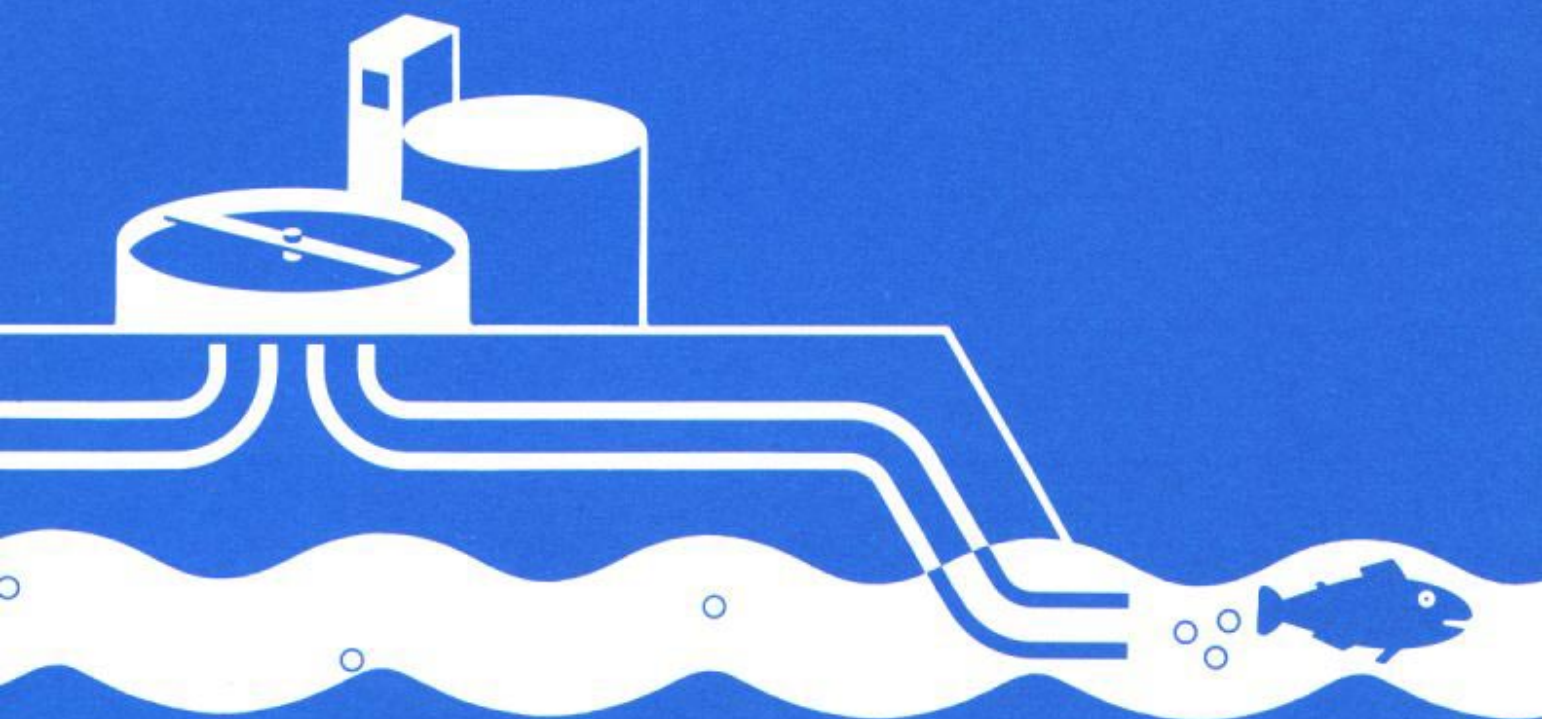


Spildevandsforskning fra Miljøstyrelsen

Nr. 4 1990

Bestemmelse af belastningen fra regn- vandsbetingede udløb



Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**

Spildevandsforskning fra Miljøstyrelsen

Nr. 4 1990

Bestemmelse af belastningen fra regn- vandsbetingede udløb

Civ. ing., lic. tech Niels Bent Johansen
COWIconsult AS

Civ. ing. Steen O. Petersen
PH-Consult ApS

	<u>Indhold</u>	
<u>1.</u>	<u>INDLEDNING</u>	3
<u>2.</u>	<u>RESUMÉ</u>	5
<u>3.</u>	<u>STRATEGI</u>	9
	3.1 Systembeskrivelse	9
	3.2 Strategi for bestemmelse af udledte mængder	12
<u>4.</u>	<u>FASEOPDELING AF OVERVÅGNINGSPROGRAMMET</u>	14
	4.1 Måleprogram	14
	4.2 Generelt program	15
<u>5.</u>	<u>MÅLINGER</u>	18
	5.1 Valg af måleoplande	18
	5.2 Nedbørsmåling	21
	5.3 Afstrømningsmåling	23
	5.4 Stofmåling	28
	5.5 Beskrivelse af måleopland	31
<u>6.</u>	<u>DATABEARBEJDNING INDENFOR MÅLEPROGRAMMET</u>	35
	6.1 Hydrologi	35
	6.2 Stof	39
<u>7.</u>	<u>BEREGNINGSMETODER</u>	43
	7.1 Niveau 1 - Arealenhedstal	43
	7.2 Niveau 2 - SVK21	52
	7.3 Detaljerede modelberegninger	54
<u>8.</u>	<u>DATAUDVEKSLING</u>	62
	8.1 Indberetning til Miljøstyrelsen	62
	8.2 Udveksling mellem amtskommuner	64
	8.3 Datahåndtering internt i amtskommunen	64
<u>9.</u>	<u>LITTERATUR</u>	69
Bilag 1	Indberetningsskema til det generelle program	
Bilag 2	Indberetningsskema til måleprogrammet	
Bilag 3	Eksempel på beregning af udledningen fra regnvandsbetingede udløb	

1. INDLEDNING

Overvågning

Som led i vandmiljøplanen er der etableret et permanent overvågningssystem til styrkelse af den hidtidige overvågning af bl.a. belastningen fra de enkelte forureningskilder af vandløb, søer og marine vandområder.

Der lægges heri særlig vægt på at udviklingen i belastningen, med næringssalte og organisk stof, overvåges nøje. Herved bliver det muligt kontinuert at følge effekterne af de indgreb som er vedtaget i vandmiljøplanen og der etableres et beslutningsgrundlag for yderligere indgreb.

På basis af dette er der iværksat en række overvågningsprogrammer, herunder overvågningsprogrammet for punktkilder. Dette program gennemføres i amtskommunalt regie som et supplement til de eksisterende overvågnings- og tilsynsprogrammer i kommuner og amtskommuner.

Et af delfprogrammerne i punktkildeovervågningen er overvågningsprogrammet for de regnvandsbetingede udledninger, d.v.s. udledninger af afstrømmet regnvand fra befæstede flader udenom egentlige renseanlæg. I dette program skal der årligt foretages en opgørelse af belastningen fra regnvandsbetingede udledninger på de danske ferske og marine vandområder.

Planlægning

I takt med, at andre udledninger nedbringes må det forventes, at regnafstrømningen får en øget betydning for vandområdernes tilstand (PH-Consult 1989b). Som eksempel kan nævnes vandløb, hvor det allerede er dokumenteret, at udledningerne fra overløbsbygværker har en stor indvirkning på tilstanden.

Det er således væsentlig, at man ved den fortsatte planlægning for vandområdernes kvalitet og spildevandsplanlægningen, har øget opmærksomhed på udledningerne fra regnvandsbetingede udløb.

Koordination

Da såvel overvågningsprogram og planlægning, som konkret administration af udledningstilladelser, stiller store krav til kendskabet til de regnvandsbetingede udledninger er det væsentligt at disse indsatser koordineres bedst muligt.

Det gælder specielt, at den større detaljeringsgrad, som er nødvendig ved planlægningen og administrationen, bør indregnes i programmet fra starten af.

Målsætning

Nærværende anvisning i overvågning af regnvandsbetingede udledninger beskriver således et samlet program, hvor det er tilstræbt at få mest muligt ud af indsatsen med henblik på at tilvejebringe:

1. Årlige landsdækkende oversigter over de udledte mængder til danske ferske- og marine vandområder fra regnvandsbetingede udløb.
2. I koordination med kvalitetsplanlægningen for vandområderne at etablere grundlaget for et detaljeret kendskab til regnvandsbetingede udledninger til lokale vandområder. Dette er grundlaget for at de amtskommunale myndigheder kan vurdere indvirkningen på vandområdets tilstand i forbindelse med den regionale planlægning og administration.

2. RESUMÉ

Bestemmelse af belastningen fra regnvands- betingede udløb er baseret på en strategi, der indeholder følgende elementer:

- Ved hjælp af målinger, at etablere kendskab til en række generaliseringsparametre. Disse målinger gennemføres for få veldefinerede oplande.
- Med disse parametre, at bestemme de udledte vand- og stof mængder fra alle udløb ved hjælp af en række beregningsmetoder.

Heraf følger, at nærværende rapport naturligt er opdelt i en beskrivelse af

- et generelt program, der indeholder metoder til beregning af udløbsmængder
- et måleprogram, der indeholder metodik og udstyrskrav til gennemførelse af målinger af nedbør, vand- og stofafstrømning.

Generelt program

Inden for det generelle program beskrives hvilke oplysninger, der skal indhentes for at kunne gennemføre beregninger af udledte forureningsmængder. Ligeledes hvorledes beregningerne kan gennemføres i tre niveauer, afhængig af ønsket detaljeringsgrad, endeligt beskrives datahåndtering og rapportering.

Dataindsamling

For alle udløb må der som minimum foreligge oplysninger om placering, tilsluttet befæstet areal, afløbstal og magasineringsvolumen. Såfremt der skal gennemføres detaljerede beregninger med en simuleringsmodel, skal der yderligere indhentes data om hovedledninger i oplandet. Disse data kan fås fra de kommunale spildevandsplaner og fra kommunernes kortmateriale. Det vil være hensigtsmæssigt, at såvel inddata som resultater lagres i en database.

Beregninger

Ved beregningerne kan bestemmes de udledte vand- og stofmængder fordelt på:

- helår
- sommerhalvår
- ekstreme enkelthændelser

Beregningerne kan gennemføres på tre niveauer afhængig af den ønskede detaljeringsgrad. Fælles for disse tre niveauer er, at dels beregnes udledningen for et middelår, baseret på en lang regnserie, og dels udledningen for det konkrete år, baseret på lokale målinger af nedbøren for dette år.

Niveau 1 er beregninger med arealenhedstal. For hvert hovedopland findes de udledte mængder af vand og stof ved at gå ind i de i kap. 7 viste tabeller med de karakteristiske parametre for oplandet. Disse parametre er magasineringsvolumen og afløbstal. Herved fås de udledte mængder af vand og stof pr. ha. Det er endvidere beskrevet hvorledes nye arealenhedstal kan beregnes, således at det er muligt at lave arealenhedstal for andre parameterkombinationer end de her viste og for specifikke år, baseret på lokale regnmålinger.

Niveau 2 er beregninger som beskrevet i Spildevandskomitéens skrift nr. 21. Disse beregninger er også baseret på opslag i tabeller med indgangsparametrene, afløbstid, magasineringsvolumen og afløbstal. Resultatet er ligeledes udledte mængder af vand og stof pr. ha. Det er kun på tilnærmet vis muligt at beregne værdier for specifikke år. Metoden er mere arbejdskrævende end niveau 1.

Niveau 3 er beregninger med en simuleringsmodel f.eks. MOUSE-SAMBA. Denne metode kræver en mere detaljeret beskrivelse af opland og rørsystem. Det er som minimum nødvendigt af beskrive alle bygværker i oplandet og ledningerne mellem dem, samt at finde afløbstiden for de tilsluttede overflader. Metoden kan også anvendes til at beregne udløbsmængder for specifikke år, baseret på lokale regnmålinger.

Det er målet at alle beregninger slutteligt sker efter niveau 3.

Uanset hvilke beregningsniveau der anvendes, er det væsentligt, at kvaliteten af inddata er så høj som mulig.

Ved en vurdering af resultaternes følsomhed overfor valg af metoder og kvaliteten af ind-

data er det påvist, at variationen i resultater stammende fra forskelligt inddatagrundlag er større end den variation der stammer fra valget af beregningsmetode (Århus Amtskommune, 1989).

Rapportering

I forbindelse med vandmiljøplanens overvågningsprogram skal data om udledningspunkter og beregningsresultater rapporteres til miljøstyrelsen en gang om året. I bilag 2 er der givet forslag til et skema der kan anvendes ved denne indberetning.

Måleprogrammet

Som nævnt tidligere er formålet med målingerne, at bestemme de generaliseringsparametre, der anvendes ved beregningerne. Disse parametre omfatter:

- Hydrologisk reduktionsfaktor, eller afløbskoefficient for befæstede flader.
- Initialtab, d.v.s. den mængde vand der forbliver på overfladen i form af vandpytter etc.
- Koncentrationer af udvalgte stoffer i overvandet (den regnvandsbetingede del af afstrømningen).

For at kunne bestemme disse parametre er det nødvendigt at gennemføre sammenhørende måling af nedbør, afstrømning og stoftransport for udvalgte oplande.

Oplande

Måleoplandene skal være veldefinerede og må ikke indeholde bygværker opstrøms målestedet. Der må ikke være væsentlig forurenende industri i oplandet. Der vælges såvidt muligt oplande med forskellig ledningsfald, størrelse og arealudnyttelse (villa/etagebebyggelse, etc.).

Udvælgelse af måleoplande sker i første omgang ud fra Amtskommunernes kortlægning af steder, hvor målebetingelserne kan opfyldes. Herefter vil valget af måleoplande i videst muligt omfang blive koordineret indbyrdes og med andre igangværende målinger i samråd med Miljøstyrelsens fagdatacenter.

Nedbør

Nedbøren bør måles med en vippekarsmåler, der fungerer efter samme princip og med samme nøjagtighed, som målerne i Spildevandskomitéens regnmålersystem.

Afstrømning	Vandføringsmålinger kan foretages efter en række forskellige metoder, jfr. afsnit 5.3. For alle metoderne gælder, at de hviler på en række forudsætninger, der skal være opfyldt for at målenøjagtigheden er tilfredsstillende. Specielt skal man være opmærksom på faren for at indføre systematiske fejl ved forkert opstilling og drift af stationen. Målingerne ved ét opland bør gennemføres for en periode af mindst ét år. I denne periode bør der én gang pr. måned foretages en døgnmåling af tørvejrsafstrømningen.
Stof	Stofindholdet i det afstrømmede vand bestemmes ud fra analyse af udtagne prøver. Disse prøver <u>skal</u> udtages som vandføringsproportionale prøver. Som minimum bør bestemmes indholdet af total kvælstof, total fosfor og COD. Det er vigtigt, at alle målinger bliver gennemført med en god nøjagtighed. Der kan derfor være behov for at etablere en national kalibreringsservice, hvor udstyret kan indsendes til afprøvning før målingerne starter og efter målingerne er afsluttet. Institutioner, virksomheder o.lign., som vil kunne påtage sig denne opgave opfordres derfor til at kontakte Miljøstyrelsen.
Databearbejdning	De indsamlede måledata skal bearbejdes løbende, for at sikre, at målingerne ikke er fejlbehæftet. Databearbejdningerne omfatter: - Opstilling af tørvejrsmodel - Separering af tørvejrsafstrømning og overvand - Bestemmelse af hydrologiske parametre - Bestemmelse af hændelsesmiddelkoncentrationer for overvandet - Bestemmelse af stationsmiddelkoncentrationer, mediankoncentrationer og variationsfaktorer. Disse data indberettes til Miljøstyrelsens fagdatacenter, der vil forestå sammenstillingen fra forskellige måleoplande og udarbejdelse af anbefalede værdier. I bilag 3 er der givet forslag til et skema der kan anvendes til denne indberetning.

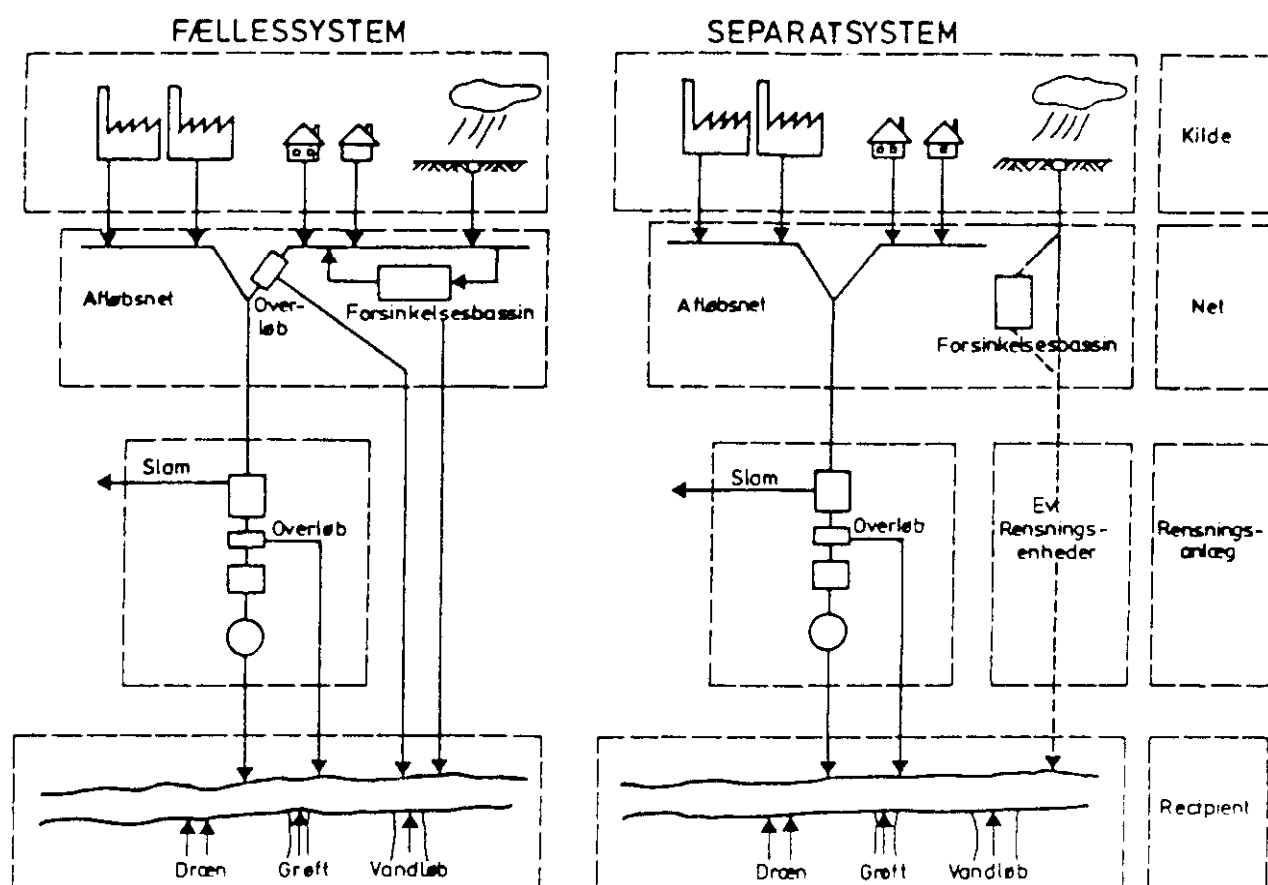
3. STRATEGI

3.1 Systembeskrivelse

Afløbsnet er i Danmark hovedsageligt opbygget efter to systemtyper:

- Fællessystemet
- Separatsystemet

På figur 3-1 er skematisk vist disse to systemtyper.



Figur 3-1 Principiel opbygning af afløbsnet.
Bahl Andersen et. al. (1984).

