

Regnvandskvalitet og klimatilpasning

Screeningsværktøjet "RegnKvalitet"

Dokumentation



Regnvandsforum

Rapport

Januar 2015

Denne rapport er udarbejdet under DHI's ledelsessystem, som er certificeret af DNV for overensstemmelse med ISO 9001 for kvalitetsledelse.



DNV Business Assurance, Danmark A/S

Godkendt af

X

Approved by

Regnvandskvalitet og klimatilpasning

Screeningsværktøjet "RegnKvalitet"

Dokumentation

Udarbejdet for

Regnvandsforum

Repræsenteret ved

Sølvi Dam Joensen, Københavns
Kommune



Skybrud i København

Projektleder	Bodil Mose Pedersen
Projektmedarbejder	Kristina Buus Kjær
Kvalitetsansvarlig	Ulf Nielsen

Projektnummer	11815008
Godkendelsesdato	2015
Revision	30.01 2015
Klassifikation	Åben

INDHOLDSFORTEGNELSE

1	Resumé	1
2	Indledning	3
2.1	Baggrund og formål	3
2.2	Projekthjemmeside	4
2.3	Læsevejledning	5
3	Screeningsværktøj (RegnKvalitet)	7
3.1	Rettigheder, opdatering og vedligeholdelse	7
3.2	Dataindsamling og -udvælgelse	8
3.3	Valg af parametre	9
3.4	Valg af overfladetyper	12
3.5	Beregning af teoretisk koncentration i regnvandsudledninger	15
3.6	Usikkerheder ved brugen af RegnKvalitet	16
3.6.1	Overfladekategorier – forslag til datasupplering	17
3.6.2	Analyseparametre - forslag til datasupplering	18
4	Metode til risikoscreening af overfladeafstrømning	19
4.1	Lovgivning vedr. regnvandsudledninger	19
4.2	Fremgangsmåde ved risikoscreening ved hjælp af RegnKvalitet	20
4.2.1	Trin 1: Beregning af forureningskoncentration	20
4.2.2	Trin 2: Koncentration efter udledning	23
4.2.3	Trin 3: Miljøkvalitetskrav i vandområdet	23
4.2.4	Trin 4: Beregning af risikofaktor (PEC/PNEC)	26
4.2.5	Trin 5: Samlet vurdering af regnvandsudledning	29
4.3	Renere teknologi og BAT	32
5	Forslag til videre arbejde	33
6	Referencer	35

BILAG

BILAG A – Referencer med regnvandsdata

Danske og internationale studier

BILAG B - Oversigt over referencer

Moniteringsdata

BILAG C – Demonstration af værktøjet RegnKvalitet på case-område (Smørmosen)

BILAG D - Samarbejder og større projekter

BILAG E - Regnvandsprojekter og måleprogrammer i kommunerne

BILAG F - Temadag om regnvandskvalitet

BILAG G - Planlægning af måleprogram til regnvandskarakterisering

BILAG H – Teknologier til behandling af regnvand

1 Resumé

I forbindelse med klimatilpasning og håndtering af regnvand er der i kommuner og forsyninger et udbredt ønske om at vide mere om kvalitet af regnvand, således at der i planlægningen af regnvandshåndteringen kan tages højde for indholdet af forurenende stoffer. Planlægningen inkluderer bl.a. vurdering af, om miljømæssige risici tillader udledning af regnvand til vandområder eller nedsivning eller der tages forholdsregler, som omfatter rensning eller reduktion af forurenende stoffer ved hjælp af renere teknologi. Alternativt kan løsningen for håndtering af forurenede regnvand være afledning til kloak.

I dette projekt er udviklet et screeningsværktøj RegnKvalitet (Excel database), som skal medvirke til at forbedre myndighedernes og forsyningernes muligheder for at vurdere potentielle miljørisici ved udledning og nedsivning af regnvandsafstrømning fra forskellige overflader. I forlængelse heraf identificeres, hvilke typer overfladeafstrømning, der kan udledes, nedsives, eller som bør afledes til kloak - alternativt renses inden udledning.

Databasens regnkvalitetsdata er baseret på offentligt tilgængelige analysedata primært fra danske regnvandsundersøgelser. Der er valgt danske data for at sikre relevansen og kvaliteten af data, således at de afspejler indholdsstoffer og koncentrationer i regnvandsafstrømning i Danmark. I databasen indgår i alt 30 indikatorparametre, som repræsenterer almindelige spildevandsparametre (suspenderet stof, BOD, COD, ledningsevne), næringsalte (Total-N og Total-P), tungmetaller (bly, kobber, zink, filtreret og total), ni PAH, fire phthalater, bisphenol A og fem pesticider.

Værktøjet giver et overblik over kvaliteten af regnvandsafstrømning fra forskellige overflader (f.eks. veje med forskellig trafikbelastning, tage, bolig- og industriområder) under hverdagsregn. I værktøjet er det muligt at beregne koncentrationer af udvalgte miljøskadelige stoffer i regnvandsudledninger. Ved sammenligning af de beregnede koncentrationer og miljøkvalitetskrav/grundvandskvalitetskriterier foretages en screening af miljørisici. Den årlige stofbelastning i en regnvandsudledning kan beregnes ud fra nedbøren og karakteristika for afstrømningsoplandet.

Projektet blev igangsat i september 2013 af Regnvandsforum, som er et samarbejdsorgan for kommuner og forsyninger i hovedstadsområdet. I projektperioden har der været nedsat en projektgruppe med repræsentanter for Københavns, Frederiksberg, Gentofte, Gladsaxe, Hvidovre Kommune, Frederiksberg Forsyning, Lyngby-Taarbæk Forsyning samt HOFOR. Projektet blev afsluttet i januar 2015 med udgivelse af denne rapport og det tilhørende værktøj RegnKvalitet. Værktøjet kan frit downloades fra hjemmesiden: www.regnvandskvalitet.dk.

2 Indledning

Regnvandsforum er et forum for samarbejde om klimatilpasning på tværs af kommuner og forsyningsselskaber i hovedstadsområdet. Regnvandsforum igangsatte i 2013 projektet om Regnvandskvalitet og Klimatilpasning, som er rapporteret her.

Regnvandsforum består af følgende kommuner: Albertslund, Ballerup, Brøndby, Dragør, Frederiksberg, Gentofte, Gladsaxe, Herlev, Hvidovre, Høje Taastrup, Ishøj, København, Lyngby-Taarbæk, Rødovre, Tårnby og Vallensbæk samt følgende forsyningsselskaber: Ballerup Forsyning, HOFOR, Frederiksberg Forsyning, Lyngby-Taarbæk Forsyning og Nordvand.

Under projektets udførelse fra september 2013 til december 2014 har der været nedsat en projektgruppe, som har bestået af repræsentanter fra:

- Københavns Kommune (projektleder: Sølvi Dam Joensen og Jette Skov)
- Frederiksberg Kommune (Anne Stalk)
- Frederiksberg Forsyning (Karsten Krogh Andersen)
- Gentofte Kommune (Marie-Louise Sune Andersen indtil juni 2014)
- Gentofte Kommune (Liselotte Ludvigsen fra oktober 2014)
- Lyngby-Taarbæk Forsyning (Joan Pieper indtil december 2013)
- Lyngby-Taarbæk Forsyning (fra december 2013 Lillian Nielsen)
- Gladsaxe Kommune (Lone Kofoed Rasmussen)
- HOFOR (Jes Clausson-Kaas/Nis Fink)
- Hvidovre Kommune (Mia Jahn Knudsen).

I projektperioden har der været afholdt møder i projektgruppen ca. én gang om måneden, hvor fremdriften i projektet har været præsenteret, og det videre arbejde er blevet diskuteret og besluttet.

2.1 Baggrund og formål

Det langsigtede mål for kommuner og forsyningsselskaber i Regnvandsforum er at forbedre kvaliteten af regnvand, der nedsives eller udledes til vandområderne. Det operationelle mål i dette projekt er at gøre danske regnvandsdata tilgængelige for miljømedarbejdere i kommunerne med henblik på at anvende disse i planlægningen af regnvandshåndtering og i forbindelse med udarbejdelse af tilladelser til udledning og nedsivning af regnvand fra separat kloakerede områder. Regnvandskvalitet er i rapporten relateret til miljøkvalitetskrav og miljømål indeholdt i vandplanerne.

Siden projektets start i efteråret 2013 er fokus blevet udvidet fra videnindsamling, formidling af viden om regnvandskvalitet, monitoring og myndighedsbehandling via workshops til også at inkludere formidling via projekthjemmesiden www.regnvandskvalitet.dk, udvikling af et screeningsværktøj i form af en Excel database og tilhørende beregningsfunktioner til risikoscreening af overfladeafstrømning. Navnet på screeningsværktøjet er "RegnKvalitet".

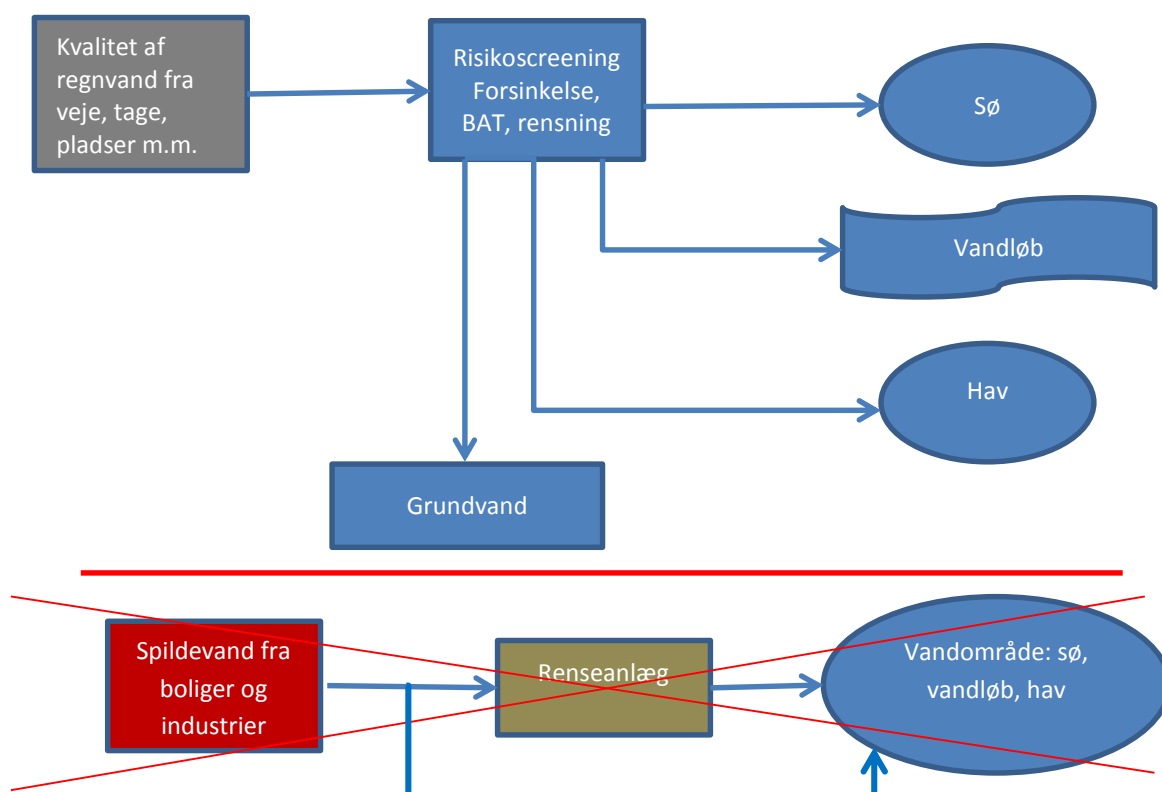
Formålet med projektet er mere specifikt:

- At tilvejebringe viden om kvaliteten i regnvand fra veje, tage, pladser, sammensatte by- og industriområder m.m. under hverdagsregn
- At identificere de mest miljøkritiske stoffer
- At identificere de mest miljøkritiske overfladetyper i et afstrømningsopland
- At gennemføre en risikoscreening af overfladeafstrømning i forhold til udledning eller nedsivning
- At omsætte den indsamlede viden i et screeningsværktøj

- At medvirke til at facilitere og gøre myndighedsbehandlingen ensartet samt styrke medarbejderkompetencer og de tværgående samarbejder ved planlægning af løsninger for regnvandshåndtering.

I projektet er fokuseret på kvaliteten af hverdagsregn, idet viden om regnvandssammensætningen under skybrud er stærkt begrænset, og i øvrigt forventes skybrudsvand at være stærkt fortyndet i forhold til hverdagsregn. For skybrudsvand er den væsentligste problematik af hydraulisk karakter i en relativt kort periode. Kvaliteten af hverdagsregn kan have mere varig betydning for vandområdet eller miljøet.

Projektet er afgrænset til overfladeafstrømning, hvilket betyder, at karakterisering og miljøvurdering af opspædet spildevand ikke er inkluderet i projektet (se Figur 2.1). Risikoscreeningen for regnvandsafstrømning er operationaliseret i en Excel database med regnkvalitetsdata og funktioner til at beregne stofkoncentrationer i regnvandsafstrømning fra oplande med forskellige overfladetyper (vej, pladser, tage m.m.).



Figur 2.1: Projektets arbejdsområde er kvalitet af regnvand og planlægning af regnvandshåndtering ud fra risikoscreening af overfladeafstrømning. Vurdering af kloakoverløb og regnvand blandet med spildevand indgår ikke i projektet.

2.2 Projekthjemmeside

Til projektet er knyttet en hjemmeside www.regnvandskvalitet.dk som indeholder informationer om:

- Projektstrukturen og projektgruppen
- Møder og workshops
- Publikationer
- Nyttige links
- Kontaktinformationer.

Hjemmesidens interne del anvendes i forbindelse med projektaktiviteter til mødereferater, Power Point præsentationer, litteraturhenvisninger, referencer m.m.

2.3 Læsevejledning

Rapporten er centreret om screeningsværktøjet "RegnKvalitet", og i kapitel 3 uddybes baggrundsviden om regnvandskvalitet, overfladetyper, miljøkvalitetskrav, grundvandskvalitetskriterier, valg af parametre til karakterisering, beregningsmetoder, kategorisering af overfladetyper, datakvalitet m.m.

Litteratursøgningen har hovedsageligt omfattet danske regnvandsdata. Udenlandske data er medtaget i tilfælde, hvor de udenlandske afstrømningsforhold ligner de danske. Referencerne indeholdende primærdata, som indgår i RegnKvalitet, er placeret i Bilag A, mens Bilag B indeholder en beskrivelse af referencerne med hensyn til de overfladetyper, parametre, prøvetagningsforhold m.m., som er beskrevet i referencerne. Bilag C indeholder et eksempel på anvendelse af screeningsværktøjet "RegnKvalitet" på et case-område, hvor der har været udført regnvandskarakterisering.

Kapitel 4 beskriver, hvordan en risikoscreening for overfladeafstrømning kan gennemføres ved hjælp af RegnKvalitet, og hvilke supplerende vurderinger, der er nødvendige, for at give en samlet vurdering, som kan indgå i en prioritering af, hvordan overfladeafstrømning skal håndteres.

Aktiviteter og emner om regnvandskvalitet, som har været en del af projektarbejdet, men som ikke direkte har relation til RegnKvalitet, er placeret i bilag D-H

- Bilag D: Samarbejder og større projekter
- Bilag E: Regnvandsprojekter og måleprogrammer i Regnvandsforums kommuner
- Bilag F: Temadag om regnvandskvalitet
- Bilag G: Planlægning af måleprogram til regnvandskarakterisering
- Bilag H: Teknologier til behandling af regnvand

3 Screeningsværktøj (RegnKvalitet)

Formålet med udviklingen af Screeningsværktøjet RegnKvalitet (Excel database) er at forbedre myndighedernes og forsyningernes grundlag for at vurdere potentielle risici ved udledning og nedsivning af regnvandsafstrømning fra forskellige overflader og identificere, hvilke typer overfladeafstrømning, der kan udledes, nedsives, eller som bør afledes til kloak - alternativt renses inden udledning.

RegnKvalitet kan blandt andet anvendes i forbindelse med planlægningen af fremtidige separatkloakerede udledninger, hvor det ikke er muligt at måle sig til den reelle belastning fra udledningerne. Her kan værktøjet anvendes til at beregne kvalitet af regnvandsudledningen baseret på analysedata fra måleprogrammer. Det er dog vigtigt at være opmærksom på, at beregningerne er baseret på 75% fraktilen som en konservativ vurdering af koncentrationerne i overfladeafstrømning. RegnKvalitet fungerer dermed primært som et screeningsværktøj (se også Afsnit 3.6 for en gennemgang af usikkerheder ved værktøjet).

Værktøjet giver et overblik over kvaliteten af regnvandsafstrømning fra forskellige overflader (f.eks. veje med forskellig trafikbelastning, tage, bolig- og industriområder) under hverdagsregn. I værktøjet er der muligt at:

- Beregne koncentrationer af udvalgte miljøskadelige stoffer i regnvandsudledninger på baggrund af 75% fraktilen af alle indsamlede analysedata fra forskellige overfladetyper
- Screene risiciene ved udledning og nedsivning af overfladeafstrømning på baggrund af en sammenligning af de beregnede koncentrationer og miljøkvalitetskrav/grundvandskvalitetskriterier
- Beregne den årlige belastning af de udvalgte parametre i regnvandsudledningen på baggrund af den årlige nedbørsmængde
- Estimere det reducerede areal på baggrund af det samlede areal af oplandet, typiske befæstelsesgrader og typiske afløbskoefficienter for de forskellige overfladekategorier
- Se det komplette datagrundlag, som danner baggrund for beregningerne.

Vejledning i brugen af RegnKvalitet er beskrevet i de indledende faneblade i selve værktøjet. Dette kapitel beskriver i højere grad beregningsmetoder, parametre, datagrundlag og usikkerheder ved brugen af værktøjet.

3.1 Rettigheder, opdatering og vedligeholdelse

Værktøjet er udviklet af DHI i 2014. DHI har ejendoms- og ophavsrettighederne, mens Regnvandsforum samt kommuner og forsyninger, der deltager i dette samarbejdsforum, har brugsrettighederne til værktøjet. Værktøjet kan frit downloades fra hjemmesiden: www.regnvandskvalitet.dk. Hverken Regnvandsforum eller DHI kan gøres ansvarlig for nogen form for tab af fortjeneste, indtægter eller indirekte skader, som opstår på grund af eller i forbindelse med anvendelsen af RegnKvalitet og den tilhørende rapport.

Tilføjelse og revidering af data i RegnKvalitet sker foreløbigt frem til udgangen af 2015 ved henvendelse til projektgruppen (ved Sølvi Dam Joensen: bc01@tmf.kk.dk) eller DHI (ved Bodil Mose Pedersen: bop@dhigroup.com eller Kristina Buus Kjær kbm@dhigroup.com).

3.2 Dataindsamling og -udvælgelse

Værktøjet er baseret på offentligt tilgængelige analysedata, primært fra danske regnvandsundersøgelser for at sikre relevansen og kvaliteten af data, således at de afspejler indholdsstoffer og koncentrationer i regnvandsafstrømning i Danmark. Udenlandske undersøgelser viser ofte større intervaller i koncentrationerne, end der ses i danske undersøgelser bl.a. på grund af andre nedbørsforhold, mindre/større deposition, andre byggematerialer til huse, veje, tage m.m. samt forskelle i prøvetagnings- og analysemetoder. Der er i mindre omfang medtaget udenlandske undersøgelser, hvor der har været få danske data for en bestemt overfladetype, og hvor det er vurderet, at kvaliteten af undersøgelserne har været sammenlignelige med de danske. Værktøjet er udelukkende baseret på data fra bynære områder (ikke landdistrikter, hvor depositionen af nærringssalte er højere pga. gødskning af landbrugsarealer).

De indsamlede data repræsenterer årene fra 2000 og fremefter. Udvikling af nye byggematerialer og afskaffelse af bly i benzin har påvirket sammensætningen af overfladeafstrømning, og derfor afspejler ældre regnvandsdata ikke den nuværende sammensætning af regnvand. Igennem årene er analysemetoderne blevet forbedret og detektionsgrænserne sænket, hvilket også kan betyde, at ældre data er af ringere kvalitet.

Der er lagt vægt på flowproportionale og nedbørsafhængige prøver, som er mest repræsentative, men på grund af få data for nogle overfladetyper er der medtaget analyseresultater fra stikprøver. Alle data er vurderet i forhold til prøvetagningsmetode, oplandskarakteristik, rensning og nedbørshændelse, og data, som ikke har vist sig troværdige, eller som er uden for formålet (f.eks. prøver fra rørledninger, der kan indeholde spildevandsoverløb), er ikke medtaget.

Der er tillige inkluderet referencer med data for våddeposition i Danmark både for byområder og for landområder. Våddeposition sker som følge af samfundets aktiviteter og opsamles i nedbøren. Opløste stoffer, gasser og partikler fanges af regndråber og afsættes på landjorden, vandoverflader, planter, bygninger veje m.m. Tørdeposition er partikler og gasser, der afsættes direkte på overflader. Ofte måles depositionen som "bulk deposition", der er summen af våddeposition og støvnedfald i måleperioden. Der indgår således både tørvejs- og nedbørsperioder i måleprogrammer, der omfatter "bulk deposition". Depositionsmålinger er et udtryk for baggrundsbelastningen og dermed regnvandssammensætningen, umiddelbart inden regnvandet rammer overflader, hvorfra der kan ske afsmitning.

Data er indsamlet via internationale artikeldatabaser og fra danske undersøgelser rapporteret gennem Miljøstyrelsen, Naturstyrelsen, Nationalt center for miljø og energi, Partnerskaber for miljøteknologi og innovationskonsortier som "Vand i Byer" og "Byer i Vandbalance". Resultater fra både igangværende (maj 2014) og tidligere projekter, partnerskaber og innovationskonsortier er inkluderet i dataoversigterne.

Til værktøjet er knyttet en referenceliste, hvor alle referencer kan identificeres. Hver reference har et referencenummer [XX], som også er angivet i fanebladene i det elektroniske værktøj med baggrundsdata, så det er muligt at se, hvilke referencer der danner grundlag for de enkelte datasæt.

Bilag A indeholder referencer med primære regnvandsanalysedata fra Danmark, Tyskland, Sverige, Polen, Østrig, Frankrig og Australien.

Bilag B indeholder en oversigt over referencernes vigtigste oplysninger i forhold til analyseparametre, overfladetype, prøvetagningsmetode m.m. Følgende informationer er inkluderet i bilaget:

- Titel på referencen
- Land, hvor målingerne af regnvandssammensætningen har fundet sted

- Hver reference har af praktiske årsager fået et nummer, så artiklen eller rapporten kan identificeres. I Bilag A er nummeringen anvendt, og her findes informationer til identifikation af de originale dokumenter.
- Årstallet for udførelsen af det pågældende måleprogram
- Overfladetyper er relateret til hovedtyperne: Veje, tage, pladser og suppleret med rapportens eller artiklens mere detaljerede beskrivelse
- Den præcise geografiske placering af målestedet er angivet under "Sted"
- Alle analyserede parametre er angivet
- Under "Antal prøver og prøvetagningsmetode" findes oplysningen om, hvorvidt prøverne er udtaget som stikprøver, tidsproportionale, flowproportionale eller nedbørsbetingede prøver
- Særlige forhold knyttet til referencens måleprogram er beskrevet under "Bemærkninger".

3.3 Valg af parametre

På baggrund af litteratur reviews og de indsamlede danske og udenlandske data og sammenligning af disse data med miljøkvalitetskrav og målsætninger for vandområder er en række parametre udvalgt til at indgå i værktøjet RegnKvalitet. Der er i alt medtaget 30 indikator parametre i værktøjet, som repræsenterer almindelige spildevandsparametre, næringssalte, udvalgte metaller, PAH, phthalater, bisphenol A og pesticider. Parametrene er gengivet i Tabel 3.1.

Parametrene er udvalgt, fordi de ofte forekommer i overfladeafstrømning i koncentrationer over miljøkvalitetskravene, og fordi stofferne samtidig er identificeret i mange regnvandsprøver.

Det er valgt at operere med en praktisk anvendelig liste over prioriterede indikatorparametre, frem for en bruttoliste over alle parametre, som har været målt i overfladeafstrømning. Samtidig er der kun medtaget parametre, hvor der findes analysedata fra danske undersøgelser – og fortrinsvis fra flere overfladetyper, da det ellers ikke er muligt at beregne koncentrationer i en regnvandsudledning på baggrund af 75% fraktilen.

Der kan være andre parametre, som er relevante at medtage i RegnKvalitet, når datagrundlaget i danske undersøgelser forbedres. I en forstad til Paris blev der i 2008 gennemført et omfattende analyseprogram på prøver fra seks nedbørshændelser på en enkelt regnvandsudledning /31/. Koncentrationerne af 88 analyseparametre blev sammenlignet med miljøkvalitetskravene, og herefter blev de mest miljøkritiske parametre udpeget, hvor koncentrationen i regnvandsudledningen lå over miljøkvalitetskravet. Samme princip er anvendt i RegnKvalitet til at screene risikoen ved regnvandsudledninger.

I undersøgelsen fra Paris blev 14 PAH-forbindelser (heraf er ni PAH'er de samme, som indgår i RegnKvalitet), isoproturon, DEHP, bly, zink og kobber udvalgt som miljøkritiske parametre. Parametrene er udvalgt til at indgå i RegnKvalitet.

Derudover blev pentachlorphenol, methylenchlorid, 4-n-octylphenol, nonylphenoler, PCB, TBT, diuron og krom også udvalgt som prioriterede stoffer i undersøgelsen /31/. I undersøgelsen er det valgt at anvende detektionsgrænsen som sammenligningsgrundlag, hvor koncentrationen har ligget under detektionsgrænsen. Det er samtidig valgt at sammenligne den totale koncentration af metallerne med miljøkvalitetskravet, trods det at kravet kun gælder for den opløste fraktion. Dette kan betyde, at nogle af stofferne er udvalgt på et konservativt grundlag. Fremadrettet er det relevant, når der foreligger flere data fra danske undersøgelser, at være opmærksom på, om nogle af disse stoffer bør medtages i RegnKvalitet.

