll av nederbördspåverkan. Mätprincipen byggde på att avloppsvattnets ledningsförmåga (konduktivitet) minskar vid utspädning av regnvatten.

Nivåmätning i avloppsnät med tryckgivare eller ekolod är en beprövad teknik som fick en bredare spridning under början av 1980-talet. Mätprincipen bygger på en beräkning av flödet baserat på vattendjupet. Flödet beräknas med hydrauliska formler och uppgifter om mätt vattendjup, ledningens diameter samt ledningens lutning och råhet.

Andra förr förekommande mätprinciper var nivåmätare som kopplats till flödesomvandlare där nivåavkännaren utgjordes av flytande mätkroppar, doppel-elektroder el dyl.

Under senare delen av 1980-talet blev det allt vanligare med mätinstrument där nivåmätaren kompletterats med en givare för mätning av vattnets hastighet, sk v/h-mätare.

Under början av 1990-talet introducerades en ny princip för nivåmätning i form av annorlunda variant av ekolodstekniken. Givaren sitter i detta fallet på botten av ledningen och mäter uppåt mot vätske/luftfasen.

Det finns tyvärr mycket få rapporter om mätproblem, både i teori och praktik. I början av 80-talet utfördes en praktisk laborietest av tre mätprinciper för flödesmätning i avloppsledningar (Bäckman, Svensson 1983).

De tre, i rapporten, redovisade mätprinciperna: nivåmätning i portabel mätränna, nivåmätning i öppen ledning och mätning av hastighet + nivå, (V/H) är alltså aktuella även om det har skett stora instrumentella förbättringar sedan dess. Den hydrauliska bakgrunden som beskrivs i rapporten och en hel del av mätresultaten kan också vara till nytta för den praktiskt verksamme va-detektiven för att få en hydraulisk förståelse av mätprinciperna samt att bli medveten om olika felkällor.

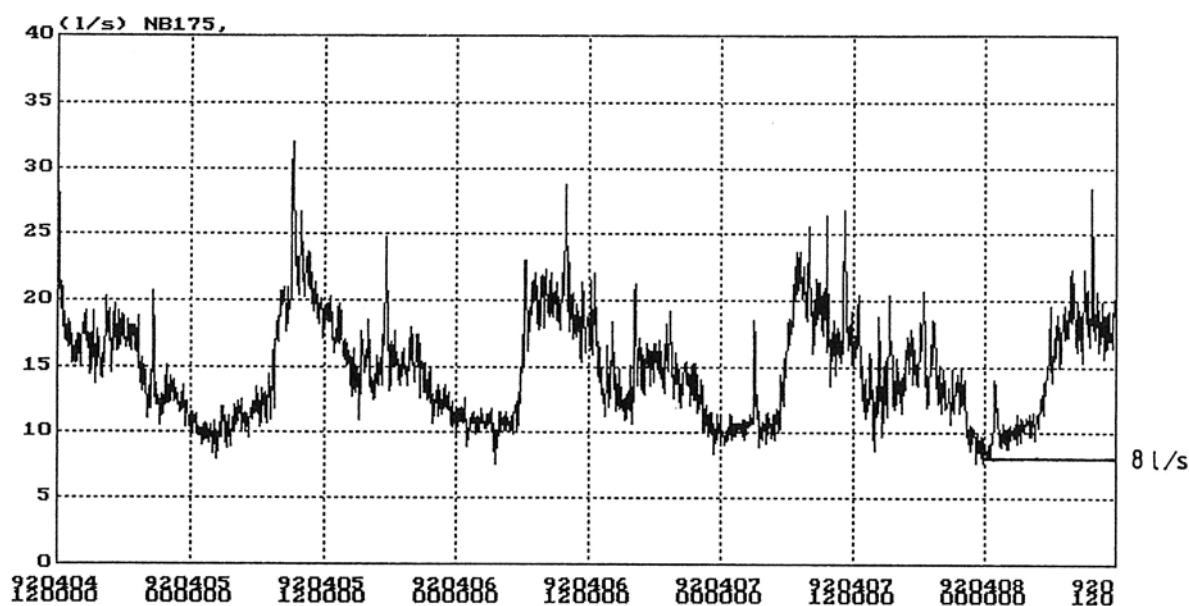
4.2 Läck- och dräneringsvatten vid olika grundvattensituationer.