Fællessystemet

I et fælleskloakeret opland blandes regn- og spildevand i samme ledningssystem. Dette ledningssystem er som oftest udført med relativt

store dimensioner af hensyn til den forøgede vandføring under regn.

For at nedbringe omkostningerne til etablering og drift for disse ledninger, har man traditionelt indbygget overløbsbygværker i afløbssystemet. Når vandføringen overstiger kapaciteten af de efterfølgende ledningsstrækninger deles vandet og den overskydende vandmængde ledes over overløbskanten og normalt til nærmeste ferske eller marine vandområder.

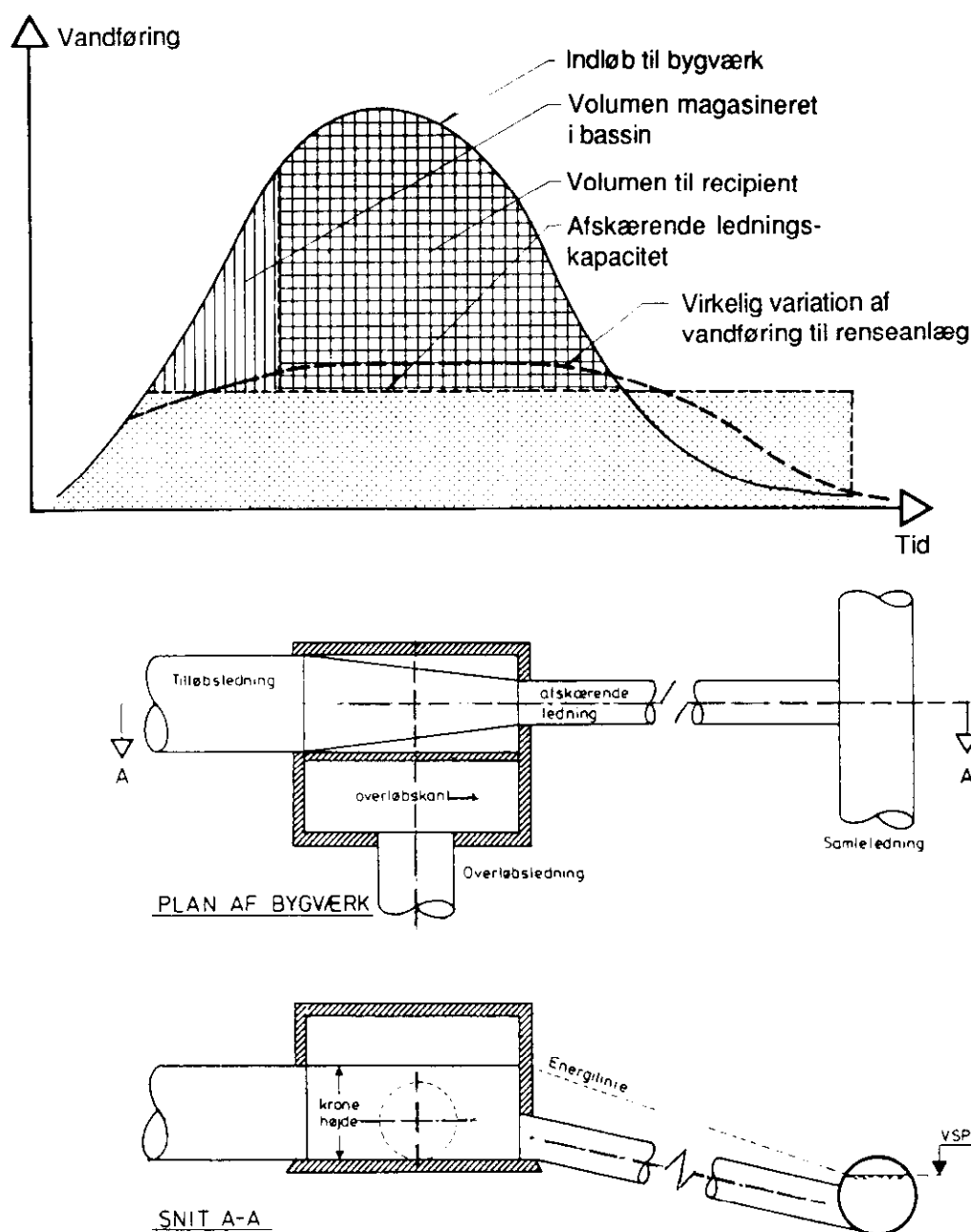
Såfremt man har ønsket at nedbringe denne belastning af et vandområde, kan der i forbindelse med overløbet være etableret et magasineringsevolumen. En vis mængde af det overskydende vand magasineres her indtil der igen er tilstrækkelig kapacitet i de efterfølgende dele af ledningssystemet. Under særligt kritiske regnhændelser vil denne magasineringsskapacitet ikke være tilstrækkelig og den nu overskydende vandmængde ledes til vandområdet.

På figur 3-2 er vist et eksempel på udformningen af et overløbsbygværk og hvorledes vandstrømmen deles i overløbet under regn.

Separatsystemet

I afløbssystemer opbygget efter separatprincippet afledes spildevand og regnvand i hvert sit ledningssystem. Spildevandet ledes til renseanlægget, og regnvandet ledes til nærmeste vandområde eller nedsives.

For at udjævne den hydrauliske belastning på et vandområde, typisk mindre vandløb, kan der også i separatsystemer være indskudt magasineringsbassiner. Man må dog bemærke sig, at her sker der ingen deling af vandet, alt tilført vand ledes til vandområdet.



Figur 3-2 Et overløb og dets indvirkning på afstrømningen (Hovedstadsrådet 1981a).

Antal udløb

Det eksakte antal udledninger fra overløbsbygværker og separatkloakerede oplande kendes ikke på landsplan. På basis af en række undersøgelser kan man imidlertid skønne antallet og fordelingen af disse udledningpunkter for en række typer af vandområder. Disse værdier er angivet i tabel 3-1. De angivne værdier er behæftet med stor usikkerhed - først ved gennemførelsen af overvågningsprogrammet vil der ske en registrering, således at man med større sikkerhed kan fastlægge antallet af udløb.

Tabel 3-1 Skøn over antal udledningspunkter fra overløb og separatkloakerede oplande

Type vandområde	Overløb ^a	Separat udl. ^b
Søer	600	} — 4900
Vandløb	3800	
Havet+fjorde	900	800
Ialt	5300 ^c	5700 ^d

^{a)} Spildevandskomiteen 1985 ^{c)} Heraf 800 med bassin

^{b)} Miljøstyrelsen 1981 ^{d)} Heraf 400-1200 med bassin

3.2 Strategi for bestemmelse af udledte mængder

Den mest nærliggende strategi for bestemmelse af de udledte mængder er at gennemføre målinger ved alle udledningspunkterne. Det store antal udledningspunkter gør imidlertid denne strategi urealistisk.

De udledte mængder kan istedet bestemmes efter en strategi, som har tre led:

1. Sammenhørende måling af nedbør, afstrømning og stoftransport på et udvalgt, mindre antal, veldefinerede oplande.
2. Generalisering af disse målinger ved at udtrække fysiske konstanter til anvendelse i en model for nedbør/afstrømning/stoftransport processen.
3. Beregning af de udledte mængder, for alle udledningspunkter, ved hjælp af denne model, de variable parametre for det konkrete opland og den registrerede nedbør i regionen.

Denne strategi har motiveret, at vandmiljøplanens overvågningsprogram for regnvandsbetingede udløb opdeles i to delprogrammer:

1. Generelt program for alle udledningspunkter
2. Måleprogram for udvalgte oplande

Generelt program Det generelle program, som gennemføres af alle amtskommuner, har en række delelementer:

- Registrering af nedbør som basis for beregningerne
- Registrering af alle udledningspunkter for regnvandsbetingede udledninger indenfor amtskommunen.
- Registrering af nugældende beregningsforudsætninger for disse udløb (i.h.t. et givet beregningsniveau jfr. kap. 7) og sammenstilling af disse med de forudsætninger, som har ligget til grund for anlæggenes dimensionering.
- Beregning af de udledte mængder på basis af det konkrete års nedbør i regionen, resultaterne af måleprogrammet og de indsamlede oplandsdata.

Måleprogram

Måleprogrammet gennemføres ifølge aftaler, i tilknytning til iværksættelsen af vandmiljøplanens overvågningsprogram, af nogle udvalgte amtskommuner.

Derudover har en række øvrige amtskommuner tilkendegivet, at de vil gennemføre målinger (jfr. bilag 1).

Måleprogrammet supplerer det generelle program med følgende elementer:

- Måling af sammenhørende værdier af nedbør - afstrømning og stoftransport for udvalgte oplande (jfr. kap. 5)
- Bearbejdning af disse måleresultater med henblik på at bestemme generaliseringsparametrene (jfr. kap. 6).

På basis af måleresultaterne fra de enkelte oplande foretager Miljøstyrelsens fagdatacenter en samlet vurdering, der resulterer i en række anbefalede værdier, som bør anvendes ved beregningerne i det generelle program.

4. FASEOPDELING AF OVERVÅGNINGSPROGRAMMET

Gennemførelsen af programmet indebærer naturligt en opdeling i en række faser. I det følgende er eksemplificeret, hvorledes denne faseopdeling kan udmøntes for h.h.v. måleprogrammet og det generelle program.

4.1 Måleprogram

Måleprogrammet falder naturligt i følgende faser:

Fase 1: Valg af oplande og udstyr.

Fase 2: Gennemførelse af målinger.

Fase 3: Evaluering og generalisering af måleresultater.

Fase 1

Ved gennemgang af spildevandsplaner, kontakt til kommuner, etc. udarbejdes en liste over egnede måleoplande, der opfylder de i kap. 5 opstillede krav. Udvalgelse af måleoplande sker i første omgang ud fra Amtskommunernes kortlægning af steder, hvor målebetingelserne kan opfyldes. Herefter vil valget af måleoplande i videst muligt omfang blive koordineret indbyrdes og med andre igangværende målinger i samråd med Miljøstyrelsens fagdatacenter.

Koordineret på samme vis foretages der valg af udstyr, således at alle målingerne foretages med en velegnet type udstyr.

Fase 2

Ved målingernes gennemførelse skal der foretages følgende aktiviteter:

- Udstyret tilses og kalibreres
- Data bearbejdes løbende

Det anbefales at føre en logbog for hver station, hvor alle forhold noteres.

Den løbende databearbejdning tjener til at afgøre om data er konsistente. Den bør påbegyndes straks efter at målingerne er iværksat, selvom det betyder at forudsætningerne for beregningerne indledningsvis ikke er helt i orden (se kap. 6). Rutinemæssigt bør man beregne følgende værdier:

- Afløbskoefficienten, d.v.s afstrømmet volumen i forhold til falden nedbør. Denne kontrolparameter bør være i et rimeligt forhold til oplandets befæstelsesgrad, som regel lidt mindre end denne. Eksempelvist kronologiske plot vil vise om der sker en systematisk ændring, som kunne skyldes målefejl.
- Hændelsesmiddelkoncentrationen af det afstrømmede vand bør ligeledes optegnes kronologisk, således man kan vurdere eventuelle ændringer. Forventeligt vil variationen dog være stor således at eventuelle fejl vil sløres.
- Middelkoncentrationer beregnet ved at beregne gennemsnitskoncentrationen som glidende gennemsnit over en periode på f.eks. en måned. Dette bør give rimeligt konstante værdier. Beregningen foretages ved at beregne den totalt transporterede stofmasse og dividere denne med den i de tilsvarende perioder afstrømmede vandmængde.

Viser der sig uforklarlige afvigelser bør udstyret kontrolleres grundigt. Man bør også være opmærksom på, at der løbende kan ske ændringer i oplandet. Sådanne ændringer skal nøje beskrives og noteres.

Målingerne bør løbende koordineres amtskommunerne imellem, således erfaringerne og resultaterne udveksles hurtigt (jfr afsnit 8.3).

Fase 3

På basis af de målte resultater foretages der en evaluering og generalisering efter de principper, der er opregnet i kap. 6. Dette foretages i samarbejde mellem Miljøstyrelsens fagdatacenter og amtskommunerne. Dette bør udføres periodemæssigt, således at der kan tages stilling til måleprogrammets videre forløb.

4.2 Generelt program

Det generelle program kan opdeles i en række faser, hvor slutmålet er, at man efter en år-række vil kunne bestemme alle udledninger efter beregningsniveau 3, simuleringsmodel, men at man undervejs mod dette slutmål kan anvende mindre krævende metoder som angivet ved niveau 1 og 2.

5. MÅLINGER

Omfang	De nødvendige målinger opdeles efter følgende emner: - Nedbør - Afstrømning - Stof - Opland
Nedbør	For måleoplandet skal registreres den lokale nedbør. Denne nedbør anvendes ved opgørelsen af vandbalancen for oplandet, som leder frem til generaliseringsparametrene. Desuden skal der foretages en regional registrering af nedbøren, som skal benyttes ved beregningerne i det generelle program.
Afstrømning	Der skal registreres de vandmængder, som forlader oplandet. Der skal foretages registrering af såvel tørvejsafstrømning, som afstrømning under regn.
Stof	Stofindholdet i det afstrømmede vand skal måles. Dette kan ikke gøres direkte på stedet, men gøres ved at udtage en vandprøve, som senere analyseres på et autoriseret laboratorium.
Opland	Oplandets udformning, overflader, indbyggere, ledningsnet etc. skal registreres. Dette skal ske med en detaljeringsgrad som er højere end den registrering, som skal foretages ved beregningen af de udledte mængder ved umålte udløb i det generelle program.

5.1 Valg af måleoplande

De måleoplande, som skal vælges i forbindelse med måleprogrammet, bør etableres under hensyntagen til en række forhold:

- Generaliseringsmæssige hensyn
- Måletekniske hensyn
- Behov for nye oplandstyper
- Fordeling mellem fælles- og separatsystemer

Generalisering	For at måleresultaterne kan benyttes til generaliseringsformål skal oplandet opfylde følgende krav: - Det skal være velafgrænset og have samme type kloaksystem - Det må ikke indeholde bygværker, hvor afstrømningen deles og ledes udenom målepunktet. - Oplandet må ikke indeholde væsentlig forurenende industri. - Målepunktet skal placeres opstrøms for overløbsbygværker etc. - Ved måling i et overløbsbygværk skal målepunktet placeres i <u>tilløbsledningen</u>. Ved en sådan måling er det af verifikationshensyn værdifuldt også at måle i overløbsledningen. Målingen i tilløbsledningen er dog den primære måling.
Måleteknik	Måleteknikken for h.h.v. nedbørs- og afstrømningsmålingen, samt prøvetagningen stiller specifikke krav til såvel opland som afløbsnet de steder der skal måles. Disse krav er specifikke for hvert måleprincip - i afsnit 5.2 og 5.3 opridses hovedtrækkene. Der må dog gøres opmærksom på, at fraviges de krav som måleudstyret stiller, løber man en stor risiko for at målingen mislykkes.
Nye oplandstyper	Gennemgås de i dag foreliggende målinger og måleoplande når man frem til, at resultaterne fra fem oplande kan benyttes til generalisering (PH-Consult 1989a). Karakteristika for disse oplande er angivet i tabel 5-1. Til dette kan føjes, at afløbsledningerne i disse oplande alle har relativt stort fald - d.v.s de er selvrensende. Såvel internationalt som nationalt forskningsarbejde har generelt ikke været istand til at etablere nogen sammenhæng mellem oplandsparametre, og afstrømmede stofmængder under regn (PH-Consult 1989a). Den eneste undtagelse er, at man i Holland kan spore sammenhænge mellem vandføring og stofafstrømning på grund af at ledningsnettet ligger med meget ringe fald.

Tabel 5-1 Foreliggende måleoplande.

Opland	Kloak-system	Areal (ha)	Bef. grad (%)	Indbyg-gerantal	Oplandsudnyttelse
Cedervænget	Fælles	5,3	45	500	Etagebebyggelse/skole
Vestre Paradisvej	Fælles	17,2	23	360	Villabebyggelse
Odinsvej	Fælles	28	23	660	Villabebyggelse
Munkeris-parken	Separat	6,4	37	170	Villabebyggelse
Hestkøb-gård	Separat	18,7	21	-	Villabebyggelse kontorer

Det må således opfordres til, at man ved valg af nye oplande også får dækket ledningsnet med ringe fald, således at en eventuel forøgelse af stofkoncentrationen i det afstrømmede vand kan vurderes.

Fælles/separat

Måleoplandenes fordeling mellem fælles- og separatkloakerede oplande bør afspejle den landsdækkende fordeling mellem fælles- og separatkloakerede arealer. Den skønnede fordeling på nuværende tidspunkt fremgår af tabel 5-2.

Tabel 5-2 Opdeling af kloakeret areal efter kloakeringsform

Kloakeringsform	Areal (ha)	Procent af total areal (%)
Fælleskloakeret	126000	54
Separatkloakeret	106000	46

Kilde: Spildevandskomitéen 1985.

Det fremgår af tabellen, at fælles- og separat-systemerne tegner sig for hver ca. 50% af det kloakerede areal. Da det samtidigt er vist, at de to systemtyper i gennemsnit giver samme årlige belastning af vandområderne (Johansen 1985), må det anbefales, at måleoplandene for-

deles ligeligt mellem fælles- og separatklø-
kerede oplande.

Koordination

Det må opfordres til, at amtskommunerne fore-
tager en indbyrdes koordinering af valget af
måleoplande, således at det nødvendige spektrum
dækkes fuldt ud. Dette gøres i samråd med mil-
jøstyrelsens fagdatacenter.

5.2 Nedbørsmåling

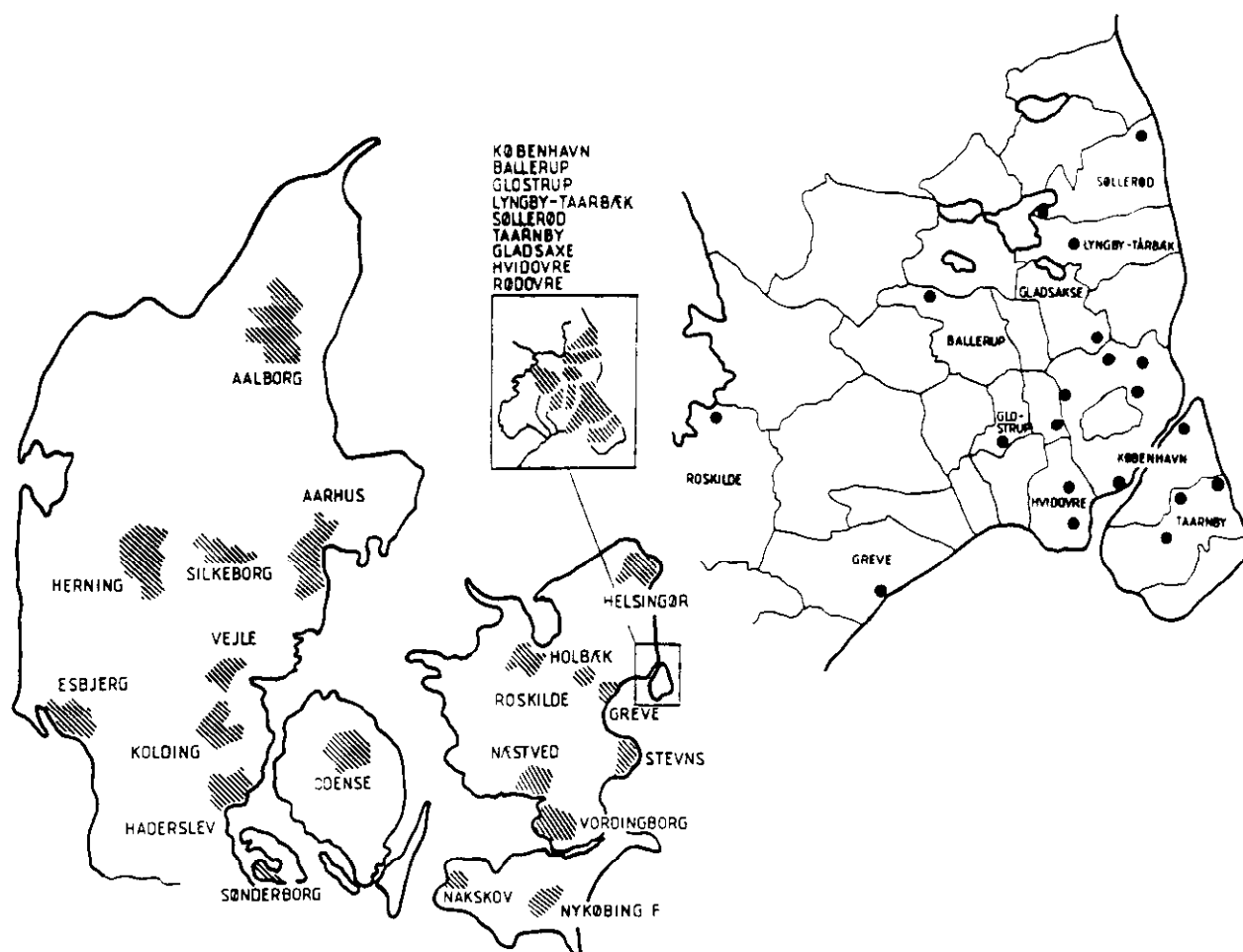
Der bør skelnes mellem de nedbørsmålinger, som
skal foretages i det generelle program og i
måleprogrammet.

