

Krav til regnbetingede udledninger i forhold til Vandrammedirektivet

Karsten Arnbjerg-Nielsen og Niels Bent Johansen

April 2002

Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
1 INDLEDNING	9
2 REGNBETINGEDE UDLEDNINGER I KONTEKST	11
2.1 URBANT PÅVIRKET AFSTRØMNING	11
2.2 METODER TIL FORBEDRING AF KVALITET AF OVERFLADEVAND	12
2.3 LOVMÆSSIG REGULERING AF REGNBETINGEDE UDLØB	13
2.3.1 EU-lovgivning	13
2.3.2 Dansk lovgivning	14
3 EFFEKTER FRA REGNBETINGEDE UDLEDNINGER	16
3.1 TYPER AF EFFEKTER	16
3.2 KRITISK TIDSSKALA FOR FORURENING	16
3.3 BEREKNING AF UDLEDNING ELLER BEREKNING AF EFFEKT - NUVÆRENDE STATUS	17
3.3.1 Beregning af hydrologi og hydraulik	17
3.3.2 Beregningsmodeller for stofudledning	18
3.3.3 Beregningsmodeller for effekt	18
3.3.4 Væsentlige usikkerheder i modellering af urban afstrømning	19
3.4 NYLIGE DANSKE UNDERSØGELSER	20
3.5 OPSAMLING	21
3.5.1 Mulighed for beregning af effekt i recipienter med kort opholdstid	21
3.5.2 Mulighed for beregning af effekt i recipienter med lang opholdstid	22
4 REGULERING, VURDERING, INDGREB OG MONITERING	23
4.1 TIDS- OG AKTIVITETSPLAN I VANDRAMMEDIREKTIVET	23
4.2 OPFYLDELSE AF BEST AVAILABLE TECHNOLOGY (BAT)	24
4.3 OPFYLDELSE AF EMISSION LIMIT VALUES (ELV)	24
4.4 OPFYLDELSE AF MÅLSÆTNING FOR ØKOLOGISK KVALITET	25
4.4.1 Monitoring af effekter	25
4.4.2 Indikatorer	27
4.5 VURDERING AF BETYDNINGEN AF REGNBETINGEDE UDLEDNINGER	27
4.6 MULIGHED FOR INDGREB	29
4.6.1 Kildekontrol af forureningskomponenter	29
4.6.2 Reduktion af afstrømning	29
4.6.3 End-of-pipe løsning	29
5 VÆSENTLIGSTE BEHOV FOR NY VIDEN	31
5.1 ETABLERING AF BEST AVAILABLE TECHNOLOGY OG/ELLER EMISSION LIMIT VALUES	31
5.2 DET REALISTISKE NIVEAU FOR NY VIDEN OM ØKOLOGISK KVALITET	31
5.3 PRIMÆRE BEHOV FOR VIDEN OM REGNBETINGEDE UDLEDNINGER	32

6	FORSLAG TIL TIDS- OG AKTIVITETSPLAN	34
6.1	UNDERSØGELSER	34
6.1.1	<i>Planlægningsopgaver</i>	35
6.1.2	<i>Screeningsundersøgelser</i>	35
6.1.3	<i>Detaljerede måleprogrammer</i>	36
6.2	OPSTILLING AF SAMLET TIDS- OG AKTIVITETSPLAN	37
6.3	ØKONOMI	37
7	KONKLUSION	40
8	REFERENCER	41

Forord

Nærværende rapport gennemgår kort den aktuelle og fremtidige regulering i EU og Danmark, hvorunder det konstateres, at lovgivningen ikke tager hensyn til de specielle forhold omkring de regnbetingede udledninger men kun fokuserer på kontinuerede udledninger. Praxis for administration af de regnbetingede udledninger varierer kraftigt fra amt til amt og er ikke kun betinget af forskelle i befolkningstæthed, recipienternes sårbarhed osv.

Formålet med projektet er at udrede problemstillingen med Danmarks mange regnbetingede udledninger til små recipienter i forbindelse med implementeringen af Vandrammedirektivet. I forbindelse med udredningen opregnes det aktuelle vidensniveau og der påpeges huller i viden som kan og bør udfyldes inden vandområdeplanerne skal udarbejdes i 2009. Den manglende viden er afgrænset i form af relativt veldefinerede områder, således at der er realistisk, at man med en intensiv indsats kan opnå den nødvendige viden inden vandområdeplanerne skal udarbejdes.

Rapporten er udarbejdet af Karsten Arnbjerg-Nielsen og Niels Bent Johansen, COWI. Derudover har Karl-Richard Jørgensen, Hans Henning Riber og Jesper Kjølholt deltaget i diskussionerne af projektet. Arbejdet er udført i 2001 og 2002.

Miljøstyrelsens har støttet projektet økonomisk. Til projektet har været tilknyttet en følgegruppe med følgende sammensætning:

Mogens Kaasgaard, Miljøstyrelsen
Thorkild Hvitved-Jacobsen, Aalborg Universitet
Torben Larsen, Aalborg Universitet
Jens Møller Andersen, Danmarks Miljøundersøgelser
Paul Christian Erichsen, Aarhus Amt
Niels Kofod Andersen, Københavns Energi, Afløb
Niels Bent Johansen, COWI
Karsten Arnbjerg-Nielsen, COWI

Regnudvalget under Spildevandskomiteen har haft rapporten til kommentering og har konstateret at rapporten giver en interessant oversigt over problemstillingen, samt at den dermed kan være et vigtigt indspil i debatten om regnbetingede udledninger. På den baggrund har Spildevandskomiteen besluttet at stille rapporten til rådighed på nettet.

Karsten Arnbjerg
Civilingeniør, Ph.D.
COWI

Niels Aagaard Jensen
Civilingeniør, Ph.D.
Formand for Spildevandskomiteen

Sammenfatning og konklusioner

De regnbetingede udledninger fra fællessystemer og separate regnudledninger var i fokus i perioden 1975 - 1990. Det blev konstateret, at der var en betydelig belastning på især de små recipienter.

Med Vandmiljøplanen blev indgreb over for de største kilder prioriteret først, en indsats der er især handlede om reduktion i udledninger af næringsstoffer til det marine vandmiljø. Dette har i nogen grad fjernet fokus fra de regnbetingede udledninger. Der er i stedet brugt mange ressourcer på etablering af biologiske renseanlæg med fjernelse af næringssalte, forurening fra industrier, metoder til rensning i det åbne land og beskyttelse af grundvandet. Indgreb og monitorering af regnbetingede udledninger har dermed haft lavere prioritet og er overladt til de enkelte amter. Da der samtidig ikke har været klare retningslinier for hvordan disse sager skulle håndteres har det ført til meget store regionale forskelle i de faktiske krav til udledningen.

Vandrammedirektivet stiller krav om, at generelt skal der opnås god tilstand, dvs. en tilstand der kun afviger svagt fra en uberørt reference tilstand. Indgreb skal ske via samlede indsatsprogrammer for hvert vandområdedistrikt, dvs. samtlige kilder skal gennemgås og revurderes. Der er dog også mulighed for at klassificere områder som stærkt modificerede eller kunstige, hvor der skal opnås et godt økologisk potentiale, defineret som en god kemisk tilstand.

Der arbejdes der både nationalt og internationalt på at definere, hvad en god tilstand er. Det ligger dog fast, at det vurderes, at der i Danmark er behov for omfattende indgreb over for både punktkilder og diffuse kilder for generelt at opnå god tilstand.

Ofte vil årsagen til påvirkninger være en blanding af effekter fra punktkilder og diffuse kilder. Afhængigt af hvilken forureningsparameter man ser på vil de mest betydende kilder også være forskellige. Særligt forurening fra regnbetingede udledninger er det vanskeligt at opgøre effekten af. Regnbetingede udledninger er den punktkilde, hvor der er den dårligste beskrivelse af påvirkninger af vandområder og af sammenhæng mellem forureningsbegrænsende tiltag og effekten heraf. Dermed er der også her den største risiko for betydelige fejlinvesteringer.

Da der allerede generelt er stillet skrappe krav til tidligere store kilder, renseanlæg og industrielle udledninger, og da der allerede er vedtaget en indsats over for den ikke kloakerede spredte bebyggelse, mangler der for så vidt angår punktkilderne en indsats over for de regnbetingede udledninger. Der må forventes at denne indsats vil blive meget omfattende. Det er tidligere anslået, at der på landsplan kan blive tale om to cifrede milliardinvesteringer. De administrative retningslinier er klare, og der findes velbeskrevne metoder til at reducere belastningerne. Men da det vil kræve store investeringer for at nå miljømålene for indsatsen, er der behov for en bedre beskrivelse af sammenhængen mellem tiltag og effekt for regnbetingede udledninger for at prioritere indsatsen/investeringerne og for at undgå fejlinvesteringer.

Der er væsentlige mangler i viden om effekter fra regnbetingede udledninger på de modtagende vandområder. I mange tilfælde kan man kun udtale sig om indgrebs betydning på et overordnet kvalitativt niveau. Der kan dermed ikke foretages en traditionel ingeniørmæssig dimensionering; man må prøve sig frem med en etapevis udbygning, indtil målet er nået. En tidligere anvendt national ”praksis” med dimensionering af tiltag ud fra beregning af iltsvind i vandløb anses i dag ikke som tilstrækkelig og har vist sig at kunne medføre betragtelige overvurderinger af behov for bassiner.

Nærværende dokument beskriver en række projekter, der er målrettet opgaven at skaffe det nødvendige og tilstrækkelige vidensniveau til, at der kan opstilles generelle retningslinier for fastsættelse af krav til regnbetingede udledninger. Der er kun opstillet de konkrete projekter, der har fokus på de regnbetingede udledninger. I mange tilfælde kræves viden (eller projekter til generering af viden) om effekter fra kontinuerte udledninger. Disse diskuteres ikke i nærværende dokument.

Projekterne er rettet mod at etablere det faglige fundament for at indgreb foretages økonomisk og miljømæssigt optimalt. Det betyder, at alle projekterne til sidst opsamles i et nyt paradigme for analyse og dimensionering af regnbetingede udledninger. Dette paradigme vil blive udarbejdet i form af en Bedst Tilgængelig Teknologi. Hvis ikke projekterne gennemføres risikeres, at de nuværende regionplaners formuleringer vil fungere som en Bedst Tilgængelig Teknologi. Der er så store forskelle mellem de nuværende regionplaner, at de ikke alle kan være økonomisk og miljømæssigt optimale.

Projekterne har samlet set et omfang på 40,9 mio. kr. Projekterne er inddelt i tre kategorier efter den skønnede vigtighed. Det vigtigste og største projekt er at få styr på stofstrømmene i afløbssystemer, da disse har ændret sig væsentligt siden paradigmet for beregning af belastninger blev etableret i 1980'erne. En væsentlig del af dette projekt kan eventuelt finansieres via projekter, der alligevel er på skitseplanet. Derved er ambitionsniveauet for de skitserede projekter ambitiøst, men muligt.

Beløbet skal også ses i lyset af, at investeringen i at generere viden stadig kun er i størrelsesordenen 1-3 % af den forventede investering i forbedringer af afløbssystemet. Risikoen kan opdeles i to typer af fejl: 1. Risikoen for at investeringerne er (delvist) overflødige, svarende til at der bygges for meget, og 2. Risikoen for, at der ikke investeres tilstrækkeligt og at Danmark derved ikke lever op til Vandrammedirektivet. Med det nuværende vidensniveau er der risiko for, at begge typer af fejl opstår, fordi man kan risikere at vælge en forkert metode til udbygningen af afløbssystemer til bedring af recipienttilstanden. Samlet set forventes der derfor at være væsentlige samfundsmæssige gevinster ved at gennemføre de foreslåede aktiviteter.

1 Indledning

De regnbetingede udledninger fra byområder var genstand for megen opmærksomhed i perioden fra omkring 1975 - 1990. Det var erkendt, at for de lokale små vandløb og søer var belastningen fra de regnbetingede udledninger stor, især fra overløbsbygværker i fællessystemer. Der blev gennemført flere store måleprogrammer og opstillet paradigmaer for, hvorledes den lokale og den nationale belastning kunne opgøres for såvel NPo-stoffer som udvalgte tungmetaller.

Vandmiljøplan I og den efterfølgende udbygning af renseanlæg til by- og industrispildevand fjernede i nogen grad fokus fra de regnbetingede udledninger. Det skete bl.a. i erkendelse af, at de opstillede massebalancer påviste, at det var ved renseanlæggene, der virkelig kunne hentes store reduktioner i NPo-stofferne. Efter etablering af renseanlæggene er den centrale indsats nu rettet mod spildevandsudledning fra spredte bebyggelser, mens reguleringen af de regnbetingede udledninger forgår på det lokale niveau. Amterne monitorer effekterne af de regnbetingede udledninger og konstaterer stadig, at for små recipienter er effekterne fra de regnbetingede udledninger stadig ofte uacceptable i forhold til målsætningen for de pågældende recipienter.

Vandrammedirektivet stiller krav om, at målsætningen skal være opfyldt inden for en nærmere defineret årrække. Som udgangspunkt skal alle vandområder leve op til målsætningen om god økologisk tilstand senest i 2015. Aktiviteterne til sikring af målsætningen skal være fastlagt med udgangen af år 2009 i ét samlet dokument for sammenhængende vandområder, en såkaldt Vandområdeplan. Der er dog med direktivet mulighed for at udpege områder som kunstige eller stærkt modificerede, men selv indenfor disse lavere klassificerede vandområder skal der være et godt økologisk potentiale og god kemisk tilstand. Desuden vil der under særlige omstændigheder være mulighed for en tidsfrist forlængelse for opnåelse af miljømål.