Vid utvärdering av läck- och dränvattenflöden, LÄC, vid olika grundvattensituationer försöker man på olika sätt särskilja det ovidkommande vattnet under torrvädersperioder från det "rena" spillvattnet. Spillvattenflödet erhålls genom ingenjörsmässiga schablonuppskattningar eller helst baserat på försåld renvattenmängd.

Läck- och dräneringsvatten kan mätas direkt som nattminimiflöden under förutsättning att spillvattnet till största delen hunnit avrinna. Under sk nattmätningar går det att hinna med ett stort antal mätpunkter/pumpstationer. Därigenom kan LÄC-situationen bestämmas i olika avloppsgrenar.

4.2.1 Arbetsgång vid utvärdering av nyckeltal för läck- och dränflöden.

I nedanstående arbetsgång har man utgått från en kontinuerlig mätning av flöde för mätning av nederbördspåverkan. De nederbördsfria dygnen kan användas för att utvärdera LÄC-flödena.



Figur 4:1 Utvärdering av läck- och dränvattenflöden ur kontinuerliga flödesdata

Arbetsgången vid utvärdering av läck- och dränflöden ur flödeshydrografer är:

1. Tag ställning till om huvudelen av **spillvattnet** kan bedömas ha hunnit avrinna under natten vid mätpunkten.
2. Identifiera dygn som föregåtts av minst 4 - 5 dagars nederbördsuppehåll.
3. Avläs nattminimiflöde i flödeshydrografen, i exemplet i figur 4:1, ca 8 l/s. Upprepa förfarandet för flera nattminimiflöden.
4. Räkna ut önskat nyckeltal, exempelvis liter per meter uppströms liggande kommunal spillvattenförande ledning och dygn, l/mod:
 - 4a. Mät ledningslängden på översiktskartan av kommunala spillvattenförande ledningar uppströms mätpunkten, L.
 - 4b. Sortomvandla och räkna ut nyckeltalet l/mod med formeln:

$$\frac{X}{(l/s)} \quad * \quad \frac{86\,400}{(\text{sekunder/dygn})} \quad / \quad L \quad (\text{meter kommunal ledning})$$

Ett läck- och dränflöde på l/s ger fördelat på 1 000 m kommunal ledning, $1 \cdot 86\,400 / 1000$, 86 l/mod.

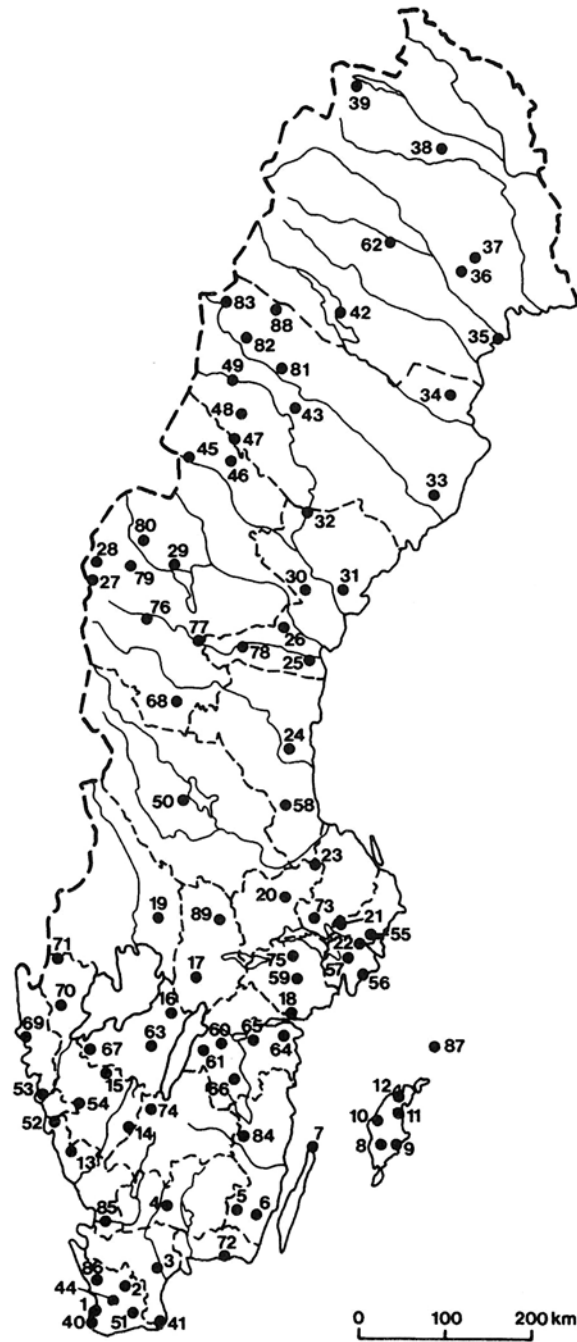
4.2.2 Arbetsgång för att bedöma grundvattensituationen med hjälp av SGUs grundvattennät.