I Tabel 3.1 er vist de anbefalede parametre til karakterisering af regnvand samt de tilhørende miljøkvalitetskrav /10/, grundvandskriterier /19/ og A-, B-, og C-kategorisering /18/. Intervaller for ledningsevnen i marint, ferskt og grundvand er inkluderet i tabellen som et vejledende niveau i

naturlige vandområder og anført som en hjælp til at bedømme vandkvaliteten, specielt ved afledning af saltholdigt vejvand om vinteren. Kravene for BOD, COD, Total-P og Total-N i forhold til marine vandområder er de generelle krav til spildevandsudledninger fastsat i spildevandsbekendtgørelsen svarende til hvad, der må udledes fra renseanlæg /9/. For mange spildevandsudledninger til ferske vandområder findes skærpede krav. På baggrund af vandplaner for 2009-15 er der for ferskvandsområder i afsnit 4.2.3 opstillet forslag til niveauer for BOD, total-N og Total-P i forskellige typer søer og vandløb.

Tabel 3.1 Parametre til karakterisering af regnvand i RegnKvalitet. Parametrenes inddeling i A-, B-, og C-stoffer er angivet i forhold til afledning til renseanlæg /18/. I forhold til udledning og nedsvivning er parametrenes miljøkvalitetskrav for marine og ferske vandområder /10/ samt grundvandskvalitetskriterier angivet /29/.

Parametre	ABC kategori- sering /18/	Enhed	Marint vandområde Miljøkvalitetskrav /9/, /10/	Ferskvands-område Miljøkvalitetskrav /10/, /30/	Grundvands- kvalitets- kriterium /29/
Ledningsevne		mS/m	1.700-4.000	5-50	0,7-80
Suspenderet Stof		mg/l			
BOD		mg/l	15 ¹⁾	1,4-2,5 ²⁾	
COD		mg/l	75 ¹⁾		
Næringssalte					
Total-P		mg/l	1,5 ¹⁾	0,025-0,070 ³⁾	0,15
Total-N		mg/l	8 ¹⁾	0,33-0,96 ³⁾	
Metaller					
Zink		µg/l			100
Zink filtreret		µg/l	7,8	7,8	
Kobber		µg/l			100
Kobber filtreret		µg/l	1	1	
Bly		µg/l			1
Bly filtreret		µg/l	0,34	0,34	
PAH					
Acenapthen	A	µg/l	0,38	3,8	
Fluoren	A	µg/l	0,23	2,3	
Phenanthren	A	µg/l	1,3	1,3	
Fluoranthren	A	µg/l	0,1	0,1	0,1
Pyren	A	µg/l	0,0017	0,0046	
Benz(a)pyren	A	µg/l	0,05	0,05	0,01
Benz(b)fluoranthren	A	µg/l	0,03	0,03	
Indeno(1,2,3cd)pyren	A	µg/l			
Benz(ghi)perylene	A	µg/l	0,002 ⁴⁾	0,002 ⁴⁾	0,1
Sum PAH		µg/l			
Phthalater					
DBP	C/B ⁵⁾	µg/l	0,23	2,3	
BBP	C/B ⁵⁾	µg/l	0,75	7,5	
DEHP	B ⁵⁾	µg/l	1,3	1,3	1
DEHA	C/B ⁵⁾	µg/l	0,07	0,7	
Øvrige org. stoffer					
Bisphenol A	B	µg/l	0,01	0,1	
Pesticider					
2,6-diklorbenzamid (BAM)		µg/l	7,8	78	0,1
Isoproturon	A	µg/l	0,3	0,3	0,1
Mechlorprop	C	µg/l	1,8	18	0,1
Glyphosat		µg/l			0,1
AMPA		µg/l			0,1

¹⁾ Krav til direkte udledning fra offentlige renseanlæg med mindre strengere krav er fastsat i en tilladelse til spildevandsudledning /9/

²⁾ Fysisk-kemiske støtteparameter for vandløb relateret til moderat-høj økologisk tilstand i Vandplanerne /30/

³⁾ Fysisk-kemisk støtteparameter for søer i Vandplanerne /30/

⁴⁾ Sum af indeno(1,2,3cd)pyren og benz(ghi)perylene

⁵⁾ Potentiel mulighed for at stoffet på grund af sundhedsmæssige egenskaber kan placeres i gruppe A

Overvejelser om salt, olie og bakterier i regnvandsafstrømning

Saltholdighed er et generelt fysisk-kemisk kvalitetselement, som sammen med andre kvalitetselementer, f.eks. pH, ilt, temperatur m.m., skal indgå i vurderingen af et vandområdes økologiske tilstand. I regnvand måles salt typisk enten som chlorid eller som ledningsevne. Begge parametre kan med en vis tilnærmelse omregnes til en saltkoncentration (NaCl). Salt indgår ikke i parameterlisten, fordi måleresultater er stærkt påvirkede af vejsaltning, nedbørsvariationer, trafikbelastning m.m. I forbindelse med udledning af regnvand bør saltindholdet dog altid vurderes eller måles. Ferskvand er overordnet set karakteriseret ved, at saltholdigheden er mindre end 5‰. I danske vandløb er saltholdigheden ofte betydeligt lavere, og det er ikke tilladt at "fylde op" til 5‰.

Målinger af olie i regnvand fra veje og p-pladser [13][17] fra de seneste år har vist, at koncentrationerne er meget lave (<1 mg/l), og derfor er det ikke muligt at udskille olien i en olieudskiller. Da der tillige ikke eksisterer et miljøkvalitetskrav for olie, er olie ikke med på listen over anbefalede parametre til karakterisering af regnvand. Til bestemmelse af mineralsk olie i regnvand kan enten anvendes en modificeret DS/R209 (IR-metode) eller ISO 9377-2 (Chromatografisk metode). Sidstnævnte metode har en detektionsgrænse på 0,1 mg/l. Det skal bemærkes, at ingen af metoderne kan anvendes til bestemmelse af benzin pga. benzins flygtighed.

Forekomsten af bakterier i regnvand fra befæstede arealer er kun sparsomt undersøgt. I en undersøgelse udført af DHI-Sverige for Halmstad Kommune på 12 lokaliteter i sommeren 2004 blev der fundet mellem 310 og 21.000 *E. coli* pr. 100 ml i separate regnvandssystemer med en median værdi på 3.800 CFU/100 ml og en 95 % percentil på 13.000 CFU/ml/14/. Fordi der kun findes få koncentrationsdata for coliforme bakterier, *E. coli* og enterokokker i regnvand, indgår der ikke mikrobiologiske data i screeningsværktøjet. Ofte sker der fejlkoblinger til separate regnvandsledninger, således at regnvandet indeholder overløb fra spildevandskloakker. Derfor er det vigtigt at kontrollere regnvand for *E. coli* og enterokokker, hvis det udledes til rekreative områder eller nær badesteder.

3.4 Valg af overfladetyper

Som udgangspunkt for at kategorisere overfladetyper og deres forureningsgrad er her valgt at undersøge, hvilke metoder der anvendes i sammenlignelige lande som Tyskland og Sverige. Med hensyn til overfladetyper og til dels også de klimamæssige forhold svarer de to lande godt til danske forhold. Sigtet med at inddele overfladetyper efter forureningsgrad er, at det hermed bliver lettere at identificere, hvilke overfladetyper der kræver rensning.

Både i Sverige og Tyskland har man fokuseret på forureningen af overfladeafstrømningen fra veje, og det er valgt at inddele forureningsgraden efter den daglige trafikbelastning målt som årsmiddelværdier. I Stockholm er der opstillet retningslinjer for, hvornår vejvandet skal renses inden udledning til vandområde (se Tabel 3.2).

Tabel 3.2 I Sverige har Stockholm Stad /12/ opstillet retningslinjer for, hvornår vejvandet skal renses inden udledning til vandområde. Både trafikbelastningen og vandområdets følsomhed er bestemmende for, om vejvandet skal renses eller ikke renses.

Trafikbelastning/Vandområde	Vandområde meget følsomt for menneskelig påvirkning	Vandområde følsomt for menneskelig påvirkning	Vandområde mindre følsomt for menneskelig påvirkning
Lokalgader < 8.000 køretøjer/d	Ingen rensning	Ingen rensning	Ingen rensning
Veje 8.000-15.000 køretøjer/d	Ingen rensning, en vis rensning (eller afløb til anden mindre følsom recipient)	Ingen rensning, en vis rensning (eller afløb til anden recipient)	Ingen rensning
Veje 15.000- 30.000 køretøjer/d	Rensning og/eller afløb til anden recipient	En vis rensning eller afløb til anden recipient - rensning	Ingen rensning - rensning
Veje > 30.000 køretøjer/d	Rensning og evt. afløb til anden recipient	Rensning	Rensning

I Tyskland har German Association for Water, Wastewater and Waste udgivet en vejledning med anbefalinger for håndtering af overfladeafstrømning. Inddelingen inkluderer et pointsystem, som kan benyttes til at udregne, hvor mange point belastningen fra et afstrømningsopland giver. Beregningen er baseret på overfladearealets andel af det samlede afstrømningsareal, depositionen og point for hver af de indgående overfladetyper. Parallelt hermed er opstillet et pointsystem for udvalgte typer af vandområder, eksempelvis badevand, rekreative vandområder m.m. (se Tabel 3.3). Forholdet mellem det beregnede pointtal for afstrømningsoplandet og vandområdets pointtal benyttes til at afgøre, hvilken form for rensning der kan anvendes i den aktuelle situation. Vejledningen indeholder tabeller, der sammenholder forholdstallet med rensemetoder, herunder filtrerings-, sedimentations- og infiltrationsmetoder.

Tabel 3.3 Inddeling af overfladetyper efter forureningsgrader anvendt i Tyskland /13/.

Forureningsgrad	Arealtyper	Kategorisering	Point
Lav	Grønne tage, haver, græs, afløb fra drænsystemer	F1	5
	Tagarealer ¹⁾ , befæstede arealer omkring huse	F2	8
	Cykelstier, gangstier, fortove, der ligger mindst 3 m væk fra veje/gader	F3	12
	Gårde i boligbyggerier og pladser med lav udskiftning af parkerede køretøjer		
	Veje med lav trafikbelastning <300 køretøjer/døgn, parcelhuskvarterer		
Middel	Veje med 300-500 køretøjer/døgn	F4	19
	Parkeringsarealer med lav udskiftning af biler, blandede industriområder ²⁾	F5	27
	Veje med 5.000-15.000 køretøjer/døgn, hovedveje		
Høj	Parkeringspladser med stor udskiftning af køretøjer, f.eks. ved indkøbscentre	F6	35
	Veje med arbejdskørsel, jordtransport, vognmandsfirmaer, speditørfirmaer		
	Veje med over 15.000 køretøjer/døgn, motorveje		
	Parkeringspladser ved motorveje	F7	45 ³⁾
	Parkeringspladser for lastbiler		

1) Tage med kobber, zink eller bly er ikke inkluderet i denne gruppe

2) Regulering af overfladeafstrømning fra virksomheder sker via tilslutningstilladelsen

Ulempen ved både det tyske og det svenske system er, at der ikke tages hensyn til, hvilke forurenende stoffer der er kritiske i relation til enkelte overfladetyper. Dermed bliver det ikke muligt at målrette eventuel rensning til målsætningen for vandområdet, hvortil vandet udledes. Uden kendskab til stofsammensætningen af overfladeafstrømning er det heller ikke muligt at prioritere kilderne til forureningen af et vandområde. Derfor er det vigtigt at sammenkæde overfladetyper og regnvandskvalitet.

I forbindelse med udvælgelsen af relevante overfladetyper til værktøjet RegnKvalitet har overfladetyperne fra især det tyske system været til inspiration. Samtidig er der i forbindelse med litteraturstudiet identificeret en række overfladetyper, og beskrivelserne af disse er sorteret og tilknyttet overordnede regnvandstyper (se Tabel 3.4).

Det har især været de tilgængelige data for forskellige overfladetyper, som har været afgørende for opdelingen i overfladetyper. For eksempel har det med det nuværende datagrundlag ikke været muligt at opdele vejene i flere end tre kategorier efter trafikbelastningen, da dataene har været sparsomme. Flere data på regnvandskvaliteten fra veje vil på sigt kunne medføre, at overfladetyperne skal inddeles i flere kategorier efter trafikbelastningen.

I Bilag B er vist alle de referencer, som er relateret til en eller flere parametre og overfladetyper. Hvis man for en bestemt overfladetype og parameter ønsker at identificere, hvor data oprindeligt stammer fra, kan man ved hjælp af referencenummeret identificere forfatter og titel i Bilag A.

Tabel 3.4 Beskrivelse af overfladetyper i RegnKvalitet. Beskrivelserne stammer fra referencer med måledata for overfladeafstrømning.

Overfladetype	Beskrivelse
Atmosfærisk deposition	Deposition opdeles i tør og våd deposition. Bulk deposition inkluderer både tør og våd deposition.
Gårde og haver med dræn	Haver og græsarealer Gårdmiljøer Kunstgræsbaner
Tage	Tage af kobber: Tage af beton, tegl, sten, skifer, fiber cement, eternit, tagpap, glas, plast med kobbertagrender, -nedløb eller -inddækninger. Tage af zink: Tage af beton, tegl, sten, skifer, fiber cement, eternit, tagpap, glas, plast med zink tagrender, zink nedløb eller zink inddækninger. Tage af andre materialer end zink, kobber og bly, f.eks. beton, tegl, sten, skifer, fiber cement, eternit, tagpap, glas og plast.
Trafikbelastede områder	Veje med trafikbelastning på mindre end 5.000 køretøjer/døgn, f.eks. villaveje, tilkørsels-, adgangs- og landeveje. Veje med trafikbelastning på 5.000-15.000 køretøjer/døgn, f.eks. hovedveje og veje med tung trafik. Veje med trafikbelastning på mere end 15.000 køretøjer/døgn, f.eks. motorveje. P-pladser med mere end 80 pladser og hyppig udskiftning af biler, f.eks. shopping centre og erhverv. Parkerings- og omlastningspladser for busser og lastbiler, rastepladser med bus- og lastbiltrafik.
Pladser og gårde uden trafikbelastning	Arealer med kunstgræs og gummimåtter, f.eks. legepladser og fodboldbaner.
Industriområder	Industriområder med blandet industri, f.eks. kontor, produktion, handel og transport. Oplagspladser (blandet skrot, affald), affaldssortering, genbrugsstationer.
Boligområder	Boligområde (lav) - Villaområder/parcelhuskvarterer, inklusive villaveje. Høje boligområder med lejlighedskomplekser, kontorer og institutioner, inkl. mindre veje og tilhørende p-pladser

3.5 Beregning af teoretisk koncentration i regnvandsudledninger

Beregningen af den teoretiske koncentration af miljøskadelige stoffer i separate regnvandsudledninger i RegnKvalitet sker ud fra følgende ligning for et opland bestående af overfladekategorierne X, Y og Z:

$$\text{Konc} = ((\text{Areal}_x / \text{Areal}_{\text{Total}}) * \text{Konc}_x) + ((\text{Areal}_y / \text{Areal}_{\text{Total}}) * \text{Konc}_y) + ((\text{Areal}_z / \text{Areal}_{\text{Total}}) * \text{Konc}_z)$$

Areal_{xyz} : Er det reducerede areal (red. ha) af henholdsvis overfladekategori X, Y og Z

$\text{Areal}_{\text{Total}}$: Er det totale areal af oplandet (red. ha) svarende til summen af Areal_x , Areal_y og Areal_z

Konc_{xyz} : Er koncentrationen af de enkelte parametre i overfladeafstrømning fra henholdsvis overfladekategori X, Y og Z. 75% fraktilen er anvendt.

Valget af, hvilken værdi der skal benyttes i beregningerne, er altid en afvejning i forhold til formålet med værktøjet. I dette tilfælde har det været hensigten at lave en screening af risiciene ved regnvandsudledninger ud fra et konservativt grundlag, der dog stadig viser et realistisk billede af koncentrationerne i regnvandsudledningen.

Det er valgt at anvende 75% fraktilen (øvre kvartil) som et konservativt udgangspunkt for vurderingen af miljøskadelige stoffer i separate regnvandsudledninger. 75% fraktilen er den

mindste observation, hvor alle observationer, der er mindre end den, udgør mindst 75% af alle observationerne.

75% fraktilen er valgt frem for medianen (medianen eller 50% fraktilen er den midterste værdi i et sorteret datasæt) og dermed er valgt et mere konservativt udgangspunkt for vurderingen.

Fordelen ved at bruge fraktiler i forhold til middelværdien er, at fraktilerne er mere stabile over for ekstreme observationer, som der netop kan forekomme i regnvandsudledninger, men som det ikke har været hensigten, at planlægningen af regnvandsudledninger skulle baseres på.

3.6 Usikkerheder ved brugen af RegnKvalitet

RegnKvalitet beregner en koncentration af de enkelte parametre i regnvandsudledninger, men da koncentrationer af næringssalte, metaller og organiske miljøskadelige stoffer varierer afhængigt af de specifikke aktiviteter i oplandet, den lokale deposition m.m., vil den beregnede koncentration være et udtryk for den mulige teoretiske koncentration, som kan anvendes til en screening af risikoen ved separate regnvandsudledninger.

Der er en række usikkerheder ved beregningerne, som det er nødvendigt at være opmærksom på i brugen af værktøjet:

- Det er ud fra et forsigtighedsprincip valgt at anvende 75% fraktilen af de målte koncentrationer for hver overfladetype som et konservativt grundlag for beregningen. Det betyder, at den beregnede koncentration i regnvandsudledninger selvsagt vil være højere end, hvis 50% fraktilen var valgt, og typisk også højere end middelværdien
- For en række parametre og overfladetyper er der stadig få data, hvorfor beregningerne er baseret på et usikkert grundlag. I takt med, at datagrundlaget udbygges, vil beregningerne blive foretaget på et mere sikkert grundlag. Se desuden Afsnit 3.6.1 og 3.6.2 for en uddybende beskrivelse af datagrundlaget og forslag til forbedringer
- For de parametre, hvor der på nuværende tidspunkt ikke eksisterer data for enkelte overfladetyper, er det i stedet valgt at anvende målte koncentrationer i regnvand inden det har passeret en overflade (våd+tør depositionen), som et minimumsbidrag til regnvandsafstrømningen. Det betyder, at den faktiske koncentration for disse parametre kan være større end den, der er beregnet i RegnKvalitet. Det omvendte forhold kan også gælde.
- For de analyser, hvor koncentrationen ligger under detektionsgrænsen, er det halve af detektionsgrænsen anvendt i beregningerne. Når detektionsgrænserne højere end miljøkvalitetskravene (gælder for pyren og Indeno(1,2,3cd)pyren + benz(ghi)perylene) fås ikke et retvisende billede af miljørisikoen, som kan blive estimeret for høj.
- Det er sjældent, at der i alle prøver i datagrundlaget er analyseret for både den totale og den opløste fraktion af metallerne (Cu, Zn og Pb). Typisk vil der være flere analyser af den totale fraktion. Det skaber en usikkerhed, da der ikke er et bestemt forhold mellem den opløste og totale fraktion af metallerne. For kunstgræsbaner og tage af zink betyder det, at 75% fraktilen for opløst kobber på nuværende tidspunkt er lig koncentrationen den totale kobberkoncentration, og for tage af kobber og andre materialer betyder det, at 75% fraktilen af opløst bly er større end opløst og partikulært bly

I Tabel 3.5 er datagrundlaget for RegnKvalitet vist. Tabellen viser antallet af prøver af hver stofgruppe for hver overfladekategori. Et interval angiver, hvis der inden for stofgruppen er færre eller flere analyser af enkelte parametre.

Tabel 3.5 Datagrundlag for værktøjet RegnKvalitet. Tabellen viser antallet af prøver af hver stofgruppe for hver overfladekategori. Ingen data er markeret med rødt, færre end fem prøver er markeret med orange og fem prøver eller mere er markeret med grønt.

	Haver og græsarealer	Gårdmiljøer	Kunstgræsbaner	Grønne tage	Tage af kobber, kobbertagrender el. -	Tage af zink, zinktagrender el. - inddækning	Tage af andre materialer	Veje (ÅDT < 5.000 køretøjer)	Veje (ÅDT 5.000-15.000 køretøjer)	Veje (ÅDT > 15.000 køretøjer)	P-pladser	P-pladser for busser og lastbiler	Industriområder	Oplagspladser til skrot og affald	Lave boligområder	Høje boligområder
Spildevandsparametre	0	0	5-28	0	12-16	12-19	12-16	4-8	3-4	0-10	0-6	0	0-5	7	0-6	0-10
Næringssalte	0	0	11-14	0	15-19	15-20	15-19	8	3-4	10-11	0-6	0	5	6	4	10
Metaller total	0	0	17-58	0	2-20	2-20	15-20	4-8	4	13	6	0	5	11	4	10
Metaller opløst	0	0	2-3	0	0-1	3-4	1	4-8	4	0	6	0	0	0	0	0-4
PAH	0	0	5-14	0	15-18	15-22	15-18	8	3	0	2	0	1-2	8-11	0-2	9
DEHP	0	0	60	0	0	0	0	5	3	9	2	0	2	11	7	10
Øvrige phthalater	0	0	13-25	0	0	0	0	0	0	0-9	0	0	1	2-11	1-6	2-3
Bisphenol A	0	0	2	0	0	0	0	5	3	0	2	0	1	2	1	9
Pesticider	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0-1	0-3	0-1	2-5

3.6.1 Overfladekategorier – forslag til datasupplering

For enkelte overfladekategorier er der ingen eller for få data til at beregne koncentrationen af indikatorstofferne i regnvandsafstrømningen og for at forbedre datagrundlaget anbefales det at gennemføre målinger for følgende overflader:

- Veje med meget lav trafikbelastning (ÅDT på < 300 køretøjer/døgn)
- Tilkørselsveje, rasteplasser, omlastningspladser og parkeringspladser for busser og lastbiler
- Meget trafikerede veje med en ÅDT > 15.000 køretøjer/døgn
- Tage af kobber og tage med kobbertagrender og -inddækninger
- Tage af zink og tage med zinktagrender og -inddækninger
- Tage af andre materialer
- Gårdmiljøer og pladser
- Grønne tage
- Haver, græs- og grusarealer med dræn til kloakken

For meget trafikerede veje med en ÅDT > 15.000 køretøjer/døgn (inkl. motorveje) findes der kun få data for regnvandssammensætningen, men mange kommuner, herunder Københavns Kommune og øvrige kommuner under HOFOR, har allerede besluttet, at regnvand fra veje med trafikintensitet > 15.000 køretøjer/døgn ikke skal udledes uden rensning. Vejdirektoratet, som planlægger håndteringen af vejvand fra motorveje, analyserer sedimentet i motorvejsbassiner.

På baggrund af de få eksisterende data for veje med en trafikbelastning på mindre end 5.000 køretøjer/døgn har det ikke været muligt at opdele kategorien i flere kategorier. I mange

kommuner og forsyningsselskaber er der et ønske om at få afklaret, hvorvidt kategorien kan opdeles i to kategorier afhængigt af trafikbelastningen og kvaliteten af regnvandsafstrømningen, f.eks. i kategorierne: veje med en ÅDT <300 køretøjer/døgn og veje med ÅDT på 300-5.000 køretøjer/døgn.

Derudover er der behov for flere data for depositionen i byområder (høje bygninger) og parcelhusområder. Disse data kan i RegnKvalitet benyttes om et udtryk for minimumskoncentrationer i regnvand.

3.6.2 Analyseparametre - forslag til datasupplering

Der har tidligere været tradition for at analysere den totale koncentration af metallerne i regnvandsafstrømning. Der foreligger derfor meget få analyseresultater for opløst metal (Zn, Cu, Pb) i regnvandsafstrømning. Miljøkvalitetskravene for zink, kobber og bly i ferske og marine vandområder er angivet som opløst metal. Derfor anbefales det at analysere for opløst metal (og eventuelt total metal for at identificere korrelationen) i regnvandsafstrømning fra forskellige overfladekategorier.

For enkelte PAH-forbindelser er kvalitetskravene for overfladevand så lave, at den typiske detektionsgrænse på 0,01 µg/l er cirka en faktor 5 gange højere end miljøkvalitetskravene på 0,0017 µg/l og 0,002 µg/l for henholdsvis pyren og summen af indeno(1,2,3cd)pyren og benz(ghi)perylen. Det anbefales derfor at anvende en detektionsgrænse på 0,001 µg/l (svarende til 1 ng/l) for disse tre PAH-forbindelser.

For de organiske miljøskadelige stoffer phthalater, bisphenol A og pesticider findes der få danske analysedata for regnvandsafstrømning. Dette gælder generelt for alle overfladekategorierne. Der bør derfor være mere fokus på at analysere regnvandsafstrømning for disse parametre med henblik på at klarlægge, hvorvidt de udgør et problem i forhold til overholdelse af miljøkvalitetskravene.

Der er generelt få data for total ammonium (total NH_x-N), fri ammoniak (fri NH₃⁻) og opløst jern (Fe²⁺) i regnvandsafstrømning, men disse parametre har betydning for overholdelsen af Vandplanernes miljømål for vandløb. Det er derfor relevant at udbygge datagrundlaget med disse parametre.

I forhold til at forbedre datagrundlaget for værktøjet anbefales det, at fremtidige måleprogrammer - så vidt det er muligt – inkluderer analyser af:

- Opløst metal (Zn, Cu, Pb)
- PAH med en detektionsgrænse på minimum 0,005 µg/l (5 ng/l) for de enkelte PAH'er
- Phthalater, bisphenol A og pesticiderne: 2,6-diklorbenzamid (BAM), isoproturon, mechlorprop og glyphosat
- Total ammonium (total NH_x-N), fri ammoniak (fri NH₃-) og opløst jern (Fe²⁺)

4 Metode til risikoscreening af overfladeafstrømning

Behovet for håndtering af stigende og mere intensiv nedbør i byområder har medført efterspørgsel hos kommuner og forsyningsselskaber på risikoscreening og prioritering af regnvandskilder i forhold til udledning, nedsivning og eventuel rensning inden udledning.