Vandområdeplanerne skal være vedtaget i december 2009, med udpegning af en oversigt over væsentlige problemstillinger i oplandet med udgangen af år 2007. Overvågningsprogrammerne på hvilke man skal basere sin overvågning skal dog fastlægges i december 2006, hvilket dermed er det seneste tidspunkt man kan komme med indikatorer specifikt i forhold til regnbetingede udledninger.

Vandrammedirektivet udstikker rammerne for forvaltningen af vandområder og vandressourcer. Det er så op til de nationale myndigheder og vandområdestriktterne at operationalisere disse rammer. Herunder, at skelne mellem kravene til intermitterende og kontinuerte udledninger. Undersøgelser og tiltag i Danmark og internationalt viser, at indgreb mod de kontinuerte udledninger er nødvendige og ofte giver bedst effekt i form af fjernet stofmængde per investeret krone. Det viser sig dog ofte, at disse tiltag ikke er tilstrækkelige til at nå målsætningen; de intermitterende udledninger skal medtages.

På foranledning af Torben Larsen, Aalborg Universitet, nedsatte Spildevandskomitéen i 1998 et udvalg, der skulle analysere og opdatere krav til regnbetin-

gede udledninger. Udvalget har lavet en opdeling og beskrivelse af effekter af regnbetingede udledninger (Larsen, 2002). Med udgangspunkt i denne analyse skulle udvalget herefter foreslå udlederkrav på en rationelt grundlag. Dette har vist sig at være overordentligt vanskeligt, bl.a. fordi der var store huller i vidensgrundlaget. Det aktuelle stade for udvalgets arbejde er fastlagt i Larsen (2002).

Udvalget har været sammensat af såvel kommuner (ledningsejere), amter (recipientmyndighed), rådgivere og forskere. Blandt de vigtige erkendelser udvalget har nået er følgende:

- Manglen på konkret videnskabelig viden gør, at der er en meget uensartet praksis fra amt til amt mht. konkrete krav til regnbetingede udledninger.
- Der er behov for en grundig analyse af hele paradigmet for regnbetingede udledninger. Et sådant arbejde har udvalget ikke ressourcer til at foretage.

Nærværende dokument har som formål at lave et forarbejde til den grundige analyse af paradigmet for de regnbetingede udledninger som Spildevandskomitéens udvalg har påpeget er nødvendigt. Dokumentet bygger på udvalgets arbejde for så vidt angår de effekter som regnbetingede udledninger har i recipienterne (Larsen, 2002). Derefter påpeges de aktuelle vidensbehov i forhold til Vandrammedirektivet. Det skønnes, at der på nationalt plan er behov for følgende hovedkomponenter:

1. Undersøgelse af sammenhængen mellem regnbetinget udledning og effekt. Det forudsætter et intensivt og målrettet måleprogram på flere lokaliteter over en periode på flere år.
2. Operationalisering af kvalitetskravene i Vandrammedirektivet for både god økologisk kvalitet og godt økologisk potentiale, herunder identifikation af velegnede parametre for regnbetingede udledninger.
3. Identifikation af teknologier, som kan reducere udledningerne, så kravene kan opfyldes.
4. Udvikling af operationelle støtteværktøjer til regulering af regnbetingede udledninger som vandmyndigheder og ledningsejere kan anvende til udarbejdelse af Vandområdeplanerne

Miljøstyrelsen og SNS arbejder på del 2. med rådgivning fra bl.a. DMU og DHI. Endvidere arbejdes der også under EU's såkaldte fællesstrategi (et frivilligt samarbejde mellem medlemslandene i EU) med at opstille retningslinier for udpegning af områder som kunstige eller stærkt modificerede.

2 Regnbetingede udledninger i kontekst

2.1 Urbant påvirket afstrømning

Vandrammedirektivet har som mål bl.a. at sikre, at alt overfladevand og grundvand har en økologisk tilstand der som minimum er god. Overfladevand er defineret som alt stillestående eller strømmende vand på jordoverfladen samt kystnære områder. Uanset hvordan regnvand i byområder afledes vil det dermed være omfattet af en vandområdeplan som følge af Vandrammedirektivet.

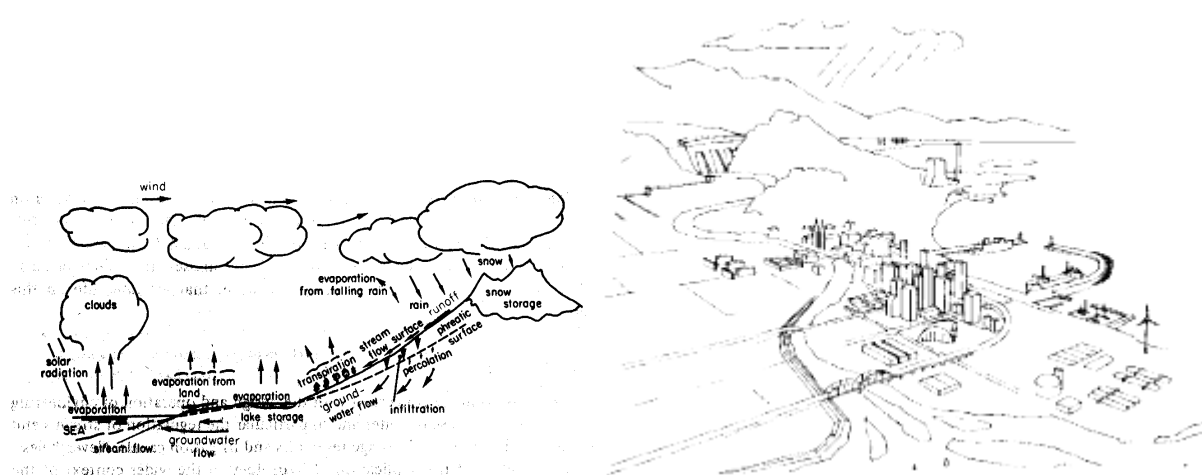
Ved god tilstand skal forstås en tilstand der kun er svagt påvirket i forhold til en upåvirket reference tilstand. Der tales i øjeblikket i EU om at denne reference-tilstand vil svare til vandmiljøets tilstand omkring 1900. For Danmark betyder det en væsentlig mindre påvirket tilstand end hvad målet var med vandmiljøplan I.

Vandrammedirektivet tager sit udgangspunkt i det naturlige vandkredsløb. Det faktiske vandkredsløb er dog påvirket af urbaniseringen, se figur 2.1. Forskellen mellem de to vandkredsløb er bl.a. regnafstrømningen fra befæstede overflader, der er hurtigere og mere forurenede end ved den naturlige afstrømning. Det er imidlertid væsentligt at bemærke, at såvel overfladevand som grundvand også påvirkes af andre processer fra human aktivitet. De væsentligste påvirkninger er de følgende:

- Indvinding af grundvand, der mindsker basisvandføringen i overfladevand
- Permanente udledninger fra industri og renseanlæg
- Næringssaltudvaskning fra landbrugsdrift
- Spild fra uheld og driftsnedbrud af tekniske anlæg
- Aktuell økologisk kvalitet er betinget af tidligere tilstande og udledninger.

Når betydningen af de regnbetingede udledninger skal vurderes skal ovenstående påvirkninger af overfladevand og grundvand inddrages med henblik på at sikre, at en utilfredsstillende kvalitet faktisk er forårsaget af de regnbetingede udledninger og at en ændring i udledningen fra de regnbetingede udledninger vil medføre en bedring af forholdene.

I nærværende rapport beskrives vidensniveauet og de nødvendige tiltag for "almindelige" regnbetingede udledninger, dvs. udledninger bestående af almindeligt forekommende tag- og vejvand, byspildevand mv. Udledninger af opspædet særligt spildevand samt vejvand fra særlige industrier, områder med brug af særlige glatførebekæmpelsesmidler mv. er ikke omfattet af rapporten og skal vurderes individuelt ud fra de konkrete oplysninger.



Figur 2.1 Det naturlige og urbane vandkredsløb. Figurene er taget fra hhv. Wilson (1990) og DHI (2001)

Der skelnes ofte mellem udledninger fra spildevandsførende afløbssystemer hvorfra der udledes opspædet spildevand under regn og udledninger fra separate regnsystemer, fordi nogle af effekterne er væsentligt forskellige. Der er dog også en række væsentlige effekter, der er ens og som hovedregel vil de to typer af afløbssystemer blive omtalt uden at skelne mellem de forskellige typer.

2.2 Metoder til forbedring af kvalitet af overfladevand

Såfremt den aktuelle tilstand af overfladevandet ikke er tilfredsstillende, er der følgende vifte af indgreb mulige:

- Reduktion af udledninger fra kontinuerte kilder
- Reduktion af udledninger fra regnbetingede kilder
- Ændringer i arealanvendelse
- Ændringer i basisvandføring/vandgennemstrømning
- Biomanipulation(udsætning af yngel, grødeskæring, befiskning)
- Ændring af fysiske forhold (kunstig iltning, genslyngning, iltningstrapper)

Ovennævnte liste er ikke komplet, men medtaget for at vise, at indgreb mod de regnbetingede udledninger skal ses i en større sammenhæng. Med dette forbehold in mente er det dog oplagt, at de regnbetingede udledninger i mange tilfælde har en væsentlig betydning for den aktuelle (utilfredsstillende) kvalitet af recipienterne og at der for især vandløb er mange tilfælde, hvor regnbetingede udledninger er blevet en afgørende faktor for den biologiske vandløbskvalitet.

2.3 Lovmæssig regulering af regnbetingede udløb

2.3.1 EU-lovgivning

EU-lovgivningen inden for vandsektoren består dels i en række ældre direktiver, hvoraf de fleste refererer til bestemte typer eller anvendelser af vandsystemer. I praksis er det især fiskevandsdirektivet (78/659/EØF) og badevandsdirektivet (76/160/EØF), der har en vis relevans i forhold til regnvandsbetingede udledninger. Disse direktiver er baseret på vandkvalitetskriterier, som kræves overholdt i de vandsystemer som falder ind under det pågældende direktiv. I bynære områder er der betydelig risiko for at regnvandsbetingede udløb fører til overskridelse af disse direktiver. Begge direktiver har krav om, at medlemslandene gennemfører de fornødne tiltag, så kriterierne bliver overholdt. Fiskevandsdirektivet er et af de direktiver, som sættes ud af kraft, når Vandrammedirektivet er fuldt gennemført (2013), dog med krav om at miljøbeskyttelsen ikke må forringes. Badevandsdirektivet er under revision, men et konkret forslag foreligger ikke. Det forventes, at niveauet for indikatorbakterier generelt sættes ned, mens der muligvis etableres en mere fleksibel kontrolregel, der i højere grad tolererer enkeltstående overskridelser.

Direktivet om farlige stoffer (76/464/EØF) udpeger to lister med henholdsvis de mest farlige stoffer (Liste I) for hvilke der sættes standarder for udledning på EU-niveau og andre farlige stoffer (liste II) for hvilke det er op til medlemsstaterne at sætte standarder. For begge grupper af stoffer gælder at udledninger kræver godkendelse og at der kræves en mere generel indsats for at begrænse forureningen. Standarder for Liste I-stoffer er sat i "datterdirektiverne". Direktivet om farlige stoffer sættes ud af kraft ved implementeringen af Vandrammedirektivet, idet dette har bestemmelser, som træder i stedet.

I relation til farlige stoffer har regnbetingede udledninger en indirekte betydning, idet forureninger i bymiljø og industriområder kan spredes til vandmiljøet af denne vej. (Krav til regnsystemer i virksomhedsgodkendelser?)

Spildevandsdirektivet (91/271/EEC) foreskriver bl.a. at spildevandssystemer skal konstrueres og vedligeholdes ud fra den bedste tekniske viden, uden overdrevne omkostninger, især hvad angår (...) begrænsning af forureningen af recipienter på grund af regnvandsoverløb¹. Spildevandsdirektivet forbliver i kraft efter implementeringen af Vandrammedirektivet, idet overholdelse af spildevandsdirektivet er specificeret som en del af den "kombinerede fremgangsmåde".

Vandrammedirektivet (2000/60/EC) har til formål at skabe en fælles ramme for miljømæssig og ressourcemæssig beskyttelse af både overfladevand og grundvand. Direktivet sætter en generel målsætning om "god tilstand", hvilket for overfladevand skal forstås sådan, at der både skal opnås god økologisk tilstand og god kemisk tilstand. Mens kemisk tilstand bedømmes ud fra faste kriterier, er det op til de enkelte medlemsstater at sætte kriterier for økologisk tilstand. Dog stilles der krav om koordination inden for geografiske områder "økoregioner".

¹ Annex I, punkt 5.1 specificerer, at der kan stilles krav til overløb fra fællessystemer ud fra krav til opblandingsgrad, kapacitet i forhold til tørvejsafstrømningen eller aflastningernes hyppighed.

Hvad angår regulering af udledninger, gælder den såkaldte "kombinerede fremgangsmåde" for overfladevand. Det betyder, at der ud over kravet til den økologiske kvalitet i recipienten stilles specifikke kvalitetskrav til udledningerne i henhold til andre gældende direktiver, samt krav om "best available technology" og bedste praksis med hensyn til diffus belastning.