Generelt program

Nedbørsmålingen, som danner reference for de
egentlige beregninger af de udledte mængder,
bør gennemføres med nedbørsmålere i Spilde-
vandskomiteens regnmålersystem (SVK 17 og
Laboratoriet for teknisk Hygiejne 1989)

Hermed sikres, at nedbøren måles med samme
kvalitetsniveau, og at data gennemgår en
kvalitetssikring, hvori indgår samspillet med
de øvrige målte meteorologiske parametre. Der-
til kommer, at målerne i det generelle program,
af referencehensyn bør være permanente og ikke
flyttes fra sted til sted under gennemførelsen
af overvågningsprogrammet.

På figur 5-1 er vist hvorledes de etablerede 43
målere i dette system er fordelt over landet
(opgjort primo 1988).



Figur 5-1 Fordeling af målere i Spildevandskomiteens regnmålnet. (Laboratoriet for teknisk Hygiejne 1989)

Dette netværk af målere er etableret af og drives i samarbejde mellem Dansk Meteorologisk Institut, Spildevandskomiteen og de berørte kommuner.

I de amtskommuner, hvor der ikke findes mindst en måler i dette netværk bør der etableres en sådan.

Måleprogram

De nedbørsmålinger, som gennemføres i de egentlige måleprogram, tjener til at bestemme nedbøren på de konkrete måleoplande.

Her vil også kunne anvendes målere i Spildevandskomiteens system. Dog vil man af hensyn til målingens midlertidige karakter (ca. 1 år pr. station), anse det for naturligt at vælge en måler, som er lettere at flytte.

Disse transportable målere bør dog kunne opfylde de samme måletekniske krav, som målerne i Spildevandskomiteens system. Disse er:

- Volumenopløsning 0,2 mm
- Ved en kalibrering skal hver skål overholde et krav om max 2 % afvigelse ved tre på hinanden følgende kalibreringer samtidig skal den samlede nøjagtighed på begge skåle ligge indenfor 1 %.
- Tidsopløsning i dataregistreringen på 1 minut
- Mulighed for tidsmæssig synkroniseret måling på nedbør- og afstrømningsstationerne.
- Volumenmålingen må ikke være intensitetsafhængig

Dertil kommer, at opstillingen af målerne skal foretages under en række hensyn:

- Ved oplande op til 30-50 ha placeres én måler så nær oplandets center som muligt.
- Oplande større end dette forsynes med flere nedbørsmålere, der placeres jævnt fordelt over oplandet.
- Målerne skal placeres under passende læforhold, d.v.s der skal være en højdevinkel på 15-30 grader til omgivende vegetation, og de må ikke placeres nær bygninger, eller direkte på tagflader. (jfr. SVK 17)

Der henvises iøvrigt til Dansk Meteorologisk Institut vedrørende kalibrering og opstilling af regnmålere.

5.3 Afstrømningsmåling

Problematikken i forbindelse med afstrømningsmålingen belyses på følgende punkter:

- Målingernes omfang
- Måleprincipper og fejlkilder

Omfang

Målingen skal gennemføres for at bestemme dels basisafstrømningen i tørvejr og dels afstrømningen under regnhændelser.

Tørvejr

Målingen af tørvejrsafstrømningen skal som minimum ske ved én døgnmåling hver måned. Såfremt det er muligt bør målestationen kalibreres til det forventede variationsområde for tørvejr-afstrømningen for at opnå den største nøjagtighed i målingen. Der må ikke have regnet 48 timer forud for måledøgnet, og man bør sikre sig, at atypiske værdier for tørvejr-afstrømningen (f.eks. filterskyllevand fra vandværk eller svømmehal) ikke optræder.

Regnafstrømning

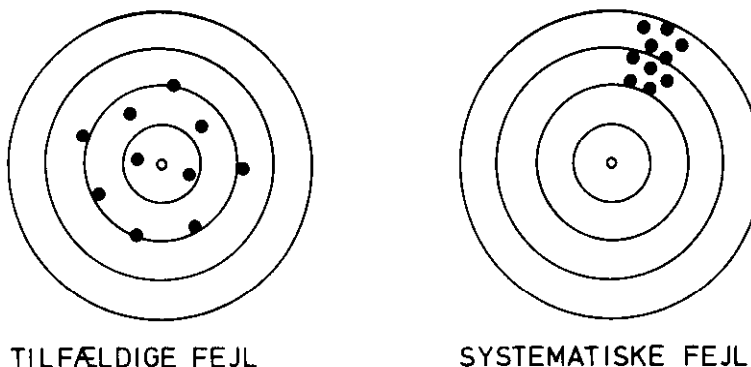
For en given station bør den sammenhørende nedbørs- og afstrømningsmåling gennemføres for en periode af mindst ét år. Målingen bør vedligeholdes i vinterperioden da kendskabet til sneafsmeltningen idag er ringe.

Fejlkilder

Fejl i målingen kan opdeles i to typer:

- systematiske fejl
- tilfældige fejl

På figur 5-2 er illustreret forskellen mellem disse to fejltyper.



Figur 5-2 Tilfældige og systematiske fejl.
(NTNF 1985)

I det første tilfælde haves en måling med stor tilfældig fejl, men centreret om den korrekte værdi, d.v.s. uden systematiske fejl. I det andet tilfælde haves en måling med lille tilfældig fejl, men stor systematisk fejl.

Ved bearbejdningen af måledata (jfr. kap. 6) integreres de målte vandføringsværdier til volumener pr. hændelse. Ved en sådan integration udjævnes de tilfældige fejl og de systematiske fejl bliver mere betydningsfulde.

Ved målingen af vandføring kan man således tillade relativt store tilfældige fejl, men må absolut undgå systematiske fejl.

Tilfældige fejl optræder som oftest som funktion af selve måleprincippet, mens dette ikke bør være tilfældet for systematiske fejl. Måleudstyr med væsentlige systematiske fejl, der ikke kan korrigeres for, bør ikke anvendes, da data ikke bør bruges til noget. Det må således være et krav til leverandøren at dokumentere, at udstyret ikke tilføjer målingen systematiske fejl, og iøvrigt at dokumentere størrelsen af tilfældige fejl og virkemåde af udstyret.

Kalibrerings-service

Det er vigtigt, at alle målinger bliver gennemført med en god nøjagtighed. Der kan derfor være behov for at etablere en national kalibreringsservice, hvor udstyret kan indsendes til afprøvning før målingerne starter og efter målingerne er afsluttet.

Institutioner, virksomheder o.lign., som vil kunne påtage sig denne opgave opfordres derfor til at kontakte Miljøstyrelsen.

Selve installationen af en iøvrigt korrekt fungerende måler kan imidlertid tilføje målingen store systematiske fejl, og det er brugerens ansvar at forskrifterne for installation og drift følges nøje, således at risikoen for disse fejl minimeres.

Alt udstyr bør kalibreres forud for installation og efter nedtagning.

Måleprincipper

Afstrømningsmålingen kan gennemføres ved hjælp af en lang række teknikker (Spildevandskomitéen 1976, NTNF 1985, ISO 1983a, ISO 1983b)). Disse kan opdeles i følgende hovedgrupper:

- Målinger med kontroltværnsnit
- Areal/hastighed målinger
- Sporstofmålinger

I det følgende gennemgås de nævnte måleprincipper m.h.b. på en beskrivelse af de væsentligste kilder til systematiske fejl.

Kontroltværnsnit

Denne gruppe omfatter alle de målemetoder hvor man på basis af måling af vanddybden opstrøms for et kontroltværnsnit kan beregne vandføringen udfra den kritiske dybde der entydigt skal findes i kontroltværsnittet.

Langt hovedparten af de traditionelle målemetoder, målerender og måleoverløb, kan findes i denne gruppe.

Ved valget af målested er det væsentligt, at alle de foreskrevne forhold (jfr. speciallitteraturen, f.eks. NTN 1985) er opfyldt. Dette gælder specielt:

- Der skal være strømmende bevægelse opstrøms for måletværsnittet
- Der må ikke være mulighed for opstuvning ved nogen vandføring fra de nedstrøms dele af ledningsnettet, som kan ødelægge dannelsen af den kritiske dybde. Ved måleoverløb kan dette sikres ved, at der haves en beluftet fri stråle og ved målerender ved, at der haves strygende bevægelse af vandet nedstrøms for målerenden.
- Måletværsnittet skal holdes fri for aflejringer, som kan forandre måletværsnittets geometri og dermed sammenhængen mellem vanddybde og vandføring.
- Strømningen skal være retlinet og uden tværsnitsændringer, påhugninger og ændringer i fald opstrøms på en strækning på 10-50 gange maksimal vandspejlsbredde. Jo større forstyrrelserne er, jo større skal afstanden være.
- Vanddybdemåleren skal være korrekt justeret m.h.t. nulpunkt og måleområde. Disse indstillinger skal kontrolleres hyppigt. Viser kontrollen, at målerens indstillingsværdier ændres systematisk (måleren driver), bør den udskiftes.

Areal/hastighed

Denne gruppe omfatter en lang række målemetoder, som alle baseres på, at man ved samtidig måling af gennemsnitshastigheden i strømningen og arealet af strømningstværsnittet, kan beregne vandføringen. Metoden anvendes hyppigt ved fuldtløbende rør, hvor man ved elektromagnetisk måling af vandhastigheden kan opnå en meget pålidelig måling. Metoden anvendes også til målinger i vandløb, hvor man med en propel måler hastigheden i flere tværsnitpunkter, og således kan beregne gennemsnitshastigheden.

Den mest almindelige metode i denne gruppe til måling i afløbsledninger udgøres imidlertid af de såkaldte "ringmålere". Monteret på en fastgørelsesring af samme diameter som ledningen indføres en sensor i bunden af ledningen. Denne

sensor måler hastighed og vanddybde. Hastighedsmålingen kan ske enten som en elektromagnetisk måling eller som en måling med ultralyd (Dobblers-effekt). Vanddybdemålingen sker normalt med en tryktransducer.

De væsentligste krav til denne måletype er:

- Den målte hastighed i feltet omkring sensoren skal kunne omsættes til gennemsnitshastigheden for profilet uanset delopfyldning.
- Der må ikke optræde hydrauliske spring nær måletværsnittet. Dette indebærer, at Froudes tal¹ for vandstrømmen på målepunktet bør være udenfor intervallet 0,9 - 1,5, hvilket svarer til ledningsfald i intervallet 5-10%.
- Måletværsnittet skal holdes fri for aflejringer, som kan forandre måletværsnittets geometri og dermed sammenhængen mellem vanddybde og vandføring.
- Strømningen skal være retlinet og uden tværsnitsændringer, påhugninger og ændringer i fald opstrøms på en strækning på 10-50 gange ledningsdiameteren. Jo større forstyrrelserne er, jo større skal afstanden være.
- Vanddybdemåleren skal være korrekt justeret m.h.t nulpunkt og måleområde. Disse indstillinger skal kontrolleres hyppigt. Viser kontrollen, at målerens indstillingsværdier ændres systematisk (måleren driver) bør den udskiftes.

Sporstof

Sporstofmålinger vil sjældent anvendes ved rutinemålinger i afløbssystemet. Metoden kan anbefales ved kalibrering på målestedet, såfremt øget vandføring kan etableres under kontrollerede forhold og omtales derfor kort her.

Målingen kan udføres efter tre metoder:

- Fortyndingsmetoden, hvor en konstant sporstofmængde doseres gennem så lang tid, at der opnås en konstant koncentration ved målestedet. Vandføringen bestemmes da ud fra fortyndingen.
- Integrationsmetoden, hvor man doserer en kendt sporstofmængde momentant. Ved integra-

¹

$F = V/(gD)^{1/2}$; V =gennemsnitshastighed over tværsnittet;
 g = tyngdeaccelerationen; D =Middeldybden

tion af den målte sporstofkurve ved målestedet kan fortyndingen, og dermed vandføringen bestemmes.

- Hastighedsmetoden, hvor man beregner gennemstrømningstiden ud fra kurveforløbet for sporstoffet. Man kan da bestemme vandhastigheden. Strømningstværsnittet mellem doserings- og målested skal være konstant, og vandføring findes ved multiplikation af tværsnitsareal og hastighed.

Alle metoder kræver, at der sker en total opblanding af sporstoffet på strækningen mellem doseringssted og målested. Den mest pålidelige måling opnås ved stationær vandstrømning. Kun fortyndingsmetoden kan anvendes ved ikke-stationær vandføring, hvilket er det normalt forekommende i afløbssystemer. Hertil kræver metoden imidlertid kontinuert registrering af sporstoffet. Efter en periode svarende til transporttiden fra doseringspunkt til målepunkt, vil ændringerne i sporstofkoncentration være direkte proportionale med ændringerne i vandføring, således at når sporstofkoncentrationen falder er vandføringen øget. Iøvrigt henvises til speciallitteraturen f.ex. ISO (1983b)

Der gøres opmærksom på at brug af sporstoffer til sådanne målinger kræver tilladelse eller dispensation i. h. t. miljøbeskyttelsesloven § 17, stk. 2.

5.4 Stofmåling

Princip

Medens målingen af nedbør og afstrømning er direkte målinger i felten, virker stofmålingen ved, at der i felten udtages en eller flere vandprøver, som siden analyseres i et laboratorium.

Repræsentativitet

Da der således kun undersøges en delmængde af den virkelige afstrømning skal denne delstrøm udtages således at den er repræsentativ for hele afstrømningen. Primært skal den være repræsentativ for massetransporten af stof gennem måletværsnittet, og ikke for koncentrationen af stoffet i det afstrømmede vand.

Det ideelle princip ville indebære, at en konstant delstrøm føres gennem prøvetageren. Fra denne delstrøm ledes kontinuert en mængde, som er proportional med den øjeblikkelige vandføring, ned i en flaske. Hermed sikres, at der i flasken findes en repræsentativ blanding.

Af forskellige apparattekniske grunde gennemføres dette princip kun sjældent ved feltmålinger. Mange prøvetagere virker ved udtagning af enkelte prøver med et fast volumen. Disse prøver kan udtages efter to principper:

- Tidsproportionalt
- Vandføringsproportionalt

Heraf vil den tidsproportionale prøvetagning give en blanding, som er repræsentativ for gennemsnitskoncentrationen i det afstrømmede vand og den vandføringsproportionale prøvetagning vil give en blanding der er repræsentativ for massetransporten gennem tværsnittet.

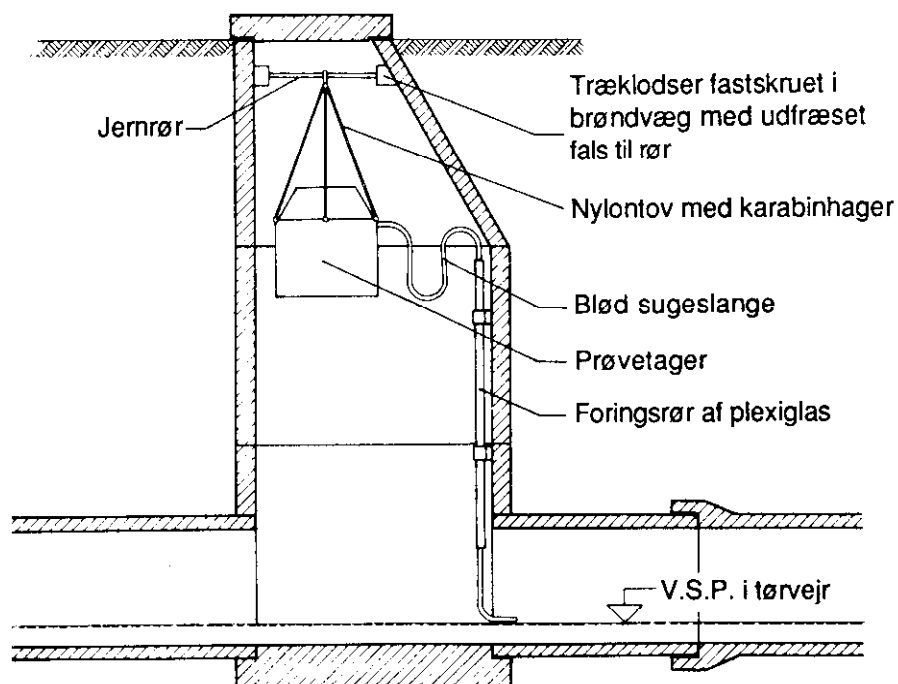
Heraf følger, at alene den vandføringsproportionale prøvetagning kan anvendes ved målingerne i dette program.

Derudover kan placering af sugehovedet være af væsentlig betydning for prøvens repræsentativitet. Generelt skal sugehovedet placeres hvor der er total opblanding over tværsnittet. Specielt må sugehovedet ikke placeres i bunden af ledningen. Dette skyldes, at der i så tilfælde vil være en overrepræsentation af det materiale, som er aflejret der. På figur 5-3 er vist et eksempel på, hvorledes slangen til prøvetageren kan placeres i en brønd, således den fastholdes over bunden af ledningen.

I den første del af måleperioden bør de udtagne prøvers repræsentativitet vurderes ved sammenligning med samtidigt manuelt udtagne prøver.

Endeligt har selve håndteringen af prøverne, fra udtagningen til leveringen på laboratoriet væsentlig indvirkning på resultatet. Eksempelvis skal prøvebeholderne nedkøles, således det organiske stof ikke omsættes inden analysen. For detaljeret vejledning i disse spørgsmål må analyselaboratoriet konsulteres, ligesåvel som håndteringen er beskrevet i Hovedstadsrådet (1981b)

I det følgende beskrives de krav dette rejser for h.h.v. målingen af tørvejr- og regnafstrømningens stofindhold.



Figur 5-3 Placering af prøvetagerslange. Hovedstadsrådet (1981c).

Tørvejr

I systemer med afstrømning i tørvejr (fællessystemer- og separatsystemer med drænvandsafstrømning) skal der udtages prøver til beskrivelse af tørvejrsafstrømningens variation over døgnet.

Disse prøver udtages samtidigt med den månedlige døgnmåling af tørvejrsafstrømningen (jfr. afsnit 5.3). Repræsentativiteten sikres ved at der udtages vandføringsproportionale prøver. Flasken skiftes manuelt hver tredje time eller der anvendes en fraktionsprøvetager der automatisk kan skifte flaske hver tredje time.