Läck- och dränflödet är normalt beroende av grundvattensituationen, där höga grundvattenivåer normalt ger högre läck- och dränflöden.

För att kunna bedöma grundvattennivån under en viss period måste man ha tillgång till långa mätserier av grundvattenobservationer. I vissa kommuner finns sporadiska eller kontinuerliga mätserier av grundvatten och kanske även nivå i närliggande vattendrag, sjö eller hav. Det är dock vanligast att man saknar, i vilket fall långa opåverkade, mätserier av grundvattennivån. En del av de grundvattenmätningar som genomförs i kommunerna har dessutom till syfte att mäta avsänkningen invid grundvattentäcker. De grundvattenobservationer som påverkas av grundvattenpumpning är naturligtvis olämpliga för att bedöma den allmänna grundvattennivån.

Om man ej har tillgång till egna lämpliga grundvattenobservationer kan man utnyttja grundvattenavläsningar som samlas i grundvattennätet vid Sveriges geologiska undersökning, SGU. Ett 90-tal observationsområden för grundvattensituationen finns utspridda över Sverige, se figur 4:2.

Inom varje observationsområde finns från några upptill 10-20 grundvat-
tenrör. De flesta observations- områden har varit i drift sedan 60- eller
70-talet. Avläsningarna görs i de flesta fall en gång i månaden.



Figur 4:2 SGUs observationsområden. Siffrorna är SGUs identifika-
tionsnummer, (SGU 1985).

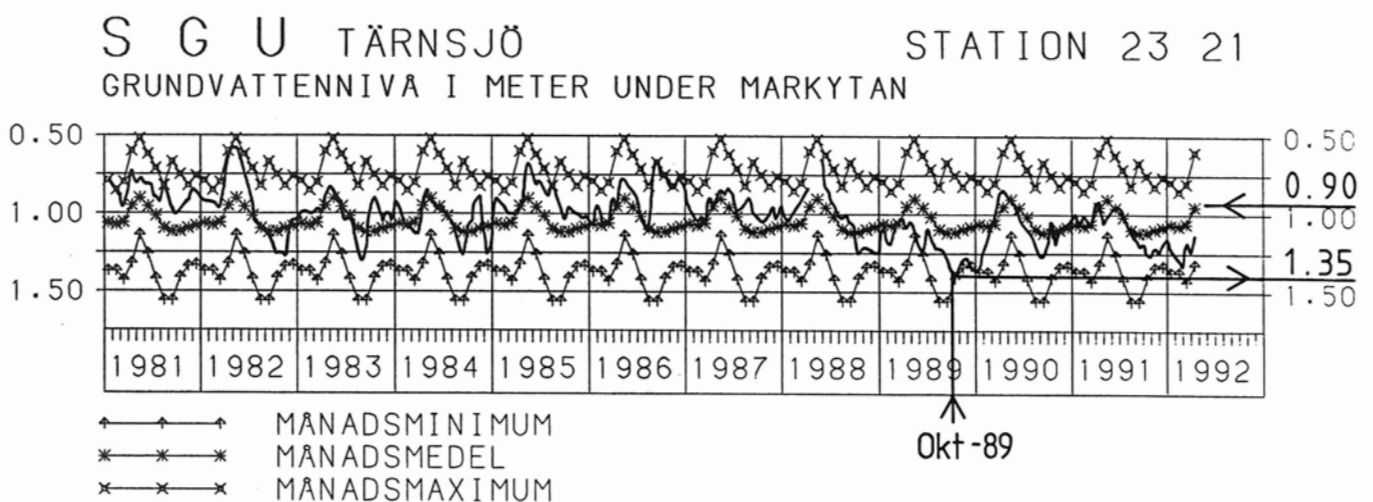
Arbetsgången för att bedöma den allmänna grundvattensituationen vid ett visst mättillfälle med hjälp av SGUs grundvattennät är lämpligen:

1. Tag reda på var närmsta observationsområde inom SGUs grundvattennät är beläget.
2. Diskutera med SGU vilka rör, inom det aktuella observationsområden, som är lämpliga för en allmän bedömning av grundvattensituationen. Eftersom rören är slagna i olika geohydrologiska miljöer är det lämpligt att välja ut minst ett par grundvattentrör.
3. Beställ hos SGU grundvattennivåerna i de utvalda rören redovisade i:

* "Min-, max- och medeldiagram".

* Fördelningsdiagram (varaktighetsdiagram)

4. I "min-, max- och medeldiagrammet" kan man se nivån för grundvattnet under en mätperiod i förhållande till månadsvärden bearbetade som min-, max och medelvärden. I figur 4:3 nedan framgår exempelvis att grundvattensituationen i okt 1989 var 1.35 m under markytan, dvs ovanligt lågt grundvattenstånd i förhållande till den normala situationen i oktobersituationen. Observera att en hög siffra uttryckt i "nivå under markytan" innebär en låg grundvattennivå.

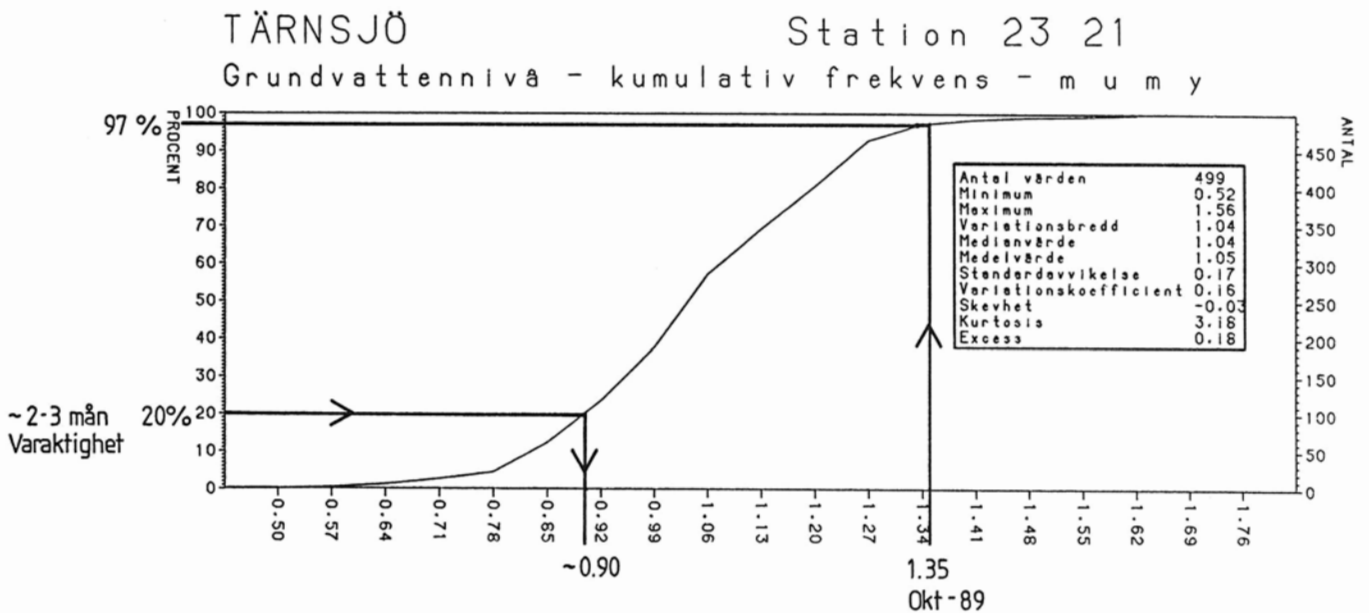


Figur 4:3 Exempel på "min-, max och medeldiagram" från ett grundvattentrör i Tärnsjö, ca 5 mil söder om Gävle. Det uppmätta månadsvärdet visas som en heldragen linje utan markeringar.