Hvad angår planlægning og miljøtiltag kræver Vandrammedirektivet først at miljøtilstanden i vandområdedistrikterne beskrives grundigt, dernæst at der udarbejdes forvaltningsplaner og programmer for miljøtiltag for hvert vandområdedistrikt. Disse planer skal være vedtaget senest ved udgangen af 2009 og derefter opdateres hvert 6. år. Miljøtiltag skal efter direktivet være gennemført senest år 2012 og føre til at kvalitetsmålsætningerne er overholdt ved udgangen af 2015. Dog gælder en række undtagelsesbestemmelser.

2.3.2 Dansk lovgivning

Bestemmelser om regnbetingede udledninger findes i Miljø- og Energiministeriets Lovbekendtgørelse nr. 753 af 25. august 2001 "Bekendtgørelse af lov om miljøbeskyttelse" (Miljøbeskyttelsesloven), Bekendtgørelse nr. 698 af 22. juni 1999 "Bekendtgørelse om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4" (Spildevandsbekendtgørelsen) samt Bekendtgørelse nr. 921 af 8. oktober 1996 "Bekendtgørelse om kvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af visse farlige stoffer til vandløb, søer og havet". Der er pt. et udredningsarbejde i gang vedr. Bekendtgørelse nr. 921 med det formål at belyse eventuelle uhensigtsmæssigheder i forhold til de regnbetingede udledninger

Der findes ingen landsdækkende krav om forureningsbegrænsende foranstaltninger ved regnvandsbetingede udløb for stoffer ud over stoffer, der er omfattet af Bekendtgørelse nr. 921. Krav til de regnvandsbetingede udløb fastsættes dermed af amterne i udledningstilladelser efter miljøbeskyttelseslovens § 28. Kravene fastsættes ud fra recipienternes målsætninger, som ligeledes fastlægges af amterne i regionplanerne efter samråd og høring af kommuner m.v.

Tilladelserne til nye eller ændring af bestående udledninger skal ske i overensstemmelse med regionplanen. Såfremt kommunen (eller den private) ikke udfører ændringer af udløb i overensstemmelse med kravene i regionplanen kan amtet (eller kommunen for de små udløb) meddele påbud herom i henhold til miljøbeskyttelseslovens § 30. Amternes praksis for fastlæggelse af krav til de regnvandsbetingede udløb er meget forskellige, jf., Larsen (2000).

Tidligere skulle amterne fastlægge målsætninger for recipienterne og krav til spildevandsudledninger (incl. regnvandsbetingede udløb) i recipientkvalitetsplaner/vandområdeplaner. For nogle vandområder blev der som led i udarbejdelsen af planerne udført beregninger af tilladelig belastning og muligheder for belastningsreduktion. For mange af de regnvandsbetingede udløb er kravene dog fastlagt uden egentlige konsekvensberegninger af effekten i recipienten. Andre steder er der ikke fastlagt egentlige krav - specielt ikke for de eksisterende udløb.

Kommunerne skal med udgangspunkt i regionplanens krav udarbejde spildevandsplaner, som ikke må være i modstrid med regionplanerne. Spildevandsplanen skal bl.a. belyse udledningerne på statustidspunktet og hvilke tiltag der vil blive gjort ved dels de eksisterende udledninger og dels ved nye udledninger. Kommunen skal offentliggøre et forslag til spildevandsplan inden den en-

delige vedtagelse og kommunen bestemmer selv i hvilket omfang man vil tage hensyn til indkomne bemærkninger. Kommunens vedtagelse af planen kan ikke påklages til anden myndighed. Spildevandsplanen omfatter også evt. private spildevandsudløb - for regnvandsbetingede udløb er der her primært tale om helt små udløb fra mindre privatkloakerede områder samt fra stats- og amts-kommunale veje.

For nye byområder fastlægger kommunen i spildevandsplanen om der etableres et regnvandssystem eller om det forlanges at regnvand nedsives. Tilladelse til nedsivning meddeles af kommunen.

Efter vedtagelsen af spildevandsplanen kan kommunen udarbejde projekter for de kommunale aktiviteter fastlagt i spildevandsplanen. Forud for udførelsen skal kommunen ansøge amtet om udledningstilladelse i det omfang der sker ændring af eksisterende udledninger eller nyetablering af udledninger. Evt. ændring af de private udledninger sker ved privat foranstaltning efter ansøgning. For de større udløb er amtet myndighed og for de mindre udløb (op til 30 PE med et tilhørende befæstet areal samt maks. 20 P-pladser) er kommunen myndighed. Tilladelser meddelt af amterne kan påklages til Miljøstyrelsen. Tilladelser meddelt af kommunen kan ikke påklages til anden myndighed.

3 Effekter fra regnbetingede udledninger

3.1 Typer af effekter

Regnbetingede udledninger har flere skadelige effekter. Effekterne kan opdeles i flere typer af effekter som vist i tabel 3.1. Tabellen er opstillet efter effekten i recipienten. Tabellen er taget fra udvalgsarbejdet under Spildevandskomitéen om udlederkrav til regnbetingede udledninger (Larsen, 2002). Afrapporteringen fra udvalget diskuterer de enkelte effekter mere indgående, herunder hvilke typer af indgreb, der med fordel kan benyttes til mindske af de enkelte effekter.

I nogle tilfælde er den skadelige effekt direkte målbar som en fysisk/kemisk parameter (f.eks. nedsat iltindhold), mens effekten i andre tilfælde er indirekte målbar som en ændring i den økologisk struktur, dvs. en uacceptabel stresspåvirkning eller egentlig udvaskning af ønskede organismer mens uønskede organismers tilstedeværelse fremmes. Det er vanskeligt at skelne mellem de sidstnævnte effekter fordi flere af dem registreres ud fra de samme biologiske indikatorer.

Tabel 3.1 Typer af effekter, opstillet bl.a. på grundlag af Lijklema et al. (1993) og Larsen (2002).

Effekt		Underinddeling	
I.	Fysiske ændringer	A.	Oversvømmelse i urbane og rurale områder
		B.	Erosion
		C.	Aflejring af sedimenter
II.	Æstetisk forurening	A.	Hygiejnebind, kondomer mv.
		B.	Sedimenter på brinker, strande
III.	Eutrofiering	A.	Organisk stof
		B.	Næringsalte
IV.	Hygiejnisk forurening	A.	Sygdomme hos mennesker
		B.	Sygdomme hos dyr
V.	Iltsvind i vandløb		
VI.	Giftige og/eller miljøfremmede stoffer.	A.	Giftighed
		B.	Nedbrydelighed
		C.	Bioakkumulerbarhed
VII.	Ændring i økologisk status over lang tidsskala		

3.2 Kritisk tidsskala for forurening

De forskellige typer af effekter har forskellig vigtighed i forskellige typer af recipienter. Forskellen i vigtighed er afspejlet i tidskonstanterne for systemerne. Med tidskonstanterne menes den tid, som udledningen har en effekt i den pågældende vandområde og ikke den tid, som udledningen foregår. De vigtigste recipienter for regnbetingede udledninger er vandløb, søer, kyster og grundvand. Vandløb har en opholdstid på timer til få dage, mens de øvrige recipienttyper har opholdstider fra måneder til mange år. I byområder er der nogle steder bevaret mindre mølledamme med opholdstider imellem de nævnte yderområ-

der. De særlige problemstillinger i den forbindelse vil dog ikke blive behandlet i nærværende dokument.

Hvor opholdstiden er kort er det nødvendigt at kigge på de enkelte hændelser fordi disse kan have en akut skadelig effekt. For recipienter med lang opholdstid er den enkelte hændelse derimod af ringe betydning idet det er den samlede mængde af udledt materiale der har betydning. I tabel 3.2 er typerne af effekter opstillet efter deres primære tidskonstant. Det skal dog nævnes, at de akutte forureninger også har akkumulerende effekter, f.eks. ved at hygiejnebind mv. ligger på vandløbsbredden også efter den konkrete hændelse er ophørt.

Tabel 3.2 Vigtighed af effekt opdelt efter kritisk opholdstid. Vandløb svarer til akut forurening mens søer og grundvand svarer til akkumulerende forurening. Bogstaverne refererer til underinddelingen af effekterne angivet i tabel 3.1.

Effekt	Akut forurening	Akkumulerende forurening
I. Fysiske ændringer	A, B	C
II. Æstetisk forurening	X	
III. Eutrofiering		X
IV. Hygiejnisk forurening	X	
V. Iltsvind i vandløb	X	
VI. Giftige og/eller miljøfremmede stoffer.	A	B, C
VII. Ændring i økologisk status over lang tidsskala		X

3.3 Beregning af udledning eller beregning af effekt - nuværende status

En målrettet miljøadministration forudsætter kendskab til sammenhænge mellem udledninger og effekter i recipienterne. Sammenhængene beskrives ved hjælp af modeller for h.h.v. afløbssystemet, renseanlægget og recipienten. Med dette værktøj kan man vurdere overensstemmelsen for den aktuelle tilstand og konsekvensvurdere indgreb og effekter for den fremtidige tilstand.

I de følgende afsnit er der en overordnet gennemgang af de i dag opstillede koncepter for sådanne modeller og der er vurderet i hvor høj grad disse er anvendelige til formålet.

3.3.1 Beregning af hydrologi og hydraulik

I tabel 3.1 er effekterne I-VII opstillet efter, hvor svære de i dag er at beregne ud fra det planmateriale der typisk er tilgængeligt. Beregning af den hydrauliske afstrømning kan ske med en fejl på hver enkelt hændelse, der er i størrelsesordenen 10-20% (Arnbjerg-Nielsen 1999). Den primære usikkerhed for de hydrauliske beregninger er regnens fordeling i fladen og derfor er usikkerheden på beregningen af de hydrauliske effekter i recipienten af samme størrelsesorden som beregningen af hændelsens udledning. Dermed er usikkerheden på beregning af effekt I-A lidt større end 10-20%.

3.3.2 Beregningsmodeller for stofudledning

Der er to dominerede metoder til at beregne stofafstrømning. Den ene metode antager, at stofafstrømningen sker jævnt fordelt over hele regnhændelsen, mens den anden antager, at der primært er tale om en pulje af aflejringer, der udvaskes og at den væsentligste stofafstrømning dermed sker inden for de første få mm afstrømning. De to metoder benævnes i denne rapport for HMK og First Flush svarende til de to metodikkers navne, hhv. HændelsesMiddelKoncentrationer og First Flush afstrømningseffekt. First Flush antages normalt primært at forekomme i udledninger fra fællessystemer forårsaget af en rensning af tørvejsaflejringer i de spildevandsførende afløbssystemer.

Der er udgivet en række rapporter om bearbejdning af danske data for forekomst af stofafstrømning opgivet som stofkoncentrationer pr. afstrømt volumen. De nyeste projekter er de følgende:

- Miljøprojekt 136: Bearbejdning af danske måledata af regn og afstrømning. Miljøstyrelsen, 1990. *NPo-stoffer og enkelte tungmetaller*
- Miljøprojekt 355: Miljøfremmede stoffer i overfladeafstrømning fra befæstede overflader Miljøstyrelsen 1997. *Tungmetaller og organiske miljøfremmede stoffer, kun separate regnudledninger*
- Miljøprojekt 532: Stofkoncentrationer i regnbetingede udledninger fra fællessystemer. Litteraturstudie, databearbejdning og perspektivering. Miljøstyrelsen, 2000b. *NPo-stoffer*
- Miljøprojekt: 610: Biologiske effekter af toksiske stoffer i regnbetingede udløb. Miljøstyrelsen, 2001. *Toksicitet, nogle tungmetaller og enkelte organiske miljøfremmede stoffer, kun separate regnudledninger*

De fleste af ovennævnte rapporter benytter en beregningsmodel svarende til en jævn stofafstrømning, altså model HMK. I Miljøprojekt 532 påvises der en væsentlig variation i stofafstrømningen for NPo-stoffer, svarende til, at hvis der er en forudgående tørvejsperiode på minimum 3-4 dage er den første del af afstrømningen tydeligt mere forurenede end den efterfølgende afstrømning. I Miljøprojekt 610 er kun undersøgt stofafstrømning svarende til den første, potentielt mere forurenede, afstrømning.

Ved beregning af stofafstrømning er der en betydeligt større usikkerhed end ved beregningen af den hydrauliske afstrømning. Det skyldes, at kendskabet til processerne er væsentligt mere ukendte og der kan være store lokale forskelle afhængigt af afløbssystemets karakteristika og tilstand. Usikkerheden på beregningen af den samlede mængde stof der udledes er for især miljøfremmede stoffer og den samlede toksicitet særdeles stor. Der er foretaget i alt 4 prøver for toksicitet i regnafstrømning fra separate regnudledningshændelser i Danmark, hvilket ikke giver mulighed for at skelne, om det er den ene eller anden model for udledninger, der er bedst til at beskrive målingerne.

3.3.3 Beregningsmodeller for effekt

Beregningen af effekten afhænger af, hvilken af de to typer af modeller for stofafstrømning der benyttes samt af eventuelle rensningsmekanismer der eksisterer inden udledning til recipienten for den konkrete hændelse. Generelt gælder, at ved antagelse om en stofudledningsmodel svarende til HMK er der en entydig sammenhæng mellem udledning og effekt, således at en større udledning fra en

konkret hændelse alt andet lige vil medføre en større effekt i recipienten. Denne årsagssammenhæng er kendt fra selve den hydrauliske udledning.