For et måledøgn haves således 8 flasker, som hver repræsenterer en 3 timers periode.

Af hensyn til homogeniteten i databearbejdningen vil det være hensigtsmæssigt om disse 3 timers perioder er de samme ved alle målinger. Det foreslåes, at vælge en periodeinddeling, som er sammenfaldende med den inddeling man får ved at starte målingen kl. 12.00. D.v.s. perioderne bliver 12-15, 15-18, 18-21, 21-24, etc.

Tørvejrsprøverne analyseres som minimum for samme stoffer som regnafstrømningen.

Regnafstrømning Under regn udtages der vandføringsproportionale prøver, som sammenblandes i en enkelt flaske. Prøvetagningen skal først udløses, når man er sikker på, at afstrømningen stammer fra regn. D.v.s. enten ved at indbygge et kriterie om overskridelse af en fastsat maksimal tørvejrsvandføring, eller en vis regnmængde før prøveudtagningen startes. Det bedste ville være om der kunne tages hensyn til begge kriterier.

Ved enkelte måleoplande vil det af generelle videnskabs- og verifikationshensyn være værdifuldt om en del af prøverne kunne udtages som fraktionerede prøver, d.v.s. prøverne samles i separate flasker. Dette gælder specielt oplande, hvor ledningsnettet ligger med ringe fald. Her vil der muligvis kunne vises en "first flush²" effekt.

Prøverne fra regnafstrømning analyseres som minimum for Tot-N, Tot-P, COD og evt. BI₅.

5.5 Beskrivelse af måleopland

Beskrivelsen af måleoplandet er et integreret led i målingen. Uden en detaljeret beskrivelse af oplandets karakteristika kan måledata ikke tolkes og generaliseres på rimelig vis.

Beskrivelsen omfatter følgende elementer:

- Typebeskrivelse
- Overfladebeskrivelse
- Ledningsbeskrivelse

Typebeskrivelse Typebeskrivelsen indeholder en del af de elementer, som fremgår af tabel 5-1.

- Kloaksystem
- Total areal
- Indbyggerantal
- Arealudnyttelse

Overfladebeskrivelse Overfladebeskrivelsen indeholder en klassifikation af oplandet i forskellige overfladetyper. Disse deles primært i følgende grupper:

Type 1. Permeable overflader, d.v.s. overflader uden befæstelse som bevoksede arealer eller åbne jordarealer.

Type 2. Semipermeable overflader, d.v.s. befæstede flader med en vis mulighed for vandgennemtrængen, som fortove, brosten etc.

Type 3. Impermeable overflader, d.v.s. befæstede flader uden mulighed for vandgennemtrængen.

I figur 5-4 og tabel 5-3 er vist eksempler på en sådan opgørelse. Såfremt måleoplandet er meget stort kan opmålingen foretages på repræsentative udsnit. Der skal dog udvises den største omhu ved udvælgelsen af disse udsnit.

Tabel 5-3 Arealopgørelse for Cedervænget, Hovedstadsrådet (1981c).

	Arealfordeling		Areal type
	Ha	%	
Tag	0.95	18.0	3
Vej	0.21	4.0	3
Fortov	0.18	3.4	2
P-plads/skolegård	1.04	19.7	2
Grønt	2.90	54.9	1
	5.28	100	

Befæstelsesgraden beregnes som:

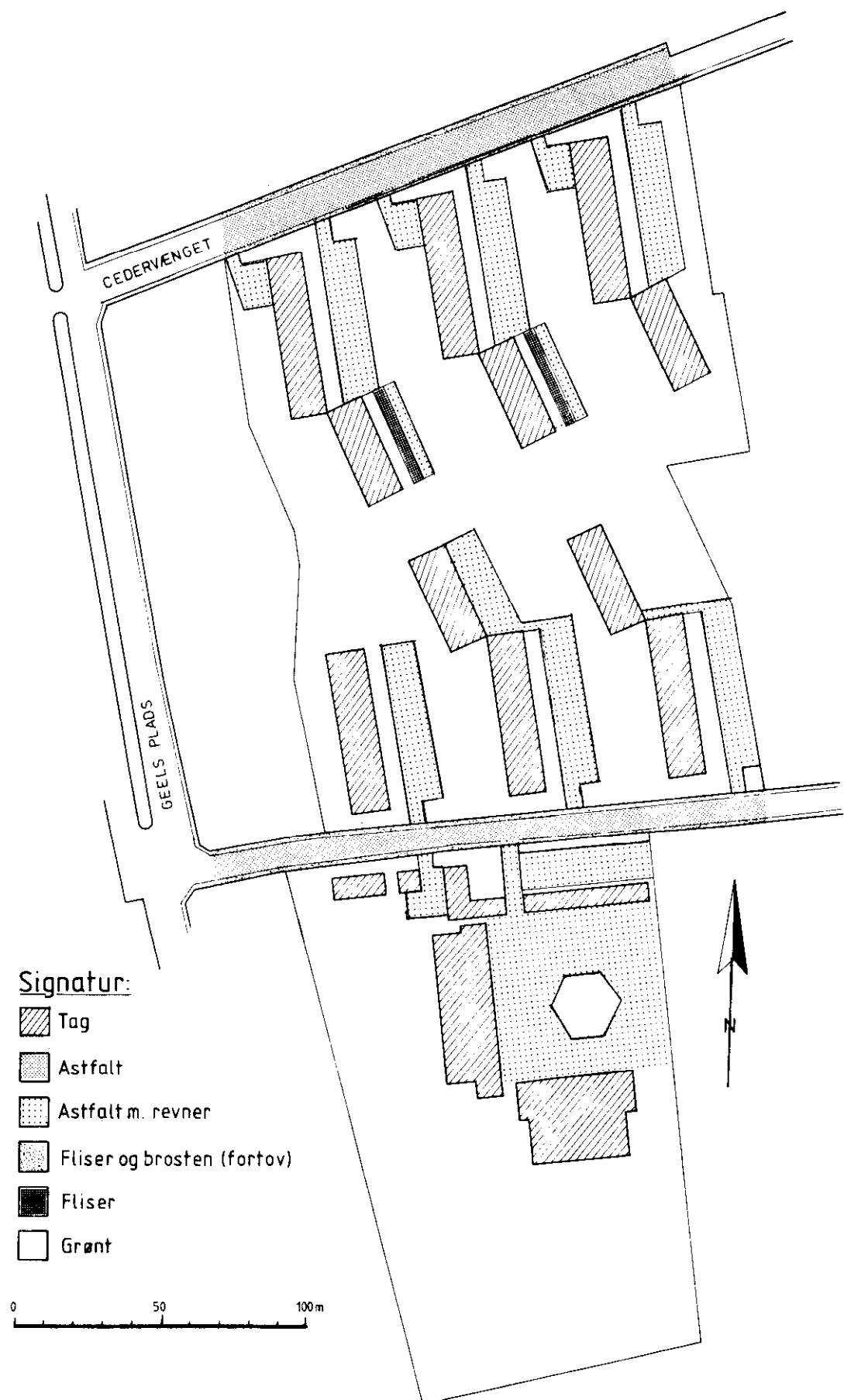
$$\frac{\text{Type 2} + \text{Type 3}}{\text{Type 1} + \text{Type 2} + \text{Type 3}}$$

Ovenstående eksempel giver således:

$$\frac{0.95 + 0.21 + 0.18 + 1.04}{5.28} = \underline{0.45}$$

Grundlag

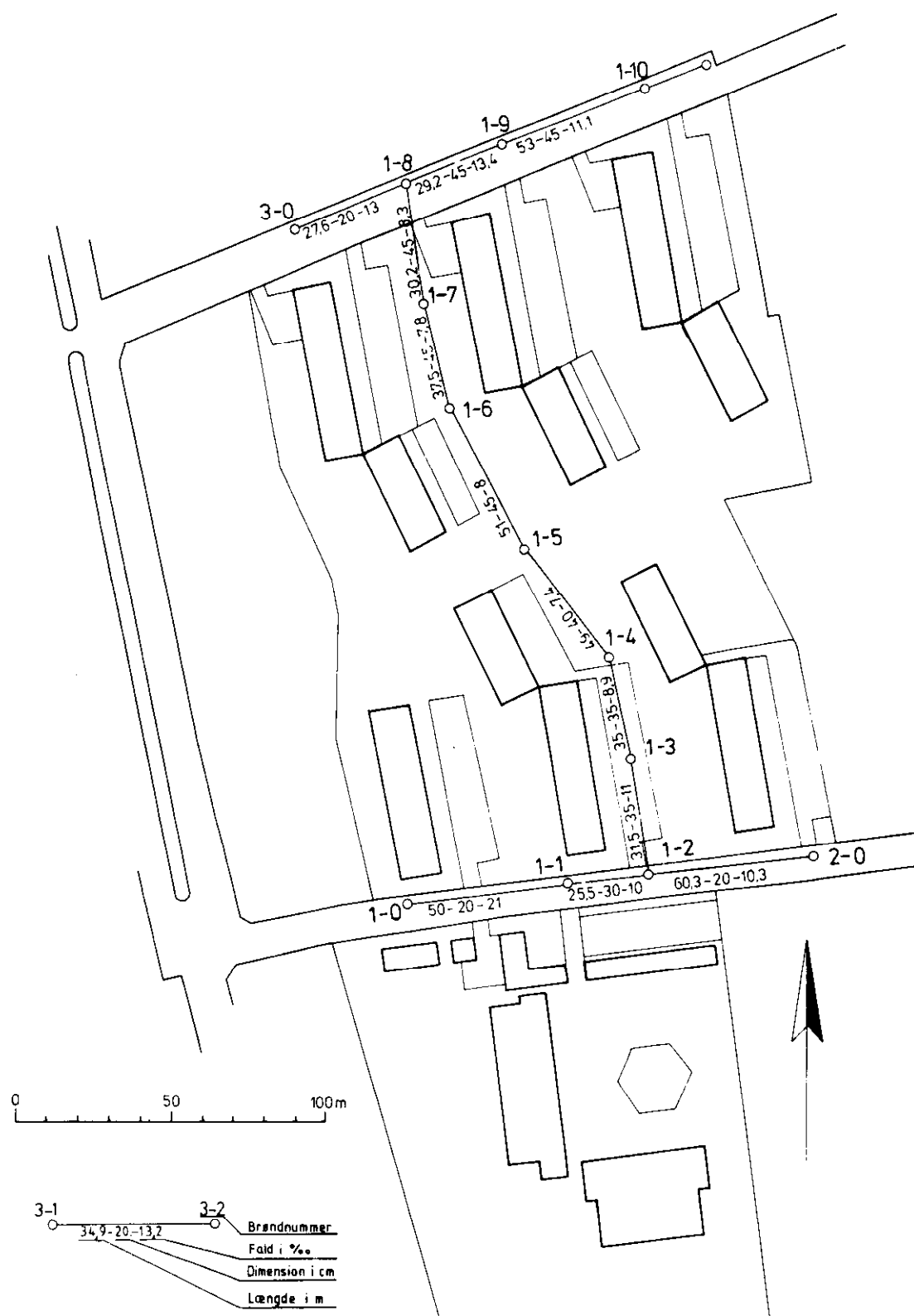
Grundlaget for beskrivelserne vil normalt være de kommunale arkiver og tegninger. Ved overfladebeskrivelsen bør dette dog suppleres med luftfoto. Arkivoplysningerne bør stikprøvevis verificeres ved målinger i oplandet af f.eks. bundkoter, bygværksdimensioner, overfaldskoter etc.



Figur 5-4 Overfladebeskrivelse for Cedervænget.

Lednings-
beskrivelse

Ved ledningsbeskrivelsen kortlægges ledningsdata for alle ledninger (excl. stikledninger) i oplandet. Et eksempel er vist på figur 5-5.



Figur 5-5 Ledningsbeskrivelse for Cedervænget, Hovedstadsrådet (1980c)

6. DATABEARBEJDNING INDENFOR MÅLEPROGRAMMET

For hver enkelt målestation skal følgende parametre beregnes:

- Initialtab
- Hydrologisk reduktionsfaktor
- Hændelsesmiddelkoncentrationer (HMK)

I det følgende beskrives fremgangsmåden ved beregning af disse parametre udfra de målte data.

Udover disse beregninger, som skal udføres lokalt for hver enkelt målestation, skal der foretages en central sammenstilling af data fra alle målestationer. Resultatet af denne sammenstilling skal være et sæt anbefalede værdier for de videre beregninger af belastninger af vandområder fra regnvandsbetingede udløb.

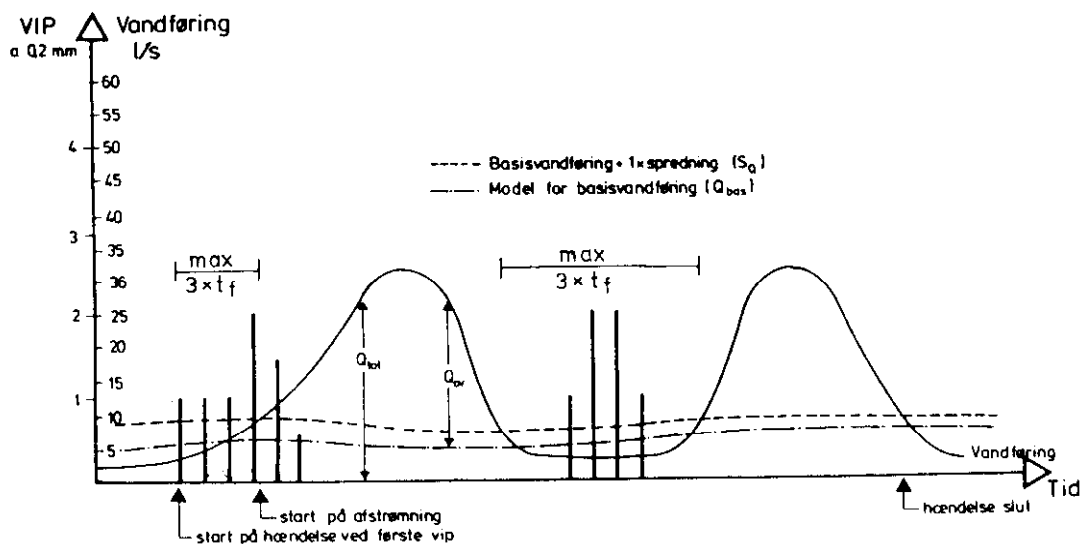
6.1 Hydrologi

For at beregne initialtab og hydrologisk reduktionsfaktor for fællessystemer, er det nødvendigt at opdele måleserien af regn og afstrømning i enkelthændelser.

En hændelse defineres på følgende måde:

- En hændelse starter ved første vip fra regnmåleren
- Afstrømningshændelsen starter når vandføringen er større end basisvandføringen + spredningen på denne.
- Der tillades en pause i afstrømningen på op til 3 gange den fuldtløbende afløbstid for oplandet.
- Hændelsen slutter når vandføringen er mindre end basisvandføringen + faktor*spredningen på denne. Den faktor der anvendes bør normalt være 1, men hvis plot af de målte hydrografer viser en meget lang hale med vandføringer større end $1 \cdot \text{spredningen}$, kan det beslattes at anvende en faktor der er større end 1.

Ovennævnte definition af en hændelse er illustreret på figur 6-1



Q_{tot} : Målt vandføring
 Q_{bas} : Basisvandføring
 Q_{ov} : Overvandføring ($= Q_{tot} - Q_{bas}$)
 S_Q : Spredning på Q_{bas}

Figur 6-1 Definition af regnhændelse

Efter at måleserien således er opdelt i enkelt-hændelser beregnes for hver hændelse følgende værdier:

- Regndybde i hændelsen i mm.
- Det afstrømmede volumen under afstrømnings-hændelsen i m^3
- Det afstrømmede volumen i perioden fra den første prøve udtages til den sidste prøve er udtaget i m^3 .
- Volumen af basisstrøm under afstrømnings-hændelsen i m^3 .
- Volumen af basisstrøm i perioden fra den første prøve udtages til den sidste prøve er udtaget i m^3 .

En forudsætning for at kunne bestemme hændelsesstart og slut, samt volumen af basisstrøm er, at der eksisterer en tørvejrsmode l for måleoplandet.

Denne tørvejrsmode l skal baseres på målinger som beskrevet i afsnit 5.3.

Opstilling af tørvejrsmode l.

Der skal opstilles en tørvejrsmode l for måleoplandet som beskriver basisvandføringen s variation over døgnet som middelværdier for hver time i døgnet.

Disse middelværdier for hver time findes ved at finde middelværdi og spredning af alle de målte vandføringer inden for den aktuelle time.

D.v.s, at hvis der registreres vandføring hvert 5. minut vil der efter første tørvejrsmåledøgn findes 12 vandføringsmålinger for hver time. Det er så middelværdi og spredning af disse 12 målinger for hver time der udgør tørvejrsmode l en for basisvandføring. Når der er målt tørvejrsvandføring i 2 døgn er det middelværdi og spredning af 24 målinger for hver time der benyttes o.s.v.

Viser målingerne en stor variation over året kan det være nødvendigt at opstille tørvejrsmode l eller f.eks. for hvert kvartal eller hver måned for sig.

For separatsystemer kan det være nødvendigt at opstille en tørvejrsmode l efter samme retningslinier som beskrevet ovenfor såfremt der kan konstateres en basisvandføring som f.eks. kan stamme fra dræn. Afhængig af hvor lang tid efter en regnhændelse der kan registreres en vandføring må det i hvert enkelt tilfælde vurderes om det er nødvendigt at opstille en tørvejrsmode l.

Skyldes basisvandføringen fejltilslutninger fra spildevandsnettet må kan oplandet ikke anvendes som måleopland.

Separering af regn og spildevand

Separeringen af regn og spildevand for en hændelse skal, i forbindelse med beregning af initialtab og hydrologisk reduktionsfaktor, ske på følgende måde:

Bidraget fra basisvandføringen findes ved integrere den vandføring som tørvejrsmodellen angiver for den aktuelle periode d.v.s. tidsintervallet fra afstrømningshændelsens start til slut. Det derved beregnede volumen for basisvandføringen fratrækkes det totale målte afstrømningsvolumen. Herved fås det rene regnvandsbidrag, kaldet overvandsvolumenet. Dette gøres for alle målte hændelser.

Overvandsvolumenet normeres med det opmålte befæstede areal og skales så dimensionen bliver mm.

Beregning af initialtab og hydrologisk reduktionsfaktor

For at finde initialtabet og den hydrologiske reduktionsfaktor laves en lineær regressionsanalyse med det totalt målte regnvolumen som afhængig parameter og overvandsvolumenet som den uafhængige parameter.

Hældningen af den derved fundne regressionslinie angiver den hydrologiske reduktionsfaktor og afskæringen på "regn"-aksen angiver initialtabet.

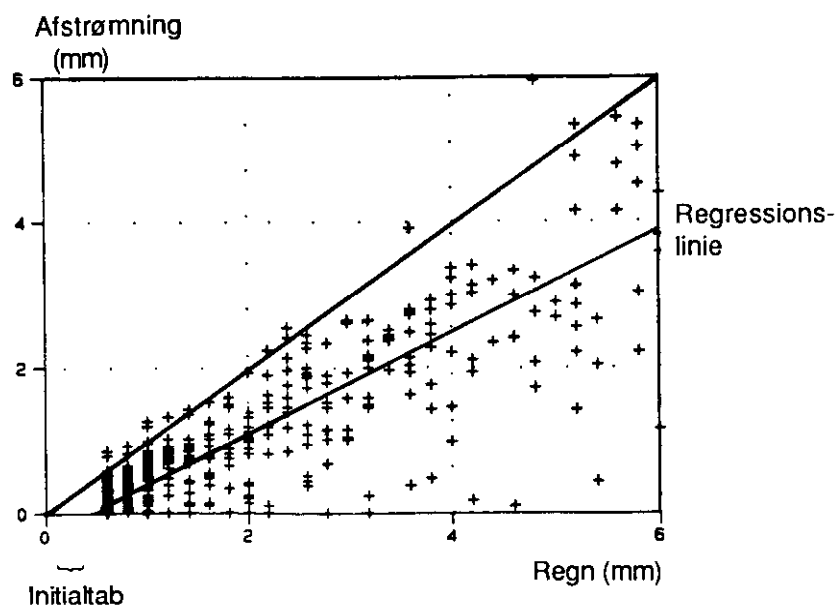
Princippet er illustreret på figur 6-2.