Formålet med RegnKvalitet (se Kap. 3) og risikoscreeningen præsenteret i dette kapitel er at lette arbejdet med udpegnings og prioritering af regnvandskilder samt medvirke til dokumentere grundlaget forud for beslutning om hvordan regnvandshåndtering og hvilke eventuelle forebyggende tiltag, der skal sættes i værk.

I risikoscreeningen sammenholdes miljøkvalitetskrav, grundvandskriterier og næringssaltkrav for vandområdet med beregnede stofkoncentrationer i overfladeafstrømningen.

Indledningsvis gennemføres i RegnKvalitet en beregning af regnvandskvaliteten i afstrømningsområdet. De mest miljøkritiske overflader er:

- Veje >15.000 køretøjer pr. døgn
- Veje 5.000 – 15.000 køretøjer pr. døgn
- Industriområder
- Rastepladser ved motorveje
- Tage af kobber og zink
- Oplagspladser i tilknytning til industriområder

4.1 Lovgivning vedr. regnvandsudledninger

Bekendtgørelse nr. 1022 af 25/08 2010 om miljøkvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af forurenende stoffer til vandløb, søer eller havet finder ikke anvendelse på tilladelser til udledning af forurenende stoffer fra almindeligt belastede separate regnvandsudledninger. Det betyder dog ikke, at disse udledninger ikke skal reguleres, men reguleringen sker i stedet efter Miljøbeskyttelsesloven, hvori der står, at kommunalbestyrelsen giver tilladelse til, at spildevand tilføres vandløb, søer eller havet. Ved spildevand forstås også vand fra befæstede arealer.

Reguleringen består i funktionskrav for udformningen af renseforanstaltninger og udløbsarrangementer baseret på BAT og anvendelse af bedste miljøpraksis med henblik på at reducere udledningen af suspenderet stof, næringssalte og organiske miljøfremmede forbindelser samt regulere den hydrauliske belastning, så den er tilpasset vandområdets kapacitet, og erosion undgås.

Separate regnvandsledninger, der er mere end almindeligt belastede, reguleres efter bekendtgørelse nr. 1022 af 25/08 2010. Mere end almindeligt belastet regnvand fra separate ledninger kan f.eks. være afstrømning fra oplagspladser på en virksomhed, trafikalt stærkt belastede arealer som f.eks. omlastningspladser, transportcentre, trafikterminaler m.m. Regnvandsudledningen skal kunne relateres til en virksomhed, institution eller en person, og udledningstilladelsen skal indeholde vilkår, som ikke hindrer opfyldelse af miljøkvalitetskravene i vandområdet eller tilstødende vandområder.

RegnKvalitet kan i forbindelse med vurdering af regnvandsudledninger anvendes til at screene og prioritere de mest miljøkritiske udledninger og vurdere, hvorvidt udledningerne potentielt kan bidrage negativt til vandkvaliteten i vandområdet.

4.2 Fremgangsmåde ved risikoscreening ved hjælp af RegnKvalitet

For at vurdere risikoen ved udledningen af overfladeafstrømning til et vandområde/grundvandsressourcen skal følgende trin følges:

1. **Forureningskoncentration:** Beregning af koncentrationen af forurenende stoffer i den regnvandsbetingede udledning for 32 udvalgte indikatorstoffer.
2. **Koncentration i vandområdet:** Forureningens koncentration i det modtagende vandområde beregnes. For grundvandet regnes med 0-fortynding.
3. **Miljøkvalitetskrav i vandområdet/grundvandsressourcen:** De aktuelle miljøkvalitetskrav for vandområdet/grundvandsressourcen, hvortil overfladeafstrømningen udledes/nedsives, bestemmes.
4. **Risikofaktor:** De beregnede koncentrationer i udledningspunktet sammenlignes med gældende miljøkvalitetskrav, og regnvandsudledningen kategoriseres som ingen, lille, mellem eller stor risiko.
5. **Samlet vurdering:** I den samlede vurdering af overfladeafstrømning indgår saltning i vinterperioder, vurdering af, om regnvandet udledes i nærheden af en badestrand eller kan benyttes til andre formål, f.eks. skyllevand ved vask, kølevand, vand i soppebassin m.m. Endelig beregnes belastningen, og denne sammenlignes med vandområdets samlede stofbelastning.

Den samlede risikoscreening munder ud i en vurdering af behovet for rensning og anvendelse af BAT i forhold til udledning, nedsivning eller anvendelse af regnvandet.

4.2.1 Trin 1: Beregning af forureningskoncentration

For at kunne vurdere risikoen for vandområdet eller grundvandsressourcen ved henholdsvis udledning og nedsivning af overfladeafstrømning er det nødvendigt at kende koncentrationen af miljøskadelige stoffer i regnvandet. På baggrund af viden om typiske koncentrationer af miljøskadelige stoffer i overfladeafstrømning fra forskellige overfladetyper og fordelingen af det reducerede areal kan vandkvaliteten i en udledning beregnes ved hjælp af screeningsværktøjet RegnKvalitet.

De reducerede arealer indtastes i celle C11-C26 i RegnKvalitet.

Fastlæggelse af reduceret areal

Det reducerede areal er den del af et opland, som giver afstrømning til et afløbssystem under regn. I parameteren "reduceret areal" indgår dels den hydrologiske reduktionsfaktor (også benævnt afløbskoefficient), som beskriver en række hydrologiske processer, dels det befæstede areal, som er summen af et oplands impermeable og (semi)permeable flader /20/. Terminologien omkring reduceret areal, befæstet areal, reduktionsfaktorer m.m. er væsentligst hentet fra Miljøstyrelsens rapport om "Bestemmelse af befæstet areal" /20/.

Det reducerede areal bestemmes bedst ved sammenhørende målinger af afstrømning og nedbør. Men da dette sjældent er muligt, beregnes arealet i praksis oftest ud fra erfaringsværdier for den hydrologiske reduktionsfaktor og opmålinger af det befæstede areal.

Det reducerede areal kan fastsættes ud fra nedenstående relation:

$$A_{\text{red}} = \Phi \cdot \beta \cdot A_{\text{total}}, \text{ hvor}$$

Φ er afløbskoefficienten (eller den hydrologiske reduktionsfaktor)

β er befæstelsesgraden

A_{total} er det samlede oplandsareal

I RegnKvalitet er det muligt at beregne det reducerede areal ud fra typiske befæstelsesgrader og reduktionsfaktorer for forskellige overfladetyper. Det er dog kun et skøn, som kan anvendes i indledende screeninger - ikke i situationer, som kræver mere præcise beregninger (f.eks. ved dimensionering, detailanalyser og -projektering af renseløsninger).

Bestemmelse af befæstet areal

Et oplands befæstede areal er den del af arealet, hvor der findes en belægning eller overfladebehandling, som hindrer den naturlige nedsivning og dermed forøger den overfladiske afstrømning. Det omfatter både impermeable og semipermeable overflader, f.eks. asfalt, fliser, tage, macadamiserede flader (en type vejbelægning bestående af grus og sten i forskellige størrelser), brosten mm. Befæstelsesgraden (β) for et opland er forholdet mellem det befæstede areal og det totale areal.

Opmålinger af det befæstede areal foretages oftest ved hjælp af en GIS-analyse. Metoderne til at bestemme et oplands befæstede areal er beskrevet i /20/, hvor der også er en nærmere beskrivelse af usikkerhederne ved de enkelte metoder:

- Total opmåling
- Kvadratnet
- Typeværdier
- Skøn (på baggrund af typeværdier)

Den anvendte metode afhænger af analysens formål, se eventuelt anbefalingerne i /20/. Typiske befæstelsesgrader for forskellige oplandsområder er:

- Butiksområder: Ca. 0,80-0,90
- Tæt, lavt/højt byggeri, f.eks. etageboliger: Ca. 0,50-0,75
- Erhvervsområder: Ca. 0,60-0,75
- Åbent, lavt byggeri, f.eks. parcelhusområder: Ca. 0,35-0,50

Tabel 4.1 Eksempler på anvendte befæstelsesgrader i /21/.

LUATYPE	Beskrivelse	Befæstet %
0	Ukendt	10
1100	Befæstet overflade	100
1110	Bykerne	80
1120	Lav bebyggelse	35
1121	Høj bebyggelse	50
1122	Åben bebyggelse	30
1123	Bebyggelse i åbent land	20
1210	Industri	60
1221	Motorvej	70
1222	Motortrafikvej	70
1223	Vej > 6 meter	70
1224	Vej 3 – 6 meter	70
1226	Jernbane	20
1228	Bro	70
1229	Dæmning	20
1240	Lufthavn	50
1242	Landingsbane	70
1310	Råstofområde	0
1340	Teknisk areal	10
1341	Kirkegård	0
1420	Sportsanlæg	10
1421	Rekreativt område	5
1422	Klipet græs	0
2112	Landbrug	0
2222	Gartneri	0
2300	Græsarealer	0
2310	Græs i byområder	5
2430	Blandet landbrug/natur	0
3100	Skov	0
3110	Løvskov	0
3120	Nåleskov	0
3130	Blandet skov	0
3210	Overdrev	0
3220	Hede	0
3250	Blandet natur	0
3310	Sand / Klit	0
3330	Anden overflade med ringe vegetation	0
4110	Eng	0
4112	Vådområde	0
4120	Mose	0
4130	Strandeng	0
4210	Marsk og strandeng	0
5120	Sø	0
5121	Vandløb > 8 - 12 m	0
5123	Sø / rørskov	0
5126	Dambrug	0
5230	Hav	0
6000	Uklassificeret	10

Fastlæggelse af afløbskoefficient

Afløbskoefficienten eller den hydrologiske reduktionsfaktor for befæstede arealer afspejler, at befæstede flader i en vis udstrækning er permeable. F.eks. giver fortove og brostensbelægninger mulighed for, at en del af afstrømningen nedsiver i jorden, hvorved afstrømningen reduceres.

Afløbskoefficienten (ϕ) kan fastsættes ud fra retningslinjerne i /23/:

- 1,0 for tagflader og tætte terrænelægninger, f.eks. af asfalt, beton eller belægninger med tætte fuger
- 0,8 for belægninger med grus- eller græsfuger
- 0,6 for grusbelægninger
- 0,1 for havearealer og arealer uden belægning

4.2.2 Trin 2: Koncentration efter udledning

I RegnKvalitet beregnes stofkoncentrationer i udledningspunktet, og fortyndingen er som udgangspunkt sat til 1 (svarende til 0-fortynding) i RegnKvalitet.

Hvis den konkrete fortyndingsfaktor for udledningspunktet ikke er kendt, kan anvendes fortyndingsfaktorer inden for følgende intervaller /11/:

- Vandløb: 2-10 gange
- Søer: 5-20 gange
- Hav: 10-50 gange

Disse tommelfingerregler for fortynding kan indsættes i beregningsværktøjet, hvorefter regnvandskvaliteten i en udledning kan beregnes efter fortynding i udledningspunktet. Fortyndingsfaktoren indtastes i celle I11 og M11 for henholdsvis marine og ferske vandområder i RegnKvalitet.

En blandingszone kan udpeges omkring et udledningspunkt, når koncentrationen af et eller flere stoffer i udledningen er højere end de relevante miljøkvalitetskrav, således at disse krav ikke kan overholdes i umiddelbar nærhed af udledningspunktet. Miljøkvalitetskravene skal være opfyldt ved blandingszonens afgrænsning, og udledningen må ikke hindre, at kravene opfyldes i den del af vandområdet, som ligger uden for blandingszonen. Det forudsættes, at udledningen af forurenende stoffer forinden er nedbragt mest muligt gennem anvendelse af BAT, jf. bekendtgørelse nr. 1022, § 13 /10/.

Det er vigtigt at have for øje, at miljømyndigheden skal sikre overholdelsen af miljøkvalitetskravene i vandområdet og i den forbindelse skal tage højde for stoffets eller stoffernes eventuelle i forvejen forekommende koncentrationer i det pågældende vandområde samt øvrige kilder til stofferne i vandområdet. Miljømyndigheden skal samtidig sikre, at der ikke sker en øget forurening af vandområdet /10/, jf. dog Miljømålslovens § 11, stk. 3 /32/.

I forbindelse med nedsivning af regnvandsafstrømningen til grundvandet er det mere kompliceret at tale om "fortynding". Der er en lang række processer, der påvirker den endelige koncentration af stofferne i grundvandet, herunder:

- Dispersion
- Sorption
- Udfældning (metaller)
- Abiotisk nedbrydning
- Biologisk nedbrydning

Der er derfor som udgangspunkt ikke medregnet fortynding i forhold til grundvandet i RegnKvalitet.

På baggrund af Trin 1 og Trin 2 beregnes således den forventede koncentration af miljøskadelige stoffer efter udledning (Predicted Environmental Concentration (PEC)) ved hjælp af RegnKvalitet.

4.2.3 Trin 3: Miljøkvalitetskrav i vandområdet

For at vurdere risikoen for, at en regnvandsudledning/-nedsivning vil påvirke vandkvaliteten i vandområdet/grundvandsressourcen negativt, er det relevant at kende den højeste koncentration, hvor det vurderes, at der ikke vil forekomme effekter på vandøkosystemet (Predicted No Effect Concentration - PNEC). Hvis denne koncentration overholdes i udledningspunktet efter fortynding, vurderes regnvandsudledningen ikke at have negative miljømæssige konsekvenser for vandområdet/grundvandsressourcen.

I bekendtgørelse nr. 1022 er på baggrund af PNEC fastsat miljøkvalitetskrav for metaller og miljøskadelige organiske stoffer i henholdsvis ferskt og marint overfladevand. Miljøkvalitetskravene må ikke overskrides af hensyn til beskyttelsen af vandområdet. Miljøkvalitetskravene i bekendtgørelse nr. 1022 er angivet som generelle krav, hvor årlige eller periodespecifikke gennemsnit skal være opfyldt for at beskytte mod kroniske (og akutte) effekter. Bekendtgørelsen indeholder tillige kortidskvalitetskrav, som er maksimale acceptable koncentrationer, der skal beskytte mod især akutte effekter. I RegnKvalitet er de generelle miljøkvalitetskrav for marine og ferske vandområder angivet frem for kortidskvalitetskravene for at sikre mod både kroniske og akutte effekter.

I forbindelse med beregninger i RegnKvalitet identificeres, hvilken kategori den pågældende vandforekomst tilhører, hvorefter udledningskravene for fosfor, kvælstof og BOD indtastes i henholdsvis kolonne J og kolonne N for marine og ferske vandområder.

Det er vigtigt at være opmærksom på, at hvis vandområdet ikke på forhånd opfylder kvalitetskravene og målsætningerne, vil en yderligere tilførsel af de pågældende stoffer ikke kunne nedbringe koncentrationsniveauet. Det er derfor nødvendigt at tage højde for tilstanden og den eksisterende koncentration i vandområdet, hvilket kan medføre, at regnvandet skal renses inden udledning. I den situation, hvor et vandområde opfylder målsætningerne må vandkvaliteten ikke forringes af regnvandsudledninger eller andre udledninger.

Vandplaner – ferske vandområder

Vandplanerne 2009-15 indeholder miljømålet for kemisk tilstand, som vurderes alene ud fra vandrammedirektivets prioriterede stoffer samt stoffer, for hvilke der på fællesskabsniveau og nationalt niveau er fastsat miljøkvalitetskrav (se Bek. 1022).

Miljømålet for den økologiske tilstand i vandløb er i vandplanerne fastsat ud fra smådyrsfaunaen. I miljømålet for økologisk tilstand indgår tillige biologiske, hydromorfologiske og fysisk-kemiske kvalitetselementer.

I relation til de fysisk-kemiske parametre er der for vandløb i Vandplanerne fastsat vejledende kravværdier for tre niveauer af den økologiske tilstand (høj, god, moderat). I Tabel 4.2 er medtaget de vigtigste kemiske parametre i forhold til regnvandsudledninger.

Tabel 4.2 Fysisk-kemiske støtteparametre relateret til høj, god og moderat økologisk tilstand for vandløb /30/.

mg/l	Høj økologisk tilstand	God økologisk tilstand	Moderat økologisk tilstand
Total NH _x -N	≤1	≤1	≤1
Fri NH ₃ -	0,025	0,025	0,025
BOD	<1,4	<1,8	<2,5
Opløst jern (Fe ²⁺)	<0,2	<0,2	<0,5

I Vandplan Øresund /30/ står under Generelle miljømål, som er gældende for både søer, vandløb og havområder, at: "For kunstige og stærkt modificerede områder, som ikke restaureres, gælder, at de skal opnå et godt økologisk potentiale og en god kemisk tilstand. Et godt økologisk potentiale afspejler værdier for relevante biologiske kvalitetsparametre ved den mest sammenlignelige naturlige type overfladevand, givet de kunstige eller stærkt modificerede fysiske forhold." Ligeledes er i vandplanerne anført, at for vandløb, hvor tilstanden er ukendt, er målet fastsat til god økologisk tilstand, svarende til faunaklasse 5 eller i 'blødbundstypen' faunaklasse 4. Specifikt vurderes det, at vandområdet Københavns Havn ikke kan opnå god økologisk tilstand, og derfor er målet sat til "godt økologisk potentiale".

Grænsen mellem god og moderat økologisk tilstand for søer er fastsat ud fra søtyper. Hovedstadsregionens søer kan i hovedsagen inddeles i to typer:

- Kalkrige og lavvandede søer samt dybe søer
- Kalkfattige og brune lavvandede søer.

Målopfyldelsen er grundlæggende baseret på klorofylkoncentrationen, og hertil er tillige knyttet støtteparametrene fosfor og kvælstof.

For kalkrige lavvandede søer, hvor miljømålet er god økologisk tilstand, er niveauet for fosfor 0,070 mg/l og for kvælstof 0,96 mg/l. For dybe samt kalkfattige, brune og lavvandede søer er niveauet for fosfor og kvælstof henholdsvis 0,025 mg P/l og 0,33 mg N/l.

Tabel 4.3 Fysisk-kemiske støtteparametre for forskellige søtyper og i relation til god økologisk tilstand

Søtype	Miljømål økologisk tilstand	Fosforniveau (mg/l)	Kvælstofniveau (mg/l)
Kalkfattige, brune lavvandede samt dybe søer	God	0,025	0,33
Kalkfattige lavvandede	God	0,070	0,96

Hvis tilstanden i en sø er bedre end grænsen mellem høj og god tilstand, fastsættes et strengere miljømål, høj tilstand, med den aktuelle tilstand som mål, da tilstanden ikke må forringes.

Vandplaner – marine områder

Den økologiske tilstand for marine vandområder gælder ud til 1-sømilegrænsen, mens den kemiske tilstand gælder ud til 12-sømilegrænsen. De marine vandområder i Hovedvandopland Øresund fastsættes med miljømålet "god økologisk tilstand". Miljømål for økologisk tilstand er fastsat ud fra dybdegrænsen for udbredelsen af ålegræs. Ingen af kystvandene i hovedvandoplandet Øresund udviser i dag en tilstand, der berettiger til at fastsætte miljømålet "høj tilstand" - kun "god tilstand". Retningsgivende for koncentrationerne af COD, BOD, Total-N og Total-P bliver derfor vilkår i udledningstilladelser for renseanlæg, som generelt er fastsat til henholdsvis 75 mg/l, 15 mg/l, 8 mg/l og 1,5 mg/l. Det gennemsnitlige fosforkrav for danske renseanlæg ligger på 1,3 mg/l.

For marine vandområder er derfor anvendt de direkte udledningskrav til renseanlæg, og der er ikke medregnet fortynding i sammenligningen med den beregnede koncentration i regnvandsudledningen i RegnKvalitet.

Vandplaner - grundvand

For grundvandet er valgt at sammenholde de beregnede koncentrationer med Miljøstyrelsens grundvandskvalitetskriterier /29/. Grundvandskvalitetskriteriet er udarbejdet for magasiner, som indeholder grundvand, der udnyttes til drikkevandsforsyning, eller som vil kunne anvendes til drikkevandsforsyning.

Grundvand er den største drikkevandsressource i Danmark, og for at beskytte det må det tilstræbes, at belastningen bliver så lille som mulig. Grundvandskvalitetskriterierne er udarbejdet til brug for fastsættelsen af krav til grundvandet under forurenede grunde ved offentligt finansierede oprydninger og er således ikke kvalitetskriterier, der kan bruges generelt for grundvandet. Kvaliteten af grundvandet skal tilstræbes at være reneest muligt, og det er ikke hensigten, at forureningsindholdet i grundvandet øges, så grundvandet "fyldes op" til de fastlagte drikkevandskrav /29/.

4.2.4 Trin 4: Beregning af risikofaktor (PEC/PNEC)

Risikoen for, at vandkvaliteten i vandområdet/grundvandsressourcen bliver negativt påvirket af en regnvandsudledning, vurderes ud fra en sammenligning mellem de beregnede forventede koncentrationer af miljøskadelige stoffer i regnvandsudledningen, inkl. fortynding, og miljøkvalitetskravene for vandområdet. For grundvandsressourcen regnes med 0-fortynding.

Når den beregnede koncentration i udledningen sammenholdes med miljøkvalitetskravene, er det nødvendigt at være opmærksom på følgende:

- Miljøkvalitetskravene i bekendtgørelse nr. 1022 gælder ikke for almindeligt belastede separate regnvandsudledninger, hvorfor der ikke kan stilles vilkår til kvaliteten af en regnvandsudledning. Miljømyndigheden skal dog stadig sikre overholdelsen af miljøkvalitetskravene i vandområdet, hvorfor der i planlægningsfasen af separate regnvandsudledninger bør tænkes ind, hvilke typer regnvandsudledninger der vil påvirke regnvandskvaliteten negativt.
- Miljøkvalitetskravene i bekendtgørelse nr. 1022 er angivet som generelle kvalitetskrav, der skal opgøres som et årligt eller periodespecifikt gennemsnit og være opfyldt i det berørte vandområde og beskytte mod kronisk effekter. Der er i RegnKvalitet anvendt 75% fraktilen som et konservativt udgangspunkt for vurderingen
- Sorption, udfældning og nedbrydning af de forurenende stoffer er ikke medtaget i RegnKvalitet, hvorfor dette eventuelt vurderes efterfølgende

Er den beregnede koncentration af et eller flere miljøskadelige stoffer i vandområdet/-grundvandsressourcen større end den forventede uskadelige koncentration ($PEC/PNEC > 1$), er der risiko for, at vandområdet påvirkes negativt af udledningen. Som et led i at rangere kilderne efter, hvor stor påvirkning de udøver på vandområdet, kan summen af risikofaktorerne $PEC/PNEC$ for de stoffer, som har et forhold over 1, beregnes. Dette giver et udtryk for, hvor meget koncentrationerne af de miljøskadelige stoffer i regnvandsudledningen overskrider vandkvalitetskravene, og dermed kan udledningerne rangeres efter, hvor store overskridelserne er.

Miljømålene for næringssalte afhænger af det konkrete vandområde og har særlig stor betydning for eutrofiering af søer. Det anbefales at gennemføre en særskilt vurdering af næringssaltkoncentrationer i regnvandsudledninger og sammenligne med de aktuelle krav i vandområdet. For næringssalte gennemføres ikke beregninger af risikofaktoren $PEC/PNEC$. Den trinvis fremgangsmåde forud for rangering af regnvandskilder ser således ud:

1. Forholdet mellem regnvandskoncentrationer og miljøkvalitetskrav for metaller og organiske miljøskadelige stoffer beregnes ($PEC/PNEC$)
2. For parametre med et forhold >1 summeres forholdene
3. Ved udledning til vandløb og søer sammenlignes den beregnede koncentration af de fysisk-kemiske støtteparametre i regnvandsudledningen med miljømålene for vandområdet

Vurdering af risikofaktor ($PEC/PNEC$) for metaller og organiske miljøskadelige stoffer

I Tabel 4.4 er angivet en rangering af risikoen ved regnvandsudledninger baseret på summen af overskridelser af miljøkvalitetskravene for vandområdet eller overskridelser af grundvandskvalitetskriterier.

Tabel 4.4 Vejledende rangering af risikoen ved regnvandsudledninger baseret på baggrund af sum af overskridelser af miljøkvalitetskrav for vandområderne eller grundvand.

Risiko	Sum af PEC/PNEC
Ingen	< 1
Mindre	1 - 10
Mellem	> 10 - 45
Større	> 45

Niveauerne anvendes til at rangere regnvandsudledningerne i ingen, mindre, mellem eller større risici for vandområdet og har betydning for den videre vurdering af regnvandsudledningerne og vurderingen af behovet for BAT jf. Trin 5 (afsnit 4.2.5).

I Tabel 4.5 er vist eksempler på rangeringen af risikoen ved udledning af regnvandsafstrømning fra forskellige overfladetyper.

Tabel 4.5 Eksempler på summen af risikofaktorer (PEC/PNEC) større end én for en række overfladekategorier fra værktøjet RegnKvalitet ved en fortynding i udledningspunktet på en faktor 10 i det marine vandområde, en faktor 2 i det ferske vandområde og en 0-fortynding til grundvandet.

Overfladekategori	Marint vandområde (Fortynding x10)	Ferskt vandområde (Fortynding x2)	Grundvand (Fortynding x1)
Tage af andre materialer end zink og kobber	0	4*	5
Høje boligområder	10	28	27
Lave boligområder	10	29	24
Veje ÅDT < 5.000	14	43	21
Industriområder	14	47	39
P-pladser	25	58	30
Tage af zink	48	252	64
Veje ÅDT 5-15.000	60	187	153
Oplagspladser (skrot/affald)	217	402	629

* Risikofaktoren på 4 skyldes hovedsageligt enkelte PAH-forbindelser, som ikke er målt over detektionsgrænsen og dermed indgår i beregningen med halvdelen af detektionsgrænsen, se desuden afsnit 3.6.