Ved en stofudledningsmodel svarende til First Flush er der i nogle tilfælde et globalt maksimum for den akutte effekt. Det vil ske i de tilfælde, hvor koncentrationen i den sidste del af hændelsen er lavere end det der kræves for at der sker en negativ påvirkning af recipienten. Et eksempel på en sådan akut forurening er udledning af et toksisk stof. Hvis stoffet stort set kun forekommer i den første del af hændelsen vil den efterfølgende udledning mindske den samlede effekt i kraft af en fortynding af hidtil udledte materiale. Denne stofudledningsmodel kan kun gælde for akutte effekter.

Fælles for begge modeller for beregning af effekt er, at recipientens initialtilstand er meget vigtig. Man har f.eks. en række målinger af iltsvind i vandløb, der dokumenterer, at effekten i vandløbet er meget afhængigt af de forudgående betingelser. Blandt de vigtige erkendte initialbetingelser er årstids- og døgnvariationer, temperatur, pH, lysmængde, basisvandføring og tiden siden sidste regnbetingede udledningshændelse. Der er endvidere meget store variationer mellem recipienter, således at det ikke er kendt hvorledes man kan forudsige effekter i en given recipient ud fra et plangrundlag.

Der er endvidere udgivet en række litteraturstudier, der også inddrager udenlandsk viden og målinger. Den nyeste litteratursøgning på dansk er Miljøprojekt 547: Regnbetingede udløb fra kloaksystemer - et litteraturstudie over danske og udenlandske erfaringer (Miljøstyrelsen, 2000c).

3.3.4 Væsentlige usikkerheder i modellering af urban afstrømning

Der er lavet flere undersøgelser af de totale usikkerheder på beregninger af urban afstrømning. Fælles for dem er, at de påviser en stor total usikkerhed på beregningerne og at usikkerhederne vokser fra led til led, således at beregningen af usikkerheden fra regn til volumenafstrømning er væsentligt mindre end beregningen af effekten af udledningen. Dette skyldes ikke blot fejllophobningsloven men også at årsag-effekt relationerne bliver mere usikre.

I tabel 3.3 er opstillet et skøn over, hvad der er de væsentligste usikkerheder i modelleringen i hver del-proces. Hver af processerne i tabellen angiver også en væsentlig usikkerhed i forhold til beregning af i mindst een af effekterne angivet i tabel 3.1.

Tabel 3.3 Oversigt over identificerede mangler i viden om sammenhæng mellem årsag og effekt.

Hovedproces	Manglende viden	Påkrævet analyse for at minimere usikkerheden
Fra regn til afstrømning	1. Tilgængelige stofmængder. Er mængderne hovedsageligt volumenproportionale eller pulje af aflejret materiale?	1. Stofstrøm for SS og NPO
Fra afstrømning til stofudledning	2. Processer i moderne bygværker og bassiner. Hvordan sker fraktioneringen i praksis? 3. Effekt af simple/lokale rensmekanismer på udjævning og udledning af stof og toksicitet.	2. Stofstrøm for SS og NPO 3. Stofstrøm for SS, NPO og toksicitet
Fra stofudledning til effekt	4. Hygiejne/sundhed. Afklaring af, hvorvidt hygiejne/sundhed er vigtigt 5. Iltsvind i vandløb. Hvornår er det vigtigt og hvilke indgreb skal man anbefale? 6. Miljøfremmede stoffer. Her mangler viden om såvel forekomst som effekt. Det gælder også for de fleste andre typer af udledninger.	4. Risikovurdering 5. Sammenstilling af målinger fra forskellige recipienter og nye målinger 6. Sammenligning med andre typer af udledninger, herunder intermitterende industriudledninger (dambrug)

3.4 Nylige danske undersøgelser

Det er relevant at fremhæve de områder, hvor der foregår relevante undersøgelser af betydningen af regnbetingede udledninger. En sådan liste er i sagens natur ikke komplet, idet en undersøgelse kan være iværksat men ikke afrapporteret, og dermed ukendt for nærværende rapports forfattere. Nedenstående liste af undersøgelser er fremkommet ved forespørgsel i Spildevandskomitéens Regnudvalg, Danmarks Tekniske Universitet, Aalborg Universitet samt følgegruppen for projektet.

Udledninger fra afløbssystemer. Med Aalborg Universitetscenter som primær drivkraft er der i flere år udført undersøgelser vedrørende afløbssystemer, bl.a. omfattende en specifikation af COD-fraktioner og tilhørende modellering. Undersøgelserne tyder bl.a. på, at de COD-udledninger der sker i højere grad end tidligere antaget er langsomt nedbrydeligt og dermed er risikoen for iltsvind mindre end hidtil antaget. Endvidere er der tiltag i retning af at kunne karakterisere biofilmen og sedimenter i afløbssystemer både for NPo-stoffer samt tungmetaller og miljøfremmede stoffer (Hvitved-Jacobsen, 2001; Ashley et al, 2001)).

Undersøgelser viser også, at der i praksis sker en fraktionering af stofferne, både i form af en first flush og i form af en lagdeling i kloakrøret. Dermed ledes de suspenderede stoffer og de stoffer der sorberer hertil i høj grad videre til renseanlægget i stedet for at blive udledt til recipienten. Der har været flere eksamensprojekter der har undersøgt betydningen heraf i form af modellering af SS i bygværker (f.eks. Nielsen *et al*, 2001).

Iltsvind i vandløb. Der har været udført flere undersøgelser de seneste år, bl.a. i Nordsjælland og Jylland, der har påvist, at iltsvind kan forekomme ved udledninger fra fællessystemer. Ved sammenstilling af de forskellige undersøgelser tyder det på, at iltsvind især forekommer hvor recipienten i forvejen er påvirket af organisk stof og er stresset. Disse undersøgelser tyder også på, at disse vandløb behøver de regnbetingede udledninger, fordi biofilm på grøden ellers bevirker uacceptable iltniveauer i tørvejr. Miljøstyrelsen (2000c) diskuterer andre mulige mekanismer, der måske kan forklare forskellene.

Akut toksiske stoffer. Det er med udgangspunkt fra bl.a. DTU undersøgt hvorvidt udledninger af vejvand er akut toksisk (Miljøstyrelsen, 2001; Christensen, 2001). De fleste af prøverne i de to undersøgelser har vist ingen eller lav toksicitet, men enkelte af prøverne har haft en væsentlig toksicitet. Sedimenterne fra bassiner samt vandløb med kraftig påvirkning fra separate regnudledninger var toksiske. Nylige udenlandske undersøgelser tyder på, at udledninger fra separate regnudledninger er mere toksiske end fra fællessystemer.

Betydning for recipienten. Århus Amt har initieret en undersøgelse, hvor samtlige udledninger i hele amtet vurderes. Indtil videre er undersøgelserne fra 12 af de 26 kommuner færdige, i alt 761 udledninger. Ingen af de store kommuner er registreret endnu. I tabel 3.4 er de foreløbige resultater opsummeret. Tabellen er baseret på effekter, der er målbare umiddelbart omkring udløbet, således er undersøgelsespunkterne ca. 5 m opstrøms og 30 m nedstrøms. En uacceptabel påvirkning er defineret som manglende opfyldelse af målsætning (forurenings-

grad eller DVFI), større ansamlinger af slam eller lammehaler og/eller kraftig erosion. Af de 13% af udledningerne med uacceptabel påvirkning tilskrives de 5% en kombination af den regnbetingede udledning og andre effekter. De fleste af udledningerne med uacceptabel påvirkning sker i punkter helt opstrøms i vandløbet. Aarhus Amt regner med at have karakteriseret og bearbejdet samtlige regnbetingede udløb i løbet af få år.

Tabel 3.4 Oversigt over ændringer i forureningsgrad umiddelbart op- og nedstrøms for en regnbetinget udledning, angivet i procent. Der er undersøgt 761 udledninger, heraf 238 fra fællessystemer og 523 fra separate regnsystemer.

	Totalt	Fællessystemer	Separate regnudledninger
Ikke lokaliseret	11	5	14
Ingen påvirkning	63	57	66
Tegn på påvirkning	14	21	10
Uacceptabel påvirkning	13	17	11*

*En væsentlig del af separate regnudledninger med uacceptable påvirkninger skønnes at være i form af fejkoblinger.

3.5 Opsamling

3.5.1 Mulighed for beregning af effekt i recipienter med kort opholdstid

Som det fremgår af de første to afsnit i dette kapitel er vidensgrundlaget meget forskelligt afhængigt af den type af effekt, som ønskes beregnet. I tabel 3.5 er samlet en oversigt over præcisionen med hvilken en effekt kan beregnes. Tabellen er baseret på Larsen (2000) samt en vurdering af det materiale, der er udarbejdet i Danmark de sidste 10 år omkring beregning af effekter i recipienter med primært kort opholdstid.

I tabel 3.5 er angivet fire beregningsniveauer. En god beregning har usikkerheder på de lidt mere end 20% i gennemsnit på en beregning. En "rimelig" beregning har større usikkerhed. Som eksempel kan nævnes NPo-stofferne. De nuværende beregningsmetoder er konservative og anslår, at NPo-stofferne udgør op til 10-15% af de totale udledninger fra punktkilder (Miljøstyrelsen, 2000a). Til nationale vurderinger er beregningen dermed rimeligt præcis. Detail-studier af bygværker i udlandet fastslår dog, at fejlen på den enkelte udledning kan være flere hundrede procent, fordi bygværk og bassin er optimeret mht. stoftilbageholdelse (Nielsen *et al*, 2001). For den enkelte recipient kan og vil denne fejl have afgørende betydning for den effekt, der beregnes. Rimeligheden i præcisionen af beregningen afhænger dermed af formålet med brugen af data.

Tabel 3.5 Oversigt over muligheden for at beregne en effekt ud fra viden svarende til en godt plangrundlag i Danmark.

Kategori	Type af effekt svarende til afsnit 3.1.
God beregning	I-A: Oversvømmelse I-B: Erosion
Rimelig beregning	I-C: Sedimenter II: Æstetisk forurening III: Eutrofiering IV: Hygiejne
Stort lokalt undersøgelsesprogram	V: Iltsvind i vandløb
Kan ikke beregnes	VI: Giftige og/eller miljøfremmede stoffer VII: Ændring i økologisk status over lang tidsskala

3.5.2 Mulighed for beregning af effekt i recipienter med lang opholdstid

Ved beregning af effekt i recipienter med lang opholdstid er den primære opgave at lave masse-strøms analyser af vand- og stofmængder til disse recipienter. Ud fra de opstillede massebalancer identificeres de optimale indgreb. Dermed er de regnbetingede udledninger ikke forskellige fra andre typer af udledninger og vil derfor ikke blive diskuteret her.

4 Regulering, vurdering, indgreb og monitorering

4.1 Tids- og aktivitetsplan i Vandrammedirektivet

I forhold til Vandrammedirektivet er der faste tidsrammer for aktiviteterne. I tabel 4.1 er de aktiviteter fremhævet som er af særlig betydning for de regnbetingede udledninger. Det fremgår af tabellen, at monitoringsprogrammet og de tilhørende kontrolregler skal være fastlagt ved udgangen af 2006. I det omfang der skal identificeres særlige indikatorer for regnbetingede udledninger skal disse være klar senest på dette tidspunkt. Handlingsplanen for alle indgreb skal ligge klar allerede to år senere, i 2008. Det er således i al væsentlighed nødvendigt at træffe beslutning om udlederkrav på baggrund af det vidensniveau, der er ved udgangen af 2006.

Tabel 4.1 Tidsfrister for gennemførelse af Vandrammedirektivets aktiviteter. Kun aktiviteter der er væsentlige af hensyn til regnbetingede udledninger og nye i forhold til hidtidig dansk praksis er medtaget.

Aktivitet	Tidspunkt for implementering
Monitoringsprogram, igangsættelse	Dec. 2006
Tidsplan og arbejdsprogram for Vandområdeplaner	Dec. 2006
Miljøkvalitetsstandarder og kontrol	Dec. 2006
Offentliggørelse af problemstillinger i recipienten	Dec. 2007
Høring over udkast til Vandområdeplan	Dec. 2008
Indsatsprogrammer og Vandområdeplan udarbejdet	Dec. 2009
Regulering af udledninger færdige	Dec. 2012
Miljømål opfyldt	Dec. 2015
Miljømål opfyldt, sidste iteration	Dec. 2027

I Vandrammedirektivet er der følgende muligheder for regulering af den konkrete udledning fra en punktkilde:

1. Brug af Best Available Technology (BAT²).
2. Brug af Emission Limit Values (ELV³) for udledningen.
3. Yderligere krav fordi målet for vandkvalitet ellers ikke nås.