På basis af de hidtidige målinger er fundet værdier for initialtab i intervallet 0,5 - 1,0 mm. og for den hydrologiske reduktionsfaktor i intervallet 0,7 - 0,9.

Sammenhængen mellem nedbør og afstrømning kan skrives som følger:

$$V = \varphi_r A(R-S) \quad \text{hvor:}$$

V:	Det afstrømmede volumen
φ_r :	Den hydrologiske reduktionsfaktor
A:	Det befæstede areal. Dette findes ved opmåling som summen af impermeable og semipermeable flader
R:	Regndybden
S:	Initialtabet



Figur 6.2 Sammenhæng mellem regn og afstrømning

6.2 Stof

Fremgangsmåden ved bearbejdning af de målte stofdata er principielt den samme som den ovenfor beskrevne fremgangsmåde for bearbejdning af de hydrologiske data.

Bidraget fra basisstrømmen skal trækkes ud af måledata og der skal derefter beregnes handelsmiddelkoncentrationer (HMK) samt stationsmiddelkoncentrationer, medianværdier og spredning.

Separering af stofbidrag fra regn og spildevand

Separeringen af stofbidraget fra regn og spildevand sker ved anvendelse af den opstillede tørvejrsmode. Som beskrevet ovenfor består tørvejrsmodellen af middelværdier af vandføring for hver time i døgnet og middelværdier af stofkoncentrationer for hver 3 timers periode i døgnet.

Spildevandsbidraget under en hændelse beregnes på følgende måde:

Spildevandsbidraget til massetransporten, d.v.s. det antal kg. stof der er transporteret forbi målestedet med spildevandet under hændelsen, af det aktuelle stof beregnes ved at integrere produktet af den vandføring og den stofkoncentration som tørvejrsmodellen angiver

for den aktuelle periode d.v.s. tidsintervallet fra første til sidste prøve i hændelsen. Herved fås det rene spildevandsbidrag.

Den totale massetransport, d.v.s. det antal kg. stof der er transporteret forbi målestedet under hændelsen, findes ved at multiplicere den målte koncentration med det totalt afstrømmede volumen indenfor perioden fra den første prøve er udtaget til den sidste prøve er udtaget.

Regnvandsbidraget til massetransporten findes ved at trække spildevandsbidraget fra den totale transporterede masse under hændelsen.

Hændelsesmiddelkoncentration (HMK)

Hændelsesmiddelkoncentrationen kan nu findes ved at dividere regnvandsbidraget til massetransporten med det afstrømmede regnvandsvolumen indenfor perioden fra første prøve til sidste prøve er udtaget. Herved fås hændelsesmiddelkoncentrationen også kaldet overvandsmiddelkoncentrationen.

Denne HMK beregnes for samtlige målte hændelser.

Stationsmiddelkoncentration

Akkumulerende
virkning

For stoffer med akkumulerende virkning i recipienten (f.eks. N, P) beregnes en stationsmiddelværdi for de enkelte målestationer på følgende måde:

For alle de målte hændelser summeres antal kg. stof transporteret med regnvandet og antal m³ afstrømmet regnvand. Stationsmiddelkoncentrationen findes da ved at dividere summen af kg. stof med summen af m³ regnvand.

Akut virkning

Stationsmiddelkoncentrationen for stoffer med akut virkning på et vandområde (f.eks. COD) findes som medianværdien af de beregnede HMK. D.v.s den værdi som 50% af de beregnede HMK er større end og derfor også som 50% af de beregnede HMK er mindre end.

Medianværdien vælges, da undersøgelser jfr. PH-Consult (1989b) har vist at disse HMK er logaritmisk normal fordelte. Medianværdien er under disse betingelser lig med middelværdien i den logaritmerede fordeling. Et udtryk for variationen af dette tal findes ved at tage anti-logaritmen til spredningen i den logaritmerede

serie. Dette tal kaldes variationsfaktoren, og variationsområdet for medianværdien findes ved h.h.v. at multiplicere og dividere med variationsfaktoren.

Baseret på hidtidige danske målinger og målinger beskrevet i den udenlandske litteratur er der fundet stofkoncentrationer som vist i tabel 6-1, se iøvrigt PH-consult (1989a).

Tabel 6-1 Typiske værdier for stofindholdet i overvand og regnvand.

	Fællessystem			Separat syst.	
	Ekstrem belastning		Vandførings- vægtet middel- værdi	Vandførings- vægtet middel- værdi	Enhed
Komponent	Median	Var. fakt			
SS	120-240	1,6-2,7	100-200	30-100	mg/l
Cod	100-150	1,3-3,3	120	40- 60	
BI5	-	-	25	-	
Tot-N	irrelev.	-	10	2	
Tot-P	irrelev.	-	2,5	0,5	
Pb	irrelev.	-	100-150	50-150	mg/l
ZN	irrelev.	-	300-500	300-500	
Cd	irrelev.	-	1-1,5	0,5-3	
Cu	irrelev.	-	30-40	5-40	
E. Coli	10 ⁷ -10 ⁸	ca. 3	irrelevant	10 ³ -10 ⁴	EC/100ml

Som det fremgår af ovenstående tabel er der for fællessystemer angivet enten medianværdier til beregning af ekstrembelastning eller vandføringsvægtede middelværdier til beregning af årsbelastning. Dette skyldes følgende:

For forurenende stoffer med akut virkning på et vandområde, som f.eks. COD, er det den enkelte hændelse der er af betydning og dermed en ekstremværdistatistik der er væsentlig. Beregnin-

gen af ekstremværdier baseres på en medianværdi gange en faktor der afhænger af gentagelsesperioden PH-Consult, (1989b).

For forurenende stoffer med akkumulerende virkning på et vandområde, som f.eks. N og P, er det påvirkningen over en bestemt periode, f.eks. et år, der er væsentlig. Denne beregning baseres på vandføringsvægtede middelværdier.

7. BEREGNINGSMETODER

I det generelle program (jfr. afsnit 3.2) skal der beregnes udløbsmængder, dels på årsbasis dels opdelt på sommer og vinter, fra samtlige regnvandsbetingede udløb fra fælles- og separatsystemer. Disse beregninger skal foretages af amtskommunerne og skal udføres for hvert år i overvågningsprogrammets løbetid.

Som led i den almindelige kvalitetsplanlægning for vandområder er det endvidere også nødvendigt med beregninger af ekstremstatistik for aflastninger, hvorfor metoder til at beregne disse også beskrives i det følgende.

I det følgende beskrives tre beregningsmetoder efter hvilke disse beregninger kan udføres. Disse tre metoder repræsenterer tre niveauer af detaljeringsgrad, fra en simpel anvendelse af arealenhedstal, til detaljerede beregninger med en simuleringsmodel.

Anvendelsen af disse tre metoder er eksemplificeret i bilag 4.

7.1 Niveau 1 - Arealenhedstal

Anvendelse

Dette er den mest simple metode til overslagsberegning af aflastningsmængder fra både fælles- og separatsystemer.

Metoden kan anvendes til beregning af den samlede aflastning fra fælleskloakerede oplande med flere aflastningspunkter (overløbsbygværker) til samme vandområder. Tilsvarende kan den samlede aflastning fra separatsystemer beregnes.

Metoden bør ikke anvendes til beregning af aflastning fra enkelte bygværker.

Datakrav

Følgende data skal fastlægges for at man kan beregne de nødvendige enhedstal:

- Det befæstede areal for oplandet (fælles- og separatsystemer)
- Summen af bassinvolumen for oplandet (fællessystemer)

- Personækvivalenter/ha (fællessystemer)
- Fuldtløbende afløbstid (fællessystemer)
- Koncentration af det aktuelle stof i regnvandet (separatsystemer)
- Koncentration af det aktuelle stof i spildevandet (fællessystemer)
- Koncentration af det aktuelle stof i overvand (fællessystemer)

På baggrund af disse tal, samt en simuleringsmodel, f.eks. MOUSE-SAMBA, og en regnserie, f.eks. Odenseserien, kan der beregnes enhedstal for årsbelastning og ekstremlastning for det aktuelle opland.

I det følgende beskrives, hvorledes man kan beregne sådanne enhedstal. Derefter er angivet enhedstallene for forskellige kombinationer af de væsentligste af ovenstående parametre.

Enhedstal for fælleskloakerede oplande

Impermeabelt areal

Som grundlag for beregningerne anvendes det impermeable areal. Dette findes som den hydrologiske reduktionsfaktor³ gange befæstelsesgraden gange det befæstede areal. Det impermeable areal benævnes ofte det "reducerede areal" og tilknyttes enheden red. ha.

Initialtab

Ved beregningerne anvendes et initialtab på 0,6 mm.

Antal Pe⁴pr. ha

Af Spildevandskomiteen (1985) fremgår, at der er 19-36 indbyggere/ha i kloakerede oplande, her er dog ikke skelnet mellem fælles og separat systemer. Det må formodes at fællessystemer overvejende befinder sig i ældre bebyggede områder (bycentrum), hvor der er tættest befolket og antallet af indbyggere/ha skønnes derfor i den høje ende af intervallet (ca. 25-35). For i rimelig omfang at tage hensyn til skoler, handel- og service-virksomhed i byområderne tillægges tallene ca 1/3 af deres værdi. Intervallet skønnes derefter at være 30-50 Pe/ha,

³

Findes ud fra resultaterne af måleprogrammet. Hvis ikke andet er kendt benyttes 0,8 ved beregning af årlige mængder og 1 ved ekstrem værdier.

⁴

Pe: Personækvivalenter

heri er ikke taget hensyn til særligt forurenende industrivirksomheder, som må skønnes i hvert enkelt tilfælde.

Ved beregningerne er benyttet 40 Pe/ha. Med en befæstelsesgrad på 30% svarer dette til 133 Pe/red.ha.

Spildevand Spildevandsmængden er sat til 250 l/Pe/dg. Desuden er der medtaget infiltration svarende til 50% af spildevandsmængden.

Forureningsindhold Koncentrationen af forurenende stoffer er antaget at være som angivet i tabel 7-1.

Afløbstid Der er anvendt en lineær tid-areal-kurve med en afløbstid på 20 min. Anvendelsen af kun én værdi for afløbstiden begrundes med, at det kun er for de største afløbstal, at afløbstiden har nogen betydning.

Afløbstal/bassinvolumen Der er beregnet enhedstal for de i tabel 7-2 angivne 3 værdier af afløbstallet og 3 værdier af bassinvolumenet.

På baggrund af disse værdier beregnes der således ialt 9 forskellige enhedstal.

Tabel 7-1 Forureningskoncentrationer i overvand og spildevand

Komponent	Overvand		Spildevand
	Ekstrem. belast. mg/l	Middel belast. mg/l	mg/l
COD	125·f	120	320
TOT-N	-	10	43
TOT-P	-	2,5	13

hvor $f = f(\text{gentagelsesperioden } T)$ jvf. PH-Consult 1989a.

$f(10\text{år}) = 2,6$

$f(2\text{år}) = 2,2$

$f(1\text{år}) = 2,0$

Tabel 7-2 Værdier for afløbstal og bassinvolumen

Afløbstal ($\mu\text{m/s}$)	Bassinvolumen (mm)
0,1	0
0,3	2
1,0	10

Regnserie

Til nærværende beregninger af arealenhedstal er anvendt regndata fra Odenseserien ODE1571. Med denne serie fås middel- og ekstremværdier baseret på en 33 års regnserie.

Ved opgørelserne for konkrete år bør beregningerne gentages med det konkrete års og det konkrete steds nedbør.

Resultater

De resulterende enhedstal fremgår af tabel 7-3 (Vand og antal aflastninger), tabel 7-4 (Tot-N og Tot-P) og tabel 7-5 (Ekstremværdier for vand og COD)

Tabel 7-3 Middelværdier for aflastet volumen og antal aflastninger

Aflastet volumen (m ³ /red.ha/år)				Antal aflast- ninger (år ⁻¹)		
Bassinvolumen (mm)						
Afløbstal (µm/s)	0	2	10	0	2	10
helår	2317	1424	299	48	36	5
0,1 sommer	1403	923	242	25	20	3
helår	1434	706	137	46	21	2
0,3 sommer	980	550	131	25	14	2
helår	466	220	49	24	6	1
1,0 sommer	412	214	49	17	5	1

Tabel 7-4 Middelværdier for aflastet Tot-N og Tot-P

Tot-N kg/red.ha/år				Tot-P kg/red.ha/år		
Bassinvolumen (mm)						
Afløbstal (µm/s)	0	2	10	0	2	10
helår	29	18	3,6	7,7	4,7	0,95
0,1 sommer	17	11	2,9	4,4	2,9	0,7
helår	17	8,0	1,5	4,4	2,1	0,39
0,3 sommer	11	6,1	1,4	2,9	1,6	0,36
helår	5,0	2,3	0,51	1,3	0,59	0,13
1,0 sommer	4,4	2,2	0,51	1,1	0,57	0,13

Tabel 7-5 Ekstremværdier for aflastet volumen og mængde for COD

Aflastet volumen (m ³ /red.ha)				COD (kg/red.ha)		
Bassinvolumen (mm)						
Afløbstal (µm/s)	0	2	10	0	2	10
T=10	399	356	265	130	116	86
T=2	272	234	148	75	65	41
0,1 T=1	216	188	101	55	47	26
T=10	345	318	237	112	103	77
T=2	191	167	85	53	46	24
0,3 T=1	159	131	51	40	33	13
T=10	245	213	124	80	69	40
T=2	127	107	27	35	29	7,4
1,0 T=1	88	61	0	22	15	0

Fremgangsmåde

Ved anvendelsen af arealenhedstal må der skelnes mellem ukoblede og koblede bygværker i fælleskloakerede oplande.

Beregningerne forløber efter følgende principper:

Ukoblede bygværker

Ved ukoblede bygværker (ingen opstrøms bygværk) er fremgangsmåden ved udvælgelse af arealenhedstal:

- Opgørelse af befæstet areal.
- Beregning af reduceret areal for de tilknyttede oplande v.h.a. afløbskoefficienten for befæstede flader.
- Beregning af afløbstallet for bygværket.
- Normering af bassinvolumen, (fra m³ til mm) v.h.a. reduceret areal.

Afløbstal og bassinvolumen anvendes som indgang til arealenhedstallene.

Såfremt bassinvolumen og afløbstal ligger mellem indgangsværdierne i tabellen findes det konkrete enhedstal ved interpolation mellem de fire nævnte værdier.

Det skal fremhæves, at for et givet bygværk er afløbstal og bassinvolumen, der benyttes som indgang til tabellerne for middelsårsbelastning forskellig fra det afløbstal og det bassinvolumen, der anvendes som indgang til tabellerne over ekstrembelastning. Dette skyldes at afløbskoefficienten for befæstet areal (og dermed reduceret areal) er forskellig i de to situationer.

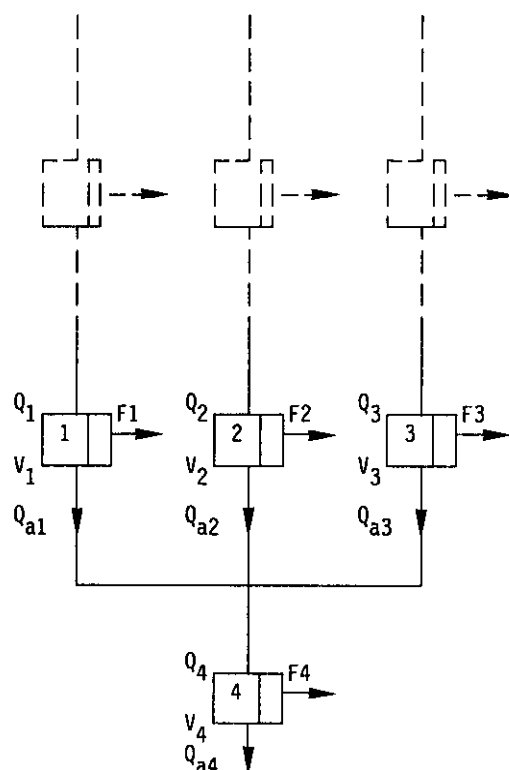
Såfremt enten afløbstal eller bassinvolumen (evt. begge) for det konkrete bygværk ligger udenfor tabellernes indgangsværdier anvendes nærmest lig-gende værdi I særlige tilfælde må man selv beregne enhedstallene, enten med SAMBA eller SVK21.

Når arealenhedstallet er fastlagt findes belastningen som produktet af arealenhedstal og reduceret areal.

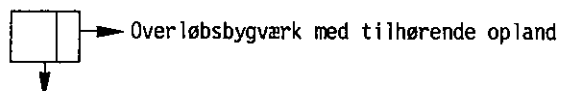
Koblede
bygværker

Såfremt der til et givet bygværk findes knyttet et opstrøms bygværk siges bygværkerne, at være koblede. Dette indebærer, at afstrømningen fra det opstrøms bygværk kan påvirke aflastningen på det nedstrøms bygværk.

Forholdene er eksemplificerede på nedenstående eksempel, figur 7-1.



F : Reduceret areal (ha)
 Q_1 : Middelårvejsafstrømning (l/s)
 Q_a : Afløbsvandføring (l/s)
 V : Bassinvolumen (m³)



Figur 7-1 Koblede bygværker

I dette eksempel beregnes afløbstallet (A_4) og bassinvolumen efter følgende formler:

1: Såfremt $Q_{a4} - (Q_{a1} + Q_{a2} + Q_{a3} + Q_{t4}) \leq 0$:

$$\text{Afløbstal: } A_4 = \frac{Q_{a4} - \Sigma Q_t}{10 \cdot \Sigma F} \quad (\mu\text{m/s})$$

$$\text{Normeret volumen: } V_4 = \frac{\Sigma V}{10 \cdot \Sigma F} \quad (\text{mm})$$

Σ : Summation over opstrøms bygværker og oplande. Et opstrøms bassinvolumen medtages kun såfremt afløbet for bassinet selv er mindre end eller lig med A_4 .

2: Såfremt $Q_{a4} - (Q_{a1} + Q_{a2} + Q_{a3} + Q_{t4}) > 0$:

$$\text{Afløbstal: } A_4 = \frac{Q_{a4} - (Q_{a1} + Q_{a2} + Q_{a3} + Q_{t4})}{10 \cdot F_4} \quad (\mu\text{m/s})$$

$$\text{Normeret volumen: } V_4 = \frac{V_4}{10 \cdot F_4} \quad (\text{mm})$$

For ét konkret "træ" af bygværker kan der da fås tre situationer:

A: Alle bygværker følger betingelse 1, det vil sige, den hydrauliske kapacitet falder i strømretningen.

B: Alle bygværker følger betingelse 2, det vil sige, den hydrauliske kapacitet stiger i strømretningen.

C: Der sker skift mellem betingelse 1 og 2.

ad A

I denne situation vil det nedstrøms bygværk være bestemmende for det samlede systems aflastningsforhold. Afløbstal og bassinvolumen, for dette bygværk anvendes som indgang til tabellerne over arealenhedstal. De fundne arealenhedstal anvendes for alle bygværker i den sammenhængende kæde af bygværker.