5. Bedöm grundvattensituationen under mätperioden okt 1989 i förhållande till alla månaders grundvattennivåer i varaktighetsdiagrammet i figur 4:4.

5a. Markera på X-axeln i figur 4:4 det avlästa värdet för okt 1989, dvs 1.35 m. Drag en linje upp till den kumulativa frekvenskurvan och avläs procentsiffran till vänster. Här framkommer att 98% av alla avlästa grundvattennivåer i detta rör är högre än eller lika med situationen okt 1989.

5b. Eftersom avläsningarna görs jämt fördelade över året kan detta översättas att grundvattennivån okt 1989 uppnås eller överskrids 98 % av året, dvs 11.8 av 12 månader. Detta innebär att grundvattensituationen då var extremt låg.



Figur 4:4 Varaktighetsdiagram för grundvattenståndet, meter under markytan i ett av SGUs grundvattenrör i Tärnsjö.

Vid mätning av läck- och dränvattenflöden vill man gärna eftersträva att mäta vid relativt hög grundvattennivå, förslagsvis en grundvattennivå som uppnås eller överskrids endast 2-3 mån per år, ca 20 %. I SGUs grundvattenrör nr 23:21 inträffar, enligt figur 4:4, detta då grundvattennivån når ca 0.9 m under markytan eller högre.

Man måste vara väl medveten om att varje rör reagerar i enlighet med den lokala geohydrologiska miljön. Därför är det viktigt att göra motsvarande bearbetningar i flera grundvattenrör samt att man ej okritiskt använder sig av resultaten. Undersök vilka grundvattenrör i den

närmast belägna grundvattenstationen som bäst överensstämmer med dynamiken i exempelvis flödestillrinningen under torrväder till reningsverket. Dokumentera gärna de utvalda rören för att underlätta uppdateringar av grundvattendiagrammen.

Det ovan beskrivna förfarandet kan användas i många olika sammanhang, exempelvis att i exploateringsområden lägga fast lokala, kortvarigt avläst, grundvattennivåer i ett längre tidsperspektiv.

4.3 Snabb och trög nederbördpåverkan

Mätningar av nederbördpåverkan i spillvattenflöden är ganska besvärlig att utvärdera eftersom reaktionen påverkas av så många olika faktorer, exempelvis regnets intensitet, utbredning och varaktighet samt markens förmåga att suga upp nederbörd mm.

Eftersom den mätinsats som krävs vid kontinuerlig mätning av nederbörd och flöde är resurskrävande är det viktigt att man verkligen försöker dra ut så mycket information som möjligt ur mätresultaten.

Arbetsgången vid utvärderingen påverkas givetvis av syftet med mätningen. I exemplet nedan redovisas en arbetsgång där man vill sära ut den snabba nederbördspåverkan från den tröga och uttrycka nederbördspåverkan med nyckeltalet "fiktivt ansluten yta".

Den snabba nederbördspåverkan resulterar i toppflöden och uppträder med samma tidsfördröjning som flödesreaktionen från direkt anslutna hårdgjorda ytor. Den tröga nederbördspåverkan innebär, under tiden då den avklingar, att säkerhetsmarginalerna mot översvämningar vid eventuella nya regn är reducerade.