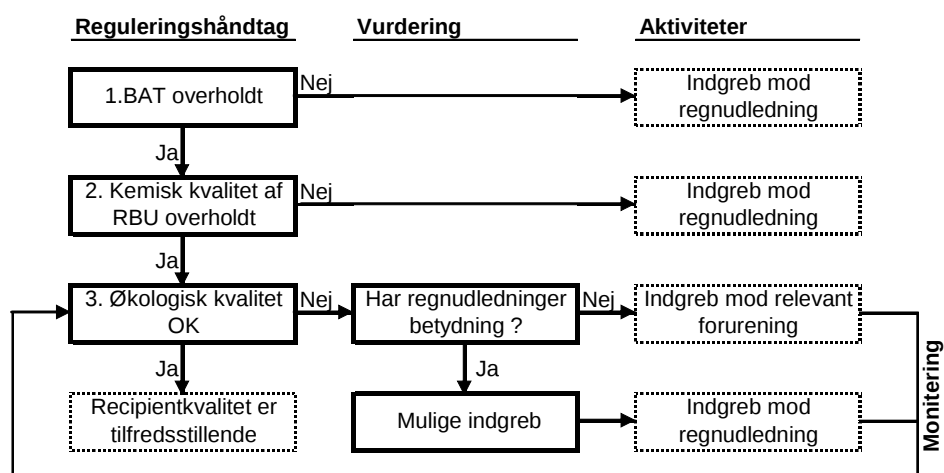
Det strengeste af disse krav skal altid overholdes, men det er ikke nødvendigt at opstille alle typer af krav. I Vandrammedirektivet nævnes endnu et instrument, Best Environmental Practice, som primært er tænkt som et reguleringsværktøj overfor diffuse udledning fra f.eks. landbrug.

Tidsplanen og reguleringsmekanismerne medfører et work-flow som skitseret på figur 4.1. Det bemærkes, at en vurdering af den faktiske effekt af de regnbetingede udledninger først sker relativt sent i flow-diagrammet.

² Krav om anvendelse af en bestemt teknologi, der anses for at være den bedste i det givne tilfælde, f.eks. bassiner med en given overløbshyppighed.

³ Generelle krav til selve udledningens koncentration (og eventuelt mængde).

Effekterne Æstetik (II) og Hygiejne (IV) er vanskelige at opdele i forhold til Vandrammedirektivets inddeling og reguleringsmekanismer. Begge effekter er primært betydningsfulde i forbindelse med human tilstedeværelse, hvor Vandrammedirektivet har fokus på natur som noget uafhængigt af menneskeaktivitet. Det er valgt i nærværende diskussion at medtage dem under de økologiske effekter. Det skyldes, at der pt. ikke eksisterer krav hverken fra BAT eller ELV i form af indgreb mod disse effekter.



Figur 4.1 Oversigt over det generelle workflow som skitseret i Vandrammedirektivet. De fremhævede bokse diskuteres yderligere i det følgende.

4.2 Opfyldelse af Best Available Technology (BAT)

Der er i Danmark en lang tradition for at udvikle lokale løsninger på baggrund af de lokale forhold og i forhandling med de implicerede parter. En sådan praksis er ikke umiddelbart i overensstemmelse med et krav om nationale standarder for udledninger. Man kan dog justere betydningen af brugen af BAT ved at lægge en BAT relativt lavt eller formulere den i forhold til en række kriterier.

Brugen af BAT kan principelt benyttes til at inkludere alle effekterne i kapitel 3. I praksis er de vurderingskriterier der typisk benyttes i dag dog rettet mod effekterne I. Fysiske ændringer, II. Æstetik, III. Eutrofiering og i nogle tilfælde V. Iltsvind i vandløb (jf. tabel 3.1).

4.3 Opfyldelse af Emission Limit Values (ELV)

Der er eller vil blive opstillet ELV for en række specifikke stoffer som led i Vandrammedirektivet, primært tungmetaller samt giftige og/eller miljøfremmede stoffer. Den kemiske kvalitet har dermed primært betydning for effekt VI. Giftige og/eller miljøfremmede stoffer (jf. tabel 3.1). ELV er dog også benyttet i forbindelse med udledninger fra renseanlæg for NPo-stoffer og det kan blive relevant af hensyn til eutrofiering at fastsætte krav til udledninger fra regnbehandlede udledninger for NPo-stoffer. De øvrige effekter hører under den økologiske kvalitet eller BAT.

Der foreligger typiske koncentrationsintervaller for tungmetaller og enkelte miljøfremmede organiske stoffer i overløb fra fællessystemer (Arnbjerg-Nielsen *et al*, 2002). Koncentrationsintervallerne er fundet på baggrund af danske målinger og international litteratur. I rapporten er endvidere opgivet en række koncentrationer fra separate regnudledninger.

Det nationale overvågningsprogram NOVA 2003 (DMU, 2001) er rettet mod at måle på en lang række analyseparametre i regnvandsafstrømningen, i alt knap 150 i fællessystemer og ca. 60 i separate regnvandssystemer. I måleprogrammet er det til gengæld kun planlagt at udtage 10 prøver pr. prøvested og der er kun to eller tre prøvesteder i landet. De foreløbige erfaringer viser, at variationen af stofindhold mellem forskellige hændelser er meget stor for miljøfremmede stoffer. NOVA 2003 vil derfor kun delvist mindske den store mangel på måledata og viden om, hvilke forureningskomponenter der forekommer i regnbetingede udledninger og i hvilke koncentrationer.

Det forventes, at nogle af stofferne vil være til stede i regnbetingede udledninger i koncentrationer, der overskrider de tilladelige koncentrationer i kontinuerlige udledninger. Der er i den forbindelse behov for en afvejning af konsekvenserne af kortvarige emissioner i forhold til mere permanente udledninger. Det skyldes, at en del af de tilladelige koncentrationer er fastsat ud fra en vurdering af kroniske skader, hvorimod de regnbetingede udledninger vil blive fortyndet af tørvejrperioderne og effekten dermed mindre end beregnet ved antagelser om kontinuert påvirkning. Det er dermed ikke sikkert, at en ELV for kontinuerlige udledninger med rimelighed kan benyttes som ELV for regnbetingede udledninger. Denne problemstilling undersøges pt. af Kjølholt *et al* (2002).

4.4 Opfyldelse af målsætning for økologisk kvalitet

Diskussionen omkring økologisk kvalitet er noget mere kompleks end at fastlægge BAT og ELV. Ud over problemerne med monitoring som også til dels gælder for BAT og ELV er der det problem at målingerne er indirekte og ikke nødvendigvis indikatorer for en specifik udledning endsige udledningstype, men blot en samlet resulterende kvalitet. I diskussionen i resten af dette afsnit tages udgangspunkt i, at BAT og ELV for de regnbetingede udledninger er overholdt, men at alle typer af effekter stadig kan forekomme.

En konkret målsætning skal være klart og operationelt formuleret, herunder skal det være specificeret hvordan det registreres hvorvidt målsætningen er opfyldt. Det er det fundamentale krav for at kunne sikre, at recipienterne kan leve op til en målsætning. Kravet kan synes trivielt, men i praksis er det vanskeligt at formulere kravene entydigt samt at tage højde for naturlig variation f.eks. i form af klimavariationer mellem år og årstider.

4.4.1 Monitoring af effekter

Der er i Vandrammedirektivet krav om monitoring af biologiske, hydromorfologiske og kemiske parametre. Monitoring opdeles i kontrolovervågning og operationel overvågning. Kontrolovervågning udføres som udgangspunkt for en periode på et år i den periode der er omfattet af vandområdeplanen. Den operationelle overvågning foretages med henblik på:

- at fastslå tilstanden for de vandområder, der anses for eventuelt ikke at kunne opfylde deres miljømål og

- at vurdere tilstandsændringer for disse vandområder som følge af indsatsprogrammerne.

I den operationelle overvågning kan programmet ændres i løbet af perioden for vandområdeplanen. Endvidere kan måleprogrammet tilpasses, så der er fokus på at måle netop den belastning, der a priori anses for at være vigtigst.

I tabel 4.2 og 4.3 er opsummeret hvilke muligheder for monitorering der er pt. for de typer af effekter, der er fra regnbetingede udledninger. For recipienter med kort opholdstid er der følgende væsentligste kommentarer:

- Det antages, at regnbetingede udledninger er den dominerende intermitterende udledning ud fra såvel både stof- og volumenbetragtninger
- Effekterne II-A, III, IV-A og V er især vigtige ved udledninger fra fællessystemer. Effekterne I-C og II-B er ligeledes vigtigst fra fællessystemer
- Effekten VI-A og muligvis VI-B og VI-C er vigtigst ved udledninger fra separate regnsystemer

For udledninger til recipienter med lang opholdstid er der følgende væsentlige kommentarer:

- Effekter hvis kritiske opholdstid er kort er generelt ikke vigtige. Undtaget herfra er æstetisk forurening
- Effekter hvis kritiske opholdstid er lang er generelt vigtigere for disse recipienter, da en udledning påvirker i lang tid

Tabel 4.2 Oversigt over forslag til monitoringsstrategier for recipienter med kort opholdstid.

Effekt	Evt. Underinddeling	Monitoringsstrategi	Specifik	Behov for ny viden
I. Fysiske ændringer	A. Oversvømmelse	Modellering / borgerklager	Ja - dog forekommer naturlig oversvømmelse	Nej
	B. Erosion	Tilsyn af brinker	Ja - dog forekommer naturlig erosion	Nej
	C. Aflejringer	Tilsyn af bund og brinker	Nej - sediment kan også komme fra andre udledninger, især renseanlæg	Ja - årsag til sediment samt vigtighed for biologiske indikatorer
II. Æstetik	A. Hygiejne bind mv.	Tilsyn / borgerklager	Ja	Nej
	B. Sedimenter	Tilsyn af bund og brinker	Se I-C	Se I-C
III. Eutrofiering		Tilsyn af flora og fauna	Nej - Massebalance for NPO stoffer	Ja - stofudledning ukendt
		Måling af primærproduktion	Nej - Der udledes under regn svarende til tørvejrsmængden fra renseanlæg	
IV. Hygiejne	A. Mennesker	Årligt tilsyn ikke tilstrækkeligt	Nej	Ja - om vigtighed af proces
	B. Dyr	Årligt tilsyn ikke tilstrækkeligt	Nej	Nej - Regn ikke hovedkilde
V. Iltsvind i vandløb		Kræver kontinuert måleserie	Ja	Ja - om vigtighed af proces
VI. Giftige og/eller miljøfremmede stoffer	A. Giftighed	Kræver kontinuert måleserie for akut giftighed og forekomst i sediment, flora og fauna for permanent giftighed	Nej - styrke af kilder også ukendt	Ja
	B. Nedbrydelighed	Forekomst i sediment samt flora og fauna	Nej - styrke af kilder også ukendt	Ja
	C. Bioakkumulerbarhed	Tilsyn af flora og fauna	Nej - styrke af kilder også ukendt	Ja
VII. Økologisk status over lang tid		Tilsyn af flora og fauna	Nej	Ja - træghed i forhold til fortiden

Tabel 4.3 Oversigt over nuværende mulige monitoringsstrategier for recipienter med lang opholdstid.

Effekt	Evt. Underinddeling	Monitoringsstrategi	Specifik	Behov for ny viden
I. Fysiske ændringer	A. Oversvømmelse	Ikke relevant	-	-
	B. Erosion	Ikke relevant	-	-
	C. Aflejringer	Årligt tilsyn af bund og brinker	Nej - sedimenter kan også komme fra andre udledninger, især renseanlæg	Eventuelt for søer, kyster mv.
II. Æstetik	A. Hygiejne bind mv.	Årligt tilsyn / borgerklager	Ja	Nej
	B. Sedimenter	Årligt tilsyn af bund og brinker	Se I-C	Se I-C
III. Eutrofiering		Årligt tilsyn af flora og fauna	Nej - Massebalance for NPO stoffer	Ja - stofudledning på recipientniveau
IV. Hygiejne	A. Mennesker	Ikke relevant	-	-
	B. Dyr	Ikke relevant	-	-
V. Iltsvind i vandløb		Ikke relevant	-	-
VI. Giftige og/eller miljøfremmede stoffer	A. Giftighed	Forekomst i sedimenter samt flora og fauna	Nej - styrke af kilder også ukendt	Ja
	B. Nedbrydelighed	Forekomst i sedimenter samt flora og fauna	Nej - styrke af kilder også ukendt	Ja
	C. Bioakkumulerbarhed	Årligt tilsyn af flora og fauna	Nej - styrke af kilder også ukendt	Ja
VII. Økologisk status over lang tid		Årligt tilsyn af flora og fauna	Nej	Ja - træghed i forhold til fortiden

4.4.2 Indikatorer

I foregående afsnit er alle effekter gennemgået med henblik på at skabe overblik over hvorledes de negative effekter kan registreres, om muligt. Tabellerne er dog ikke egnede til at give det fornødne overblik over hvilke indikatorer, der benyttes til vurdering af effekterne, herunder hvilke indikatorer der benyttes til at måle flere effekter fra regnbetingede udledninger samt eventuelt effekter fra andre påvirkninger. Derfor er konstrueret en tabel, tabel 4.4, der viser tabel 4.2 struktureret efter de primære indikatorer.

Det er kendetegnende, at en meget stor del af de væsentlige effekter i forhold til sikring af målsætningen er hængt op på een meget generel indikator. Dansk Vandløbs Fauna Indeks (DVFI) er egnet til at måle effekten af den samlede påvirkning af vandløbet og betydningen af de regnbetingede udledninger kan ikke skelnes fra de øvrige udledninger og påvirkninger.

Det er ikke relevant at opstille en tabel for recipienter med lange opholdstider svarende til tabel 4.4, idet der ikke for nogen af de relevante effekter forefindes unikke indikatorer.

4.5 Vurdering af betydningen af regnbetingede udledninger

Hvis målsætningen ikke er (eller vurderes at blive) opfyldt efter at alle udledninger lever op til krav om BAT og ELV kræves en undersøgelse af, hvorvidt de regnbetingede udledninger er (med-)årsag til den manglende opfyldelse af målsætningen.