Ved denne beregning vil den samlede udledte mængde være af den korrekte størrelsesorden. Belastningen fra de enkelte bygværker kan imidlertid være behæftet med betydelige fejl.

ad B

I denne situation beregnes alle bygværker som ukoblede bygværker efter de ovenfor beskrevne principper.

ad C

I denne situation foretages en sammenligning af afløbstal mellem alle bygværker i kæden.

Såfremt det længst nedstrømsbeliggende bygværk har mindst afløbstal, anvendes den under pkt. A beskrevne procedure.

Såfremt et eller flere bygværker har mindre afløbstal end det længst nedstrøms beliggende bygværk følges beregningsprincip A også, idet man må notere sig, at forudsætningen for beregningen ikke er fuldt ud opfyldt.

Praksis

I praksis kan disse principper anvendes på den måde, at man fastsætter samme enhedstal for det sammenhængende opland og afløbssystem til ét renseanlæg. Afløbstallet kan beregnes ud fra renseanlæggets hydrauliske kapacitet under regn, middeltørvejsafstrømning og det samlede reducerede areal af den fælleskloakerede del af

oplandet. Ved summeringen af bassinvolumen skal normalt alene medtages det volumen som er knyttet til overløbet ved renseanlægget. Man bør oversigtsmæssigt forvisse sig om, at øvrige bassiner i oplandet har større afløbstal end renseanlægget.

På basis af de valgte enhedstal, og oplandets samlede reducerede areal kan de samlede udledte mængder beregnes.

Enhedstal for separatkloakerede oplande

Afstrømningen fra separatkloakerede oplande deles ikke. Man kan derfor beregne enhedstallene for belastningen af et vandområde ud fra nedbør fratrasket initialtab.

De forudsætninger, som ligger til grund for bestemmelsen af nærværende arealenhedstal fremgår af tabel 7-6.

Tabel 7-6 Forudsætninger separatsystem

Parameter		Værdi
Initialtab		0,6 mm/
Netto nedbør	helår	380 mm/år
	sommer	220 mm/år
Tot-N		2 mg/l
Tot-P		0,5 mg/l

De resulterende arealenhedstal fremgår af tabel 7-7.

Tabel 7-7 Arealenhedstal for separatkloakerede udløb

Parameter		Udledning (kg/red.ha/år)
Tot-N	helår	7,6
	sommer	4,4
Tot-P	helår	1,9
	sommer	1,1

Fremgangsmåde

Fremgangsmåden ved anvendelsen af disse resultater er da:

- Opgør det befæstede areal.
- Fastlæg den hydrologiske reduktionsfaktor ud fra måleprogrammet (hvis ikke andet er kendt anvendes værdien 0,8).
- Beregn reduceret areal.

Reduceret areal gange enhedstal giver dernæst den ønskede belastning.

Regional korrektion

De ovenfor beskrevne beregninger er baseret nedbør målt over 33 år i Odense. For at tilnærme resultatet af disse beregninger til de lokale nedbørsforhold, skal der foretages en korrektion. I Spildevandskomiteens skrift nr. 24 (SVK 24, som er under udarbejdelse) vil der blive givet en anbefaling af, hvilken korrektionsmetode, der skal bruges.

Foreløbigt kan følgende metode anvendes:

De beregnede værdier for års- og sommerafloadningen multipliceres med en faktor, der beregnes som:

Årsmiddelnedbøren i perioden 1930 til 1959, for det aktuelle amt, divideret med 550 mm. som er årsmiddelnedbøren i den 33 års Odenseserie.

For at finde årsmiddelaflastningen for et konkret år, må der genereres arealenhedstal baseret på de lokale nedbørmålinger.

Disse arealenhedstal kan genereres med f.eks. MOUSE-SAMBA som beskrevet i det foregående, blot med den forskel at der anvendes lokal målt nedbør.

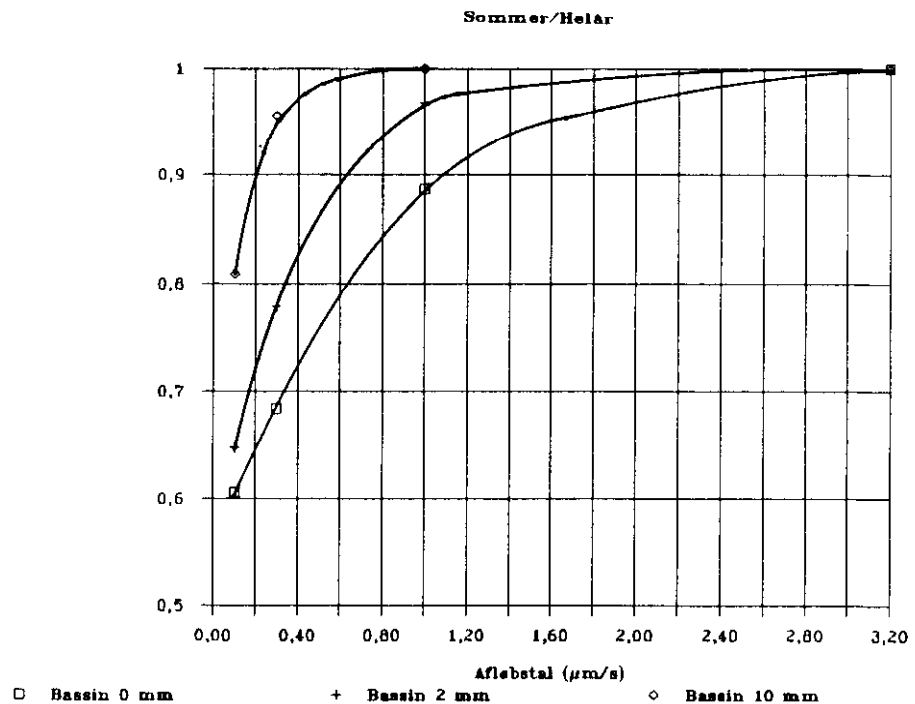
7.2 Niveau 2 - SVK21

Anvendelse

Metoden omfatter den i SVK21 beskrevne "Niveau 1" procedure. Den kan anvendes hvor parametervariationen for ovenstående arealenhedstal ikke dækker det aktuelle bygværk eller opland.

Fremgangsmåden ved beregningen af årlig og ekstrem belastning er nøje beskrevet i SVK21.

Ved beregning af belastningen fra sommerhalvår kan anvendes en korrektionskurve som vist i figur 7-2.



Figur 7-2 Sommerbelastningens andel af helårsbelastningen

Inddata

Ved beregningerne kræves kendskab til følgende variable:

- Det befæstede areal for oplandet (fælles- og separatsystemer)
- Summen af bassinvolumen for oplandet (fællessystemer)
- Personækvivalenter/ha (fællessystemer)
- Fuldtløbende afløbstid (fællessystemer)
- Koncentration af det aktuelle stof i regnvandet (separatsystemer)
- Koncentration af det aktuelle stof i spildevandet (fællessystemer)
- Koncentration af det aktuelle stof i overvand (fællessystemer)

Forudsætninger

Følgende forudsætninger ligger til grund for tabellerne og diagrammerne i SVK21:

- Ingen stuvning
- Retlinet tidarealkurve
- Ingen hensyntagen til koblede regn
- Odense regnserie på 1571 regn >3 mm
- Initialtab på 0,6 mm

7.3 Detaljerede modelberegninger

Detaljerede modelberegninger bør foretages for overløb der skønnes specielt belastende for et vandområde og det må være hensigten at sådanne gennemføres for alle overløb i takt med at det nødvendige datagrundlag etableres.

Detaljerede modelberegninger kan gennemføres med en model som f.eks. MOUSE-SAMBA.

I det følgende beskrives fremgangsmåden ved sådanne beregninger eksemplificeret ved MOUSE-SAMBA.

Formål

Formålet med detaljerede modelberegninger er at beregne statistiske værdier for vandmængder og stofmængder aflastet fra overløbsbygværker i fællessystemer.

SAMBA står for: Simpel Afløbsmodel til Beregning af Aflastningsmængder.

Overordnet princip

Med hensyn til en detaljeret beskrivelse af SAMBA-modellen henvises til MOUSE-dokumentationen. Med hensyn til en teknisk-videnskabelig dokumentation for principper og metoder henvises til litteraturlisten, især Johansen (1985) og Hovedstadsrådet (1984).

Det overordnede princip er at benytte en lang serie af observerede regn som udgangspunkt for belastning af afløbssystemet. Des flere års målinger, der benyttes, des bedre statistik opnås med hensyn til belastning af et vandområde. For såvidt angår årsbelastning anbefales brug af regndata fra hele år over en længere årrække, helst ikke under 10. Til dette formål foreligger fra Danmark en 33 års serie fra Odense, omfattende 1571 regn større end 3 mm. Denne serie er indlagt i MOUSE-systemet. Til ekstrem statistik for belastning anbefales især at bruge denne serie, men en mindre serie af de største regn i en serie kan eventuelt bruges, dog helst ikke mindre end 50. I MOUSE-systemet er indlagt to serier, som er egnet til dette formål: De største 100 fra Odense og de 106 største fra Gentofte. De omtalte serier er detaljeret beskrevet i Spildevandskomiteens skrifter, specielt SVK 18 samt Laboratoriet for Teknisk Hygiejne (1989).

For at kunne gennemregne op til 1571 regn på en rimelig tid er det nødvendigt med en forenkling af beregningerne. Dette sker ved en forenklet beskrivelse af hvert opland ud fra standard data. Ved forenklingen benyttes en kombination af den traditionelle tid-areal metode (tidligere kaldet afløbsdiagrammetoden, af nogen kaldet translationsmetoden, hvilket faktisk er den bedst beskrivende benævnelse for princippet) og den kinematiske bølge teori. Tid-areal metoden eller translationsmetoden består i translation gennem hver rørstrækning og summation ved alle sammenløb af de fra hvert overfladeopland tilførte hydrografer. Fordelen ved metoden er, at der kun udføres multiplikationer og summationer, hvilket foregår meget hurtigere på datamater end iterationer og tilsvarende numeriske løsninger af differentiaalligninger, som beskrevet i det foregående

For hvert opland kan individuelle tid-areal kurver indlæses under supplerende data. Hvis dette ikke er sket, genereres den aktuelle tid-areal kurve automatisk for hvert opland.

Ved den traditionelle metode sker translationen altid med fuldtløbende hastighed, hvilket fører til overestimering af hastigheden ved regnintensiteter lavere end ca. halvdelen af den dimensionsgivende. I SAMBA beregnes for hver regnhændelse den for hændelsen gennemsnitlige delfyldning af rørstrækningen, samt den tilsvarende hastighed og transporttid i ledningen. Dette har i praksis vist sig at give simuleringer, som ikke adskiller sig mærkbart fra beregninger udført med selve den kinematiske bølge teori, jvf. den foregående beskrivelse. For SAMBA-modellen gælder de samme begrænsninger som for den kinematiske bølge teori. Dette, gælder især følgende:

En lednings vandføring styres alene af bundliniefaldet og af delfyldning, foruden af ruhed. Der kan ikke tages hensyn til uensformig strømning langs en ledningsstrækning.

Vandet kan ikke løbe baglæns i ledningerne. Til hver ledning er der således knyttet en bevægelsesretning, som ikke kan ændres under beregningen.

Stuvning kan kun beregnes med tilnærmelse, som i givne tilfælde kan blive urealistisk

For beregninger med en EDB-model (som f.eks. SAMBA) gælder også, at det reducerede areal for et opland findes som det befæstede areal multipliceret med afløbskoefficienten for befæstede flader.

Denne afløbskoefficient for befæstede flader kan, med mindre andet er fundet ved målinger, sættes til 0,8 ved beregning af årlig belastning og 1,0 ved beregning af ekstrembelastning.

Man skal være opmærksom på, at specielt i MOUSE/- SAMBA programmet kan man ikke direkte angive denne afløbskoefficient for befæstede flader.

Denne kan indregnes ved, at befæstelsesgraden (skema D. felt 9) inden inddateringen manuelt multipliceres med afløbskoefficienten for befæstede flader.

Med en afløbskoefficient på 1 istedet for 0,8 for befæstede flader vil man typisk øge de årligt aflastede mængder med 30-50%.

Ethvert opland beskrives således alene ved tidareal kurver (svarende til enhedshydrografer) i det nedstrøms punkt, se nedenstående om beregningspunkter. Tid-areal kurverne beregnes automatisk for udvalgte regnintensiteter i overensstemmelse med delfyldningerne for den aktuelle intensitet.

I nedstrøms punkt forekommer et bygværk, hvor der kan være et bassin, et overløb, en pumpe og en afskærende ledning, som leder vandet videre i systemet til andre bygværker eller til et udløb fra afløbssystemet, hvilket almindeligvis vil være tilløbet til et rensningsanlæg (eller videre ad en afskærende ledning, hvis der kun regnes på et opstrøms delsystem). Det samlede system opbygges således af diverse oplande, som tilsluttes en række bygværker, hvor vandet kan ledes videre i systemet eller magasineres, hvis kapaciteten af den afskærende ledning er for ringe, eller ledes andre steder hen (almindeligvis ud i et vandområde) via et overløbsbygværk, hvis kapaciteten af bassinet overskrides.

SAMBA-programmet virker i tre trin:

Trin 1.

Første trin (kaldet set-up modulet) består i forenkling af det samlede system. I dette modul sker der en systematisk undersøgelse af systemet, således som det er beskrevet under standard data. Undersøgelsen omfatter dets logiske

opbygning. Såfremt der ikke er logisk sammenhæng i systemet, eller såfremt det ikke kan tilpasses til SAMBA-modellens forudsætninger, gives fejlmelding, evt. advarsler. Der sker en reduktion af informationen, så det svarer til de ovenfor beskrevne forenklinger, og den reducerede informationsmængde gemmes til brug i næste trin.

Trin 2. Andet trin er den egentlige beregning (kaldet beregningsmodulet). Fra den allokerede regndatafil hentes data frem til beregning i den rækkefølge, hvori regnhændelserne forekommer i filen. De beregnede udløbs- og overløbsmængder lagres midlertidigt i en ny fil i samme rækkefølge, som den hvori de er beregnet.

Trin 3. Tredie trin (kaldet statistikmodulet) består i statistiske beregninger på grundlag af det producerede materiale. Herved genereres en række nye filer, som danner grundlag for de plot og tabeller, hvormed beregningsresultatet gøres tilgængeligt for brugeren.

Grundbegreber

SAMBA-modellen benytter en række grundbegreber, som det er væsentligt at forklare detaljeret, fordi disse forklarer de komponenter, hvormed et afløbsnet kan beskrives.

Beregningspunkter

Ved et beregningspunkt forstås et sted i afløbsnettet, hvor der optræder et af følgende fire bygværksformer:

- Divergerende rørforgrening
- Drossel med overløb, uden bassin
- Bassin med drossel og overløb
- Udløb

Ved divergerende forstås, at ledningssystemet indeholder en forgrening, som fordeler vandet fra en brønd til flere nedstrøms ledningsstrækninger. Dette sker i modellen ved at fordele proportionalt med de divergerende ledningers kapacitet.

Ved drossel forstås en begrænsning i vandføringsevnen på en strækning. En sådan drossel kan i praksis have forskellige udformninger: Ledning med begrænset vandføringsevne, blænde, vandbremse eller en pumpe. Fælles er, at vandføringen har et maksimum, som ikke kan overskrides, og som er konstant i tiden.

En drosselledning er en ledningsstrækning med en begrænset vandføringsevne umiddelbart nedstrøms for et punkt, til hvilket der er knyttet en overløbsfunktion. På grund af opstuvning til en overløbskant i bygværket eller bassinet, eller på grund af højere vandstand nedstrøms for den aktuelle ledning, kan det være nødvendigt specielt at fastsætte en maksimal vandføring for drosselledningen. Hvis maksimal afstrømningen ikke er opgivet, sættes drosselledningens vandføringsevne automatisk til dens kapacitet svarende til bundliniehældningen, og der udskrives en advarsel, om at dette er sket automatisk.

En blænde eller en vandbremse er i SAMBA karakteriseret ved en maksimalvandføring. Tilstrømning mindre end maksimum ledes videre i systemet. Tilledning større end maksimum tilbageholdes. Dette anføres tilsvarende som en maksimal vandføring.

Pumper er i SAMBA på tilsvarende måde karakteriseret ved deres samlede maksimale vandføringsevne. Tilstrømning mindre end maksimum ledes videre i systemet. Tilledning større end maksimum tilbageholdes.

Ved et bassin forstås et bygværk, som kan magasinere vand.

Ved et overløb forstås et bygværk, som leder vand til et vandområde eller til et andet sted i systemet. Disse benævnes henholdsvis eksterne og interne overløb.

I et overløb uden bassin træder overløbet i funktion, når tilstrømningen overskrider drosselens kapacitet.

I et overløb med bassin træder overløbet i funktion, når magasinet er fyldt og der tilledes mere vand end kapaciteten af drosselen.

Ved et udløb forstås det bygværk, der kan anses for ledningssystemets nedstrøms afslutning. Af hensyn til logik- testen i set-up modulet, skal et udløb være identificeret, fordi dette som nedstrøms punkt, sammen med bundliniefaldene, identificerer bevægelsesretningen entydigt. Hvis et udløb mangler, standser set-up modulet med en fejludskrift.

Detaljer vedrørende den hydrauliske beskrivelse af bygværkernes funktion, samt disses funktion med hensyn til fordeling af de forurenende stoffer kan findes i MOUSE-dokumentationen.

Opland

Ved et opland forstås hele ledningsnettet med ledninger, brønde og tilsluttede overflader, opstrøms for ethvert beregningspunkt. Et opland reduceres i set-up modulet simpelthen til et sæt af tid-areal kurver svarende til indløbet til det nedstrøms beregningspunkt. Detaljer vedrørende beskrivelse af hydrologi og hydraulik i oplandet, samt kilder til og transport af forurening, kan findes i MOUSE-dokumentationen.

Særlige ledninger

Ved særlige ledninger forstås ledninger, som forbinder beregningspunkter. Der er kun to slags:

- Udløbsledning
- Afskærende ledning

Udløbsledningen er simpelthen den ledning, som forbinder opstrøms beregningspunkt med udløbet.

En afskærende ledning er en ledning, som forbinder to beregningspunkter opstrøms for udløbsledningen. Ingen andre ledninger er af relevans for det overordnede system under beregningen, fordi der er taget hensyn til funktionen af alle ledninger i oplandene ved den reducerede beskrivelse i form af tid-areal kurver for oplandet.

De særlige ledninger løber delfyldt, så længe tilledningen til det opstrøms beregningspunkt ikke overskrider kapaciteten, eller så længe der ikke er magasineret vand i det opstrøms beregningspunkt. Såfremt tilledningen er større, eller der er magasineret opstrøms, vil de særlige ledninger være fuldtløbende med den fastsatte kapacitet eller med ledningens fuldtløbende kapacitet svarende til bundliniefaldet, som beskrevet ovenfor.

I særlige tilfælde kan man justere inddata til SAMBA ud fra beregninger med en dynamisk bølge rørmodel. Dette gælder specielt bestemmelsen af udnyttet magasiniseringsvolumen i ledningerne og kapaciteten af den afskærende ledning. Metoder til dette er beskrevet i Århus Amtskommune (1989a) og Laboratoriet for Teknisk Hygiejne (1989).

Detaljer vedrørende modellens beskrivelse af ledningernes hydraulik er der redegjort for i MOUSE-dokumentationen.