I Tabel 4.6 er vist en oversigt over miljøkritiske parametre, der resulterer i PEC/PNEC >1 i overfladeafstrømning fra en række overfladetyper. Parametrene er tillige kategoriseret efter vandforekomsten. I forhold til nedsivning til grundvandet er det vigtigt at være opmærksom på, at nogle af stofferne kan blive tilbageholdt eller nedbrudt i de øverste jordlag, hvorved de ikke nødvendigvis udgør et problem for grundvandsressourcen. Dette vil kræve en yderligere vurdering af stofferne ved nedsivning.

Tabel 4.6 Eksempler på kritiske parametre for en række overfladekategorier fra værktøjet RegnKvalitet ved en fortynding i udledningspunktet på en faktor 10 i det marine vandområde, en faktor 2 i det ferske vandområde og en 0-fortynding til grundvandet.

Overfladekategori	Marint vandområde (Fortynding x10)	Ferskt vandområde (Fortynding x2)	Grundvand (Fortynding x1)
Tage af andre materialer end zink og kobber		Cu	Zn, DEHP, glyphosat
Høje boligområder	Cu, PAH'er, DEHP, bisphenol A	Cu, Zn, PAH'er, DEHP, bisphenol A	Zn, Pb, DEHP, glyphosat/AMPA
Lave boligområder	PAH'er, bisphenol A	PAH'er, bisphenol A	Pb, PAH'er, DEHP, glyphosat/AMPA
Veje ÅDT < 5.000	PAH'er, bisphenol A	Cu, PAH'er, DEHP, bisphenol A	Pb, PAH'er, DEHP, glyphosat
Industriområder	PAH'er, bisphenol A	PAH'er, DEHP	Zn, Pb, PAH'er, DEHP, glyphosat/AMPA
P-pladser	Cu, PAH'er, bisphenol A	Zn, Cu, PAH'er, DEHP, bisphenol A	Zn, Pb, PAH'er, DEHP, glyphosat
Tage af zink	Zn, Pb	Zn, Cu, Pb,	Zn, glyphosat
Veje ÅDT 5-15.000	PAH'er, bisphenol A	Zn, Cu, PAH'er, bisphenol A	Zn, Cu, Pb, PAH'er, DEHP, glyphosat
Oplagspladser (skrot/affald)	PAH'er, phthalater, bisphenol A	PAH'er, phthalater, bisphenol A	Zn, Cu, Pb, PAH'er, DEHP, glyphosat mechlorprop,

I vejvand fra veje med høj trafikbelastning vil de ni PAH'er, som indgår i parameterlisten (se Tabel 3.1), næsten altid være til stede i forhøjede koncentrationer, og derfor vil overvejelserne for håndtering af vejvand gå i retning af rensning (BAT) eller afledning til kloak.

Vurdering af fysisk-kemiske støtteparametre

Ved udledning til søer eller vandløb bør de fysisk-kemiske støtteparametre fra vandplanerne (jf. Afsnit 4.2.3) vurderes separat i forhold til overskridelse af miljømålene for det konkrete vandområde. Forekommer der overskridelse af miljømålene for støtteparametrene efter hensyntagen til fortynding i vandområdet, bør dette indgå i den samlede vurdering af regnvandsudledningens effekt på vandområdet samt muligheder for BAT, se Tabel 4.8.

For marine områder vil de nuværende koncentrationer af næringssalte i regnvandsafstrømning i urbane områder ikke umiddelbart overskride de gældende udledningskrav (jf. Afsnit 4.2.3). Kun regnvandsafstrømning fra oplagspladser til skrot og affald vil kunne overskride udledningskravene for Total-P, Total-N, BOD og COD, men det forventes, at regnvandsafstrømningen fra disse typer af overflader vil være reguleret via miljøgodkendelser eller udledningstilladelser med vilkår i henhold til bekendtgørelse nr. 1022 /10/.

I Tabel 4.7 er vist de anvendte 75% percentiler for total-N, total-P og BOD i regnvandsafstrømning fra forskellige overfladetyper i RegnKvalitet. Det fremgår, at de højeste koncentrationer af Total-N og Total-P forekommer i regnvandsafstrømning fra veje med en trafikbelastning på 5-15.000 køretøjer/døgn samt industrielle oplagspladser til skrot og affald.

Tabel 4.7 Koncentrationer af total-P, total-N og BOD i regnvandsafstrømning fra forskellige overfladetyper (75% percentiler fra RegnKvalitet).

Overfladekategori	Total-P (mg/l)	Total-N (mg/l)	BOD (mg/l)
Tage af andre materialer end zink og kobber	0,11	2,2	-
Høje boligområder	0,17	1,3	6,0
Lave boligområder	0,13	2,4	3,7
Veje ÅDT < 5.000	0,13	2,4	3,7
Industriområder	0,21	2,1	5,2
P-pladser	0,24	2,8	-
Tage af zink	0,26	-	12
Veje ÅDT 5-15.000	1,1	4,6	12
Oplagspladser (skrot/affald)	3,4	28	490

4.2.5 Trin 5: Samlet vurdering af regnvandsudledning

Miljømålene, som de er beskrevet i vandplanerne, danner grundlag for tilladelser til udledning og nedsivning, og tilladelserne skal vurderes i forhold til, at udledningerne ikke hindrer opfyldelse af miljømålene. Det vil altid kunne diskuteres, hvilken grad af sikkerhed der skal indbygges i tilladelser, men det skal i det mindste kunne sandsynliggøres, at udledninger ikke hindrer opfyldelse af miljømålene.

I de foregående afsnit 4.2.1 til 0 er præsenteret, hvordan en risikoscreening af overfladeafstrømning kan gennemføres ved hjælp af RegnKvalitet. Processen for vurdering af en regnvandsudledning eller nedsivning af regnvand er i vist som et flowdiagram (se Figur 4.1) med korte beskrivelser af de enkelte trin.

1. Bestem koncentrationen af forurenende stoffer fra oplandet

Start med at opgøre det reducerede areal (red. ha) af de forskellige overfladetyper i oplandet til udledningspunktet på baggrund af de 16 overfladetyper, der er beskrevet i RegnKvalitet.

Er en overfladekategori ikke repræsenteret i værktøjet, bør en sammenlignelig kategori anvendes ud fra de aktiviteter, som foregår på overfladen/i området.

Det reducerede areal af overfladetyperne indtastes i kolonne C i fanebladet "Beregning af vandkvalitet". Output er stofkoncentrationer for en overflade sammensat af forskellige typer overfladematerialer.

2. Bestem koncentrationen i udledningspunktet

Fortyndingen i udledningspunktet er i RegnKvalitet sat til 1. Hvis den præcise fortynding i udledningspunktet er kendt, indtastes den i celle I11 for marine vandområder og celle M11 for ferske vandområder. Alternativt kan anvendes fortyndingsfaktorer inden for følgende intervaller:

- Vandløb: 2-10 gange
- Søer: 5-20 gange
- Hav: 10-50 gange

3. Bestem kvalitetskrav for fosfor, kvælstof og BOD

I vandplanerne er der for mange vandområder fastsat specifikke krav til fosfor, kvælstof og BOD. Hvis ikke der findes specifikke krav, er det muligt i stedet at anvende typiske krav eller niveauer for koncentrationer i søer, vandløb og marine områder. Anbefalinger til krav findes i Tabel 4.2, Tabel 4.3 og afs.4.2.3.

Kriterierne indtastes i kolonne J og N for henholdsvis marine og ferske vandområder.

4. Beregning af risikofaktor

Forholdet mellem den forventede koncentration i vandområdet og den forventede maksimale uskadelige koncentration (PEC/PNEC) beregnes automatisk i RegnKvalitet. Er forholdet større end 1, er der risiko for negative effekter i vandområdet.

For stoffer med et PEC/PNEC-forhold større end 1 summeres forholdene, og summen angiver, om regnvandsudledningen udgør ingen, en mindre, mellem eller større risiko for vandområdet (

Tabel 4.4). Herefter vurderes den beregnede koncentration af de fysisk-kemiske støtteparametre i regnvandsudledningen i forhold til miljømålene for vandområdet ved udledning til vandløb og søer.

5. Konkret vurdering af overfladeafstrømning i forhold til håndtering:

- **Hydraulisk belastning:** Hvor der er risiko for hydrauliske problemer, skal regnvandsudledninger reduceres til 1-2 l/s/ha.
- **Stofbelastning:** Stofbelastningen kan beregnes ud fra det reducerede afstrømningsareal, den årlige nedbørsmængde (mm/år) og stofkoncentrationer. Data anvendes til sammenligning med andre kilder til belastning af et vandområde
- **Saltning:** Hvis saltholdigheden er >5‰, bør overfladeafstrømning ikke ledes til ferskvandsområder, men bør i stedet ledes til kloak.
- **Hygiejniske parametre:** Hvis den mikrobiologiske kvalitet af regnvandet er afgørende for anvendelse af regnvandet til f.eks. soppebassiner, legepladser, kølevand, skyllevand m.m., kan relevant information hentes i /14/, /15/, /16/
- **Kommunale miljømål:** Som supplement til de nationale miljømål kan kommunerne fastsætte egne miljømål, som kan være inkluderet i samarbejdsaftaler med forsyningsselskaberne

Figur 4.1: Flowdiagram for risikoscreening af overfladeafstrømning

Risikoscreeningen leder frem til en konkret vurdering af den aktuelle regnvandsudledning, hvori der indgår vurdering af den hydrauliske belastning, stofbelastningen samt eventuelt vurdering af saltkoncentrationer i vejvand og vurdering af regnvandets mikrobiologiske kvalitet afhængigt af anvendelsesformål.

Den hydrauliske belastning skal altid vurderes i forhold til risiko for problemer med eksempelvis opstuvning eller øget sedimentophobning i vandløb. Som udgangspunkt skal den hydrauliske belastning reduceres til 1-2 l/s pr. ha (totalt areal), svarende til naturlig afstrømning.

På baggrund af risikoscreeningen, inklusive beregningen af forholdet PEC/PNEC, vurderingen af næringssaltkoncentrationer (støtteparametre) og supplerende vurdering af den konkrete overfladeafstrømning er der i Tabel 4.8 givet forslag til prioritering af overfladeafstrømning. Prioriteringen er primært baseret på PEC/PNEC forholdet. Koncentrationerne af støtteparametrene (BOD, kvælstof-, og fosforkomponenter) skal altid relateres til den aktuelle vandforekomst (havet, sø, vandløb eller grundvand).

Tabel 4.8 **Anbefaling til handling ud fra vurdering af PEC/PNEC og koncentration af støtteparametre (se afs. 4.2.3 og 0). Vurdering af støtteparametrene skal ske i forhold til typen af vandforekomsten (havet, sø, vandløb eller grundvand).**

PEC/PNEC for regnvandsudledning	Forhøjede koncentrationer af støtteparametre	Handling
<1	Nej	Udledning uden yderligere vurdering
	Ja	Vurdering af hydraulisk og stofmæssig belastning
1-10	Nej	Vurdering af hydraulisk belastning
	Ja	Vurdering af hydraulisk og stofmæssig belastning, overvej BAT
>10-45	Nej	Vurdering af hydraulisk og stofmæssig belastning, forslag til BAT
	Ja	Vurdering af hydraulisk og stofmæssig belastning, forslag til BAT
>45	Nej	Vurdering af hydraulisk og stofmæssig belastning, forslag til BAT
	Ja	Vurdering af hydraulisk og stofmæssig belastning, forslag til BAT

Prioriteringerne, forslag til handling og viden om vandkvaliteten kan anvendes ved udpegningen af relevante teknologier til behandling af regnvandsstrømme. Overfladeafstrømning med en PEC/PNEC <1 og lave koncentrationer af støtteparametrene kan umiddelbart nedsives eller opsamles og anvendes til vandingsformål. Når PEC/PNEC er >10, er det relevant at vurdere den hydrauliske og den stofmæssige belastning og på den baggrund undersøge, hvilke teknologier der kan reducere PEC/PNEC og eventuelt belastningen af BOD samt kvælstof- og fosforkomponenter.

I vandplanerne vedrører miljømål den økologiske og kemiske tilstand af vandområder og grundvand og er entydigt fastlagt ved fysiske, kemiske, biologiske og hydromorfologiske kvalitetselementer suppleret med miljøkvalitetskrav for udvalgte miljøfremmede stoffer.

Ordet miljømål bruges både i tilknytning til statslige, regionale og kommunale vandplaner. Det er derfor vigtigt at være opmærksom på hvornår der tales om lovgivningsbetingede miljømål og hvornår miljømål eksempelvis fastlægges af en kommunalbestyrelse som baggrund for kommunale handleplaner.

4.3 Renere teknologi og BAT

Begrebet "Renere teknologi" omfatter metoder og teknikker til at nedsætte miljøbelastningen, herunder bedst tilgængelig teknik (BAT) samt mindre forurenende råvarer/produkter, processer og anlæg. Dette gælder både ved fremstilling, anvendelse og bortskaffelse af produkter.

Forebyggelse af forurening skal som beskrevet i Miljøbeskyttelsesloven ske ved kilden – der, hvor forureningen opstår. Når det gælder overfladeafstrømning indeholder vandet stoffer afgivet fra tage, veje, bygninger, trafik m.m. Kommunale miljømyndigheder har begrænsede muligheder for at regulere valget af konstruktionsmaterialer i vej- og bygningskonstruktioner, men kan i et vist omfang gøre dette i forbindelse med nye lokalplaner og ved trafikplanlægning. Når det gælder reduktion i afgivelsen af miljøbelastende stoffer fra køretøjer, kan EU-lovgivning fremme udviklingen af mindre miljøbelastende køretøjer.

I den udstrækning, det er muligt, bør der i forbindelse med tilladelser og udbud vedrørende anlægsarbejder for regnvandshåndtering stilles krav om anvendelse af konstruktionsmateriale, som er mindre miljøbelastende. Det er vigtigt at være opmærksom på afgivelse af tungmetaller, PAH, phthalater, pesticider m.fl. fra rør, bygninger, veje m.m. I lokalplaner er det muligt f.eks. at stille krav om, at der i nye bygninger ikke må anvendes zinktagrender.

Regnvandsudledninger kan ikke umiddelbart reguleres på samme måde som spildevand fra virksomheder, der eksempelvis kan erstatte (substituere) miljøfarlige kemikalier med mindre farlige, fremstille produkter, der forurener mindre, når de anvendes, eller genanvende hjælpepestoffer, så der dannes mindre affald. Reduktion i afgivelse af forurenende stoffer fra overflader, kræver en langsigtet indsats i forbindelse med byudvikling, produktregulering og viden om konstruktionsmaterialers fordele og ulemper.

I de tilfælde hvor regnvand kan føre til forringelse af vandkvaliteten i et vandområde, er der overordnet set tre muligheder for at opnå en tilfredsstillende kvalitet af vandet inden udledning til vandområder:

- At aflede belastet/forurenat regnvand til spildevandssystemet frem for regnvandssystemet
- At indføre renere teknologi
- At indføre rensning inden udledning til vandområder

5 Forslag til videre arbejde

Screeningsværktøjet "RegnKvalitet" skaber grundlag for en ensartet og koordineret fremgangsmåde for beregninger og risikoscreening af regnvand fra overflader i byområder. Resultaterne fra beregningerne af regnvandskvaliteten og udpegningen af de mest miljøkritiske stoffer kan anvendes som input til kommunernes og forsyningsselskabernes overordnede planlægning af regnvandshåndtering og indgreb, som skal begrænse forureningen fra udledninger til fælles vandområder.

For kommunerne og forsyningsselskaberne i Hovedstadsområdet vil der i de kommende år være stor fokus på regnvandskvalitet og udledninger til især søer og vandløb. I relation til de kommunale indsatser og målsætningerne i vandplanerne er der behov for at videreudvikle RegnKvalitet med hensyn til

- Forbedring af datagrundlaget for regnvandssammensætning
- Monitoringsmetoder
- Fremgangsmåde for regulering af regnvandsudledninger
- Renere teknologi og BAT.

Forbedring af datagrundlaget i RegnKvalitet

Forbedring af datagrundlaget for overfladetyper som f.eks. parcelhuskvarterer med lav trafikbelastning, veje med trafikbelastning mellem 5000 og 15.000 køretøjer pr. døgn, p-pladser til lastbiler og busser, transportcentre m.m. kan hjælpe til at identificere overfladetyper hvorfra regnvandet ikke behøver at blive rensset inden udledning. Desuden vil et sikkert datagrundlag kunne bidrage til at udpege optimale løsninger i de tilfælde, hvor enten rensning eller afledning til kloak er den bedste løsning. For de nævnte overfladetyper har den gennemførte dataindsamling vist, at datagrundlaget er utilstrækkeligt og derfor er det i RegnKvalitet valgt at benytte 75% fraktilen som udgangspunkt for en risikoscreening. Hvis datagrundlaget forbedres kan man eventuelt anvende et mindre konservativt udgangspunkt for risikoscreeningen. Hvis videngrundlaget om regnvandskvalitet (stoffer, variationer i stofkoncentrationer) forbedres er også bedre muligheder for at identificere rensemetoder, som mest effektivt reducerer regnvandets indhold af miljøkritiske stoffer.

Nonyl- og octylphenol ethoxylater, PCB og TBT er stofgrupper som ved udenlandske undersøgelser, har vist sig at være til stede i overfladeafstrømning fra byområder. Disse stoffer er ikke inkluderet i RegnKvalitet. Gennem en litteratursøgning omfattende danske og udenlandske regnvandsundersøgelser og analyseprogrammer for nonyl- og octylphenol ethoxylater, PCB og TBT kan der skabes et overblik over data i relation til bestemte overfladetyper og potentielle kilder.

Litteratursøgningen viste, at data for atmosfærisk deposition over danske byområder er stærkt begrænsede. Depositionsdata er anvendelige til sammenligning med regnkvalitetsdata fra bestemte overfladetyper. Sammenligninger kan anvendes til at identificere kilder og materialer, som bidrager med stoffer i overkoncentrationer.

Generelt vil gennemførelse af måleprogrammer for udvalgte overfladetyper bidrage til forbedring af datagrundlaget i RegnKvalitet og til verifikation af beregningsmetoderne samt reducere usikkerhederne for de beregnede data i RegnKvalitet.

Monitoringsmetoder

Udtagning af repræsentative regnvandsprøver ved hjælp af flowproportional automatisk prøvetagning er vanskeligt mht. placering af udstyr, tilsyn, strømforsyning, beskyttelse mod hærværk m.m. Desuden er metoden dyr og der skal specialister til at udføre arbejdet. Det kan derfor være en fordel at anvende alternative metoder som f.eks. passive samplere, der lettere

kan placeres i regnvandsledninger og kræver mindre tilsyn. Der er imidlertid få erfaringer med anvendelse af passive samplere i regnvandsledninger. For de mest miljøkritiske parametre relateret til ferskvandsområder som fosfor, kvælstof, tungmetaller og PAH forventes passive samplere at være anvendelige og vil kunne give middelstofkoncentrationer for opløste stoffer over f.eks. flere måneder. Med flere og længerevarende målinger bliver der mulighed for med større sikkerhed at udpege overfladetyper, som ikke bidrager væsentlig til belastningen med miljøskadelige stoffer.

Regulering af regnvandsudledninger

Erfaringer fra projektet viser, at der grundlæggende er der behov for en fremgangsmåde for regulering af regnvandsudledninger. Udledningstilladelserne skal opfylde kravene i vandplanerne og herunder miljøkvalitetskrav indeholdt i bekendtgørelse 1022. Derudover er der behov for større viden om reguleringsmulighederne for regnvandsudledninger til vandområder, som ikke er omfattet af specifikke kvalitetskrav nævnt i vandplanerne.

Specielt er der behov for at klargøre, hvordan fortyndingsforhold, og andre belastningskilder influerer på fastlæggelsen af udlederkrav. Som det er nu, skal regnvandsudledninger reguleres efter den kombinerede metode, hvilket betyder, at der skal stilles krav om anvendelse af bedst tilgængelige teknik, og hvis dette ikke er tilstrækkeligt til at sikre overholdelse af miljømål og miljøkvalitetskrav i vandforekomsten eller det område som modtager forureningen, skal der fastsættes strengere vilkår i tilladelsen – efter omstændighederne i form af emissionsvilkår. Udarbejdelse af en fremgangsmåde for en udledningstilladelse kan f. eks. foregå i en arbejdsgruppe med deltagelse af både statslige og kommunale miljømyndigheder. Arbejdet med udledningstilladelser kan eksemplificeres i fire konkrete, men forskellige typer udledningstilladelser, som repræsenterer varierende oplandstyper, rensningsbehov og vandområdetyper. Der opstilles en skabelon og relevante standardvilkår i forhold til drift, indretning, egenkontrol, emission, rapportering m.m. Det er hensigtsmæssigt, at arbejdet foregår i en tværfaglig arbejdsgruppe, hvor det bliver diskuteret og fastlagt hvilke vilkår, der kan stilles.

Renere teknologi og BAT

Reduktion af forurenende stoffer i regnvand kan umiddelbart ske gennem etablering af rensesfaciliteter. Langsigtede løsninger inkluderer indsatser i relation til materialevalg, produktregulering og påvirkning af forbrugeradfærd (produktvalg, energiformer m.m.). I forbindelse med byudvikling og lokalplaner i f.eks. Ørestad og Nordhavn er der stillet krav til materialevalg, som har betydning for sammensætningen af regnvand. Strukturering af disse erfaringer samt erfaringer fra andre kommunale lokalplaner, hvor der indgår krav om anvendelse af bæredygtige materialer kan med fordel indgå, som en del af den langsigtede planlægning af regnvandshåndtering.

6 Referencer

- /1/ <http://www.klimatilpasning.dk/viden-om/klima/klimaaendringeridanmark/aendringer-i-nedboer/aendringer-i-den-kraftige-nedboer.aspx>
- /2/ <http://www.expo-net.dk/Standard/Produkter/Bygge%20-%20anl%C3%A6g/Nedsivning%20af%20regnvand/Regn-hyppigheder.aspx>
- /3/ <http://www.dmi.dk/vejr/arkiver/maanedsaesonaar/vejret-i-danmark-aaret-2012/>
- /4/ Naturstyrelsen: Udledninger og miljøkvalitetskrav <http://naturstyrelsen.dk/vandmiljoe/vand-i-hverdagen/spildevand/udledninger-og-miljoekvalitetskrav/>
- /5/ Århus Universitet DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi: *Atmosfærisk Deposition 2011 – NOVANA*. Nr. 30, 2012
- /6/ Miljøministeriet, Naturstyrelsen: *Afstrømning af tagflader og befæstede arealer – Vurdering af forureningsrisici for grundvand*. Januar 2013.
- /7/ Aquateam: *Environmental Sampling / Volume 5 of 5 Wastewater and Sludge* 2009
- /8/ Søndergaard, M., Jensen, J.P. & Jeppesen, E. (2002): *Små søer og vandhuller*.
- /9/ Miljøministeriet: *Bekendtgørelse om spildevandstilladelser m.v. efter miljøbeskyttelseslovens kapitel 3 og 4*, BEK. 1448 11/12 2007
- /10/ Miljøministeriet, By- og Landskabsstyrelsen: *Bekendtgørelse om miljøkvalitetskrav for vandområder og krav til udledning af forurenende stoffer til vandløb, søer eller havet*, BEK nr. 1022 af 25/08 2010
- /11/ Miljøministeriet, Miljøstyrelsen: *Udledning af miljøfarlige stoffer med spildevand* Miljøprojekt Nr. 690 2002, Rapport udarbejdet af DHI – Institut for Vand og Miljø
- /12/ Stockholms Stad: *Dagvatten strategi for Stockholms Stad*, Revideret april 2005
- /13/ DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. Advisory Leaflet DWA-M 153E: *Recommended Actions for Dealing with Stormwater*. August 2007
- /14/ DHI Rapport om mikrobiologisk kvalitet af regnvand
- /15/ Miljøministeriet, Naturstyrelsen: *Sundhedsaspekter ved regnbaseret rekreativt vand i større byer*. Rapport udarbejdet af COWI A/S og DHI 2011
- /16/ Europa-Parlamentets og Rådets direktiv 2006/7/EF af 15. februar 2006 om forvaltning af badevandskvalitet
- /17/ Aalborg Kommune - Forsyningsvirksomhederne: *Regnvandsbassiner – En grund mindre eller mindre grunde*, 2009
- /18/ Miljøministeriet, Miljøstyrelsen: *Tilslutning af industrispildevand til offentlige spildevandsanlæg*. Vejledning fra Miljøstyrelsen Nr. 2 2006
- /19/ Kvalitetskriterier for grundvand
- /20/ Miljøministeriet, Miljøstyrelsen, *Bestemmelse af befæstet areal*, Spildevandsforskning fra Miljøstyrelsen, Nr. 43, 1992.