Følgende viden skal være tilgængelig for at man kan afgøre de regnbetingede udledningers betydning samt foretage en traditionel ingeniørmæssig dimensionering:

Tabel 4.4 Oversigt over nuværende mulige indikatorer. En indikator betegnes som specifik, hvis den kun måler effekten af regnbetingede udledninger.

Frekvens	Effekt	Unik indikation	Bemærkninger
Modellering	I-A: Oversvømmelse	Ja	Oversvømmelse kan også forekomme naturligt.
Årligt:			
Fysik	I-B: Erosion	(Ja)	Erosion kan også forekomme naturligt.
	I-C: Aflejring af sedimenter	Nej	
	II-A: Sanitære aflejringer	Ja	
	II-B: Sedimenter	Nej	
Biologi	III: Eutrofiering	Nej	Der eksisterer i dag primært een indikator, Dansk Vandløbsfaunaindeks (DVFI), i nogle tilfælde suppleret med målsætninger for fiskeart og -tæthed.
	(V): Iltsvind i vandløb	Nej	
	VI: Gift/Miljøfremmede stoffer	Nej	
	VII: Økologisk status	Nej	
Hypptigt:			
Fysik	IV: Hygiejne	Nej	Indikator-bakterier har ofte flere værter Måling af O ₂ . Rimeligt kendskab til effekt af fysisk påvirkning. Muligt kontinuert enkelte steder. Cu, Hg, NH ₃ , ... Ringe kendskab til effekt af fysisk påvirkning pga. udfældning mv. Muligt på enkelte hændelser enkelte steder
	V: Iltsvind i vandløb	Ja	
	VI: Gift/Miljøfremmede stoffer	(Ja)	
Biologi	VI-A: Akut toksicitet	Ja	Akutte øko-tox test på enkelte hændelser enkelte steder.

- Kendskab til afløbssystemet, herunder opbygning, tilstand, stofindhold i afstrømningskomponenter mv.
- Kendskab til recipienten, herunder væsentlige tilstandsvariable såsom temperatur, pH, basisvandføring/opholdstid, andre udledninger, vandindvinding mv.
- Kendskab til regnens struktur og fordeling i flade og tid over oplandet til recipienten.
- Kendskab til årsag-effekt sammenhængen mellem den eller de årsager der forårsager den utilfredsstillende tilstand samt hvor meget en ændring i årsagerne vil ændre tilstanden i overfladevandet.

For akut forurening gælder ovennævnte krav til de konkrete hændelser, mens der ved akkumulerende forurening er mindre krav til de konkrete hændelser. Det er vigtigt at bemærke, at kendskabet til årsag-effekt sammenhænge gælder for såvel de regnbetingede udledninger som alle andre årsager.

Hvis kendskabet til en eller flere af ovennævnte "pinde" er ringe vil indgreb i praksis altid ske efter den "empirisk-iterative" metode, dvs. at der foretages en passende stor ændring, hvorefter det monitoreres, om disse ændringer var tilstrækkelige.

Hvis ikke ændringen er tilstrækkelig til at målsætningen er opfyldt foretages en ny iteration. Hvis ændringen har været marginal foretages en anden type indgreb, da hypotesen om årsag-effekt sammenhængen har været upræcis eller forkert. Der er i Vandrammedirektivet indlagt plads til to iterationer á 6 år inden den endelige handlingsplan, der definitivt sikrer opfyldelse af målsætningen senest i 2027.

4.6 Mulighed for indgreb

Nedenstående liste er ikke detaljeret, men påpeger en liste over principielt mulige løsninger på afledning af regnvand fra byområder med det der vurderes som acceptable følger for samfundet.

Det er kendt, at mange recipienter, specielt på Sjælland, er meget stressede i tørvejr. En del af dem har ingen tørvejrsvandføring, men starter med udløbet fra et regnvandsbetinget udløb. Alligevel er vandløbet (formentlig ofte urealistisk) klassificeret med generel målsætning. I disse situationer kan det være nødvendigt at forbedre basistilstanden, også selv om de regnbetingede udledninger medfører væsentlige effekter. Forbedringen kan ske f.eks. i form af en eller flere af de aktiviteter, der er nævnt i afsnit 2.2. Alternativt kan man søge at klassificere disse vandområder som stærkt modificerede.

4.6.1 Kildekontrol af forureningskomponenter

Regnafstrømningen er forurenet fordi den fjerner en række forureningskomponenter fra byen. En række af de uønskede stoffer kunne reduceres ved brug af andre materialer i byen. Det gælder såvel forurening fra transportsektoren som overfladematerialer i bybilledet. I praksis indeholder alene afstrømningen fra separate regnvandssystemer dog så mange stoffer af potentielt uønskede stoffer, at denne løsning alene ikke er realistisk (Ledin *et al*, 2002).

4.6.2 Reduktion af afstrømning

Der har været en stor bevågenhed om muligheden for nedsivning af regnvand afstrømmet fra tagarealer og områder med mindre trafikbelastning. Området var et større forskningsområde i midten af 1990'erne og der er et rimeligt godt kendskab til mulighederne og begrænsninger i at benytte metoden. Potentialet er klart størst i Storkøbenhavn, alle forudsætningerne er til stede, herunder et lavt grundvandsspejl og hydraulisk overbelastede recipienter.

Metodens udbredelse er noget hæmmet af, at metoden ikke er økonomisk attraktiv i forhold til den konventionelle afvanding og dermed i nogen grad er afhængig af arkitekters evne og lyst til at tænke alternativ regnvandsafstrømning ind i konkrete projekter som et rekreativt element.

4.6.3 End-of-pipe løsning

Navnet end-of-pipe hentyder til, at man tager udgangspunkt i den aktuelle regnvandsafstrømning og de aktuelle recipienter og tilpasser udledningen, så målsætningen alligevel nås. Principielt er der to principper, der er mulige med den nuværende struktur:

1. at rense og udlede regnvandet så decentralt som muligt, dvs. med hyppige udledningspunkter til recipienterne
2. at rense så store mængder regnvand som muligt på store anlæg, der også renser byspildevand

Den lokale rensning vil typisk være karakteriseret ved lavteknologiske anlæg med ingen eller lav vedligeholdelse. Der vil i praksis være tale om en kombination af udjævning af vandføringen og en stoftilbageholdelse. Ved recipienter

med kort opholdstid er det vigtigere med udjævningen mens stoftilbageholdelsen er vigtigere for recipienter med lang opholdstid. Udjævningen sker i form af tilvejebringelse af et volumen til opmagasinering og stoftilbageholdelsen kan ske ved udnyttelse af sedimentation eller rensning i bassinet eller mere direkte i form af riste, filtre eller lignende.

Der er på de eksisterende renseanlæg ikke stor lyst til at modtage større mængder regnafstrømning. Den hydrauliske puls forstyrrer de biologiske processer og i vinterperioden er vandet så koldt at det i sig selv er et problem. Regnvandet ser også rent ud, så der er intuitiv modstand mod at blande vandet med det synligt forurenede spildevand.

Imidlertid er vand fra separate regnvandssystemer generelt mere toksiske end overløb fra systemer hvor der også føres spildevand. Dette sammen med kravet om et krav om BAT på regnvandsudledninger betyder, at der er et behov for at tænke hele paradigmet omkring de tostrengede system med lokale løsninger på den ene streng og centrale løsninger på den anden streng igennem på ny. Måske kan der være positive effekter af en kombination af løsninger, hvor spildevand (eller andre kilder med organisk stof) benyttes som et element i at reducere effekten fra separate regnudledninger.

5 Væsentligste behov for ny viden

5.1 Etablering af Best Available Technology og/eller Emission Limit Values

Diskussionen om behov for ny viden kan opdeles i to. Der er behov for retningslinier for anvendelse af BAT og/eller ELV for regnbetingede udledninger inden Vandområdeplanerne udarbejdes. Primært skal man afgøre om man vil etablere både BAT-krav og ELV-krav, eller alene et af kravene. Der vil være en vis kobling mellem BAT og ELV, idet en BAT vil skulle overholde de krav til udledningerne, der opstår som følge af ELV.

Udarbejdelsen af en BAT kan om fornødent ske af de enkelte vanddistrikter eller på et niveau op til økoregionerne. Danmark tilhører en økoregion sammen med Nordtyskland, Holland, Sydsverige og dele af Polen. Udviklingen af BAT kan laves på forskelligt detaljeringsniveau, fra en beskrivelse af, hvilke processer der skal tages hensyn til og til en manual for dimensionering som blot skal overholdes. Den første løsning ligger i forlængelse af dansk dimensioneringspraksis som fastlagt i en række skrifter fra Spildevandskomitéen. Som påpeget af Larsen (2002) har denne metode ført til meget forskellige BAT i de forskellige amter, der ikke kun er rationelt begrundet.

Udviklingen af ELV sker med højere fokus på recipienten og dens bæreevne overfor udledninger. Der vil derfor ved opstilling af en ELV i højere grad være brug for at vurdere recipienterne på tværs af vanddistrikterne, gældende for hele økoregionen. Man kan forestille sig, at en ELV bliver opstillet ved vurderinger i forhold til de vandkvalitetskrav, der er gældende for de pågældende recipienter kombineret med antagelser om fortynding og tidskonstanter for påvirkning.

5.2 Det realistiske niveau for ny viden om økologisk kvalitet

Principielt er den optimale situation, at der identificeres en unik indikator for hver effekt hidrørende fra regnvandsbetingede udledninger, der dermed er adskilt fra indikatorer for andre typer af udledninger. Det er imidlertid ikke praktisk muligt, men kan sammenlignes med det ønske der i 1980'erne var om at modellere afstrømningen i byområder kontinuert med henblik på at opnå en mere præcis forudsigelse af afstrømningen ved at modellere processerne mere detaljeret. Efter nogle års forskningsindsats blev det konkluderet, at den ekstra indsats i form af påkrævet beskrivelse og monitoring af oplandene ikke førte til en rimelig reduktion i usikkerheden for dimensionsgivende regnhændelser.

Det foreslåede undersøgelsesprogram til forbedring af beslutningsgrundlaget sigter derfor mod, at beslutninger vedrørende regnbetingede udledninger stadig skal tages uden præcist kendskab til alle processer. Målet er at beskrive de særlige kendetegn der er nødvendige i forhold til regnbetingede udledninger. Det betyder opbygning af en generel viden om massebalancer for specifikke stoffer

og stofgrupper og, såfremt det er nødvendigt, en vurdering af særlige forhold ved pulsudledninger.

Danmark er i en gunstig situation for at identificere de særlige karakteristika for regnbetingede udledninger. Det skyldes, at der er foretaget indgreb mod mange af udledningerne: Renseanlæg er udbygget og afskåret til større recipienter, de industrielle udledninger til små recipienter er mindsket og der foretages pt. indgreb også mod udledninger fra spredte bebyggelser. Dermed er der flere steder mulighed for at studere effekten af de regnbetingede udledninger isoleret fra andre udledninger, ligesom det er erkendt, at det næste indsatsområde til bedring af recipienternes tilstand er indgreb mod de regnbetingede udledninger.

5.3 Primære behov for viden om regnbetingede udledninger

På basis af diskussionerne i kapitel 3 og 4 er der i tabel 5.1 opsummeret de effekter, hvor der IKKE er behov for ny viden om effekterne fra de regnbetingede udledninger. Det betyder ikke at effekterne ikke forekommer (næsten tværtimod) men at hvis effekten er uacceptabelt stor kan den afhjælpes i form af en ingeniørmæssig dimensionering, således at der ikke længere forekommer en uacceptabel effekt.

Tabel 5.1 Oversigt over effekter, hvor det anbefales ikke at lave yderligere undersøgelser, fordi det ønskede niveau for viden er tilstrækkeligt i forhold til at stille krav i vandområdeplanerne.

Effekt	Kommentar
I A: Oversvømmelse	Dimensionering af strukturelle tiltag til sikring af acceptable stuvningsforhold er mulig
I B: Erosion	Dimensionering af tillædninger og recipient for at sikre acceptable bundforskydnings-spændinger afhængigt af bundforhold og naturlig belastning
II: Æstetisk	Dimensionering af strukturelle tiltag i form af riste mv. forefindes

Tilsvarende er der i tabel 5.2 opregnet de behov for viden, som er påpeget i de foregående kapitler. I tabellen er der fokus på at beskrive det mere præcise behov for viden.

Ud over undersøgelserne påpeget i tabel 5.2 er der behov for nogle mere overordnede vurderinger, herunder primært:

- Den overordnede identificerbare påvirkning fra regnbetingede udledninger
- En sammenligning af regnbetingede udledning med andre udledninger, såvel kontinuerte udledninger som intermitterende udledninger
- Afvejning af fordele og ulemper ved regnbetingede udledninger.

Denne opsamling kan ske i form af indsamling og systematisering af eksisterende undersøgelser. Navnlig for den sidste vurdering gælder, at der er tale om den helt generelle vurdering af, hvad der er en "naturlig" recipient og hvad der er en "kunstig" recipient. For en del vandløb udgør de regnbetingede udledninger et væsentligt bidrag til sommervandføringen og spørgsmålet kan blive, hvorvidt der eksisterer en recipient uden den regnbetingede udledning.

Tabel 5.2 Indsatsområder i forhold til fremskaffelse af viden specielt for regnbetingede udledninger.