Forureningskilder og -transport

I SAMBA-modellen optræder kun tre kilder til forurening:

- Husspildevand
- Industrispildevand
- Overvand

Ved husspildevand forstås spildevand fra almindelig beboelse i oplandet. Ved industrispildevand forstås særlige tilledninger, som fører forurening til ledningssystemet i særlige punkter. Ved overvand forstås det vand, som løber i ledningerne udover den stadige spildevandsstrøm. Overvandet svarer til det tilførte regnvand. Den for overvandet fastlagte koncentration repræsenterer såvel den forurening, som tilføres systemet ved indløbene, samt den forurening, der løsrives fra aflejringer og belægninger i ledningerne under afstrømningen på grund af øgede forskydningsspændinger langs rørene.

Ved nedstrøms punkt af et opland, lig tilløbet til et beregningspunkt, beskrives forureningstransporten i hvert tidsskridt ved blanding af en spildevandsstrøm med en konstant koncentration og en overvandsstrøm med en konstant koncentration i tiden.

I SAMBA-modellen tages ikke hensyn til sedimentation i bygværker. Den forurening, som tilføres systemet, vil være eksakt lig den forurening som forlader systemet via overløb til omgivelserne eller via udløbet til enten et rensningsanlæg eller videre i et større system, (bortset fra sådanne tilfælde, hvor beregningen afbrydes før ledningssystemet er tømt).

Systemforenkling De nødvendige inddata til SAMBA kan, hvis der ikke er særlige forhold i oplandet, reduceres til en beskrivelse af bygværker og af ledningerne mellem disse på følgende vis:

Kun de afskærende ledninger mellem bygværkerne indlæses. Der indlæses ét opland pr. bygværk. Der laves "kunstige" koordinater til bygværkerne, således at afstanden mellem dem er korrekt. Tid-areal kurven for hvert bygværk konstrueres ud fra en valgt type tid-areal kurve og den beregnede afløbstid. Magasinerings i ledningssystemet udtrykkes ved det volumen, der findes i ledningerne, når vandet er i flugt med overløbskanten. Dette tillægges det bassinvolumen der eventuelt i forvejen er tilknyttet overløbsbygværket. Afløbet fra bygværkerne be-

regnes ud fra den afskærende lednings kapacitet.

Et sådant reduceret inddatasæt kan forholdsvis hurtigt etableres og vil give realistiske resultater.

Såfremt det senere viser sig at være ønskeligt at udvide beskrivelsen af oplandet kan dette gøres simpelt og trinvist i takt med at kendskabet til oplandet øges. En sådan mere detaljeret beskrivelse kan omfatte at:

Alle bygværker indlæses med korrekt placering, og forbindes med den korrekte afskærende ledning. I oplandet til hvert bygværk indlæses hovedledningen med tilhørende deloplande. Afløbet fra bygværkerne og magasineringen i ledningssystemet beregnes med dynamisk bølge model.

8. DATAUDVEKSLING

8.1 Indberetning til Miljøstyrelsen

Generelt program

Til Miljøstyrelsen skal indberettes de årligt beregnede belastninger fra overløb og separat-kloakerede udløb.

Belastningen identificeres i henhold til det hydrologiske stedidentifikationssystem (SIS-systemet) og summeres i henhold til afgrænsede oplande og farvandsområder, der aftales med Miljøstyrelsen.

Indberetningen skal for hver område omfatte følgende elementer:

- Totalt og befæstet fælleskloakeret areal.
- Totalt og befæstet separatkloakeret areal.
- Antal og samlet befæstet areal for overløb uden bassin
- Antal og samlet befæstet areal for overløb med bassin
- Antal separate regnvandsudløb uden bassin
- Antal separate regnvandsudløb med bassin
- Udledt mængde kvælstof fra overløb for helår (t/år)
- Udledt mængde fosfor fra overløb for helår (t/år)
- Udledt mængde kvælstof fra separate regnvandsudløb for helår (t/år)
- Udledt mængde fosfor fra separate regnvandsudløb for helår (t/år).
- Udledt mængde kvælstof fra overløb for sommerhalvår⁵ (t/sommerhalvår)
- Udledt mængde fosfor fra overløb for sommerhalvår (t/sommerhalvår)

- Udledt mængde kvælstof fra separate regnvandsudløb for sommerhalvår (t/sommerhalvår)
- Udledt mængde fosfor fra separate regnvandsudløb for sommerhalvår (t/sommerhalvår).

Angivelserne skal opdeles efter den primære type af vandområde; Vandløb - Søer - Fjorde - Hav.

Af hensyn til vurderingen af belastningsudviklingen skal beregningsresultaterne hvert år omfatte:

- Middelbelastningen bestemt med Odense serien (jfr. SVK 21). Ved anvendelse af denne serie kan vurderes de belastningsændringer, der opnåes som funktion af ændringer i opland og bygværker fra det ene år til det andet.
- Belastningen for det konkrete år baseret på lokalt målte regnserier. Resultaterne af denne beregning tjener til opgørelse af belastningsudviklingen gennem årene, som funktion af såvel ændringer i opland og bygværker, som variationen af nedbørsmønstret gennem årene.

Indberetningen finder mest hensigtsmæssigt sted ved anvendelsen af skemaer som vist i bilag 2, og foretages hvert år efter nærmere aftale med Miljøstyrelsen .

Måleprogram

Resultaterne fra måleprogrammet indsættes på skemaer som vist i bilag 3.

Indberetningen omfatter:

- Identifikation og oplandsbeskrivelse
- Initialtab
- Hydrologisk reduktionsfaktor
- Middel og mediankoncentrationer
- Variationsfaktorer.

For hvert opland vedlægges:

- En oplandsplan, der viser placeringen af målepunkter
- Plot af nedbør/afstrømning som vist på fig 6-2
- Kronologiske plot af hændelsesmiddelkoncentration (HMK)

Skemaerne indsendes til Miljøstyrelsens fagdatacenter én gang pr. kvartal, og de på skemaerne angivne værdier skal være resultatet af databearbejdningen fra måleperiodens start til begyndelsen af det pågældende kvartal.

8.2 Udveksling mellem amtskommuner

Udvekslingen mellem amtskommunerne omfatter primært data og erfaringer fra måleprogrammet.

Der bør blandt amtskommunerne nedsættes en arbejdsgruppe, som har til opgave at varetage data- og erfaringsudvekslingen mellem amtskommunerne under hele måleprogrammet, kontrollere at målingerne udføres korrekt og have kontakt til Miljøstyrelsens fagdatacenter.

Især må en velfungerende kontrolfunktion for måleprogrammet prioriteres højt.

8.3 Datahåndtering internt i amtskommunen

Gennemsnitligt vil en amtskommune indeholde ca. 1000 regnvandsbetingede udløb. Baseret på dataregistrering og beregning efter niveau 1 (arealenhedstal) vil data få et omfang på ca. 10.000 - 15.000 elementer for en amtskommune. Ved beregningen med højere beregningsniveauer vil omfanget blive betydeligt større.

Med dette dataomfang stilles der store krav til håndteringen af data, krav som bedst opfyldes ved EDB-baseret registrering af data, gennemførelse af beregninger, og opgørelse af belastningen.

I forbindelse med overvågningsprogrammet har Århus Amtskommune ladet gennemføre en række testberegninger med forskellige beregningsmetoder, Århus Amtskommune (1989a). På basis af dette er der gennemført en analyse af datahåndteringen for hvert enkelt beregningsniveau.

I figur 8-1, 8-2 og 8-3 er vist sekvenserne i datahåndteringen for de tre beregningsniveauer.

ENHEDSDATA**OVERLØB**

1. VOLUMEN	[m3/red.ha]
TOTAL-N	[kg/red.ha]
TOTAL-P	[kg/red.ha]
2. SOM 1	

BELIGGENHEDSDATA**OVERLØB**

NR.	
NAVN	
TOTAL AREAL	[ha]
BEFÆSTELSESGRAD	[%]
TYPE OPLAND (1-2)	
RECIPIENT	

RESULTATER**OVERLØB**

NR.	
NAVN	
1989: VOLUMEN	[m3/år]
TOTAL-N	[kg/år]
TOTAL-P	[kg/år]

SEP. REGNVANDSUDLØB

1. VOLUMEN	[m3/red.ha]
TOTAL-N	[kg/red.ha]
TOTAL-P	[kg/red.ha]

SEP. REGNVANDSUDLØB

NR.	
NAVN	
TOTAL AREAL	[ha]
BEFÆSTELSESGRAD	[%]
RECIPIENT	

SEP. REGNVANDSUDLØB

NR.	
NAVN	
1989: VOLUMEN	[m3/år]
TOTAL-N	[kg/år]
TOTAL-P	[kg/år]

NEDBØR

1989:
1990:
1991:
1992:

Figur 8-1 Datahåndtering niveau 1

GRUNDDATA FOR SVK-BEREGNINGER

OVERLØB

OPLANDS- OG BYGVÆRKS DATA	
NAVN	
TOTAL AREAL	[ha]
BEFÆSTELSESGRAD	[%]
FULDTLØBENDE AFLØBSTID FOR ET OPLAND (t)	[min]
OPSPÆDNINGSGRAD NÅR BYGVÆRK TRÆDER I FUNKTION (ms)	[-]
MIDDELSPILDEVANDSSTRØM Incl. infiltrationvandsmængde (Qa)	[l/s]
VANDFØRING I VIDEREFØRENDE LEDNING (Qa)	[l/s]
MAGASINERINGSVOLUMEN	[m3]
BYGVÆRKS DATA, TABELINDGANG TIL SVK 21	
AFLØBSTID FOR BYGVÆRK (a)	[µm/s]
OPSPÆDNINGSGRAD NÅR BYGVÆRK TRÆDER I FUNKTION (ms)	[-]
FULDTLØBENDE AFLØBSTID FOR ET OPLAND (t)	[min]
AFLÆSTE VÆRIDER I SVK 21	
ÅRLIG AFLASTET VANDMÆNGDE (va)	[mm/år]
ANTAL OVERLØB (n)	[år-1]
ÅRLIG FUNKTIONSTID AF OVERLØB (tf)	[min/år]
OPSPÆDNING (m&/ms)	[-]

ENHEDSDATA

OVERLØB

STOFKONCENTRATIONER	
SPILDEVAND:	
TOTAL-N	[mg/l]
TOTAL-P	[mg/l]
OVERVAND:	
TOTAL-N	[mg/l]
TOTAL-P	[mg/l]

BELIGGENHEDSDATA

OVERLØB

NR.	
NAVN	
TOTAL AREAL	[ha]
BEFÆSTELSESGRAD	[%]
RECIPIENT	

RESULTATER

OVERLØB

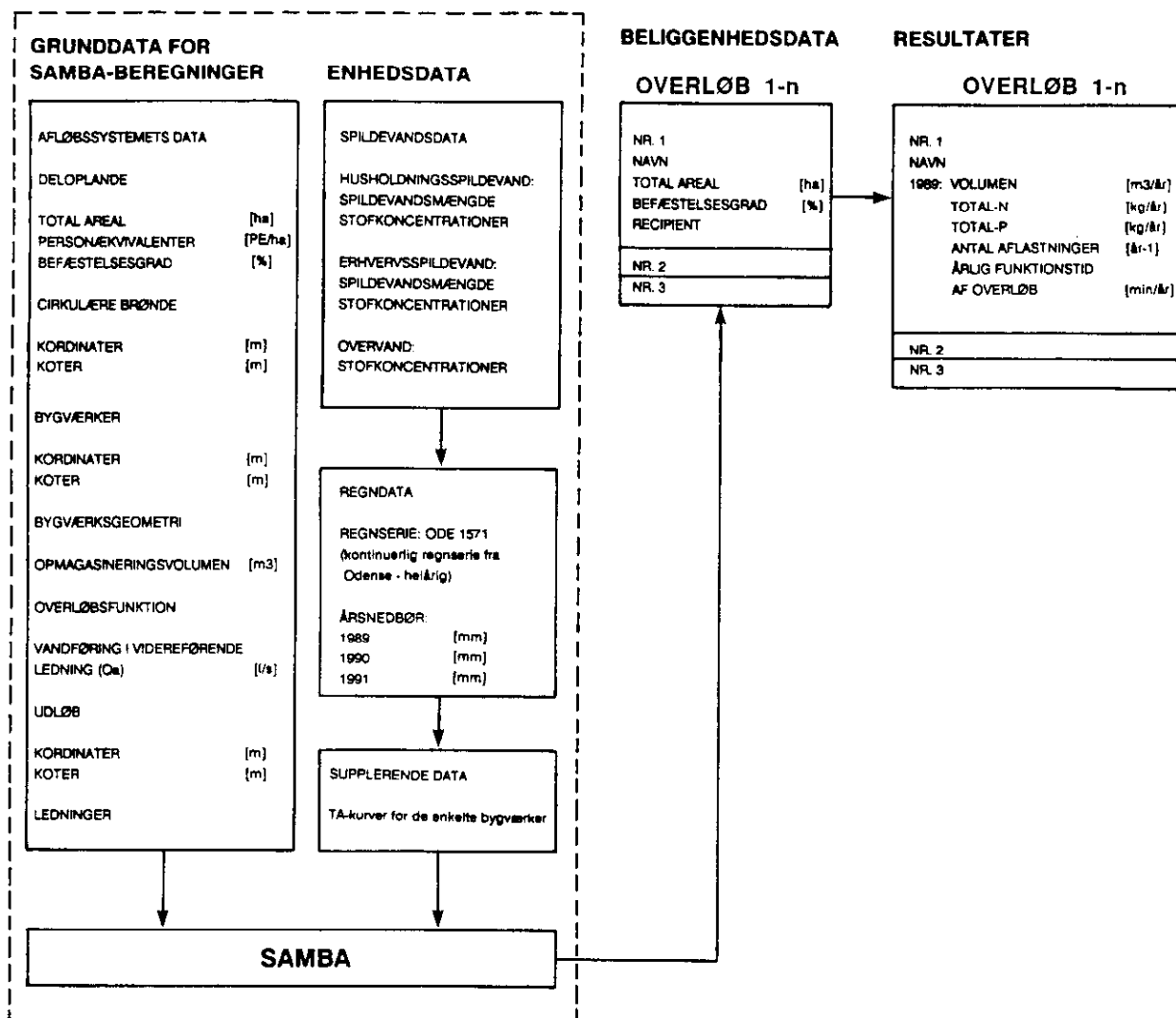
NR.	
NAVN	
1989: VOLUMEN	[m3/år]
TOTAL-N	[kg/år]
TOTAL-P	[kg/år]
ANTAL AFLASTNINGER	[år-1]
ÅRLIG FUNKTIONSTID AF OVERLØB	[min/år]

NEDBØR

NORMALÅRSNEDBØR	[mm]
ÅRSNEDBØR	
1989	[mm]
1990	[mm]
1991	[mm]
RESULTATERNE MULTIPLICERES MED FORHØLDET MELLEM AKTUELLE ÅRS- OG NORMALÅRSNEDBØREN	

Figur 8-2 Datahåndtering niveau 2

MOUSE



Figur 8-3 Datahåndtering niveau 3

Denne analyse har efterfølgende dannet baggrund for udarbejdelsen af en overordnet beskrivelse af et EDB-system til at varetage håndteringen af disse data, Århus Amtskommune (1989b).

Af denne fremgår det, at systemet skal kunne:

- "- lagre nødvendige inddata og beregningsforudsætninger til alle beregningsniveauer.
- udføre beregninger på niveau 1 (arealenhedstal)
- lagre resultater fra alle beregningsniveauer
- udskrive beregningsresultater (rapportgenerering + grafik)
- konvertere data til STANDAT-udvekslingsformat"

Endvidere beskrives det, at systemet bør kobles med en grafisk database, således at forudsætningerne for beregningerne i niveau 3 (MOUSE-SAMBA) kan opsamles ved digitalisering.

Det må præciseres, at en væsentlig forudsætning for, at et sådant system kan have en tilstrækkelig generalitet er, at identifikationskoderne for databasen følger en vedtagen standard.

Dette gælder især identifikationen af udledningen til et vandområde, hvor koden for udledningsstedet bør følge de koder der er fastlagt i det hydrologiske stedsidentifikationssystem, SIS, som er under udarbejdelse.

Tilsvarende bør kodespecifikationerne for alle andre elementer i databasen så vidt muligt være i overensstemmelse med de i STANDAT-systemet opregnede koder.

Endeligt bør systemet også indeholde faciliteter til udveksling af data med beregningsprogrammer og databaser for afløbssystemer (f.eks. MOUSE og DAS). Denne udveksling bør foretages på grundlag af det format, som er beskrevet i SVK 19.

9. LITTERATUR

- Bahl Andersen, E. et.al. (1984): "Teknisk Hygiejne - Afløbsteknik", Polyteknisk forlag, 1984.
- Hovedstadsrådet. (1981a): Regnafstrømning i Mølleåsystemet, Delrapport 5 "Modeller", Laboratoriet for teknisk Hygiejne, Danmarks tekniske Højskole 1981.
- Hovedstadsrådet. (1981b): Regnafstrømning i Mølleåsystemet. Delrapport 3, "Laboratoriemetodik". Udført af Laboratoriet for teknisk Hygiejne, Danmarks tekniske højskole for Hovedstadsrådet. 1981
- Hovedstadsrådet. (1981c): Regnafstrømning i Mølleåsystemet, Delrapport 2 "Måleoplande og -udstyr" Laboratoriet for teknisk Hygiejne, Danmarks tekniske Højskole 1981.
- Hovedstadsrådet. (1981d): Regnafstrømning i Mølleåsystemet, Delrapport 5 "Måleresultater", Laboratoriet for teknisk Hygiejne, Danmarks tekniske Højskole, 1981.
- ISO. (1983a): Measurement of fluid flow in closed conduits. ISO standards handbook 15. International Organization for Standardization. 1983
- ISO. (1983b): Measurement of liquid flow in open channels. ISO standards handbook 16. International Organization for Standardization. 1983
- Johansen, N. B. (1985): Discharge to receiving waters from sewer systems during rain. Department of Environmental Engineering, Technical University of Denmark. 1985
- Laboratoriet for teknisk Hygiejne. (1989): Bearbejdning af nedbørsdata fra et landsdækkende regnmålersystem. Jean Pierre Bramslev. Laboratoriet for teknisk Hygiejne, Danmarks tekniske Højskole. Foreløbigt tryk, 1989
- Laboratoriet for teknisk Hygiejne. (1989): Regulering af afstrømningen i Strandvængets område. Notat 1.: Simplificering af oplande ved beregning af overløbsmængder. Per Jacobsen og Finn Kofoed Jensen. Laboratoriet for teknisk Hygiejne, Danmarks tekniske Højskole. 1989
- Miljøstyrelsen. (1981): Sektorredegørelse om spildevandsafledning. Miljøprojekt nr. 24. 1981
- NTNF. (1985): Håndbok for vannføringsmåling i vann- og avløbsanlegg. Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd og Statens forurensningstilsyn, Program for VAR-teknik. 1985
- PH-Consult. (1989a): Bearbejdning af danske måledata af regn og stoftransport. Rapport til Miljøstyrelsen, 1989

- PH-Consult. (1989b): Regulering af forurening af regnafledning.-
Rapport til for Miljøstyrelsen, 1989.
- Spildevandskomiteen. (1976): Vandføringsmåling og prøvetagning.
DIF Spildevandskomiteen. nov. 1976
- Spildevandskomiteen. (1985): Udredningsarbejde om sanering af
afløbssystemer. Kommuneundersøgelse. 1985
- SVK 17. (1980): Spildevandskomiteens skrift nr 17.
Spildevandskomiteens regnmålersystem. Dansk Ingeniørfor-
ening, Spildevandskomiteen. 1980
- SVK 19. (1983): Spildevandskomiteens skrift nr 19.
Standardiserede data for afløbssystemer. Dansk Ingeniørfore-
ning, Spildevandskomiteen 1983.
- SVK 21. (1984): Spildevandskomiteens skrift nr 21.
Recipientbelastning fra overløbsbygværker. Dansk Ingeniør-
forening, Spildevandskomiteen 1984.
- SVK 24. (1989): Spildevandskomiteens skrift nr 24.
Bearbejdning af nedbørsdata fra et landsdækkende regnmåler-
system. Dansk Ingeniørforening, Spildevandskomiteen. Under
udarbejdelse
- Århus Amtskommune. (1989a): Overvågningsprogram for regnvandsbe-
tingede udledninger. Testberegning og oplæg til systembe-
skrivelse. Århus Amtskommune 1989.
- Århus Amtskommune. (1989b): Overvågningsprogram for regnvandsbe-
tingede udledninger. Systembeskrivelse for database til be-
regning og visualisering af recipientbelastning fra regn-
vandsbetingede udløb. Århus amtskommune 1989.