- /21/ Miljøministeriet, Naturstyrelsen, *Effektiv metodik til screening af oversvømmelsesrisici i vandløb*, 2011
- /22/ Lian Scholes, Mike Revitt, Johnny Gasperi, Erica Donner (2008). *Priority pollutant behaviour in stormwater Best Management Practices (BMPs)*. ScorePP is a Specific Targeted Research Project (STREP) funded by the European Commission under the Sixth Framework Programme.
- /23/ Dansk Standard, Norm for afløbsinstallationer, DS 432, 4. udgave, 2009-07-03
- /24/ Miljøstyrelsen. Renseteknik – oversigt over ny miljøteknologi indenfor spildevandshåndtering. 2008.
- /25/ Århus Kommune, Miljøkontoret. *Regnvandsbassiner og vandløb*. November 2005.
- /26/ Miljøministeriet, By og Landskabsstyrelsen: *Tilførsel af lokalt rensed regnvand til ferskvandsområder* 2010.
- /27/ Danmarks Klimacenter: *Rapport 11-03: Fremtidige nedbørsændringer i Danmark*. En oversigt over den aktuelle viden i sommeren 2011.
- /28/ Københavns Kommune: *Tørre bassiner*. December 2011 Udarbejdet af Rambøll Danmark A/S Erling Holm ApS KU, Skov og Landskab DTU Miljø Orbicon A/S
- /29/ Miljøministeriet, Miljøstyrelsen: Liste over kvalitetskriterier i relation til forurenede jord og kvalitetskriterier for drikkevand opdateret maj 2014.
- /30/ Miljøministeriet, Naturstyrelsen: *Vandplan 2009-2015 Øresund, Hovedvandopland 2.3 Vanddistrikt Sjælland* rev. 2014
- /31/ Sally Zgheib, Régis Moilleron, Mohamed Saad, Ghassan Chebbo. *Partition of pollution between dissolved and particulate phases: What about emerging substances in urban stormwater catchments?* Water Research 45 (2011) pp. 913-925
- /32/ Miljøministeriet: Bekendtgørelse af lov om miljømål m.v. for vandforekomster og internationale naturbeskyttelsesområder (Miljømålsloven), LBK nr 932 af 24/09/2009
- /33/ Gladsaxe Kommune, Miljøafdelingen: *Overfladeafstrømning i Gladsaxe Kommune – Høje Gladsaxe, TV-byen, Skovbrynet Station samt tre udløb til Smørmosen*. Rapport udarbejdet af DHI, juni 2008

BILAG

BILAG A – Referencer med regnvandsdata

Danske og internationale studier

A Referencer med regnvandsdata

- [1] Miljøministeriet: *Målinger af forureningsindhold i regnbetingede udledninger*. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 10, 2006
- [2] Ingvertsen, Simon T.: *Sustainable urban stormwater management – The challenges of controlling water quality*. Ph.D. thesis, 2011 – Faculty of LIFE Sciences, University of Copenhagen
- [3] Clara, M., Windhofer, G., Hartl, W., Braun, K., Simon, M., Gans, O., Scheffknecht, C., Chovanec, A.: *Occurrence of phthalates in surface runoff, untreated and treated wastewater and fate during wastewater treatment*. Chemosphere 2010: 78: 1078-1084
- [4] Eriksson, E., Baun, A., Mikkelsen, P.S., Ledin, A.: *Risk assessment of xenobiotics in stormwater discharged to Harrestrup Å, Denmark*. Desalination 2007: 215: 187-197
- [5] A) Hallig, F., Jensen, M.B.: *Dobbeltporøs filtrering – Industrimodul*. Miljøministeriet – Naturstyrelsen, 2011
 B) Jensen, M.B., Cederkvist, K., Bjerager, P.E.R., Holm, P.E.: *Dual Porosity Filtration for treatment of stormwater runoff: first proof of concept from Copenhagen pilot plant*. Water Science & Technology 2011: 64 (7): 1547-1557
- [6] Asman, W.A.H., Jørgensen, A., Bossi, R., Vejrup, K.V., Mogensen, B.B., Glasius, M.: *Wet deposition of pesticides and nitrophenols at two sites in Denmark: measurements and contributions from regional sources*. Chemosphere 2005: 59: 1023-1031
- [7] A) Björklund, K., Cousins, A.P., Strömwall, A-M., Malmqvist, P-A.: *Phthalates and nonylphenols in urban runoff: Occurrence, distribution and area emission factors*. Science of the Total Environment 2009: 407: 4665-4672
 B) Björklund, K., Cousins, A.P., Strömwall, A-M., Malmqvist, P-A.: *Supplementary Data for: Phthalates and nonylphenols in urban runoff: Occurrence, distribution and area emission factors*.
- [8] Birch, H., Mikkelsen, P.S., Jensen, J.K., Lützhøft, H-C.H: *Micropollutants in stormwater runoff and combined sewer overflow in the Copenhagen area, Denmark*. Water Science & Technology 2011: 64 (2): 485-493
- [9] Vialle, C., Sablayrolles, C., Lovera, M., Jacob, S., Huau, M-C., Montrejaud-Vignoles, M.: *Monitoring of water quality from roof runoff : Interpretation using multivariate analysis*. Water Research 2011: 45: 3765-3775
- [10] Davis, B., Birch, G.: *Comparison of heavy metal loads in stormwater runoff from major and minor urban roads using pollutant yield rating curves*. Environmental Pollution 2010: 158: 2541-2545
- [11] Helmreich, B., Hilliges, R., Schriewer, A., Horn, H.: *Runoff pollutants of a highly trafficked urban road – Correlation analysis and seasonal influences*. Chemosphere 2010: 80: 991-997
- [12] *Tilførsel af lokalt rensed regnvand til ferskvandsområder – Vand i større byer*. Rapport udarbejdet af DHI, Krüger A/S og Nordvand A/S, maj 2010
- [13] Lynettefællesskabet I/S: *Måleprogram for regnvand fra parkeringsarealer – Karakterisering af regnvand*. Rapport udarbejdet af DHI, august 2011
- [14] Gladsaxe Kommune, By.- og Miljøforvaltningen: *Karakterisering af regnvand ved Høje Gladsaxe – Oversigt over teknologier til rensning af regnvand*. Rapport udarbejdet af DHI, august 2009

- [15] Gladsaxe Kommune, Miljøafdelingen: *Overfladeafstrømning i Gladsaxe Kommune – Høje Gladsaxe, TV-byen, Skovbrynet Station samt tre udløb til Smørmosen*. Rapport udarbejdet af DHI, juni 2008
- [16] Hvidovre Kommune, Miljø- og Forsyningsafdelingen: *Undersøgelse af regnvandsudløb i Hvidovre Kommune*. Rapport udarbejdet af DHI, oktober 2008
- [17] Vand i Byer: *Nyttiggørelse af vejvand i Århusgadekvarteret – Karakterisering og modellering af vejvandsafledninger samt test af udvalgte renseteknologier*. Rapport udarbejdet af DHI, november 2013
- [18] Nielsen, U., Fredskilde, J.W.L., Madsen, K.B., Rasmussen, J., Rindel, K., Fink, N., Lützhøft, H.-C.H., Munne, P., Sainio, P., Nakari, T., Schultz, E.: *WP3 innovative approaches to chemical controls of hazardous substances – Results from chemical analysis, acute and chronic toxicity tests in Case Studies, Danish National Report*. Report published by COHIBA (Control of Hazardous Substances in the Baltic Sea Region), 2010
- [19] Tsakovski, S., Tobiszewski, M., Simeonov, V., Polkowska, Z., Namiesnik, J.: *Chemical composition of water from roofs in Gdansk, Poland*. Environmental Pollution 2010: 158: 84-91
- [20] Morrow, A.C., Dunstan, R.H., Coombes, P.J.: *Elemental composition at different points of the rainwater harvesting system*. Science of the Total Environment 2010: 408: 4542-4548
- [21] Hovmand, M.F.: *Atmosfærisk deposition af tungmetaller og andre sporelementer i Storkøbenhavn – Rapport til Københavns Kommune Teknik- og Miljøforvaltning omfatter målinger fra perioden 1972-2007*. Rapport udarbejdet af Københavns Universitet, Terrestrisk Økologi, januar 2009 (med rettelser af november 2010)
- [22] A) Kalmykova, Y., Björklund, K., Strömwall, A-M., Blom, L.: *Partitioning of polycyclic aromatic hydrocarbons, alkylphenols, bisphenol A and phthalates in landfill leachates and stormwater*. Water Research 2013: 47: 1317-1328
 B) Supplementary Table S1: *Chemical parameters analyzed in the different landfill leachates and stormwater*.
- [23] Deffontis, S., Breton, A., Vialle, C., Montréjaud-Vignoles, M., Vignoles, C., Sablayrolles, C.: *Impact of dry weather discharges on annual pollution from a separate storm sewer in Toulouse, France*. Science of the Total Environment 2013: 452-453: 394-403
- [24] Hussain, A., Berndtsson, J.C.: *Microbiological runoff water quality from a green roof and in an open stormwater system*. Vatten – Journal of Water Management and Research 2012: 68: 247-254
- [25] Ellermann, T., Andersen, H.V., Bossi, R., Christensen, J., Løfstrøm, P., Monies, C., Grundahl, L., Geels, C.: *Atmosfærisk deposition 2011 – Novana*. Videnskabelig rapport udarbejdet af DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet – Institut for Miljøvidenskab, 2012
- [26] TREASURE LIFE06 ENV/DK/000229: *Task E, 5th delivery: Final report (English) on the environmental and technical performance of the treatment unit processes*. Silkeborg Municipality October 2009
- [27] Lynettefællesskabet I/S: *Miljø- og sundhedsskadelige stoffer i drænvand fra kunstgræsbaner – Vurdering af eksisterende analyseresultater på danske kunstgræsbaner samt supplerende måleprogram på to udvalgte baner*. Rapport udarbejdet af DHI, november 2013.
- [28] Vandlauget i Ørestad: *Analyseresultater fra stationerne 1-15*.
- [29] Københavns Kommune: *LAR-Projekthåndbog*.

- [30] Glostrup Kommune: *Ejby Mose - Kvalitet af regnvandsudløb*. Rapport udarbejdet af DHI dec. 2009
- [31] Glostrup Forsyning, Glostrup Kommune: *Harrestrup Å - Vandmiljøet i Harrestrup Å, Glostrup. The Interreg IV B North Sea Region Programme*. Rapport udarbejdet af Moe og Brødsgaard dec. 2011.
- [32] Teil, M.J.; M. Blanchard and M. Chevreuil: *Atmospheric fate of phthalate esters in an urban area (Paris-France)*. Science of the Total Environment 354 (2006) 212-223.
- [33] Naturstyrelsen: *Dobbelt porøs filtrering – Industrimodul*. Rapport udarbejdet af Rambøll og KU Life 2011
- [34] Gladsaxe Kommune, Miljøafdelingen: *Spildevandsundersøgelser i Gladsaxe Erhvervskvarter 2005 – Brønd 500, Branddammen og Jernpladsen*. Rapport udarbejdet af DHI april 2006.
- [35] Furesø Kommune: *Rensning af kobber i muld og kalkfilter*. Notat udarbejdet af Orbicin dec. 2013
- [36] IVL Svenska Miljöinstitutet AB: *Karakterisering av utsläpp – Jämförelse af olika utsläpp til vatten*. Nov. 2003
- [37] Kaare Press-Kristensen: *Zinktagrender og nedsivning*. Excel regneark og notat dateret 05-01-2014.
- [38] Miljøministeriet; Naturstyrelsen: *Vurdering af forureningsrisici for grundvand*. Rapport udarbejdet af DTU Miljø og Krüger A/S januar 2013
- [39] Miljøministeriet; Naturstyrelsen: *Sundhedsaspekter ved regnbaseret rekreativt vand i større byer*. Rapport udarbejdet af COWI A/S og DHI 2011.
- [40] Larsen, T.H., Vollertsen, J., og Gabriel, S.: *Risiko ved nedsivning og udledning af separatkloakeret regnvand*. Rapport udarbejdet af Aalborg Universitet, Danmarks Tekniske Universitet, Teknologisk institut & Orbicon A/S, 2012
- [41] Stockholm Vatten VA AB: *Brunnsfilter för rening av vägdagvatten*. Rapport nr 5-2009
- [42] Gouman, E.: *Reduction of zinc emissions from buildings; the policy of Amsterdam*. Water Science and Technology Vol. 49 No 3 pp 189–196 © IWA Publishing 2004
- [43] Analyseresultater fra Dobbelt Porøst Filter i Krogebjergparken i maj og august 2014, modtaget på mail fra Karin Cederkvist, Københavns Universitet d. 29.9.2014.

BILAG B - Oversigt over referencer

Moniteringsdata

B Oversigt over referencernes monitoringsdata

Titel	Land	Ref.	Årstal for målinger	Overflade	Sted	Parametre	Antal prøver og prøvetagningsmetode	Bemærkninger
Sustainable urban storm water management - The challenges of controlling water quality		[2]	2011	-	-	-	-	Review med mange referencer
Occurrence of phthalates in surface runoff, untreated and treated wastewater and fate during wastewater treatment	A	[3]	2008	Vejvand Motorvej: 42.000 ADT Vej i forstad: 24.000 ADT	Østrig	Phthalater	Motorvej: 4 stikprøver Vej i forstad: 4 flowproportionale prøver	
Comparison of heavy metal loads in stormwater runoff from major and minor urban roads using pollutant yield curves	AUS	[10]	2007-2008	Veje 84.500 og 2.000 køretøjer pr. døgn	Sydney, Australien	Cu, Pb, Zn	8 regnhændelser fra stærkt trafikeret vej 8 regnhændelser fra svagt trafikeret vej Flowproportionale prøver	
Elemental composition at different points of rainwater harvesting system	AUS	[20]	Juli 2006 - jan. 2008	Ståltage og cementtage og opsamlingsystem til regnvand til boliger. Der er benyttet forskellige materialer til nedløbsrør og rørsystemer (plastik, kobber)	Australien. By-områder og landområde (rural areas)	Na, K, P og 23 metaller (grundstoffer)	Sammenligning mellem afsmitning fra systemer med regnvand og systemer med drikkevandsforsyning. Bidrag fra tag og bidrag fra rørsystemer I alt 60 prøver blev analyseret. Prøver blev udtaget af beboerne	
Runoff pollutants of a highly trafficked urban road – Correlation analysis and seasonal influences	D	[11]	2-årig periode	Stærkt trafikeret vej: 57.000 køretøjer/d asfaltbelægning (2008).	München, Tyskland	Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Na, DOC, TOC, SS, pH, Ledningsevne. Korrelation mellem opløste og partikulære fraktioner af tungmetaller	63 prøver analyseret. Afstrømning fra 400 m ² opsamlet i 500 l beholder. De første 400 l blev opsamlet og sendt til analyse Beregnete minimum, maksimum, middel, median værdier	

Titel	Land	Ref.	Årstal for målinger	Overflade	Sted	Parametre	Antal prøver og prøvetagningsmetode	Bemærkninger
Risk assessment of xenobiotics in stormwater discharged to Harrestrup Å, Denmark	DK	[4]	2003	Regnvand og kloakoverløb	Harrestrup Å, Danmark	19 PAH, 68 pesticider, 5 chlorerede alifatiske hydrocarboner, 1 halogeneret aromatisk hydrocarbon, 3 phenoler, 1 phthalat, 1 ether, 1 detergent	12 prøver	
Tilførsel af lokalt rensed regnvand til ferskvandsområder	DK	[12]	2009	Veje i parcelhuskvarter (Gentofte) Boligområde med lejligheder (Gladsaxe)	Gentofte og Gladsaxe	Spildevandsparametre (SS, BOD, COD, TN, TP), Cu, Zn, PAH (9), bisphenol A, DEHP	8 flowproportionale prøver (4 prøver fra hvert målested)	
Måleprogram for regnvand fra parkeringsarealer – Karakterisering af regnvand	DK	[13]	2011	P-pladser med asfalt- og betonbelægning	Ørestad (asfalt, 84 pladser) og Fisketorvet (beton, 120 pladser)	Spildevandsparametre (SS, BOD, COD, TN, TP), Cu, Pb, Zn, PAH (9), NP og NPE, bisphenol A, DEHP, PFOS, PFOA, mineralolie	6 flowproportionale prøver (3 fra hvert sted)	
Karakterisering af regnvand ved Høje Gladsaxe Oversigt over teknologier til rensning af regnvand	DK	[14]	2008	Boligområde, skole, parkeringsplads, veje	Gladsaxe: Høje Gladsaxe	Spildevandsparametre (SS, SSGT, BOD, COD, TN, TP), Ag, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, PAH (9), OP NP og NPE, bisphenol A, DEHP, LAS	3 nedbørfafhængige prøver	
Overfladeafstrømning i Gladsaxe Kommune – Høje Gladsaxe, TV-byen, Skovbrynet Station samt tre udløb til Smørmosen	DK	[15]	2007	1. Boligområde, skole, parkeringsplads, veje 2. Boligområde inkl. Institutioner (Børn, uddannelse og pleje) 3. Motorvej 4. Industri, parkering og motorvej 5. Boligområde, motorvej	Gladsaxe: Høje Gladsaxe TV-Byen Skovbrynet (flowproportional) Smørmosen (3 prøver)	119 screeningsparametre: Spildevandsparametre (4), nitroforbindelser (6), chlorphenoler og chlorerede forbindelser (3 +8), phthalater (18), PAH (16), metaller (9), OP, OPE, NP og NPE (12), bisphenol A, pesticider (29) alifater og aromater (6 grupper) PCB (7)	5 nedbørsafhængige prøver og 1 flowproportional	Prøven fra Skovbrynet er udtaget ved udløbet fra vådbassin

Titel	Land	Ref.	Årstal for målinger	Overflade	Sted	Parametre	Antal prøver og prøvetagningsmetode	Bemærkninger
Undersøgelse af regnvandsudløb i Hvidovre Kommune	DK	[16]	2008	Avedøre Holme (erhvervsområde), Fæstningskanalen, (boligområde, veje) Østre Landkanal, (boligområde, veje, overløb)	Hvidovre Kommune: Avedøre Holme, Fæstningskanalen, Østre Landkanal	119 screeningsparametre: Spildevandsparametre (4), chlorphenoler og chlorerede forbindelser (3 +8), nitroforbindelser (6), phthalater (18), PAH (16), metaller (9), OP, OPE, NP og NPE (12), bisphenol A, F, pesticider (29) alifater og aromater (6 grupper) PCB (7)	3 nedbørsafhængige prøver	
Nyttiggørelse af vejvand i Århusgadekvarteret	DK	[17]	2012-2013	Veje: Sundkrogsgade 14.000 og Oceanvej 300 køretøjer/d	København, Nordhavn: Sundkrogsgade og Oceanvej	Spildevandsparametre (SS, BOD, COD, TN, TP), Cu, Pb, Zn, (metaller total og filtreret), PAH (9), NP og NPE, bisphenol A, DEHP, olie, pH, alkalinitet, ledningsevne	Sundkrogsgade: 1 flowproportional prøve og 2 stikprøver Oceanvej: 1 flowproportional prøve	
COHIBA WP3 Innovative approaches to chemical controls of hazardous substances	DK	[18]	2009 og 2010	1,3 ha vej og parkeringsplads inkl. drænvand	Ørestad, København	Spildevandsparametre (5), ledningsevne, metaller (8), Dioxiner (PCDD), furaner og dioxin-lignende polychlorerede biphenyler (PCB's), Tributyltin (TBT), triphenyltin forbindelser (TPhT), Pentabromodiphenyl ether (pentaBDE), octobromodiphenyl ether (octaBDE), decabromodiphenyl ether (decaBDE), Perfluorooctane sulfonat (PFOS), perfluorooctansyre (PFOA), Hexabromocyclododecane (HBCDD), Nonylphenoler (NP), nonyl ethoxylater (NPE) Octylphenoler (OP), octylphenol ethoxylater (OPE), Kort kædede chlorerede parafiner (SCCP), Medium-kædede chlorerede parafiner, Endosulfan, Bisphenol A	To flowproportionale prøver udtaget i tilløb til det dobbelt porøse filter	

Titel	Land	Ref.	Årstal for målinger	Overflade	Sted	Parametre	Antal prøver og prøvetagningsmetode	Bemærkninger
Atmosfærisk deposition af tungmetaller og andre sporelementer i Storkøbenhavn	DK	[21]	1973-76 1977-79 1980-84 1985-2002 2003-2007	Prøverne inkluderer våddeposition og støv-fald af større partikler (>10 µm) (bulk precipitation)	Botanisk Have, København	57 sporelementer	Prøvetagningen er ikke beskrevet i dette dokument Antallet af prøver varierer fra år til år	
Atmosfærisk deposition 2011 - NOVANA	DK	[25]	2011	Atmosfærisk deposition over landområder bestemt som bulkdeposition, dvs. våd deposition plus bidrag fra tørdeposition)	Anholt (Uorg. tungm.) Kelsnor (Uorg. tungm.) Lille Valby/Risø: (Uorg. tungm. MFS), Lindet (Uorg. tungm.) Pedersker (Uorg. tungm.) Sepstrup Sande (Uorg. tungm., MFS) Ulborg (Uorg. tungm.)	Våddeposition: N, P, S, Na, Cl, K, Mg, K, Ca, Tungmetaller (Cr, Ni, Cu, Zn, As, Pb, Fe,) pesticider (17), PAH (22), nitrophenoler	Nedbørsopsamlere til bulkdeposition 7 målestationer Opsamlingstragten er eksponeret for nedfald hele tiden	
Life Treasure: Final report on the environmental and technical performance of the treatment processes	DK	[26]	2008-2009	Odense: Område med let industri Århus: Boligområder (høj og lav) Silkeborg (parcelhuskvarter og motorvej)	Odense: mar. 2008-sep. 2009 Århus: jun. 2008 – sep. 2009 Silkeborg dec. 2008 – sep. 2009	Spildevandsparmetre (SS, VSS, COD, TN, TP, ortofosfat), Cu, Pb, Zn, Cr, Cd, Hg, Ni, PAH (Σ af16) Olie/fedt, Cl, Fe, Al, alkalinitet	Flowproportionale prøver fra indløb til rensefaciliteter Antallet af parametre analyseret i de enkelte prøver varierer. Parametre analyseret: Odense: 3-22 Århus: 3-25 Silkeborg: 1-13 Median, middelværdi, 25% og 75% fraktil beregnet	

Titel	Land	Ref.	Årstal for målinger	Overflade	Sted	Parametre	Antal prøver og prøvetagningsmetode	Bemærkninger
Wet deposition of pesticides and nitrophenols at two sites in Denmark. Measurements and contributions from regional sources	DK	[6]	2000-01	Roskilde (500 m fra veje og dyrkede arealer) Oure (landbrugsområde med korn og frugtplantage)	NERI Roskilde (Risø) og Oure, Fyn	Pesticider	Våd deposition 20 prøver hver samlet op over en måned	
Målinger af forureningsindhold i regnbetingede udledninger	DK	[1]	2002-03	Parcelhuskvarter, 34% befæstelse	Sulsted, Nordjylland	Sp.v parametre, tungmetaller, PAH; NPE, bisphenol A, pesticider, phthlater, phosphortriester, NVOC, AOX, EOX	Sp.v. parametre (24), miljøfremmede stoffer (9)	
Dual Porosity Filtration for treatment of stormwater runoff: first proof of concept from Copenhagen pilot plant Basisrapport: Dobbeltporøs Filtrering Pilotafprøvning - Rensning af vejvand i Ørestad	DK	[5]	2007-10	1,3 ha vej og parkeringsplads samt drænvand	Ørestad, København	Tungmetaller (Cr, Cu, Pb, Zn), SS, total-P, PAH	25 flowproportionale prøver (Tungmetaller, SS, Total-P) 4 flowproportional prøver (PAH)	Prøver fra indløb til DPF indeholder både vejvand og drænvand. Vandet har passeret sandfang, olieudskiller samt 24 timers henstand i fraktionsopsamler
Micropollutants in stormwater runoff and combined sewer overflow in the Copenhagen area, Denmark	DK	[8]	2008-09	Veje Boligområder Industri + boligomr. Industri + veje	Tårnby, Albertslund, Glostrup	15 PAH, 9 pesticider, chlorparaffiner (3 grupper), NP, NPE, OPE, mono-, di og tributyltin, 4 opløsningsmidler, DEHP, 6 tungmetaller bromerede flammehæmmere	4 stikprøver og i Glostrup tre nedbørsbetingede prøver	
Impact of dry weather discharges on annual pollution from separate storm sewer in Toulouse, France	F	[23]	Jan 2010- feb 2011	Bymidte, inkl. vejvand Boligbebyggelse, høj og lav	Toulouse Frankrig	pH, alkalinitet, ledningsevne Spildevandsparametre (SS, VSS BOD, COD, TN, NH ₄ , NO ₃ , TP), PAH (Σ PAH 16), NP og NPE, bisphenol A, DEHP, olie (C10-C40), MTBE, ethinyl-østradiol, østradiol	Tidsproportionale døgnprøver, flowmålinger Tørvejsprøver (8 prøver) Vådtvejsprøver (12 prøver)	Prøverne inkluderer vand fra bilvaskehaller o.a., som afledes til regnvandssystemet kontinuerligt og udgør ca. 40% af flowet i nedbørssituationer

Titel	Land	Ref.	Årstal for målinger	Overflade	Sted	Parametre	Antal prøver og prøvetagningsmetode	Bemærkninger
Monitoring of water quality from roof runoff: Interpretation using multivariate analysis	F	[9]	Jan 2009 til jan. 2010	Tagvand fra tegltag, zinktagrender og nedløbsrør. Vandet opbevares i PEHD-tank PBDE (PolyEthylen – High Density)	Landsby i det sydvestlige Frankrig	pH, temperatur, ledningsevne, farve, turbiditet, TOC, hårdhed, alkalinitet, Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , PO_4^{3-} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , coliforme, E.coli, enterokokker, total kim v. 22° og 36°C	Ugentlig udtagning af stikprøver fra tank til opbevaring af tagvand over 1 år. Mellem 40 og 55 analyser af parametrene. Beregnede minimum, maksimum, middel, median og standard deviation.	
Atmospheric fate of phthalate esters in an urban area (Paris-France)	F	[32]	Maj 2002 til april 2003	Atmosfærisk deposition, regnvand	Paris, Frankrig	6 phthalat esters: DMP, DEP, DnBP, BBP, DEHP, DnOP		
Chemical composition of water from roofs in Gdansk, Poland	PL	[19]	Nov 2007-feb. 2008	Tegltag og zinktag	Gdansk, Polen	Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , Ca^{2+} , Na^+ , K^+ , NH_4^+ , Zn, PAH (6), PCB (2)	Prøver opsamlet inden for de første 10 min. af en regnhændelse. Tegltag 1: 14 prøver Zinktag: 10 prøver Tegltag 2: 6 prøver Median, minimum og maksimum værdier beregnet	
Partitioning of polycyclic aromatic hydrocarbons, Alkyphenols bisphenol A and phthalates in landfill leachates and stormwater	S	[22]	2009-2011	Motorvej Hovedvej, boliger, småindustri	Göteborg, Gårda og Järnbrott	pH, ledningsevne, alkalinitet, ilt, TOC, TSS, Ca, Fe, Mn, NH_4 , Total-N, Cl, 7 spormetaller, olie, Sum PAH, PCB	Stikprøver og flowproportionale prøver 2-16 prøver afhængigt af parameter Koncentrationer præsenteret i intervaller	
Phthalates and nonylphenols in urban runoff: Occurrence, distribution and area emission factors, incl. supplementary data	S	[7]	Jun.-okt. 2006	2 boligområder og én motorvej	Boligområder: Stockholm Motorvej: Göteborg	8 Phthalater, NP og 6 NPO, TOC, DOC, TSS	Henholdsvis 3, 5 og 5 flowproportionale prøver fra de tre forskellige oplande	