Effekt	Kommentar
I C/ II B: Sedimenter	Der forefindes enkelte spredte undersøgelser af dynamik i sedimenter i vandløb forårsaget af regnbetingede udledninger. De øvrige tilledninger af f.eks. organisk stof vurderes at være vigtige ko-faktorer for betydningen af effekten.
III: Eutrofiering	Undersøgelser har påpeget, at moderne udformning af bygværker mv. mindsker stofudledningen betydeligt i forhold til de hidtidige antagelser, bl.a. for NPo-stoffer.
IV: Hygiejne/sundhed	Betydningen af denne effekt er ukendt. Det vil være muligt at opstille scenarier og beregne under hvilke omstændigheder effekten er uacceptabel gennem en risikovurdering.
V: Iltsvind i vandløb	Der forefindes en række undersøgelser i Danmark der dokumenterer, at nogle gange er effekten vigtig og andre gange ikke. Undersøgelserne må systematiseres og ko-effekter fra alternative hypoteser må undersøges.
VI: Miljøfremmede stoffer	Der er behov for viden om, hvilke stoffer der skal fokus på og give en massestrømsanalyse. For regnbetingede udledninger kræves en vurdering af akut toksicitet samt risiko for resuspension af toksiske sedimenter. Øvrige elementer af denne effekt er ikke speciel for regnbetingede udledninger.
VII: Ændring i økologisk status over lang tid	Levesteder påvirket af behov for pulser i form af regnafledning. Ellers ikke særligt for regnbetingede udledninger.

Der er en række huller i viden som ikke vil blive forsøgt tilvejebragt inden 2006. Disse er listet i tabel 5.3 sammen med en kort forklaring på hvorfor det ikke skønnes at være muligt at opnå den viden der skal til for at foretage en egentlig ingeniørmæssig dimensionering af regnbetingede udledninger.

Tabel 5.3 Oversigt over de huller i viden, som ikke vil blive forsøgt lukket som led i de foreslåede undersøgelser.

Hul i viden	Årsag til, at problemet ikke skal undersøges inden 2006.
VI. Giftige og/eller miljøfremmede stoffer	Der er primært behov for analyser af kilder og massestrømme på et mere overordnet niveau. De regnbetingede udledninger er kun transportmedie.
IV. Patogener, dyr	Der er stor mangel på viden på området. Det antages a priori, at de regnbetingede udledninger ikke er den primære smittekilde. Derfor må initiativet til en eventuel analyse komme fra andre interessenter.
VII Ændring i økologisk status over lang tid	Det formodes, at det ikke er muligt at etablere den fornødne viden indenfor tidshorisonten.
Indikatorer for specifikke regnbetingede påvirkninger	Det formodes, at det ikke er muligt at etablere den fornødne viden indenfor tidshorisonten.

6 Forslag til tids- og aktivitetsplan

6.1 Undersøgelser

På baggrund af de foregående kapitler kan der identificeres en række undersøgelser. Undersøgelserne kan opdeles efter type af opgave:

- Planlægningsopgaver
- Screeningsundersøgelser
- Detaljerede måleprogrammer

Opdelingen kan også ske efter processen i regnafstrømningen:

- Kilder til stoffer
- Transport i afløbssystem, herunder fraktionering og omsætning
- Rensning, fordeling af stofstrømme i lokal udledning, opmagasinering og central rensning
- Recipienteffekt
- Indikator for påvirkning

I tabel 6.1 er undersøgelserne opdelt efter de to kriterier. I de efterfølgende afsnit diskuteres de enkelte undersøgelser mere detaljeret opdelt efter det første kriterium.

Tabel 6.1 Oversigt over de identificerede primære behov for ny viden. Enkelte væsentlige problemstillinger der ikke kun vedrører regnbetingede udledninger er medtaget. Disse er markeret med *kursiveret* skrift.

	Planlægningsopgaver	Screeningsundersøgelser	Detaljerede måleprogrammer
Systemanalyse	Fordele og ulemper ved udledning ved lav recipientkvalitet Lokal/central rensning		
Kilder til stoffer			Forekomst af stoffer (NOVA 2003) Forhold mellem kort og meget kort tox-påvirkning
Transport i afløbssystem			Sedimenter, korrelation til toksicitet. Fraktionering af NPo-stoffer
Rensning	BAT		Lokal rensning Fraktionering i bygværker
Recipienteffekter	ELV Hygiejne	Identificerbar påvirkning Effekt af fysik i recipient Iltsvind i vandløb	Sedimenter
Indikator		Dynamisk påvirkning vs. kontinuert påvirkning	

6.1.1 Planlægningsopgaver

Der er identificeret et behov for følgende planlægningsopgaver:

P1. Fordele og ulemper ved udledning til recipient med lav recipientkvalitet. Der er recipienter, der tidligere har været naturlige og hvor status er, at spildevand fra renseanlæg og regnbetingede udledninger er den eneste af strømning i sommerhalvåret. Der er behov for en samlet afvejning af fordele og ulemper ved regnbetingede udledninger til forskellige typer af recipienter, idet en række vandløb opnår en bedre vandkvalitet kort efter regnbetingede udledninger. Endvidere analyseres mulighederne for at klassificere vandløb som stærkt modificerede. Dette skal ske i overensstemmelse med de retningslinier, som bliver fastlagt af EU's fællesstrategi.

P2. Beslutningsstøtte til valg mellem lokal og global rensning. Der er behov for en analyse af, i hvilke tilfælde lokal rensning er optimal i forhold til centraliseret rensning. Herunder hører hvilke typer af anlæg, der er egnede. Projektet ligger i forlængelse af udredningen af, hvilke recipienter, der er naturlige og hvilke der er kunstige. En væsentlig aktivitet i den forbindelse er at analysere de økonomiske konsekvenser af forskellige alternativer.

P3. Risikovurdering af patogener/sundhed. Fra vores afløbssystemer udledes patogener og sundhedsskadelige stoffer via separate regnudledninger, overløbsbygværker og renseanlæg. Det er karakteristisk for udledningerne, at omtrent 50% af den samlede udledning af indikatorbakterien *E. coli* sker i de 5% af tiden det regner, hvorved kvaliteten af vandet er påvirket i op til 10-15% af tiden. For nogle patogener er forholdet formentlig endnu mere skævt. Der er dermed en forhøjet risiko for at blive udsat for en infektiøs dosis under og kort efter en regnhændelse ved kontakt med de berørte recipienter.

P4. Vurdering af ELV. Det skal defineres om og i givet fald for hvilke stoffer der skal opstilles ELV. For disse stoffer er der behov for en udredning af hvilke tidskonstanter og sikkerhedsfaktorer der skal anvendes i forbindelse med udledningerne og konsekvenserne heraf. Beregningerne skal primært benyttes som led i at vurdere eventuelle krav til rensning i opstilling af en BAT, idet det ikke er realistisk at kontrollere alle udledninger fra alle afløbssystemer.

P5. Definition af BAT for regnbetingede udledninger kan baseres på f.eks. krav til udjævning af afstrømningen (volumen og afskærende kapacitet), vurdering af opstuvning i by- og landområder, tilbageholdelse af bestemte stoffer og vedligeholdelse/rensning af anlægget. Afvejning af de forskellige undersøgelser sker i et overordnet projekt, som udmunder i en BAT, eventuelt for forskellige typer af systemer og fysisk/kemiske forhold.

6.1.2 Screeningsundersøgelser

Der er identificeret et behov for følgende screeningsundersøgelser:

S1. Betydning af regnbetingede udledninger op- og nedstrøms udledningspunktet. Undersøgelsen fra Aarhus Amt om betydningen af de regnbetingede udledninger bør udvides til også at omfatte andre geografiske områder med andre afstrømningsforhold. Det primære andet undersøgelsesområde er Storkøbenhavn, fordi den naturlige afstrømning er begrænset, men også andre områder er interessante. Screeningen omfatter også en efterfølgende behandling af de ind-

samlede registreringer. I de indsamlede måledata søges endvidere en eller flere indikatorer længere nedstrøms som kan indikere forskellen på påvirkninger fra pulser og kontinuerede udledninger.

S2. Betydning af genslyngning, dobbeltprofiler mv. Der er lavet en del projekter, hvor specielt vandløb er forsøgt gjort mere robuste overfor pulserende udledninger fra især afløbssystemer. Der mangler en landsdækkende opfølgning på projekterne, herunder hvilke faktorer der har været afgørende for succes eller fiasko.

S3. Iltsvind i vandløb. Der er foretaget en del målinger af iltindhold i recipienter før, under og efter regn. Der er behov for en opsamling på erfaringerne, både ud fra nationale og internationale måleprogrammer for at få en erfaringsopsamling på betydningen af denne effekt.

6.1.3 Detaljerede måleprogrammer

Der er identificeret et behov for følgende detaljerede måleprogrammer:

M1. Forekomst af stoffer i regnbetingede udledninger. Der foregår via NOVA 2003 en vigtig erfaringsopbygning i mængden af stoffer i regnbetingede udledninger. Det er vigtigt at få revurderet mængden af prøver og analyser pr. prøve og få foretaget målinger i flere oplande, såvel for separate regnudledninger som for overløb fra fællessystemer.

M2. Lokal rensning af regnbetingede udledninger. Den lokale rensning består ofte af en olieudskiller og et sandfang, der måske vedligeholdes. En del steder er etableret opmagasineringsvolumen og der er etableret forsøg med mere vidtgående rensning i form af f.eks. Actiflo anlæg og rodzoneanlæg. Disse undersøgelser systematiseres og nye typer af rensesystemer afprøves.

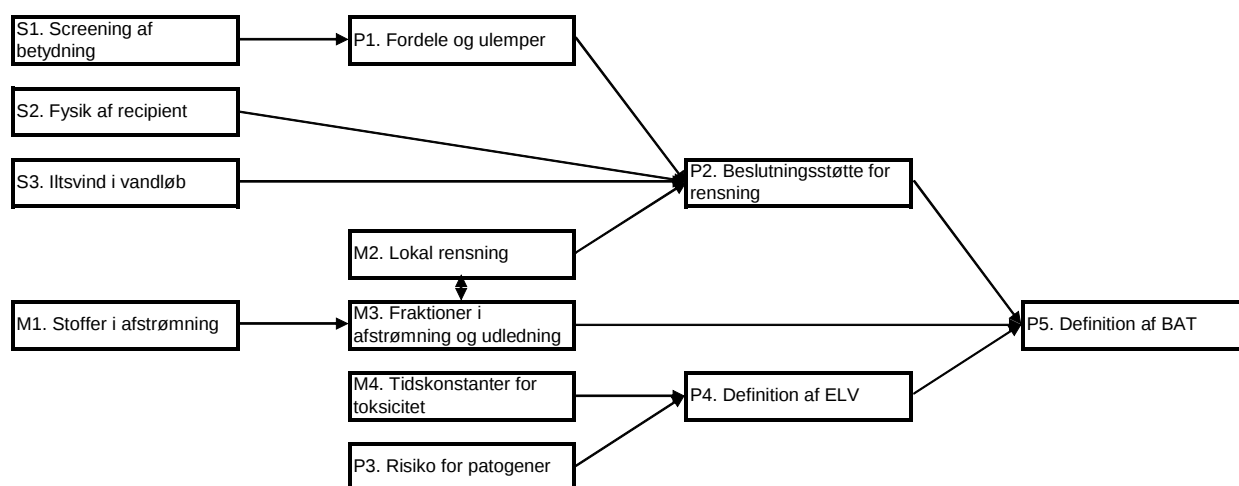
M3a. Stofstrømme i kloakker og bygværker, NPO og SS. Ændringer i udformningen af bygværker og bassiner kan reducere og/eller reducere stofudledningen af f.eks. SS med mere end 50% fra især fællessystemer. Forskellen medfører også forskelle i toksicitet i de forskellige delstrømme. Stofstrømmen skal følges også ud i udvalgte recipienter, se næste måleprogram.

M3b. Sedimenter i vandløb/recipienter med kort opholdstid. I løbet af en kraftig regnhændelse udledes og flyttes sedimenter, biofilm mv. i nogle recipienter voldsomt. Der er behov for at se mere detaljeret på fordele og ulemper ved de regnbetingede udledninger i form af afrivning af biofilm og resuspension af sedimenter, herunder risikoen for iltsvind og andre toksiske effekter som følge af frigørelse af gamle sedimenter. Undersøgelsen kombineres med analyse af stofstrømme i afløbssystemet.

M4. Tidskonstanter for toksicitet. Det er påpeget, at de kritiske koncentrationer for toksiske stoffer varierer meget afhængigt af varigheden af påvirkningen. Derfor bør der etableres et måleprogram med det formål at undersøge denne sammenhæng.

6.2 Opstilling af samlet tids- og aktivitetsplan

For at sikre den bedst mulige synergi mellem projekterne er den indbyrdes optimale placering vist på figur 6.1. Et forslag til tidsplan for de enkelte projekter der overholder bindingerne fra figur 6.1 er vist i tabel 6.1.



Figur 6.1 Indbyrdes afhængighed af de foreslåede projekter.

Tabel 6.1 Oversigt over mulig tidsplan for alle de foreslåede projekter.