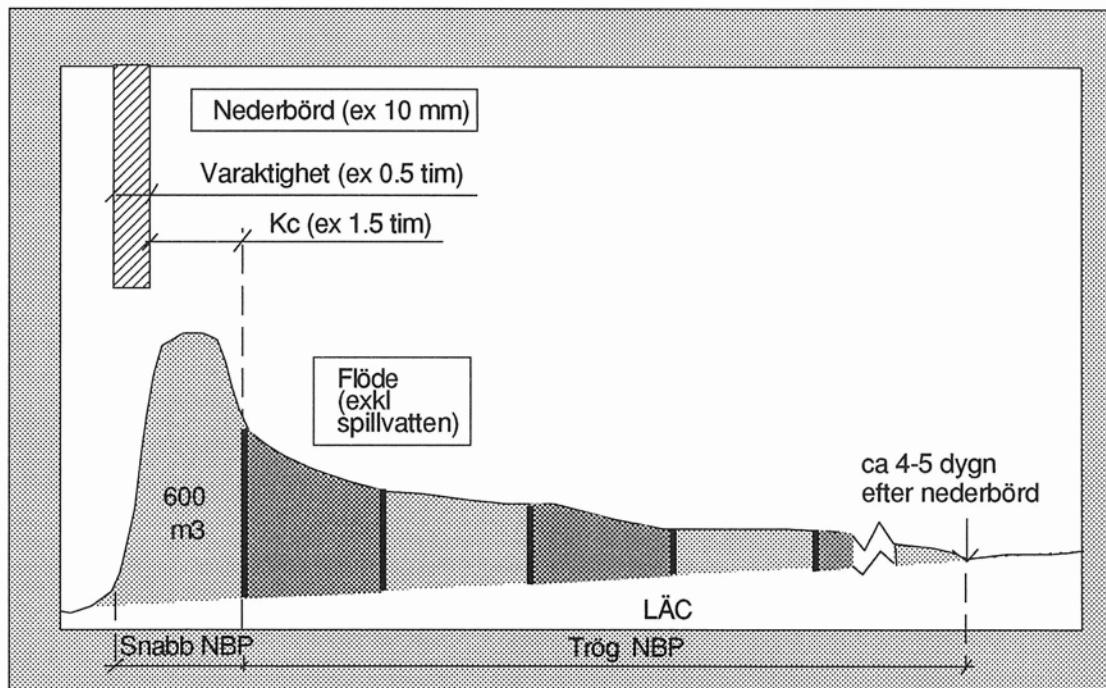
Gränsen mellan snabb och trög nederbördspåverkan sätts som tidpunkten efter regnets slut plus områdets längsta rinntid, dvs den sk koncentrationstiden, se även kap 1.2.4.

Den uppmätta snabba nederbördspåverkan uttryckt som "fiktiv yta" kan jämföras med storleken på de genom anslutningskontroller identifierade anslutna hårdgjorda ytorna. Det är således först då anslutningskontroller har genomförts som man på ett väldokumenterat sätt kan beskriva storleksordningen på den indirekta resp direkta nederbördspåverkan.

4.3.1 Arbetsgång vid utvärdering av nederbördspåverkan

Arbetsgången nedan, för att utvärdera "fiktivt anslutna ytor", förutsätter att man har tillgång till ett bearbetningsprogram där flödesökningar lätt kan massberäknas. Arbetsgången är enligt följande:

1. Uppskatta den längsta rinntiden för nederbörd inom mätområdet till mätpunkten, den sk koncentrationstiden, K_c .
2. Dra ifrån torrvädersflödet (läck- och dränvatten + spillvattenflödet) genom att subtrahera flödet under en föregående torrvädersvecka från flödet under nederbördsperioden. Om detta ej är möjligt måste man på annat sätt under bearbetningen försöka sära ut den nederbördsavhängiga flödesökningen under och efter regntillfället från andra flöden.
3. Massberäkna den volymökning som skett till följd av ett visst nederbördsfall. Massberäkningen för den snabba nederbördspåverkan görs för tiden för regnets varaktighet + koncentrationstiden, i exemplet 600 m^3 under tiden 2 timmar för 10 mm nederbörd. Regnet hade i exemplet en varaktighet av 30 min och den längsta rinntiden uppskattades till 1.5 tim, figur 4:5.



Figur 4:5 Massberäkning av flödesökning för bearbetning av nederbördspåverkan uttryckt som "fiktivt ansluten yta".