Titel	Land	Ref.	Årstal for målinger	Overflade	Sted	Parametre	Antal prøver og prøvetagningsmetode	Bemærkninger
Microbiological runoff water quality from a green roof and in an open storm water system	S	[24]	Maj, oktober, november 2009	Grønt tag Regnvandskanal (vand fra grønne tag, hårde tage og asfalterede områder) 2 vandhuller modtager vand fra tage, rekreative gårdarealer, gader, skolegård	Augstenborg, Malmö, Sverige	Total coliforme, E. coli, Clostridium perfringens, Intestinal enterococci	3 stikprøver fra hvert af de 4 prøvetagningssteder	
Karakterisering av utsläpp – Jämförelse av olika utsläpp till vatten	S	[36]	2000-2003	Overfladevand fra fire affalds-sorteringsanlæg/genbrugspladser og én flyveplads	Genbrugspladser: Hagby, Sofielund, Skräppekärr, Filborna Flyveplads: Arlanda	I alt 292 parametre. Ikke alle parametre er analyseret alle steder. Alm. spildevandsparametre, org. sumpparametre, klorerede og bromerede alifater, bensen og alkylerede bensener, fenol og alkylerede fenoler, octyl- og nonylphenoethoxylater, PAH, phthalater, chlorbensener, chlorphenoler, PCB, dioxiner og furaner, bromerede flammehæmmere, pesticider, flygtige stoffer, tin-forbindelser, metaller og sporstoffer	Hagby: oktober 2000 og april 2003 Sofielund: juli 2003 Skräppekärr: juni 2001 Filborna: oktober 2002 Prøverne er udtaget som stikprøver fra tank/brønd efter én til flere nedbørshændelser.	Det er muligt, at der er foregået en vis sedimentation i tanke/brønde inden prøveudtagning, hvorfor den partikulære forurening muligvis ikke er repræsenteret tilstrækkeligt i prøven.
Brunnsfilter för rening av vågdagvatten	S	[41]	2006-2007	Vej (ÅDT 19.500 køretøjer/døgn)	Stockholm	SS, TP, TN, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, Olie, PAH	11 flowproportionale prøver i rendestensbrønd	
Miljø- og sundhedsskadelige stoffer i drænvand fra kunstgræsbaner	DK	[27]	2007-2013	Kunstgræsbaner	19 baner i 12 forskellige kommuner på Sjælland, Lolland	Spv. parametre, nærringssalte, metaller, PAH, NPE, OPE, LAS, bisphenol A, phenoler, flygtige stoffer, ledningsevne	59 stikprøver og 1 flowproportional prøve	

Titel	Land	Ref.	Årstal for målinger	Overflade	Sted	Parametre	Antal prøver og prøvetagningsmetode	Bemærkninger
Vandlauget i Ørestad: Analyseresultater fra stationerne 1-15	DK	[28]	Aug. 2008	Tagvand fra tage uden zink, kobber og bly	Ørestad	Ledningsevne , salinitet, chlorid, sp.v.parametre (TS, SS, VSS BOD (2+5), COD, TN, NH ₄ , NO ₂ +NO ₃ , TP), Al, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Zn, PAH (Σ PAH 16), termotolerante coliform bakt.	15 stikprøver fra 15 forskellige udledninger af tagvand til kanalerne i Ørestaden	
Rambøll	DK	[29]	Jan.-dec. 2008?	Indløb til renseanlæg (hvilket renseanlæg?) Opland?	Ørestad	Iltindhold, pH, ledningsevne, turbiditet, salinitet, chlorid, NVOC, klorofyl, sp.v.parametre (TS, SS, VSS BOD, COD, TN, NH ₄ , ortho-P, TP), anioniske overfladeaktive stoffer, Al, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Zn, (metaller både total og filtreret)	23 prøver	Uklarhed mht. prøvetagningssted og tidspunkt. Data er ikke anvendt i RegnKvalitet
Ejby Mose. Kvalitet af regnvandsudløb	DK	[30]	Aug-sep. 2009	Boligområde Industriområde + trafikeret vej (20.000 ADT) Trafikeret vej (20.000 ADT)	Ejby Mose	Spv.parametre, næringssalte, metaller, kulbrinter, PAH'er, phenoler, pesticider, DEHP, chlorerede flygtige stoffer	3 nedbørsafhængige prøver fra hver målestation	Vandet har passeret olieudskiller inden prøvetagning
Harrestrup Å - Vandmiljøet i Harrestrup Å, Glostrup	DK	[31]	April-juni 2011	Område med havehuse og villaer	Ejbyvænge	37 parametre: Spv.parametre, næringssalte, chlorid, metaller, PAH, nonylphenoler, chloralkaner, DEHP, chlorerede opløsningsmidler	3 stikprøver fra indløb til regnvandsbassin	
Dobbeltporøs filtrering, Naturstyrelsen	DK	[33]	Juni 2009, feb 2010	Vejvand direkte fra vejbanen og vejvand inkl. drænvand	DPF, Ørestad	SS, metaller, total-P	1 stikprøve af snesmelt fra vejbane 6 stikprøver fra vejbrønd	Prøve taget af snesmelt, som kan give nogle meget forhøjede koncentrationer
Spildevandsundersøgelse i Gladsaxe Erhvervs-kvarter 2005 - Brønd 500, Branddammen og Jernpladsen	DK	[34]	Sept-okt 2005	Overfladevand fra oplagsplads	Jernpladsen i Gladsaxe Erhvervs-kvarter	Metaller, phthalater, PAH, olie, bromerede flammehæmmere,	4 prøver (2 prøver for bromerede flammehæmmere)	Vandet har passeret sandfang og olieudskiller

Titel	Land	Ref.	Årstal for målinger	Overflade	Sted	Parametre	Antal prøver og prøvetagningsmetode	Bemærkninger
Notat om Rensning af kobber i muld- og kalkfilter	DK	[35]	Juli-okt 2013	Tagvand fra et 35 år gammelt kobbertag	Værløse Bibliotek	Kobber	2 prøver fra indløb til renseenhed målt ved brug af passiv prøvetager (Sorbicell)	Prøverne er udtaget ved brug af passiv prøvetager, som dækker 12 regnhændelser over 17 uger
Zinktagrender og nedsivning	DK	[37]	December 2013	Tagvand fra tegl og skifer tage med/uden zinktagrender	Vanløse	pH, SS, COD, Pb, Cd, Cr, Cu, Zn, PAH, kulbrinter, E. coli	1 stikprøve fra fire forskellige tage. Prøverne er taget i tilløbet til faskine	Der er desuden analyseret prøver udtaget ½ meter under faskiner
Vurdering af forureningsrisici for grundvand	DK	[38]	-	-	-	-	-	Review
Sundhedsaspekter ved regnbaseret rekreativt vand i større byer	DK	[39]	-	-	-	-	-	Review
Risiko ved nedsivning og udledning af separatkloakeret regnvand	DK	[40]	-	-	-	-	-	Review
Dobbelt Porøs Filter i Krogebjergparken	DK	[43]	Maj, august 2014	Vejvand fra villaveje	DPF, Krogebjergparken	Spv. parametre, næringssalte, Al, Pb, Cd, Cr, Cu, Na, Ni, Zn, VOC, NVOC, TOC, kulbrinter, PAH	3 flowproportionale prøver fra indløbet til DPF.	
Reduction of zinc emissions from buildings; the policy of Amsterdam	NL	[42]	1999-2002	Tage af zink og tage med zinktagrender/-inddækninger	Holland – Hoorn, Amsterdam, Leiden, Utrecht Maastricht,	Zink	Flowproportionale (og evt. stikprøver) fra forskellige tage med tagrender, fronter og inddækninger af zink	

BILAG C – Demonstration af værktøjet RegnKvalitet på case-område (Smørmosen)

C Demonstration af værktøjet i RegnKvalitet på case-område (Smørmosen)

Som et eksempel på anvendelsen af værktøjet RegnKvalitet er der gennemført en demonstration af værktøjet på to regnvandsudledninger til Smørmosen i Gladsaxe, hvor der tidligere er gennemført målinger for miljøfremmede stoffer på udledningen /33/. Formålet har været at demonstrere, hvordan RegnKvalitet kan anvendes til at beregne koncentrationen af forurenende stoffer i en separat regnvandsudledning samt at vurdere overensstemmelsen mellem de målte koncentrationer og de beregnede koncentrationer i RegnKvalitet.

Demonstrationen af værktøjet er gennemført efter metodikken beskrevet i kapitel 4.

C.1 Bestemmelse af det reducerede areal af overfladetyper i oplandet

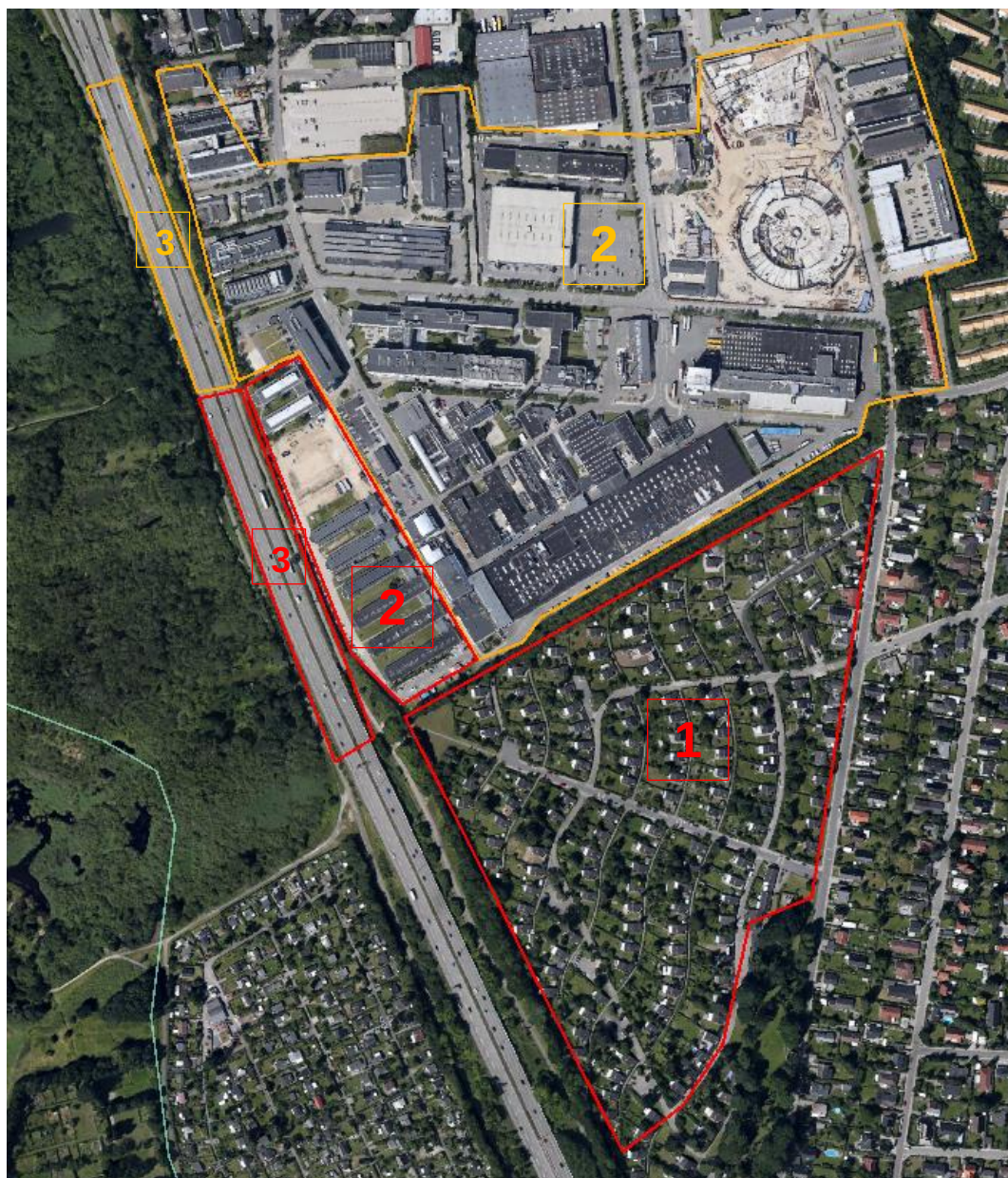
Indledningsvist er de forskellige overfladetyper identificeret i oplandet til de to udledningspunkter, hvorefter arealet af de enkelte oplandstyper er optegnet og opmålt ved hjælp af Google Earth Pro. Eksisterer der GIS-kort i kommunen eller forsyningen, vil det i stedet være muligt at lave en GIS-analyse på denne baggrund. Opmålingen af oplandet til de to udledningspunkter er vist i Figur C 1.

I Tabel C 1 er det opmålte areal samt det estimerede reducerede areal af de enkelte overfladetyper vist. Det reducerede areal er estimeret ved hjælp af RegnKvalitet. Af det rapporterede måleprogram i /33/ fremgår det, at Hillerødmotorvejen afleder regnvand til regnvandsudledningen. Det er usikkert, hvor stort et areal af motorvejen, der afleder regnvand til udledningen.

Tabel C 1 Det opmålte areal (Google Earth Pro) og det estimerede reducerede areal (RegnKvalitet) af de enkelte overfladetyper i oplandet til udledningspunkterne Smørmosen 1 og Smørmosen 2.

Overfladekategori	Smørmosen 1		Smørmosen 2	
	Areal opmålt i Google Earth Pro (Ha)	Reduceret areal (red. Ha)	Areal (Ha)	Reduceret areal (red. Ha)
Motorvej	1,4	1,3	1,0	0,9
Industriområde	2,52	1,5	24,2	14,5
Lavt boligområde	13,7	4,8	-	-

De reducerede arealer er herefter indtastet i RegnKvalitet, og koncentrationerne af næringssalte, metaller og miljøskadelige organiske stoffer er beregnet.



Figur C 1 Opmåling af arealet af de forskellige overfladetyper i oplandet til de to udledningspunkter Smørmosen 1 (rød) og Smørmosen 2 (orange). Overfladetype 1: Boligområde (lavt), Overfladetype 2: Industriområde, Overfladetype 3: Motorvej.

C.2 Beregning af koncentrationen i regnvandsafstrømning

Smørmosen består af en række mindre, lavvandede søer/moser, og fortyndingen i udledningspunktet vurderes at være lav. Idet formålet her bl.a. er at teste overensstemmelsen mellem de beregnede koncentrationer og de målte koncentrationer, er der ikke regnet med fortynding i udledningspunktet.

Tabel C 2 viser de målte koncentrationer i /33/ samt de beregnede koncentrationer i RegnKvalitet.

Tabel C 2 Målte koncentrationer af forurenende stoffer fra måleprogrammet i 2007 /33/ sammenlignet med de beregnede koncentrationer fra RegnKvalitet. Den relative afvigelse er angivet i %.

		Smørmosen 1			Smørmosen 2		
Parameter	Enhed	Målt koncentration	Beregnet koncentration	Relativ afvigelse	Målt koncentration	Beregnet koncentration	Relativ afvigelse
Ledningsevne	mS/m						
Suspenderet stof	mg/l	13	71	-82	18	57	-68
BOD	mg/l						
COD	mg/l	<30	33	-9,1	<30	50	-40
Næringssalte							
Total-P	mg/l	0,12	0,15	-20	0,091	0,24	-62
Total-N	mg/l	0,91	2,4	-62	1,1	2,8	-61
Metaller							
Zink	µg/l	110	170	-35	47	190	-75
Zink filt	µg/l						
Kobber	µg/l	8,8	37	-76	6,2	40	-85
Kobber filt	µg/l						
Bly	µg/l	0,089	12	-99	0,14	12	-99
Bly filt	µg/l						
PAH							
Acenapthen	µg/l	<0,02	0,01	100	<0,02	0,036	-44
Fluoren	µg/l	<0,02	0,012	67	<0,02	0,047	-57
Phenanthren	µg/l	<0,02	0,019	5,3	<0,02	0,047	-57
Fluoranthren	µg/l	<0,02	0,063	-68	<0,02	0,047	-57
Pyren	µg/l	<0,02	0,063	-68	<0,02	0,11	-82
Benz(a)pyren	µg/l	<0,02	0,036	-44	<0,02	0,055	-64
Benz(bjk)fluoranthren	µg/l	<0,02	0,073	-73	<0,02	0,088	-77
Indeno(1,2,3cd)pyren	µg/l	<0,02	0,035	-43	<0,02	0,045	-56
Benz(ghi)perylene	µg/l	<0,02	0,034	-41	<0,02	0,057	-65
Sum PAH	µg/l		0,24			0,11	
Phthalater							
DBP	µg/l	<0,2	0,073	174	<0,2	0,1	100
BBP	µg/l	<0,2	0,059	239	<0,2	0,097	106
DEHP	µg/l	11	3,8	189	4	11	-64
DEHA	µg/l		0,05			0,093	
Øvrige org. stoffer							
Bisphenol A	µg/l	0,22	0,16	38	0,13	0,15	-13
Pesticider							
2,6-diklorbenzamid	µg/l	<0,02			<0,02		
Isoproturon	µg/l	0,02	0,003	567	0,02	0,003	567
Mechlorprop	µg/l	0,05	0,002	2400	0,02	0,002	900
Glyphosat	µg/l	0,06	0,76	-92	0,38	0,57	-33
AMPA	µg/l	0,02	0,21	-90	0,23	0,31	-26
Sum PEC/PNEC > 1			57			90	

På baggrund af sammenligningen mellem de målte og beregnede koncentrationer kan følgende konkluderes:

- Der er generelt fin overensstemmelse mellem de målte og beregnede koncentrationer for de to udledninger i Smørmosen. Dette på trods af, at det reducerede areal af oplandstyperne er baseret på et estimat
- Dog er de beregnede koncentrationer typisk større end de målte, hvilket til dels kan forklares ved brugen af 75% fraktilen i RegnKvalitet som udgangspunkt for en konservativ vurdering
- De største afvigelser findes for pesticiderne isoproturon og mechlorprop, hvor der generelt er få data i RegnKvalitet
- Den relative afvigelse på mere end 100% for phthalaterne DBP og BBP skyldes bl.a., at detektionsgrænsen i måleprogrammet er højere end den beregnede koncentration i RegnKvalitet, samt at der er få data for disse parametre i RegnKvalitet.

BILAG D - Samarbejder og større projekter

D Samarbejder og større projekter

Bilaget indeholder en liste over nuværende og tidligere innovationskonsortier, samarbejdsfora, vandpartnerskaber, samarbejder og større projekter. Listen er senest opdateret ultimo juni 2014.

Navn	Deltagere	Periode	Arbejdsområder	Relation til regnvandskvalitet	Link
19K Håndtering af regnvand så tæt på kilden som muligt kaldes i daglig tale for LAR – Lokal Afledning af Regnvand, eller Lokal Anvendelse af Regnvand.	Projektledere: KU-Life, Rørcentret - TI Deltagere: 22 kommuner, DANVA, DTU, GEUS, virksomheder,	2008-09	Oversigt over LAR-anlæg i Danmark Informationsmateriale Lovgivning og tilladelser Metoder og vejledninger om f.eks. dimensionering af LAR-anlæg	Regnvandskvalitet er ikke et af arbejdsområderne	www.19K.dk På denne hjemmeside samles information og erfaringer med LAR-anlæg i Danmark
Vand i Byer Partnerskabet adresserer udfordringen omkring tilpasning af byer til et ændret klima og arbejder dermed inden for temaet energi-, klima- og miljøteknologier. Partnerskabet vil bidrage til at realisere visionen om Danmark som klimarobust grønt foregangsland og etablere Danmark som det globale demonstratorium for bæredygtige vandteknologier, systemløsninger og integreret vandressourceforvaltning.	Vidensinstitutioner, forsyningsselskaber, producenter, entreprenører, rådgivere, arkitekter, offentlige institutioner og interesseorganisationer	2010-2014	Videnindsamling og kompetenceudvikling Idéskabelse og match-making Facilitering af netværk i tripel-helix (samarbejde mellem vidensinstitutioner, offentlige institutioner og private firmaer)	Under partnerskabet gennemføres et projekt: "Regn med kvalitet" 2012-2014	www.vandibyer.dk
Klikovand Gennem erfaringsudveksling skal netværket være med til at sikre håndtering af udfordringerne fra klimaforandringerne effektivt og økonomisk hensigtsmæssigt.	Kommuner og forsyningsselskaber i hovedstadsområdet	2008-2014	Emnerne er lovgivning, erfaringsudveksling og kommunikation, beslutningsprocesser og kompetenceløft.	Regnvandskvalitet er ikke specifikt et af arbejdsområderne	http://www.klikovand.dk Oplysninger om møder, projekter og andre fora

Navn	Deltagere	Periode	Arbejdsområder	Relation til regnvandskvalitet	Link
Lynettefællesskabets miljøgruppe Miljøgruppen koordinerer kommunernes og renseanlæggenes (Lynetten og Damhusåen) arbejde med spildevandsregulering. Der gennemføres måleprogrammer for regnvand og spildevand	Kommunerne, der ejer Lynettefællesskabet I/S Kommunernes miljøchefer deltager i de kvartalsvise møder	Ejerstrukturen ændres fra 2014	Spildevand og regnvand	Rapporter om regnvandskarakterisering og regnvandshåndtering i medlemskommunerne findes på www.spildevandsinfo.dk	Lynettefællesskabets hjemmeside www.lyn-is.dk/
Renere teknologi til håndtering og rensning af separat regnvand Projektet formål var at beskrive eksisterende viden om våde regnvandsbassiners funktion samt give vejledning om, hvordan sådanne bassiner dimensioneres	Aalborg Universitet, Orbicon, DTU og Teknologisk Institut	2012	Vådbassiner, design, dimensionering, vedligehold, effektivitet. Infiltrationsbassiner, dimensionering, påvirkning af grundvand. Computerprogram til hydraulisk og stofmæssig dimensionering. Anbefalinger til miljøkrav til udledning og nedsivning. Metodik til risikovurdering	Rapporterne: "Risikovurdering ved nedsivning og udledning af separatkloakeret regnvand" og "Anbefalinger til udledning og nedsivning af regnvand" indeholder litteraturværdier for regnvandssammensætning	De nævnte rapporter kan downloades fra hjemmesiden http://separatvand.dk/
LIFE TREASURE Innovative teknologier til fjernelse af forurenende stoffer fra overfladeafstrømning og efterfølgende anvendelse af vandet.	Silkeborg Kommune, Aarhus Kommune, Odense Vandselskab, Aalborg Universitet, Aarhus Universitet, Miljøstyrelsen	2006-2010	Demonstrationsanlæggene implementerede rensning ved sedimentation, planteoptag og adsorption samt efterfølgende sandfiltrering. Derudover blev anlæggene udbygget med en af følgende teknologier: sorption til jernberiget bundsediment, koagulering/flokkulering med aluminiumsalte og sorption til fastmediefilter.	Regnvandskvaliteten blev målt i indløbene til demonstrationsanlæggene og afspejler sammensætning af overfladeafstrømning.	www.life-treasure.dk

Navn	Deltagere	Periode	Arbejdsområder	Relation til regnvandskvalitet	Link
Byer i Vandbalance Målsætningen for konsortiet er, at bedre styring af vandbalancen i danske byer og bedre udnyttelse af ferskvandet skal skabe muligheder for danske virksomheder på det voksende marked for klimatilpasning og bæredygtig forvaltning af ferskvandsressourcen.	De fire største forsyningsselskaber: Københavns Energi, Århus Vand, Vandcenter Syd og Spildevandscenter Avedøre De tre største kommuner: København, Århus og Odense Entrepenører knyttet til vand anlæg: Per Aarsleff A/S, Wavin og Orbicon, Leif Hansen Vidensinstitutioner:: Københavns Universitet (KU), Danmarks Tekniske Universitet (DTU), Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelser (GEUS), Teknologisk Institut (TI) og DHI	2011-2014	Byer i Vandbalance udvikler systemer til at håndtere klimaforandringer og sikre bæredygtig udnyttelse af vandressourcen. Uanset om byen er en dansk provinsby eller en indisk millionby, skal der opnås en vandbalance.	Karakterisering af regnvand indgår som en aktivitet i flere af konsortiets delprojekter	http://www.byerivandbalance.dk/
Danish Water Forum	DWF er et netværk af leverandører og producenter af vandteknologi samt vandselskaber, konsulenter, vidensinstitutioner, miljømyndigheder, NGO'er	Etableret i 2002	Netværket har til formål at fremme eksport af innovative løsninger inden for vandsektoren, styrke samarbejdet medlemmerne imellem og synliggøre dansk vandekspertise	DWF ønsker at styrke forskning og innovation på vandområder.	www.danishwaterforum.dk DWF deltager i Access2Innovation, Vand i byer og Inno-MT