	2002				2003				2004				2005				2006			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Planlægning																				
1 Fordele/ulemper									x	x	x	x								
2 Beslutningsstøtte for rensning													x	x	x	x				
3 Risikovurdering, patogener									x	x	x	x								
4 Definition af ELV															x	x				
5 Definition af BAT																	x	x	x	
Screening																				
1 Op- og nedstrøms					x	x	x	x												
2 Fysik af recipient					x	x	x	x												
3 Iltvind					x	x	x	x												
Måleprogrammer																				
1 Stoffer i afstrømning *	x	x	x	x	x	x	x	x												
2 Lokal rensning						x	x	x	x	x	x	x								
3a Fraktioner, afløbssystem			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x								
3b Fraktioner, recipienter			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x								
4 Tidskonstanter, toxicitet			(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)	(x)								

* Er allokeret som led i NOVA 2003

6.3 Økonomi

Det er vanskeligt at komme med et økonomisk overslag over projekterne, ikke mindst i lyset af, at det de seneste år har vist sig at være overordentligt vanskeligt at skaffe midler til dybere analyser af funktion af og forurening fra afløbssystemer. Det kan således frygtes, at en del af projekterne ikke realiseres eller

realiseres i en form for omvendt budgettering, hvor man laver en analyse med de ressourcer der er til rådighed. Ressourceknapheden står i en skarp kontrast til de ressourcer der faktisk investeres i at vedligeholde og forbedre funktionen af danske afløbssystemer.

Det er derfor med nogen forsigtighed, at de enkelte aktiviteter er prissat i tabel 6.1. Endvidere er projekterne prioriteret ud fra overvejelser om, hvorvidt projektet vil medføre umiddelbare fordele i forhold til det aktuelle vidensniveau. Det er f.eks. årsagen til, at en aktivitet som P1. Analyse af fordele og ulemper er prioriteret på niveau 2. En grundig VVM-analyse med inddragelse af hele vandcyklus, naturgevinster og socio-økonomiske overvejelser er absolut påkrævet, men vil kræve en mere grundig tilgang end det er vurderet realistisk at kunne skaffe ressourcer til. Det bemærkes, at prissætningen er foretaget under antagelse af, at alle undersøgelser foretages og i den anbefalede rækkefølge.

Tabel 6.1 Skøn over priser for de foreslåede aktiviteter. Endvidere er det søgt at prioritere de enkelte aktiviteter ud fra en betragtning om, hvorvidt projektet vil medføre resultater, der let kan operationaliseres til at hjælpe med at skaffe oversigt over årsag-effekt sammenhænge.

	Prioritet	Pris (mio. kr)	Byggeri	Måleanalyser	Lønoms-kostninger
Planlægning					
1 Fordele/ulemper	2	1,0			1,0
2 Beslutningsstøtte for rensning	1	1,5			1,5
3 Risikovurdering, patogener	3	0,5			0,5
4 Definition af ELV	2	0,3			0,3
5 Definition af BAT	1	0,5			0,5
Screening					
1 Op- og nedstrøms	1	0,6			0,6
2 Fysik af recipient	1	0,3			0,3
3 Iltsvind	2	0,2			0,2
Måleprogrammer					
1 Stoffer i afstrømning *	2	3,0	1,5	1,1	0,4
2 Lokal rensning	3	5,0	2,0	2,0	1,0
3a Fraktioner, afløbssystem	1	25,0	20,0	2,0	3,0
3b Fraktioner, recipienter	1	2,0		1,1	0,9
4 Tidskonstanter, toxicitet	3	1,0		0,6	0,4
Summer		40,9	23,5	6,8	10,6

* Er allokeret som led i NOVA 2003

Det projekt, som skønnes at kunne fungere som lokomotiv for de øvrige undersøgelser er måleprogrammet om stofstrømme i regnbetingede udledninger i afløbssystemer og recipienter. Dels er aktiviteten den største enkeltaktivitet, men projektet vil også kunne benyttes til at kunne ekstrahere viden, der kan benyttes som et vist minimumsgrundlag for at etablere den fornødne viden om regnbetingede udledninger til at undgå væsentlige fejlinvesteringer efterhånden som indgrebene mod udledningerne etableres.

Samlet foreslås at benytte ca. 41 mio. kr på at forbedre vidensniveauet for regnbetingede udledninger. Beløbet kan sammenlignes med de investeringer, der forventeligt vil komme, hvis Vandrammedirektivet implementeres på baggrund af det nuværende vidensniveau. Dette beløb er skønnet til ikke under 15 mia. kr.

Beløbet kan imidlertid også sammenlignes med de beløb, der traditionelt afsættes til videnopbygning på afløbssystemer. I forhold til disse beløb vurderes det at være vanskeligt at skaffe den ønskede finansiering. Som eksempel kan næv-

nes, at det har været vanskeligt at skaffe finansiering af et projekt på 1,5 mio. kr til håndtering af analyse og design af afløbssystemer på trods af, at en hvidbog har påpeget at afløbssystemer er den type infrastruktur, hvor der er det største behov for renovering og vedligeholdelse (ATV, 2001).

Hvis projekterne gennemføres vil der stadig være en usikkerhed på årsag-effekt sammenhænge i relation til regnbetingede udledninger. Den vil dog være mindsket betydeligt og der vil være national konsensus om hvorledes man angriber problemstillingen.

Hvis projekterne ikke gennemføres er der to typer af risiko:

1. Risiko for, at de investeringer der foretages er (delvist) overflødige fordi der laves for store indgreb
2. Risiko for, at de regnbetingede udledninger medfører, at Danmark ikke lever op til Vandrammedirektivet, fordi der ikke er lavet tilstrækkelige og de rigtige typer af indgreb.

Med det nuværende vidensniveau må det vurderes, at der er en væsentlig risiko for, at begge typer af fejl begås, fordi der satses på ineffektive indgreb. Hvis projekterne gennemføres og de medfører et vidensniveau, der kan mindske de samlede investeringer med 2-3 % er det overordnet set samfundsøkonomisk optimalt at gennemføre de foreslåede undersøgelser. Det er sikkert, at besparelserne i praksis vil være større end de 2-3%.

7 Konklusion

De regnbetingede udledninger vil komme mere i fokus som følge af implementering af Vandrammedirektivet i dansk lovgivning. Udledningerne sker ofte til mindre recipienter og har i en del tilfælde væsentlig betydning for vandløbets form og tilstand. Omkostningerne til at reducere påvirkningerne fra de regnbetingede udledninger så de opfylder kvalitetsmål i den eksisterende lovgivning er tidligere vurderet til et tocifret milliard beløb. Det forventes, at ambitionsniveau med Vandrammedirektivet for målsætning af vandområder og dermed behov for indsats ikke bliver mindre end det nuværende.

Nærværende dokument gør rede for det nuværende stade for viden om effekter fra regnbetingede udledninger og sammenstiller det med Vandrammedirektivets krav og håndtag til regulering. Herfra identificeres de projekter, der er nødvendige og tilstrækkelige til at sikre den fornødne viden til at udbygge afløbssystemerne hensigtsmæssigt i forhold til de stillede krav.

I dag sker en væsentlig del af udbygningerne på afløbssystemet ud fra faste retningslinier, ofte i forhold til Regionplaner. Der er påvist store variationer i kravene i Regionplanerne som ikke kan henføres til forskelle i arealanvendelser eller andre forskelle mellem recipientmyndighederne. Udbygningerne sker derfor ikke på et ensartet og rationelt grundlag, hvilket er bemærkelsesværdigt i forhold til de beløb der investeres.

De projekter som er foreslået i nærværende rapport vil ikke skabe det fulde grundlag for rationelt at fastsætte krav til regnbetingede udledninger. Det vil kræve forskningsprogrammer og videnopbygning i et omfang som ikke kan opnås inden for de 5 år, der er til rådighed inden det skal beslutes hvilke indgreb der skal foretages som led i Vandområdeplanerne.

Projekterne vil til gengæld skabe et væsentligt bedre overblik over effekterne fra regnbetingede udledninger og skabe et sammenhængende paradigma for analyse og dimensionering af afløbssystemer, rettet mod at minimere effekterne.

De foreslåede projekter er i overensstemmelse med flere af de Miljøprojekter, der har belyst dele af problematikkerne omkring regnbetingede udledninger de senere år.

De foreslåede projekter har en skønnet omkostning på 40,9 mio. kr. Projekterne er prioriteret i tre grupper, således at projekter med højest prioritet udgør 29,9 mio. kr, projekter med prioritet 2 udgør 4,5 mio. kr og projekter med prioritet 3 udgør 6,5 mio. kr. En væsentlig del af finansieringen i de projekter der er i prioritet 1 forventes at findes ved at ændre på eksisterende anlægsprojekter, hvorved det samlede kapitalbehov mindskes.

Den videnopbygning der sker som led i at gennemføre de foreslåede projekter vil medføre en samfundsmæssig gevinst, der forventes at være væsentligt større end det investerede beløb.

8 Referencer

Arnbjerg-Nielsen, K. (1999): Opdatering af tilstande i afløbssystemer ved brug af on-line målinger. Institut for Miljøteknologi, Danmarks Tekniske Universitet, Lyngby.

Arnbjerg-Nielsen, K., T. Hvitved-Jacobsen, A. Ledin, K.P.S. Auffath, P.S. Mikkelsen, A. Baun og J. Kjølholt (2002): Regnbetingede udledninger fra fællessystemer af NPO-stoffer, tungmetaller og miljøfremmede organiske stoffer. Miljøprojekt. Under udarbejdelse.

Ashley, RM, T Hvitved-Jacobsen, J Vollertsen og R Sakrabani (2001): In-sewer processes and potential impacts. Proceedings from a CIWEM (The chartered Institution on Water and Management) Conference on Combined Sewer Overflows, London, October 17, 2001, pp 26.

ATV (2001): Dansk infrastruktur i forfald? En hvidbog om vedligeholdelse. Akademiet for de tekniske Videnskaber. ISBN 87-7836-015-3.

Christensen, A.M. (2001): Økotoksikologiske effekter af stoffer i regnbetingede udløb. En recipientvurdering af Store Vejleå systemet. Eksamensprojekt, Miljø og Ressourcer, Danmarks Tekniske Universitet, København.

DHI (2001): Oversigtsbillede fra hjemmeside, www.dhi.dk.

DMU (2001): NOVA 2003. Programbeskrivelse for det nationale program for overvågning af vandmiljøet i Danmark, 1998-2003. Redegørelse nr. 1, 2000, incl. datablade og bilag. http://ovs.dmi.dk/2NOVA_2003_ov/ downloaded 29.08.01

Europaparlamentet og rådet (2000): Vandrammedirektivet. Direktiv 2000/60/EU.

Harremoës, P., T. Hvitved-Jacobsen, J. Skriver, H.H. Lassen, B. Moeslund (2000): Rapport vedr. biologiske effekter af regnudledninger til vandløb. Rapport til udvalg vedr. regnbetingede udledninger, Spildevandskomitéen, Ingeniørforeningen i Danmark, København.

Hvitved-Jacobsen, T. (2001): Sewer Processes - microbial and chemical process engineering of sewer networks. CRC Press, pp 237.

Kjølholt, J., K. Arnbjerg-Nielsen, J. Tørslev og A. Baun (2002): Regulering af miljøfremmede stoffer i separate regnvandsudledninger. Under udarbejdelse.

Larsen, T. (2002): Rapport om Udledningskrav for regnbetingede udløb. 1. udkast af 26-02-02. Spildevandskomitéen, IDA, København.

Ledin, A., K.P.S. Auffath, R. Boe-Hansen, E. Eriksson, H.-J. Albrechtsen, A. Baun, P.S. Mikkelsen (2002): Identifikation af potentielt problematiske para-

metre i regnvand opsamlet fra tage og befæstede arealer. Miljøprojekt. Under udarbejdelse.

Lijklema, L., J.M. Tyson, A. le Souef, P. Harremoës, M.A. House og J. Marsalek (1993): INTERURBA, Interactions between sewers, treatment plants and receiving waters in urban areas. Water Science and Technology, 29, 12, 1-244.

Miljøstyrelsen (1990): Bearbejdning af danske måledata af regn og afstrømning. Miljøprojekt 136. Miljøstyrelsen, København. ISBN 87-503-8396-5.

Miljøstyrelsen (1997): Miljøfremmede stoffer i overfladeafstrømning fra befæstede overflader. Miljøprojekt 355. Miljøstyrelsen, København. ISBN 87-7810-763-6.

Miljøstyrelsen (2000a): Punktkilder 1999. - Det nationale program for overvågning af vandmiljøet; Fagdatacenterrapport. Orientering fra Miljøstyrelsen, nr. 16/2000. Miljøstyrelsen, København. ISBN 87-7944-299-4.

Miljøstyrelsen (2000b): Stofkoncentrationer i regnbetingede udledninger fra fællessystemer. Litteraturstudie, databearbejdning og perspektivering. Miljøprojekt 532. Miljøstyrelsen, København. ISBN 87-7909-805-3.

Miljøstyrelsen (2000c): Regnbetingede udløb fra kloaksystemer - et litteraturstudium over danske og udenlandske erfaringer. Miljøprojekt 547. Miljøstyrelsen, København. ISBN 87-7944-172-6.

Miljøstyrelsen (2001): Biologiske effekter af toksiske stoffer i regnbetingede udløb. Miljøprojekt 610. Miljøstyrelsen, København. ISBN 87-7944-582-9.

Nielsen, M, M. Christensen, M.R. Rasmussen og T. Larsen (2001): Bestemmelse af forureningsbelastning fra overløbsbygværker med bassiner. Stads- og havneingeniøren, 11, 2001.

Wilson, E.M. (1990): Engineering Hydrology, Fourth Edition. ISBN 0-333-51716-4. MacMillan Education Ltd, Hampshire, UK.