Bilag 1

Indberetningsskema
til det generelle program

INDBERETNING FOR REGNVANDSBETINGEDE UDLØB

Amtskommune	_____
Recipientkode	_____
Nedbør (mm/år)	_____

FÆLLES KLOAKEREDE OPLANDE

	Antal	Tot. areal (ha)	Befæs. areal (ha)
Overløb u. bassin	_____	_____	_____
Overløb m. bassin	_____	_____	_____
Beregningmetode (kun et kryds)	Niv. 1 ☐	Niv. 2 ☐	Niv. 3 ☐
Datagrundlag (kun et kryds)	Spv.plan ☐	Komm.kort ☐	Opmålt ☐
	Vand x1000 m ³ /år	Tot-N kg/år	Tot-P kg/år
Belastning	_____	_____	_____

SEPARET KLOAKEREDE OPLANDE

	Antal	Tot-areal (ha)	Befæs. areal (ha)
Udløb u. bassin	_____	_____	_____
Udløb m. bassin	_____	_____	_____
Datagrundlag (kun et kryds)	Spv.plan ☐	Komm.kort ☐	Opmålt ☐
	Vand x1000 m ³ /år	Tot-N kg/år	Tot-P kg/år
Udledning	_____	_____	_____

SKEMAVEJLEDNING.

Recipientkode: Her anføres den firecifrede marine referenc kode efterfulgt at et M, V eller S såfremt udledningerne sker direkte til boxen, til et vandløb i boxens opland eller til en sø i boxens opland.

Jf. bilag 2 til Miljøstyrelsens skrivelse af 16. januar 1990 vedrørende indberetning om renseanlæg.

Hvis der er nødvendigt, på grund af forskelle i beregningsmetode eller datagrundlag, må der gerne udfyldes flere skemaer for hver femcifrede recipientkode.

Nedbør: Her anføres årdmiddelnedbøren fra den anvendte regnserie.

Overløb/udløb: Her anføres hvor mange overløb/udløb der findes henholdsvis uden og med bassin, og det dertil hørende total areal og befæstet areal.

Beregningsmetode og datagrundlag Her anføres den(t) anvendte beregningsmetode/datagrundlag som beskrevet i rapporten: "Bestemmelse af belastningen fra regnvandsbetingede udløb."

Såfremt der er anvendt flere beregningsmetoder/datagrundlag indenfor samme recipientkode udfyldes flere skemaer.

Udledning: Her anføres udledningen af vand, kvælstof og fosfor for et middelår.

Såfremt amtskommunen også har beregnet COD-udledningen og/eller udledningen med vand, tot-N, tot-P og COD fordelt på helår og sommer vil Miljøstyrelsen også gerne have oplyst denne.

Bilag 2

Indberetningsskema
til måleprogrammet

OVERVÅGNINGSPROGRAM FOR REGNVANDSBETINGEDE UDLEDNINGER

MÅLEPROGRAM

AMTSKOMMUNE : _____ STATION : _____ MÅLEPERIODE : _____

KLOAKSYSTEM : ☐ FÆLLES ☐ SEPARAT
MÅLEPUNKT : ☐ OPSTRØMS OVL. ☐ OVERLØBSLEDN. ☐ NEDSTRØMS OVL.
(VEDLÆG SKITSE AF OPLAND MED PLACERING AF NEDBØRS- OG AFSTRØMNINGSMÅLER ANGIVET)

OPLANDSKODE : _____ (SIS) TOTALT AREAL : _____ (ha) BEFÆSTET AREAL : _____ (ha)

OPLANDSUDNYTTELSE : _____

MÅLERESULTATER

HYDROLOGI

SAMLET NEDBØR : _____ mm
SAMLET AFSTR. (OVERVAND) : _____ m³
INITIALTAB : _____ mm
HYDROLOGISK REDUKTIONSFAKTOR : _____
VEDLÆG NEDBØR / AFSTRØMNINGSLOT

BEMÆRKNINGER :

STOF

	MIDDELKONC. g / m ³	MEDIANKONC. g / m ³	VARIATIONSFAKTOR
TOT-N	_____	_____	_____
TOT-P	_____	_____	_____
COD	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____

VEDLÆG KRONOLOGISKE PLOT AF HMK.

BEMÆRKNINGER :

Bilag 3

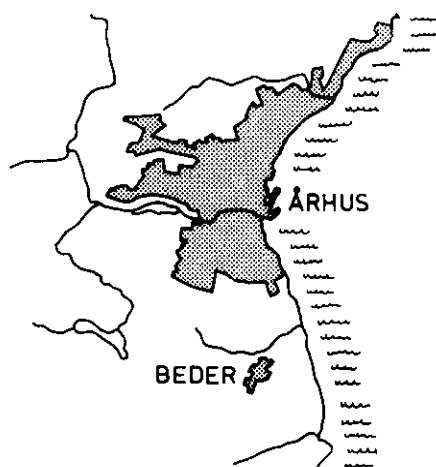
Eksempel på beregning af udledningen fra regnvandsbetingede udløb.

1. Indledning

I dette eksempel gennemgås alene beregningen af årligt udledte mængder. Udgangspunktet for eksemplet er en række beregninger, som Århus Amtskommune lod gennemføre i foråret 1989. Beregningerne er beskrevet i sit fulde omfang i rapporten, Århus Amtskommune (1989a). Denne rapport indeholde iøvrigt en række iagttagelser vedrørende resultaternes følsomhed ikke alene overfor valg af beregningsmetode, men også overfor kvaliteten af inddata. Dette aspekt vil ikke blive uddybet her, men der skal kort refereres, at variationen i resultater p.g.a. forskelligt inddatagrundlag, er større end den variation der stammer fra valg af beregningsmetode.

2. Datagrundlag

Oplandet omfatter byen Beder, beliggende syd for Århus (se figur 1). Byen har i alt ca. 4.000 indbyggere.

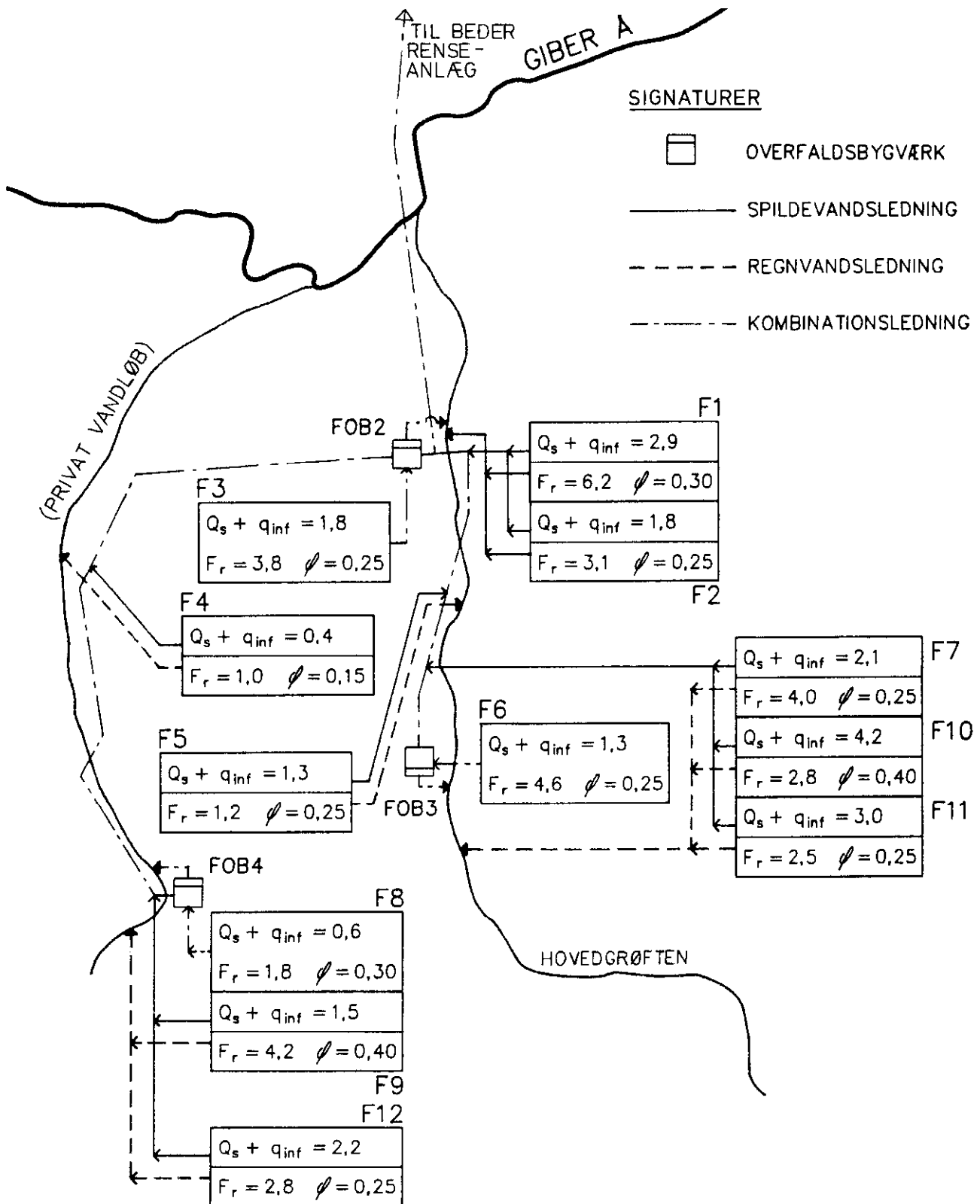


Figur 1 Placering af eksempelopland

Det samlede kloakerede areal er 136,6 ha. Heraf er 39,6 ha fælleskloakeret og 97 ha separat-kloakeret. Den daglige spildevandsstrøm ledes til Beder renseanlæg og derfra via Kapelbækken til Giber å.

I byen findes 29 regnvandsudløb fra 8 separat-kloakerede oplande og tre overløb i fælleskloakerede oplande.

Systemssammenhængen for disse oplande og udløb er vist på figur 2.



Figur 2 Systemsammenhæng

I tabel 1 er vist hovedtallene for disse oplande.

Tabel 1 Data for oplandene til de regnvandsbetingede udløb i Beder.

Overløb/ udløb	Bef.areal (ha)	Spv.+inf. (l/s)	Afløbstid (min)
Fællessystem			
FOB2	3,9	5,9	18
FOB3	4,6	1,3	21
FOB4	1,8	0,6	10

Separatsystem			
F1	6,1	-	-
F2	2,9	-	-
F4	1,8	-	-
F5	1,2	-	-
F7	4,1	-	-
F9	4,2	-	-
F10	2,4	-	-
F11	2,8	-	-
F12	3,1	-	-

De karakteristiske værdier for de tre overløbsbygværker er angivet i tabel 2.

Tabel 2 Karakteristiske værdier for overløbsbygværker

Bygværk	Bassinvol. (m ³)	Afløb (l/s)
FOB2	0	104
FOB3	0	26
FOB4	0	4

Værdierne for såvel oplande som bygværker er hovedsageligt registeret på basis af spildevandsplanen, hvorefter der er indhentet supplerende oplysninger hos Århus kommune.

3. Beregninger

Der er gennemført beregning af de udledte mængder efter de i afsnit 7 beskrevne 3 metoder. Beregningerne er alle foretaget på basis af nedbørsregistreringen i Odense 1933-79 (Odense-serien, SVK 18). Da den gennemsnitlige nedbør i Århus Amt (jfr. Statistisk Årbog) er 700 mm og den gennemsnitlige årlige nedbør i Odense kan skønnes til 550 mm, skal den beregnede årlige belastning øges med 27 %.

3.1 Niveau 1 - arealenhedstal

Separatsystemer

Ved beregningerne bestemmes det reducerede areal ud fra det befæstede areal ved at multiplicere med den hydrologiske reduktionsfaktor. I dette tilfælde sættes denne til 0,8. På basis af arealenhedstallene i afsnit 7.1, og den ovennævnte regionale korrektion for variation i den årlige nedbør fås værdierne i tabel 3.

Tabel 3 Beregning af udledte mængder fra separate regnvandudløb.

Udløb	Bef. areal (ha)	Red. areal (ha)	Ber. udl.			Korr. udl.		
			Vand (m ³ /år)	Tot-N (kg/år)	Tot-P (kg/år)	Vand (m ³ /år)	Tot-N (kg/år)	Tot-P (kg/år)
F1	6,1	4,9	18600	37	9	23600	47	11
F2	2,9	2,3	8700	17	4	11000	22	5
F4	1,8	1,4	5300	11	3	6700	14	4
F5	1,2	1,0	3800	8	2	4800	10	3
F7	4,1	3,3	12500	25	6	15900	32	8
F9	4,2	3,4	12900	26	6	16400	33	8
F10	2,4	1,9	7200	14	4	9100	18	5
F11	2,8	2,2	8300	17	4	10500	22	5
F12	3,1	2,5	9500	19	5	12000	24	6

Fællessystemer

På basis af værdierne i tabel 1 og 2 kan man beregne afløbstallene for hvert bygværk i oplandet. Dette er vist i tabel 4.

Tabel 4 Beregning af afløbstal

Overløb	Bef.areal (ha)	Red.areal (ha)	Afløbstal ($\mu\text{m/s}$)
FOB2	3,9	3,1	3,04 ^a
FOB3	4,6	3,7	0,67
FOB4	1,8	1,4	0,24

I tabel 5 er vist resultatet af beregningen af de udledte mængder. Enhedstallene er valgt ud fra tabel 7-3 og 7-4 ud fra de afløbstal der ligger nærmest de faktiske værdier. I de angivne værdier er inkluderet den tidligere nævnte regionale korrektionsfaktor.

Tabel 5 Beregnede overløbsmængder

Overløb	Vand ($\text{m}^3/\text{år}$)	Tot-N ($\text{kg}/\text{år}$)	Tot-P ($\text{kg}/\text{år}$)
FOB2	1830	20	5
FOB3	2190	23	6
FOB4	2550	30	8
Sum	6570	73	19

3.2 Niveau 2 - SVK 21

Disse beregninger omfatter alene overløbsbygværkerne, idet udløbsmængderne fra de separatkloakerede oplande ikke kan beregnes med større nøjagtighed end med niveau 1.

Grunddata for beregningerne er de under afsnit 3.1 angivne, og der korrigeres på samme måde for den regionale variation af nedbøren.

6

Beregnet under forudsætning af, at såvel spildevandet til FOB2, som afløbet fra FOB4 får "forkørselsret" i den afskærende ledning.

$$a = (104 - 5,9 - 4) / 3,1 / 10 \quad (\mu\text{m/s})$$

Resultaterne af beregningen er angivet i tabel 6.

Tabel 6 Beregnede overløbsmængder

Overløb	Vand (m ³ /år)	Tot-N (kg/år)	Tot-P (kg/år)
FOB2	430	4	1
FOB3	2900	28	6
FOB4	3000	32	8
Sum	5900	64	15

3.3 Niveau 3 - Simuleringsmodel

Ved disse beregninger er der opbygget en SAM-BA-model for oplandet. Der er ikke sket nogen yderligere detaljering af inddata, i forhold til det tidligere beskrevne, men der er tilføjet en række oplysninger om de afskærende ledninger. Der er korrigeret for regional variation af nedbør, på samme måde som vist under de tidligere eksempler. Resultaterne er angivet i tabel 7.

Tabel 7 Beregnede overløbsmængder

Overløb	Vand (m ³ /år)	Tot-N (kg/år)	Tot-P (kg/år)
FOB2	450	4	1
FOB3	3200	30	8
FOB4	3000	32	8
Sum	6650	66	17

4. Sammenfatning

Ved sammenligning af den summerede belastning, beregnet med de tre metoder, findes at der kun er ringe forskel. Det vil dog være for vidtrækkende, at drage nogen konklusioner om metoderne indbyrdes fordele på dette grundlag. Specielt må man lægge mærke til, at for de enkelt overløbsbygværker kan der være stor forskel på de udledte mængder mellem metoderne. Niveau 1 skiller sig her ud, og det må understreges, at denne metode ikke er velegnet

til beregninger, hvor målet er en bestemmelse af det enkelte bygværks udledning.

Endeligt må der forventes en noget større forskel mellem metoderne f.s.v. angår bestemmelsen af udledningen fra ekstreme regnhændelser.

På basis af disse beregninger er der foretaget en opgørelse af tidsforbruget til beregningernes gennemførelse. Niveauet for dette tidsforbrug vil variere meget, afhængigt af træning og resourcer, men i tabel 8 er vist en relativ sammenligning mellem tidsforbruget ved metoderne.

Tabel 8 Relativt tidsforbrug afhængigt af beregningsniveau

Metode	<u>Timer Niveau X</u>
	Timer Niveau 1
Niveau 1	1
Niveau 2	3
Niveau 3	4,5

Registreringsblad

Udgiver: Miljøstyrelsen, Strandgade 29, 1401 København K.

Serietitel, nr.:

Spildevandsforskning fra Miljøstyrelsen, nr. 4

Udgivelsesår: 1990

Titel:

Bestemmelse af belastningen fra regnvandsbetingede udløb

Undertitel:

Forfatter(e):

Johansen, Niels Bent; Petersen, Steen O.

Udførende institution(er):

Vandrensningsrådet (spons); COWIconsult A/S; PH-consult ApS

Resumé:

Bestemmelse af belastningen fra regnvandsbetingede udløb er baseret på ved hjælp af målinger at etablere kendskab til en række generaliseringsparametre. Disse målinger gennemføres for få veldefinerede oplande.

Med disse parametre bestemmes de udledte vand- og stofmængder fra alle udløb ved hjælp af en række beregningsmetoder.

Emneord:

metodik; regnvand; tidsvariationer; overløb; afstrømning; monitoring; modelberegninger

ISBN: 87-503-8710-3

Pris (inkl. 22% moms): 95,- kr.

Format: A4

Sideantal: 88

Md./år for redaktionens afslutning: juni 1990

Oplag: 300

Andre oplysninger:

Tryk: Scantryk, København

Trykt på miljøpapir

Spildevandsforskning fra Miljøstyrelsen

- Nr. 1 : Proces- og funktionsgarantier samt rådgiveransvar
- Nr. 2 : Fagligt indhold af renseanlæggets driftsdatabase
- Nr. 3 : Datagrundlag for dimensionering af renseanlæg
- Nr. 4 : Bestemmelse af belastningen fra regnvandsbetingede udløb

Bestemmelse af belastningen fra regnvandsbetingede udløb

Bestemmelse af belastningen fra regnvandsbetingede udløb er baseret på ved hjælp af målinger at etablere kendskab til en række generaliseringsparametre. Disse målinger gennemføres for få veldefinerede oplande.

Med disse parametre bestemmes de udledte vand- og stofmængder fra alle udløb ved hjælp af en række beregningsmetoder.



Miljøministeriet **Miljøstyrelsen**

Strandgade 29, 1401 København K, tlf. 31 57 83 10

Pris kr. 95,- inkl. 22% moms

ISBN nr. 87-503-8710-3