Navn	Deltagere	Periode	Arbejdsområder	Relation til regnvandskvalitet	Link
Task Force for klimatilpasning Udgør en del af regeringens klimatilpasningsindsats, som bl.a. omfatter styrkelse af rådgivningen over for borger, kommuner og erhverv.	Tværgående samarbejde mellem en række ministerier, styrelser (Naturstyrelsen og Miljøstyrelsen), KL og Danske regioner	2013	Udvikler Portalen "Klimatilpasning", som indeholder viden om den nyeste forskning og udvikling inden for klimatilpasning	Endnu er der ingen specifikke oplysninger om regnvandskvalitet på portalens hjemmeside	www.klimatilpasning.dk
Kommunernes Vandsektor- og klimatilpasningsnetværk Netværket er et fagnetværk under Kommunernes Landsforening	Medarbejderne i kommunerne kan tilmelde sig netværket. Netværket er målrettet ledere og medarbejdere, der arbejder med klimatilpasning, spildevand, vandforsyning eller grundvand.		Netværket benytter sig af møder og en online digital portal, hvor emner som evaluering af vandsektorloven og klimatilpasningsplaner sættes i fokus. Holder hvert år 3 møder med et centralt emne. I 2014 er et af emnerne: Vandsektorloven	Regnvandskvalitet knytter sig til nogle af netværkets øvrige arbejdsområder	http://kl.dk/Fagomrader/Teknik-og-miljo/Teknik--og-miljonetvark/Kommunernes-Vandsektor-og-Klimatilpasningsnetvaerk/
Innovationsnetværket for miljøteknologi (Inno-mt) Skal fremme innovation i den danske miljøteknologisektor	Initiativtagere til netværket er: AgroTech, DHI, FORCE Technology, Teknologisk Institut, Aalborg Universitet, Aarhus Universitet, Danmarks Tekniske Universitet,	2010-2014	Rådgivning inden for vand, luft, jord og affald rettet mod små og mellemstore virksomheder. Finansieret af Styrelsen for forskning og innovation i perioden 2010-2014	Blandt virksomhederne, der drager nytte af rådgivningen fra vidensinstitutionerne, er leverandører af vandteknologi	www.inno-mt.dk
DI's netværk om klimatilpasning	DI's medlemsvirksomheder har mulighed for at deltage i netværket		Igennem netværket vil der løbende være opdatering på, hvad der sker på klimatilpasningsområdet - eksempelvis status på regeringens handlingsplan for klimatilpasning, relevante arrangementer, workshops og høringer	Regnvandskvalitet knytter sig til nogle af netværkets øvrige arbejdsområder	http://di.dk/Shop/Netvaerk/Produktside/Pages/Produktside.aspx?productId=9319

Navn	Deltagere	Periode	Arbejdsområder	Relation til regnvandskvalitet	Link
Regnvandsforum Formålet er at igangsætte, koordinere og initiere tværkommunale projekter og aktiviteter for håndtering af vand af fælles interesse for forummets parter. Regnvandsforum har særligt fokus på optimering af samspillet under ekstrem regn mellem afløbssystem, renseanlæg, vandsystem på overfladen og i undergrunden	Albertslund, Ballerup, Brøndby, Dragør, Frederiksberg, Gentofte, Gladsaxe, Herlev, Hvidovre, Høje Taastrup, Ishøj, København, Lyngby-Taarbæk, Rødovre, Tårnby, Vallensbæk kommuner samt følgende forsyningsselskaber: Ballerup Forsyning, HOFOR, Frederiksberg Forsyning, Lyngby-Taarbæk Forsyning og Nordvand.	2012-	1. Harrestrup Å (restaureringsprojekt) 2. Regnvandskvalitet og klimatilpasning (projektet, der rapporteres her) 3. Beredskab ved ekstrem regn 4. Stormflod og havvandsstigninger	Dette projekt om Regnvandskvalitet og klimatilpasning af flere projekter, som udføres i regi af Regnvandsforum	Projekthjemmeside for projektet om Regnvandskvalitet og klimatilpasning www.regnvandskvalitet.com

BILAG E - Regnvandsprojekter og måleprogrammer i kommunerne

E Regnvandsprojekter og måleprogrammer i kommunerne

I dette bilag er præsenteret en oversigt over regnvandsprojekter i kommunerne, som er med i projektgruppen. Der er både projekter, som er igangsat, og projekter, som er på idéstadiet, og hvor en endelig beslutning om projektets udførelse mangler. Listen inkluderer projekter fra Frederiksberg, Gentofte, Gladsaxe, Hvidovre, Københavns og Lyngby-Taarbæk kommuner. Listen er senest opdateret marts 2014.

Overordnet er formålet med mange af projekterne at reducere mængden af regnvand, som tilføres kloaknettet, og samtidig udvide de rekreative områder, hvor småsøer og vandløb er centrale elementer. Listen er tænkt som inspirationskilde og hjælp til at søge mere information i de kommuner, hvor regnvandsprojekterne udføres.

Kommune/ Forsyning	Aktivitet	Kort beskrivelse eller link til rapporter eller beskrivelser	Periode
København	Klimakvarter med forskellige løsninger til afledning af regnvand	Skt. Kjelds	Medio 2014-
	Dobbeltporøs filtrering i Krogebjergparken, Vanløse	Udledning af vejvand fra to lavt trafikbelastede villaveje til Harrestrup Å, hvor der foretages analyser på ind- og udløbsvand. Projektet foregår i "Vand i Byer" regi, med bl.a. KU-Life og HOFOR i projektet. Analysedata kan eftersendes løbende.	Er netop påbegyndt. 6 prøver om året min. både ind- og udløb.
	Tagvand fra tegltage fra etageejendom i kinnekulle render. Ingen prøvetagningsbrønde.	Wilhelm Thomsens Allé. En nærmere beskrivelse findes på http://www.laridanmark.dk/boligforening-paa-vilhelm-thomsens-alle/forside/30826 .	
	Test af filterjord	Møllebakken – Husum. Analyse af ind- og udløbsprøver. Analysedata kan eftersendes løbende	Er igangsat i 2013. Måling af udløbsvand.
	Faskineprojekt – opsamling af vand, der løber ud af faskine	Vanløse – i samarbejde med Lokaludvalget og borgere. Kaare Press er projektleder.	Er igangsat i 2013, der måles på ind- og udløb. Der måles fra forskellige overfladetyper, bl.a. tegltage og zinktagrender
	Gennemtrængelige belægninger	Betonbrikker, gennemtrængelig asfalt, granitgranulat limet med epoxy	

Kommune/ Forsyning	Aktivitet	Kort beskrivelse eller link til rapporter eller beskrivelser	Periode
København	Udledning fra kobbertag – Holmens kirke	Udledning efter rensning i Humes Hydrofilter eller tilsvarende renseenhed. Mulighed for prøvetagning efter rens – måske også før	Igangsættes i 2014
Hvidovre	Screening af belastningen af regnvandet i Hvidovre kommune	Der vil blive udført analyser af vand og sediment i alle kommunens regnvandsbassiner, og usædvanlig belastning vil blive undersøgt.	2013-2014
Gladsaxe Kommune	Gedvad	Separering og nedsivning af regnvand	
	Separering og rensning af regnvand i Høje Gladsaxe og oplandet	Etablering af separat regnvandssystem i Grønnemosen og Ildrætsparken og etablering af regnvandsbassin til rensning	
	Marielyst	Nedsivning af tag og overfladevand	
	Separatkloakering i Gentofte U47	Nordvand har tidligere etableret et separat vejvandssystem i en del af Dyssegårdsområdet, som afleder regnvand til Søborghusrenden. Systemet er i 2012 blevet ændret således, at first flush afleder til fællessystemet. Der er sat et moniteringsprogram op, som Orbicon varetager.	
	Etablering af grøft til vejafvanding	Nordvand har etableret en grøft til afvanding af vejen "Ved Renden". Vejvandet bliver afledt til en grøft, hvor det skal infiltrere gennem muldjord og dermed blive rensat inden afledning til Søborghusrenden. Der er sat et moniteringsprogram op, som Orbicon varetager.	
Frederiksberg	Renovering af vej/klimatilpasning	I forbindelse med renovering af vej, omlægges vejen, så den bliver med gennemtrængelig belægning. Vejen har en døgntrafik på under 50 biler. Al vejevandet skal nedsives. Evt. kan tagvand fra vejens huse nedsives under vejen på sigt.	Anlægges i 2013
	Klimatilpasning af et større område/skybrudssikring	I forbindelse med et større projekt omkring klimatilpasning/skybrudssikring i et opland omkring og nord for Lindevangsparken på Frederiksberg skal et større projekt vedr. nedsivning/opmagasinering til genanvendelse/forsinkelse af regnvand gennemføres. Der ønskes at nedsive (eller i hvert fald håndtere) både tag og vejvand (10.000 m3 pr. år).	Anlægges i 2014

Kommune/ Forsyning	Aktivitet	Kort beskrivelse eller link til rapporter eller beskrivelser	Periode
Frederiksberg	Nedsivning/forsinkelse af regnvand fra P-areal	I forbindelse med renovering af p-areal ønskes det at nedsive regnvand herfra. Da der saltes på vejen, og nedsivningskapaciteten er ringe, vurderes det p.t., at der ikke kommer et nedsivningsprojekt ud af dette.	Anlægges i 2014
Lyngby - Taarbæk	Genetablering af Fæstningskanalen i Lyngby	Forslag til udformning og indpasning af Fæstningskanalen i Lyngby	Forslag udarbejdet i 2012, og indledende undersøgelser igangsat (2014)
	Ørholm	Idéoplæg for Ørholm Tre scenarier for fremtidig afvanding i Ørholm-oplandet	Forslag (2013)
	Sorgenfrigård Nord	Afkobling af vejvand i Sorgenfrigård Opstilling af løsningsmuligheder for afkobling af vejvand.	Forslag (2011)
	Bondebyen LAR	Genetablering af gadekær plus mulige udvidelser af klimaprojektet	Forslag (2013)

BILAG F - Temadag om regnvandskvalitet

F Temadag

D. 19. maj 2014 afholdtes i regi af dette projekt en temadag om "Regnvandskvalitet i byområder" og om måling og beregning af regnvandskvalitet fra overfladeafstrømning. Til temadagen var der inviteret miljømedarbejdere fra kommuner og forsyninger, som deltager i Regnvandsforum.

Der blev præsenteret to cases fra byområder, hvor kommuner (Københavns Kommune og Lyngby-Taarbæk Kommune) planlægger at bortlede, nedsive, opmagasinere og anvende regnvand. De to cases var Skt. Kjelds kvarteret på Ydre Østerbro og Fæstningskanalen i Lyngby.

Temadagens workshop tog udgangspunkt i de to præsenterede case-områder, og derefter var det op til arbejdsgrupperne at diskutere og præcisere, hvilke oplysninger om regnvandskvalitet der er nødvendige for at træffe beslutninger om nedsivning, udledning, rensning, anvendelse m.m. Resultaterne fra disse diskussioner er anvendt til forbedringer af screeningsværktøjet.

På temadagen blev en beta-version af screeningsværktøjet til beregning af regnvandskvaliteten i et afstrømningsområde præsenteret. Desuden var der indlæg om måleprogrammer til regnvandskarakterisering, grundvandskortlægning - herunder saltpåvirkning af grundvandressourcer - samt kvalitet af regnvand, som har passeret tagflader og -nedløb konstrueret i zink- og kobber.



Temadag om Regnvandskvalitet i byområder
d. 19. maj 2014 kl. 9.00 – 15.15
Kulturhuset Islands Brygge 18, København S

Projektet om "Regnvandskvalitet og Klimatilpasning", som blev igangsat af Regnvandsforum i efteråret 2013, afholder d. 19. maj 2014 en temadag om regnvandskvalitet i byområder og om måling og beregning af regnvandskvalitet fra overfladeafstrømning. Der vil blive præsenteret to cases fra byområder, hvor kommuner (Københavns Kommune og Lyngby-Taarbæk Kommune) planlægger at bortlede, nedsive, opmagasinere og anvende regnvand. De to cases er Skt. Kjelds kvarteret på Ydre Østerbro og Fæstningskanalen i Lyngby. På temadagen vil der desuden blive præsenteret et screeningsværktøj for beregning af regnvandskvalitet, skitse til måleprogram for regnvand, grundvandskortlægning inklusive saltpåvirkede vandressourcer, problematikker i forhold til zink- og kobberoverflader. Desuden holdes en workshop, hvor der bliver lejlighed til at diskutere og klarlægge, hvilke oplysninger om regnvandskvalitet der er nødvendige for at træffe beslutninger om nedsivning, udledning, rensning, anvendelse m.m.

Program

- 9.00-9.15 Ankomst og morgenbrød.
- 9.15-9.25 Velkomst v/ Jeppe Tolstrup, Københavns Kommune og præsentation af dagens program
- 9.25-9.50 "Københavns første klimakvarter – Skt. Kjelds Kvarteret" v/ Stefan Werner, Københavns Kommune.
- 9.50-10.15 "Genskabelse af et naturligt vandkredsløb – Fæstningskanalen i Lyngby" v/ Per Skaarup, Lyngby-Taarbæk Forsyning.
- 10.15-10.30 Pause
- 10.30-11.00 Screeningsværktøj til beregning af regnvandskvalitet for overfladeafstrømning v/Kristina Buus Kjær, DHI.
- 11.00-11.10 Opsamling vedr. cases og screeningsværktøj samt indledning til workshop v/ Bodil Mose Pedersen, DHI.



- 11.10-12.10 Workshops – 2-3 grupper relaterer deres diskussioner til Skt. Kjelds Kvarteret, og de resterende grupper relaterer diskussionerne til Fæstningskanalen i Lyngby. Som udgangspunkt for diskussionerne uddeles et oplæg med spørgsmål og emner, der skal behandles. Output skal bruges til at forbedre screeningsværktøjet til beregning af regnvandskvalitet (hvad mangler, hvad kan forbedres?). Tovholderen samler op på diskussionerne og præsenterer output fra gruppen.
- 12.10-13.00 Frokost
- 13.00 -13.45 Præsentation af output fra to af workshoppens grupper og supplerende input fra de øvrige grupper.
- 13.45-14.05 Problematikker med zink- og kobberoverflader i forhold til udledning og nedsivning af regnvand v/ Morten Ejning, Københavns Kommune.

- 14.05-14.20 Pause
- 14.20-14.45 Saltpåvirkning af grundvandet ved nedsivning af vejvand v/ Liselotte Ludvigsen, Gentofte Kommune.
- 14.45-15.10 Måleprogrammer til kortlægning og kontrol af regnvandskvalitet v/ Bodil Mose Pedersen, DHI.
- 15.10-15.15 Afslutning på temadagen.

Deltagelse i temadagen er gratis

Tilmelding til temadagen sendes til Jeppe Tolstrup, ag6n@tmf.kk.dk senest d. 9. maj 2014

Deltagere i Temadagen d. 19. maj 2014

Navn	Virksomhed	email
Rasmus Christiansen	Ballerup Kommune	rpv@balk.dk
Thomas Christensen	Ballerup Kommune	thoc@balk.dk
Bodil Mose Pedersen	DHI	bop@dhigroup.com
Kristina Buus Kjær	DHI	kbm@dhigroup.com
Camilla Ferguson	Gentofte Kommune	cafe@gentofte.dk
Mads Høhne Kromann	Gentofte Kommune	mahk@gentofte.dk
Marie-Louise S. Andersen	Gentofte Kommune	mlsu@gentofte.dk
Ole Thun	Gentofte Kommune	ot@gentofte.dk
Pernille Thomsen	Gentofte Kommune	pet@gentofte.dk
Janne Foghmar	Glostrup Kommune	janne.foghmar@glostrup.dk
Karen Damsgaard	Herlev Kommune	
Lise Jacobsen	Herlev Kommune	lise.jacobsen@herlev.dk
Jes Clauson-Kaas	HOFOR	jecl@hofor.dk
Karin Randrup Christensen	HOFOR	krch@hofor.dk
Maj-Britt Bøgeløv Poulsen	HOFOR	mbbp@hofor.dk
Stine Bisgaard	HOFOR	sbis@hofor.dk
Susanne Skov-Mikkelsen	HOFOR	susk@hofor.dk
Mia Jahn Knudsen	Hvidovre Kommune	mxk@hvidovre.dk
Inger Olsson	Ishøj Kommune	35663@ishøj.dk
Eva Baunegaard Hemmersam	Københavns Kommune	ag6q@tmf.kk.dk
Helle Bjerg Sørensen	Københavns Kommune	hesore@tmf.kk.dk
Jan Burgdorf Nielsen	Københavns Kommune	janbni@tmf.kk.dk
Jeppe Tolstrup	Københavns Kommune	ag6n@tmf.kk.dk
Jette Skov	Københavns Kommune	b98a@tmf.kk.dk
Louise Ditmar Andersen	Københavns Kommune	ag6p@tmf.kk.dk
Morten Ejsning Jørgensen	Københavns Kommune	zi0m@tmf.kk.dk
Stefan Werner	Københavns Kommune	zp7n@tmf.kk.dk
Sølvi Dam Joensen	Københavns Kommune	bc01@tmf.kk.dk
Yngve Juul de Voss	Københavns Kommune	a81v@tmf.kk.kd
Lillian Nielsen	Lyngby-Taarbæk Forsyning	lin@ltf.dk
Per Skaarup	Lyngby-Taarbæk Forsyning	
Thomas Hansen	Lyngby-Taarbæk Kommune	thomh@ltk.dk
Trine Vig Bergstrøm	Tårnby Forsyning	tbe@taarnbyforsyning.dk
Stig Falkenblad	Tårnby Kommune	sfa.tf@taarnby.dk
Ole Ekstrand	Lyngby-Taarbæk Forsyning	olek@ltf.dk
Anne Stalk	Frederiksberg Kommune	anst03@frederiksberg
Karsten Krogh Andersen	Frederiksberg Forsyning	kka@frb-forsyning.dk
Peter Ibsen	Gladsaxe Kommune	petibs@gladsaxe.dk
Rikke Nicolajsen	HOFOR	rikn@hofor.dk
Martin Vester	HOFOR	

BILAG G - Planlægning af måleprogram til regnvandskarakterisering

G Planlægning af måleprogram til regnvandskarakterisering

Dette kapitel indeholder generelle beskrivelser vedrørende planlægning af måleprogram til regnvandskarakterisering, karakterisering af et afstrømningsopland, prøvetagningsmetoder og flowmåling, analysemetoder, online målemetoder og prøvehåndteringsmetoder. Derudover indeholder kapitlet forslag til valg af analyseparametre, som kan inddeles i tre analysepakker afhængigt af behovet for karakterisering:

- Grundpakken indeholder de mest kritiske parametre i forhold til miljøkvalitetskrav og målsætninger for vandområder
- Supplerende parametre 1, hvor formålet eksempelvis er identifikation af kilder til tungmetaller (ud over opløste metaller) eller mistanke om belastning med pesticider
- Supplerende parametre 2, hvor der er mistanke om kilder i oplandet, som indeholder nonylphenoler og -ethoxylater, octylphenoler, PCB og/eller tributyltin

Metoder til regnvandsprøvetagning afviger kun på få områder fra spildevandsprøvetagning. Forskellene vedrører især igangsætning af den automatiske prøvetager, samt at regnvand hygiejnemæssigt er langt mindre risikofyldt at håndtere sammenlignet med spildevand. De fleste principper fra spildevandsprøvetagningen med hensyn til planlægning, prøvetagningsmetoder, udpegnings af prøvetagningssted, prøvehåndtering, dokumentation og kvalitetskontrol kan overføres til regnvandsprøvetagning. Derfor kan der umiddelbart hentes inspiration til regnvandsprøvetagning i separate rørledninger og brønde i f.eks. Environmental sampling: Wastewater & Sludge /7/.

G.1 Danske nedbørsforhold

I dette projekt er det valgt at fokusere på regnvandssammensætningen i Danmark. Regnvandssammensætningen vil være påvirket af lokale forhold som f.eks. nedbørsintensitet, hyppighed samt forholdet mellem overfladearealer af tage, veje og grønne arealer i et afstrømningsopland. Som udgangspunkt for en eventuel sammenligning mellem nedbørshændelserne i Danmark og nedbørshændelser beskrevet i udenlandske referencer er her en beskrivelse af danske nedbørsforhold. Af Tabel G 1 fremgår den årlige nedbørsmængde i Danmark målt i mm. Generelt er nedbørsmængden størst i Vest- og Midtjylland og lavest i Københavnsområdet og Nordsjælland.

Tabel G 1 Årlig nedbør målt i mm for Danmark i perioden 2001-2012 /3/.

Årstal	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
mm nedbør	751	864	630	827	647	823	866	779	732	726	779	818

Det gennemsnitlige antal døgn, hvor der falder mere end 10 mm nedbør, fremgår af Tabel G 2.

Data er baseret på nedbørsmålinger fra hele landet fra 1988 til 2002. Antal døgn pr. år med mere end 10 mm nedbør varierede mellem 13,7 og 25,7 døgn i det nævnte årsinterval. På baggrund af klimamodeller forventes antallet af døgn pr. år med mere end 10 mm at stige med 3 døgn frem mod 2050.

Tabel G 2 Gennemsnitlige antal døgn pr. år med mere end 10 mm nedbør /2/.

Gennemsnitlige antal døgn med nedbør i Danmark (Jylland/Øerne minus Bornholm 1988-2002)	
Nedbør	Antal døgn pr. år
Mindst 10 mm/døgn	19,87
Mindst 15 mm/døgn	8,36
Mindst 20 mm/døgn	3,58
Mindst 25 mm/døgn	1,69
Mindst 30 mm/døgn	0,82
Mindst 40 mm/døgn	0,23

Kraftig regn defineres som >24 mm i løbet af 6 timer, og skybrud er defineret som >15 mm på 30 minutter. Tabel G 3 viser på baggrund af modellering procentvise stigninger i døgnnedbør som gennemsnit for hele Danmark (2021-50) sammenlignet med perioden 1961-1990 /1/.

Tabel G 3 Beregnede procentvise ændringer med tilhørende estimater i usikkerheden (standardafvigelsen) for døgnnedbør i Danmark (over land) for de fire årstider for perioden 2021-2050 i forhold til normalperioden 1961-1990.

	2021-2050			
	Vinter	Forår	Sommer	Efterår
1-års hændelse	10±4%	2±3%	5±4%	9±3%
2-års hændelse	10±4%	4±4%	6±5%	8±4%
5-års hændelse	11±5%	5±6%	7±7%	6±5%
10-års hændelse	11±7%	6±8%	8±10%	8±7%
30-års hændelse	8±7%	3±9%	5±8%	9±8%

Generelt viser Tabel G 3 en tendens til kraftigere nedbørsextremer. Endvidere ses, at de procentvise ændringer i den kraftige nedbør over Danmark er nogenlunde ens for alle gentagelsesperioder, og at usikkerhederne generelt er størst for de mest ekstreme nedbørshændelser.

G.1.1 Atmosfærisk deposition og regnvand

Regnvand vil være påvirket af atmosfærisk deposition og er den afsætningen af forurening, der sker som følge af samfundets aktiviteter i almindelighed, herunder grænseoverskridende forurening. Afsætningen sker dels i forbindelse med nedbørshændelser (våd deposition) og dels ved partikelafsætning og ved direkte gasafsætning (tør deposition). Når regnvandet rammer en overflade, f.eks. tage, veje eller pladser, sker der afsmitning fra konstruktionsmaterialet, og desuden sker der tilførsel fra kilder, som er i kontakt med overfladerne. Biler tilfører eksempelvis dækslid, oliespild, udstødning m.m. til asfalterflader.

Regnvand må betragtes som mest rent, inden det rammer overflader. Rapporten "Atmosfærisk deposition 2011 – NOVANA" indeholder data for den våde og den tørre deposition af udvalgte stoffer på landjorden i Danmark [6]. Normalt opgøres depositionen i vægtenhed pr. arealenhed. Her er valgt at omregne enhederne til koncentrationer baseret på middelnedbøren i Danmark i 2011, som var 779 mm. I rapporten findes data for kvælstof og fosfor samt en række metaller, pesticider og PAH'er.

Deposition af næringssalte og tungmetaller

Den tørre og våde deposition vil variere henover Danmark, f.eks. er kvælstofdepositionen større i Jylland sammenlignet med Sjælland på grund af gødskning på de større landbrugsarealer i Jylland.

Den totale kvælstofdeposition for landområder (Nordjylland, Midtjylland, Syddanmark, Sjælland, Hovedstaden) varierer mellem 11,8 og 15,3 kg N/ha svarende til et gennemsnit på 14 kg N/ha eller 1,8 mg/l regnvand. Til sammenligning er kravet til kvælstofniveauet i søer, hvor miljømålet er god økologisk tilstand, sat til mellem 0,33 og 0,96 mg/l /30/.

Den målte deposition af fosfor er mere usikkert bestemt, idet kun den opløselige uorganiske fraktion er målt i NOVANA, hvor koncentrationerne var tæt på detektionsgrænsen, og dermed er usikkerheden på bestemmelserne forhøjet. Den totale deposition af uorganisk opløst fosfor er 0,022-0,04 kg P/ha svarende til 0,0026 -0,005 mg/l. I rapporten henvises til, at depositionen for organisk fosfor svarer til depositionen af uorganisk fosfor. Dermed bliver koncentrationen i regnvand det dobbelte (0,0052-0,01 mg/l). Til sammenligning er kravet til fosforniveauet i søer, hvor miljømålet er god økologisk tilstand, sat til mellem 0,025 og 0,070 mg/l /30/.

I Tabel G 4 og Tabel G 5 er anført værdier for deposition af næringssalte og tungmetaller over landjorden i Danmark (tør + våd). I Tabel G 5 er tillige vist data fra målinger af den atmosfæriske deposition af tungmetaller målt i den centrale del af København i perioden fra 2003-2007.

Tabel G 4 Deposition af næringssalte over landjorden i Danmark. Data er omregnet til koncentration i regnvand inden afstrømning.

Parameter	Åbent land	
	kg/ha	mg/l
Total-N	11,8-15,3	1,5-2,0
Total-P	0,44-0,08	0,0052-0,01

Tabel G 5 Deposition af tungmetaller over landjorden i Danmark. Data er omregnet til koncentration i regnvand inden afstrømning.