4. Dividera volymen av den snabba nederbördspåverkan med den aktuella nederbörden uttryckt i meter:

$$600 \text{ m}^3 / 0.010 \text{ m} = 60\,000 \text{ m}^2 = 6.0 \text{ ha}$$

(1 hektar, ha = 10 000 m²)

5. Upprepa proceduren med massberäkning av den tröga nederbördspåverkan, helst med samma tidsteg som för den snabba nederbördspåverkan. Om detta är för arbetskrävande kan man välja annat tidsteg, säg ett halvt till ett dygn. Observera att om man väljer annat tidsteg än tiden för utvärderingen av den snabba nederbördspåverkan går det ej att i detta nyckeltal, "fiktiv yta", direkt jämföra avklingningen. Dividera på motsvarande sätt de tidsfördröjda volymökningarna i de olika följande tidstegen med nederbörden, i exemplet 10 mm.

Med detta arbetssätt erhålls "fiktiva ytor" med olika tidsfördröjning uppströms mätpunkten. Motsvarande resultat, men med en minutupplösning, erhålls med hjälp av den sk ytfördelningsmodellen vilken beskrivs närmare i kapitel 5. (OBSERVERA att ytfördelningsmodellen dock ej kräver en torrvädersperiod efter regnslut eftersom ytfördelningsmodellen kan separera även efterföljande regn. Detta är knappast praktiskt möjligt vid manuella bearbetningar)

6. För att få en uppfattning om ett mätområdes karaktär brukar man fördela den snabba nederbördspåverkan på ledningslängden av de uppströms liggande kommunala spillvattenförande ledningarna. Detta nyckeltal kan användas för att jämföra olika mätområden med varandra. Om längden på de uppströms liggande spillvattenledningarna i exemplet är 20 000 m blir den specifikt anslutna fiktiva ytan:

$$60\,000\text{ m}^2 / 20\,000\text{ m} = 3.0\text{ m}^2/\text{m}$$

Nyckeltalet visar att man i mätpunkten erhållit en snabb flödesreaktion motsvarande den som skulle ha erhållits om storleksordningen halva vägbanan längs alla uppströms liggande spillvattenledningarna var anslutna. Denna siffra kan också jämföras med de nyckeltal som erhålls i helt kombinerade spillvattennät på storleksordningen 10 - 20 m²/m, (Gatan + ytor på privat mark).

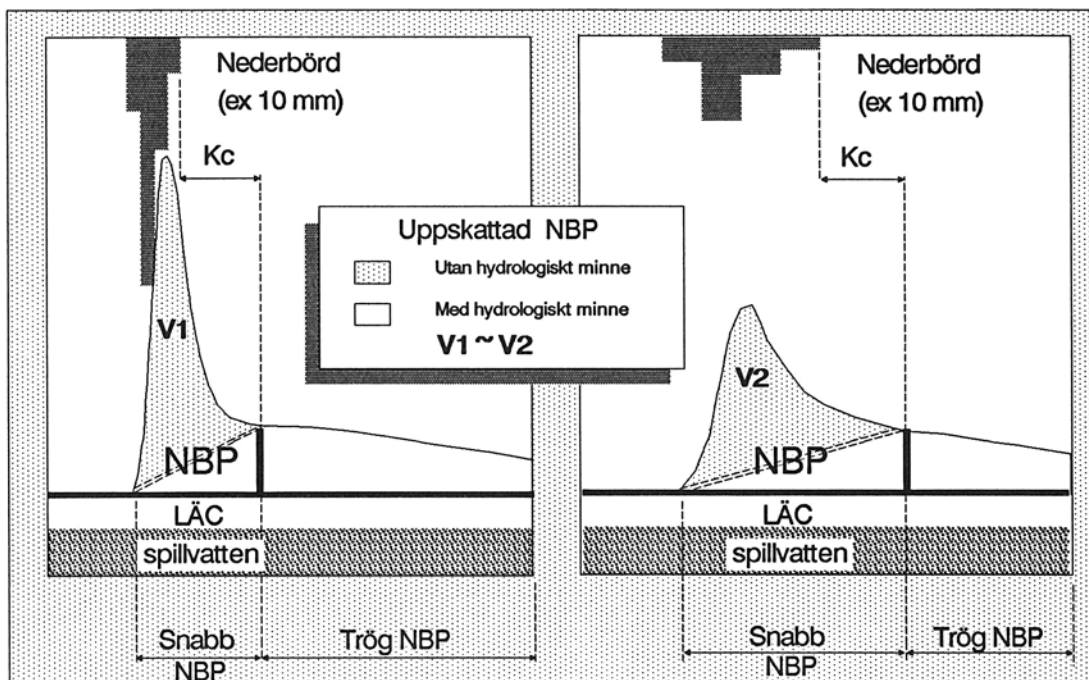
7. Det är mycket viktigt att se hur flödesreaktionen uppträder vid olika nederbördstillfällen. Därför bör bearbetningar utföras för så många nederbördstillfällen som möjligt. Således upprepa förfarandet och redovisa de erhållna reaktionerna i "fiktiv yta". Till redovisningen av fiktiv yta bör även nederbörden beskrivas med:

* total nederbördsmängd (mm)

* varaktighet (min)

* intensitet (vanligen l/s o ha, på senare tid även mikrometer per sekund, $\mu\text{m/s}$, där 10 l/s o ha = 1 $\mu\text{m/s}$).

8. En svårighet vid jämförelser mellan olika nederbördstillfällen med denna utvärderingsteknik är att den fiktiva yta som karakteriseras som snabb blir större vid regn med lång varaktighet jämfört med regn med kort varaktighet. Detta beror på att en större andel av den nederbördspåverkan som påverkas av den hydrologiska situationen (blöt/torr period etc) kommer att rymmas i den snabba nederbördspåverkan. Det vill säga att en större andel av avrinningen med hydrologiskt minne inryms i den snabba NBP till följd av en längre varaktighet på regnet, se exempel i figur 4:6.



Figur 4:6 Skillnader i massberäknad snabb nederbördspåverkan till följd av olika varaktigheter på regn.

Om den längsta rinntiden är mycket större än varaktigheterna för de bearbetade regnen blir påverkan relativt sett mindre. Vill man kompensera för detta fenomen kan istället massberäkningen utföras enligt punkt 3, men med volymen som inestängs över den dubbelstreckade linjen (====) i figur 4:6. På detta vis erhålls istället en ungefärlig uppskattning av **fiktiv yta utan hydrologiskt minne**, vilken ej påverkas av regnets varaktighet i någon större omfattning, (V1 skall då vara ungefär lika med V2).

Den resterande volymen nederbördspåverkan divideras också med nederbördsmängden. Resultatet blir då en uppskattning av storleken på den **snabba fiktiva ytan med hydrologiskt minne**. Denna kommer att uppvisa stora skillnader mellan olika regntillfällen.

Det är mycket viktigt att observera hur betydelsefull nederbörds­mätningen är för en riktig tolkning av nederbördspåverkan. Om den genomsnittliga regnmängden i verkligheten är större än vad som uppmätts i nederbörds­mätningen kommer nederbördspåverkan, oavsett metod för bearbetningen, att överskattas och vice versa. Man bör således ha tillgång till flera nederbörds­mätare för att ha en möjlighet att bedöma om regnet var någorlunda jämnt fördelat eller ej.

4.4 Krav på dokumentation av flödes­mätningar.

Det är viktigt att man noga dokumenterar mätuppläggnin­gen så att man i efterhand kan värdera underlaget för olika bedömningar av ovidkommande vatten. I dokumentationen av en kortare mätkampanj, säg 2-3 mån, i syfte att verifiera en MOUSE-modell bör lämpligen följande ingå:

- * Beskrivning av mätarinstrumenten
- * Instrumentens placering
- * Redovisning av vilka mätare som varit i drift under olika perioder samt en tydlig dokumentation av ej trovärdiga resultat eller utslagna mätare.
- * En tydlig redovisning av skillnader i flödesreaktioner vid olika nederbörds­stillfällen samt vilka mätresultat som valts ut för att exempelvis verifiera en MOUSE- modell.
- * Redovisning av grundvattensituationen, i förekommande fall även nivåer på vattendrag eller sjöar/hav, under mätperioden och dess förhållande till årsvariationer.
- * En diskussion om modellens tillämplighet under andra perioder under året eller en tydlig markering att denna betraktelse ej har utförts.

De tre sista punkterna kommer automatisk med i dokumentationen när man använder sig av NAM-modellen, vilken närmare beskrivs i kapitel 6, eftersom dessa uppgifter utgör grunden för verifieringsarbetet.