Parameter	Åbent land		København		Forhold By/land
	µg/m ²	µg/l	µg/m ²	µg/l	
Arsen	110	0,14	200	0,3	1,8
Bly	840	1,08	3.000	5	3,6
Cadmium	26	0,03	50	0,08	1,9
Jern	45.000	57,8			
Kobber	740	0,95	7.000	11	9,5
Krom	190	0,24	700	1,1	3,7
Nikkel	26	0,03	600	0,9	23,1
Zink	5.800	7,45	19.000	29	3,3

Data for depositionen over det åbne land stammer fra 2011, mens data fra depositionen over København stammer fra perioden 2003 til 2007. Derfor er depositionen målt de to steder ikke umiddelbart sammenlignelig. Der er dog næppe tvivl om, at regnvandet, der falder i byerne, er mere forurenet med tungmetaller end regnen, der falder i det åbne land, hvor der til gengæld er en større deposition af kvælstof og fosfor.

Pesticider

Våde deposition af 14 almindeligt anvendte pesticider samt 5 nedbrydningsprodukter målt på to lokaliteter i 2011 er præsenteret i rapporten /5/. Der er 6 stoffer (desethyleterbutylazine (nedbrydningsprodukt af tertbutylazine), hydroxysimazin, MCPA, metamitron, pendimethalin,

prosulfocarb), der blev målt i 4 eller flere prøver ud af i alt 11 prøver (afhængigt af lokalitet). Pendimethalin og prosulfocarb blev målt i alle prøver. Målingerne antyder, at der vil kunne findes pesticider i nedbøren i landbrugsområder, hvor de nævnte pesticider anvendes. For summen af pesticider blev våddepositionen på to lokaliteter opgjort til at variere mellem 1,3 og 69,3 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ svarende til 0,089 $\mu\text{g}/\text{l}$. Depositionen varierer over året afhængigt af, hvornår intensiv sprøjtning foregår således, at forhøjede koncentrationer af pesticider typisk forekommer i foråret og efteråret efter såning af nye afgrøder.

PAH

Våddeposition af 25 oftest analyserede PAH målt på to lokaliteter (Risø og Sepstrup Sande) i 2011 er præsenteret i /5/. Der er 9 stoffer (chrysen, triphenylen, fluoranthen, fluoren, 1-methylnaphtalen, 2-metylnaphtalen, naphtalen, phenanthren, pyren) som blev målt i 3 eller flere af de i alt 11 prøver - afhængigt af lokalitet. Hyppigst bliver følgende 9 PAH målt i regnvand: Acenaphthen, fluoren, phenanthren, flouranthen, pyren, benz(b+j+k)flouranthen, indeno(1,2,3-cd)pyren, benz(a)pyren, benzo(g,h,i)perylene.

Data i Tabel G 6 viser, at af de 9 PAH er der ingen af stofferne, som er målt i koncentrationer over miljøkvalitetskravene for marine vandområder. På de to målelokaliteter forventes trafikbelastning ikke at bidrage til belastningen med PAH.

Tabel G 6 Våddeposition i 2011 af PAH målt ved to lokaliteter. nd angiver, at det pågældende stof ligger under detektionsgrænsen

Parameter	Antal målinger	Min. $\mu\text{g}/\text{m}^2$	Maks. $\mu\text{g}/\text{m}^2$	Min. $\mu\text{g}/\text{l}$	Maks. $\mu\text{g}/\text{l}$	MKK marin	MKK fersk
Acenaphthylene	7/11	0,19	1,05	0,0002	0,0013	0,13	1,3
Flouren	3/11	0,14	0,32	0,0002	0,0004	0,23	2,3
Phenanthren	7/11	0,69	2,44	0,0009	0,0031	1,3	1,3
Flouranthen	9/11	0,34	1,7	0,0004	0,0022	0,1	0,1
Pyren	7/11	0,24	0,85	0,0003	0,0011	0,0017	0,0046
Benz(b+j+k)flouranthen	1/11	nd	0,24		0,0003	0,03	0,03
Indeno(1,2,3-cd)pyren	0/11	nd	nd			*)	*)
Benz(a)pyren	0/11	nd	nd			0,05	0,05
Benzo(g,h,i)perylene	0/11	nd	nd			0,002	0,002

*) Miljøkvalitetskravet er gældende for summen af benzo(g,h,i)perylene og indeno(1,2,3-cd)pyren.

Målinger af den atmosfæriske deposition i Danmark for udvalgte parametre som kvælstof, fosfor, metaller og PAH viser, at koncentrationerne i regnvandet, inden det afstrømmer fra overflader, findes i koncentrationer, som ligger under miljøkvalitetskravene for ferske og marine vandområder.

Det er først, når regnvandet har passeret overflader, som afgiver miljøskadelige stoffer, at det kan være problematisk at udlede regnvandet til vandområder uden nogen form for rensning. Det bliver derfor vigtigt at udpege de overflade- og arealtyper, som bidrager med overkoncentrationer af miljøskadelige stoffer sammenlignet med miljøkvalitetskravene.

G.2 Planlægning og karakterisering af afstrømningsopland

I planlægningsfasen er det vigtigt at gøre sig klart, hvad formålet med karakterisering af en regnvandsstrøm er. Formålet kan eksempelvis være:

- Planlægning/design af installationer til regnvandshåndtering
- Kontrol af renseinstallationers drift
- Kontrol af installationers renseeffektivitet
- Kontrol af en udledning i forhold til udledningstilladelsens krav

- Sammenligning med miljøkvalitetskrav for vandområder.

Dernæst er der en række informationer om prøvetagningsstedet, kontaktpersoner, regnvandssystemet, krav vedrørende datakvalitet, udstyr, prøvehåndtering m.m., som skal være indsamlet inden opstart af måleprogrammet. De vigtigste informationer vedrører:

- Kort over regnvandskloaker, brønde, eventuelle sedimentationsbassiner og udløb i oplandet
- Kontaktinformationer til forsyningsselskab og kommune (personer, tlf. nr., e-mail m.m.)
- Formål med måleprogram
- Liste over analyseparametre og online målinger
- Kontakt til analyselaboratorium samt aftaler om prøveflasker, afhentning og aflevering af prøver
- Nedbørsmåling eller nedbørsdata fra SVK-måler (DMIs landdækkende målestationer)
- Sikkerhedsforanstaltninger ved nedgang i regnvandsbrønde og ved udløb
- Prøvetyper (flowproportional, tidsproportional, stikprøver m.m.)
- Prøvetagningsudstyr (flowmåler, automatisk prøvetager, beholdere m.m.)
- Prøvetagningspunkter, fotos eller tegning af indretning
- Prøvetagningsprocedurer (opsætning af udstyr, drift, prøvehåndtering, prøveflasker, afhentning af prøver, nedtagning af udstyr)
- Datakvalitet (usikkerhed ved prøvetagning, flowmåling og analyser, kvalitetskontrol, blidprøver m.m.)
- Dataindsamling under prøvetagning og ved afslutning af prøvetagning (start- og sluttidspunkt, antal delprøver opsamlet og prøvemængde)

I planlægningsfasen er det vigtigt at fastlægge, hvem der har ansvaret for de enkelte aktiviteter nævnt ovenfor.

Ud fra viden om oplandsarealet, overfladetyper, nedbør og hydrologisk reduktionsfaktor kan den afstrømmende regnvandsmængde beregnes, og herudfra kan flowmålingen og automatisk prøvetagning tilrettelægges med hensyn til antal delprøver og delprøvestørrelse, så de udtagne prøver bliver repræsentative. De efterfølgende afsnit G.2 - G.8 indeholder anbefalinger vedrørende prøvetagning, flowmåling, analyser og prøvehåndtering.

Initialtabet angiver den nedbørsmængde, der skal falde, før egentlig overfladeafstrømning begynder. Typisk regnes med et initialtab på 0,6 mm nedbør. Reduktionsfaktoren angiver andelen af nedbøren fra befæstede arealer, der ledes til kloaksystemet, som enten kan være et separatsystem eller et fællessystem. I beregningen af regnvandsmængden, som afstrømmer fra en bestemt overfladetype indgår den hydrologiske reduktionsfaktor, som varierer med overfladetyper (se Tabel G 7).

Tabel G 7 Eksempler på værdier for initialtab og hydrologisk reduktionsfaktor for forskellige overfladekategorier.

Overfladekategori	Initialtab (mm)	Hydrologisk reduktionsfaktor
Bygninger (tage)	0,05	0,90
Veje og p-anlæg	0,60	0,80
Storbyhaver	1,00	0,10
Uspecificeret	0,60	0,25

G.3 Prøvetagningsmetoder

Regnvandsprøver bør udtages ved hjælp af automatisk prøvetagningsudstyr og enten nedbørsafhængigt eller flowproportionalt. På den måde kan usikkerheden ved prøvetagningen reduceres, og herved opnås den højeste grad af repræsentativitet af prøverne. Manuel stikprøvetagning bør kun anvendes, når formålet er udtagning af prøver, som skal analyseres for flygtige organiske forbindelser, olie og fedt samt bakteriologiske parametre.

Automatisk flowproportional prøvetagning

Ved flowproportional prøvetagning udtages delprøver proportionalt med flowet i regnvandsledningen. Prøvetagning igangsættes, når en forud bestemt vandmængde har passeret flowmåleren. Derefter udtages en delprøve for hver gang, der har passeret en tilsvarende vandmængde. F.eks. kan prøvetageren indstilles til at udtage 150 ml for hver gang, der har passeret 200 l regnvand. Når regnvandstilledningen stopper, stopper prøvetagningen også. Denne form for prøvetagning betragtes generelt som den mest repræsentative. Varighed og intensitet af regnhændelser kan benyttes til en overslagsmæssig beregning af flowet i regnvandsledningen. Delprøvestørrelsen bør ikke være mindre end 75 ml. Af praktiske årsager er det bedst at anvende opsamlingsbeholdere på 20-30 liter. Med 4 delprøver i timen bliver den maksimale størrelse af delprøverne ca. 200 ml.

For at sikre, at prøvetagningsudstyret er indstillet korrekt med hensyn til delprøvemængde og vandmængde mellem delprøverne, er det en fordel at teste prøveopsamlingen under et passende regnvejr, hvor der falder 5-10 mm regn. Prøverne fra testen analyseres ikke.

Ved 24-timers automatisk spildevandsprøvetagning anbefales det at udtage 3 eller flere delprøver/time. Antallet af delprøver bør maksimalt sættes til 15 pr. time, idet der skal være 3-4 min. mellem hver delprøve - ellers kan prøvetagningsudstyret ikke nå at gennemløbe en hel prøvetagningscyklus, inden den næste delprøve udtages. Når den nødvendige prøvemængde til analyserne er fastlagt, indstilles den automatiske prøvetager på baggrund af kendskab til den samlede afstrømmende vandmængde fra oplandet. Vandmængden kan skønnes ud fra overfladeareal, befæstelsesgrad og nedbør målt i mm. Beregning af prøvemængde og delprøvestørrelse er detaljeret beskrevet i /7/

Udtagning af regnvandsprøver foregår ofte i brønde, ved udløb fra rensefaciliteter eller ved udløb til vandområder. I prøvetagningspunktet skal indløbsslangen til den automatiske prøvetager placeres, så man er sikker på, at der suges regnvand op, så snart regnvandsafstrømningen går i gang. Ideelt set skal indløbsslangen være neddykket 1/3 i vanddybden, men da vanddybden ved regnvandsprøvetagningen kan variere meget, er det vigtigere, at den er neddykket i vandstrømmen fra starten af regnvandstilstrømningen og til slut. Alle vigtige forhold vedrørende placering af indløbsslangen ved spildevandsprøvetagning er beskrevet i /7/, og de samme anbefalinger er stort set gældende ved regnvandsprøvetagning.

For at sikre en stabil prøvetagning er det en fordel, hvis der er en fast strømforsyning i nærheden af prøvetagningsstedet. Prøvetagningsudstyret skal tilses umiddelbart efter, at regnvejret er ophørt. Enten skal den opsamlede prøve sendes til analyse, eller opsamlingsbeholderen skal tømmes, hvis der ikke er opsamlet et tilstrækkeligt stort volumen til, at de relevante analyser kan gennemføres. Inden prøvetagningsudstyret indstilles, skal man fra analyselaboratoriet have oplyst den samlede prøvemængde, som skal anvendes for at analysere alle de valgte parametre.

Nedbørsbetinget prøvetagning

Alternativt kan der udføres nedbørsbetinget prøvetagning, hvor der opstilles en nedbørsmåler i umiddelbar nærhed af prøvetagningsstedet. Nedbørsmåleren giver en impuls til prøvetageren for f.eks. hver 0,2 mm nedbør, hvorefter der udtages en delprøve med det ønskede volumen. Ofte er det nødvendigt at indstille prøvetageren til at udtage flere delprøver ved hvert signal for at sikre tilstrækkelig prøvemængde til analyse. Som regel vil der gå et vist tidsrum, fra nedbøren begynder, til vandet begynder at strømme i regnvandsledningen. Efter nedbøren er holdt op,

kan der fortsat ske tilledning af regnvand til ledningsnettet, men der vil ikke blive udtaget prøver. Denne form for prøvetagning er mere usikker, når man ønsker at karakterisere sammensætningen af regnvand fra en hel nedbørhændelse.

Uanset hvilken type prøvetagning, der aktuelt anvendes, bør der opstilles en nedbørsmåler i nærheden af prøvetagningsstedet.

G.4 Flowmåling

Ved flowproportional prøvetagning er det flowmålerudstyret, der styrer den automatiske prøvetagning, så der udtages en delprøve, når et forudbestemt vandvolumen har passeret prøvetagningsstedet. Flowmåling er en integreret del af prøvetagningsprocessen, og dataopsamlingen for flowvariationer sker normalt kontinuert. Datalogning bør ske med to minutters intervaller ved kortvarige nedbørshændelser (op til 2 timer) og med op til 5 minutters intervaller ved længere nedbørshændelser. Den samlede vandmængde, der har passeret prøvetagningspunktet, benyttes til at beregne belastningen med forurenende stoffer.

Flowmåling af overfladeafstrømning finder hyppigst sted i

- Åbne kanaler
- Delvist fyldte rør
- Fyldte rør

Flowet i **åbne kanaler** måles bedst i forbindelse med et overfald med en kendt konfiguration. Ud fra konfigurationen og med kendskab til vandhøjden ved overfaldskanten beregnes flowet. De hyppigst anvendte overfald er rektangulære eller trekantoverfald. Til højdemålingen anvendes en ultralydsmåler, som skal være placeret opstrøms i en afstand svarende til 4-5 gange højden af vandstanden over overfaldskanten. I løbet af en nedbørshændelse vil der typisk være stor variation i vandstanden over overfaldskanten. Usikkerheden er størst ved lave flow, og det er derfor vigtigt at sikre god opstuvning før overfaldskanten, så vandstanden ikke bliver meget lille og dermed usikker at bestemme.

For at bestemme flowet i **delvist fyldte rør** er det nødvendigt at kende tværsnitsarealet, hvor vandet bevæger sig, og den gennemsnitlige hastighed i tværsnitsarealet. Flow beregnes derefter ved at gange tværsnitsarealet med vandhastigheden. Vanddybden kan måles ved hjælp af en tryktransducer placeret i bunden af røret. Ud fra rørets diameter og vandhøjden beregnes tværsnitsarealet. Vandhastigheden kan måles ved hjælp af en sensor, som udsender højfrekvente lydbølger, der sendes tilbage efter refleksion på vandbobler eller partikler ved en anden frekvens, og herudfra kan vandhastigheden beregnes (Doppler effekt). Sensoren, som udsender højfrekvente lydbølger, er i flowmålerudstyret placeret sammen med højdemåleren. Flowmålere til delvist fyldte rør har den fordel, at de umiddelbart kan placeres i regnvandssystemer uanset, om røret har en lille eller stor diameter (300-2000 mm), og usikkerheden ved målinger er 5-10%.

Det mest benyttede udstyr til måling i **fyldte rør** er elektromagnetiske flowmålere eller flowmålere, der fungerer efter Doppler princippet. Det er dog sjældent, at regnvandssystemer er helt fyldte. Elektromagnetiske flowmålere kan dog også bruges på delvist fyldte rør, hvor vandet stuves op og flowmåleren placeres i et skot og med en vandlås på udløbssiden, så det derved sikres, at flowmåleren konstant er vandfyldt.

Når vandet passerer gennem målerens magnetfelt, der er placeret vinkelret på flowretningen, induceres en spænding, som opfanges af elektroder placeret på røret og i kontakt med regnvandet. En induceret spændingsforskel mellem de to elektroder vil afhænge af magnetfeltets styrke, afstanden mellem de to elektroder og hastigheden af regnvandet. Da magnetfeltet og afstanden mellem elektroderne er konstante, er den inducerede spænding proportional med flowet.

Det er et krav, at der er minimum ledningsevne i vandet på mere end 5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ – hvilket der altid vil være i regnvand. Magnetisk induktive flowmålere findes i mange størrelser, som passer til rør med diameter fra 3 til 2000 mm. Målerne er stabile i drift, og usikkerheden på målingerne er lille - 2-5%. Ulempen er, at det kan være vanskeligt at placere den magnetisk induktive måler i eksisterende rørsystemer med stærkt varierende flow. Dertil kommer, at der er risiko for, at regnvand stuvet op bag ved måleren.

G.5 Analyseparametre og -metoder

Grundlæggende kan parametre til karakterisering af regnvand inddeles i seks stofgrupper:

- Generelle parametre (SS, pH, ledningsevne, m.fl.)
- Organisk stof (BOD, COD)
- Næringssalte (Total-N, N-NO_3 , N-NH_4 , Total-P, P-PO_4)
- Tungmetaller (Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Ni, Zn)
- Organiske miljøfremmede stoffer (PAH, phthalater, pesticider)
- Mikrobiologiske parametre (E.coli, enterokokker).

Antallet af parametre vil naturligt variere afhængigt af, om data skal anvendes til eksempelvis planlægning af rensning, udledning eller kontrol. I dette afsnit er præsenteret tre forslag til analyseprogrammer, der inkluderer miljøkritiske parametre primært i forhold til udledning til vandområder.

- Grundpakke
- Supplerende pakke 1
- Supplerende pakke 2

Grundpakken omfatter de mest nødvendige parametre til karakterisering af regnvand og vurdering af sammensætningen i forhold til miljømål og miljøkvalitetskrav i forbindelse med udledning og nedsivning. De to øvrige pakker omfatter stoffer, der i særlige situationer kan være til stede i regnvand i forhøjede koncentrationer, og som kan være relevante at sammenligne med miljøkvalitetskrav og eventuelt PNEC. Tabel G indeholder en oversigt over analyseparametre i grundpakken, navn på relevante analysestandarder, detektionsgrænser, ekspanderet måleusikkerhed samt en ca. pris på analyseparametrene, når de analyseres enkeltvis. Det betyder, at prisen næsten altid vil være lavere i et måleprogram, hvor mange prøver analyseres i samme arbejdsgang.

Tabel G 8 Grundpakke med parametre til karakterisering af overfladeafstrømning

Analyseparameter	Enhed	Analysemetode	Detektions-grænse	Ekspanderet måleusikkerhed (%)	Vejl. pris pr. prøve ekskl. moms (kr.)
Ledningsevne	mS/m	DS/EN 27888	0,10	10	90
SS	mg/l	DS/EN 872	0,5	20	212
BOD	mg/l	DS/EN 1899-1	0,5	20	485
COD	mg/l	ISO 15705	5	20	427
Total-P	mg/l	DS/EN I 6878aut	0,005	10	312
Total-N	mg/l				392
Bly filtreret	µg/l	ISO 17924m-ICPMS	0,025	30	409
Kobber filtreret	µg/l	ISO 17924m-ICPMS	0,04	30	366
Zink filtreret	µg/l	ISO 17924m-ICPMS	0,5	30	366
Phthalater					2.700 (2.100 for DEHP alene)
Di-n-butylphthalat (DBP)	µg/l	M0250 GC/MS	0,1	24	
Butylbenzylphthalat (BBP)	µg/l	M0250 GC/MS			
Diethylhexylphthalat (DEHP)	µg/l	M0250 GC/MS			
Di-(2-ethylhexyl)adipat (DEHA)	µg/l	M0250 GC/MS			
Di-n-octylphthalat (DOP)	µg/l	M0250 GC/MS			
Diethylphthalat (DEP)	µg/l	M0250 GC/MS			
Diisononylphthalat (DiNP)	µg/l	M0250 GC/MS			
PAH-forbindelser					2.900
Acenaphthen	µg/l	M250 GC/MS	0,01	24	
Fluoren	µg/l	M250 GC/MS	0,01	24	
Phenanthren	µg/l	M250 GC/MS	0,01	24	
Fluoranthren	µg/l	M250 GC/MS	0,01	24	
Pyren	µg/l	M250 GC/MS	0,01	24	
Benzo(b,j,k)fluoranthren	µg/l	M250 GC/MS	0,01	24	
Benzo(a)pyren	µg/l	M250 GC/MS	0,01	24	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	M250 GC/MS	0,01	24	
Benzo(g,h,i)perylen	µg/l	M250 GC/MS	0,01	24	

Den supplerende pakke 1 indeholder ledningsevne, bly, kobber og zink, pesticider og bisphenol A (se Tabel G 9). For de tre pesticider: BAM, isoclorprop og mechlorprop eksisterer der EU-miljøkvalitetskrav. Pakken er relevant f. eks i områder, hvor regnvandet kan blive påvirket af pesticider anvendt til ukrudtsbekæmpelse, eller når man ønsker at karakterisere forholdet mellem opløste og partikulære tungmetaller. For bisphenol A findes der et dansk miljøkvalitetskrav i bekendtgørelse 1022 /10/.

Tabel G 9 Supplerende parametre 1 til karakterisering af overfladeafstrømning

Analyseparameter	Enhed	Analysemetode	Detektions-grænse	Ekspanderet måleusikkerhed (%)	Vejl. pris pr. prøve ekskl. moms (kr.)
Ledningsevne	mS/m	DS/EN 27888	0,10	10	90
Metaller					
Bly total	µg/l	ISO 17924m-ICPMS	0,025	30	364
Kobber total	µg/l	ISO 17924m-ICPMS	0,04	30	364
Zink total	µg/l	ISO 17924m-ICPMS	0,5	30	364
Pesticider					
2,6-dichlorbenzamid (BAM)	µg/l				1.800
Isoproturon	µg/l				2.300
Mechlorprop	µg/l				
Glyphosat	µg/l				
AMPA	µg/l				
Bisphenol A	µg/l	M2233 GC/MS	0,01	30	1.600

Den supplerende pakke 2 indeholder nonylphenoler og –ethoxylater, polychlorede biphenyler og TBT (tributyl tin) (se Tabel G 10). Anvendelse af nonylphenoler og –ethoxylater, PCB, TBT er forbudt, men stofferne kan findes i importerede produkter og kan stadig måles i overfladeafstrømning. Ved mistanke om tilstedeværelse af disse stoffer bør der gennemføres en screening.

Tabel G 10 Supplerende parametre 2 til karakterisering af overfladeafstrømning

Analyseparameter	Enhed	Analysemetode	Detektionsgrænse	Ekspanderet måleusikkerhed (%)	Vejl. pris pr. prøve ekskl. moms (kr.)
Nonylphenoler og -ethoxylater					2.782
Nonylphenoler	µg/l	M0250 GC/MS	0,05	30	
Nonylphenolmonoethoxylater	µg/l	M0250 GC/MS	0,05	30	
Nonylphenoldiethoxylater	µg/l	M0250 GC/MS	0,1	30	
Octylphenol	µg/l				
Polychlorede Biphenyler					2.700
PCB28, PCB52, PCB 101, PCB 118, PCB 153, PCB 180	ng/l				
TBT	µg/l				2.550

G.6 Online målemetoder

Parametrene temperatur, pH, ilt, turbiditet og ledningsevne kan måles ved hjælp af elektroder placeret i regnvandsstrømmen. Data kan logges og videresendes via gsm-modem, der giver mulighed for umiddelbart at få præsenteret tidsserier af de nævnte parametre. Specielt er måling af ledningsevnen i vejvand i vinterperioder hensigtsmæssig til vurdering af, i hvilke situationer vejvand skal ledes til kloak fremfor at blive ledt til eksempelvis ferskvandsområder. Turbiditetsmålinger kan anvendes til at bestemme koncentrationen af suspenderet stof, hvis der gennemføres en kalibrering, som inkluderer måling af turbiditet i regnvandsprøver med kendt koncentration af suspenderet stof.

G.7 Passiv prøvetagning

Flowproportional prøvetagning af regnvand er den ideelle måde at udtage regnvandsprøver på, da både stoffkoncentrationer og flow varierer over tid. Det er imidlertid en dyr og besværlig metode (logistisk set), og i de situationer, hvor det er ønskeligt at udtage prøver i flere målepunkter på samme tid, kræves meget udstyr, som skal være tilpasset de aktuelle rør- og kloakdimensioner.

Et alternativ til automatisk prøvetagning kan være passiv prøvetagning. Passive prøvetagere til monitoring i kloak/regnvandssystemer baserer sig på, at de forurenende stoffer, som ønskes bestemt i en vandstrøm, passerer en beholder (se Figur G 1), som indeholder en sorbent. De forurenende stoffer adsorberes til sorbenten og akkumuleres. Når prøvetageren efter en vis periode tages op, er den mængde stof, som findes i adsorbenten, et udtryk for den akkumulerede mængde stof (M). Visse typer passive prøvetagere (som den vist i Figur G 1) indeholder ud over sorbenten et sporstof i form af et salt. Sporstoffet opløses proportionalt med vandmængden og udtrykker det vandvolumen (V), som har passeret prøvetageren. Sorbenten indeholdende de forurenende stoffer ekstraheres og analyseres af et laboratorium. Ved division af de to målte parametre, M/V, fås den gennemsnitlige koncentration af stoffet over den givne periode.

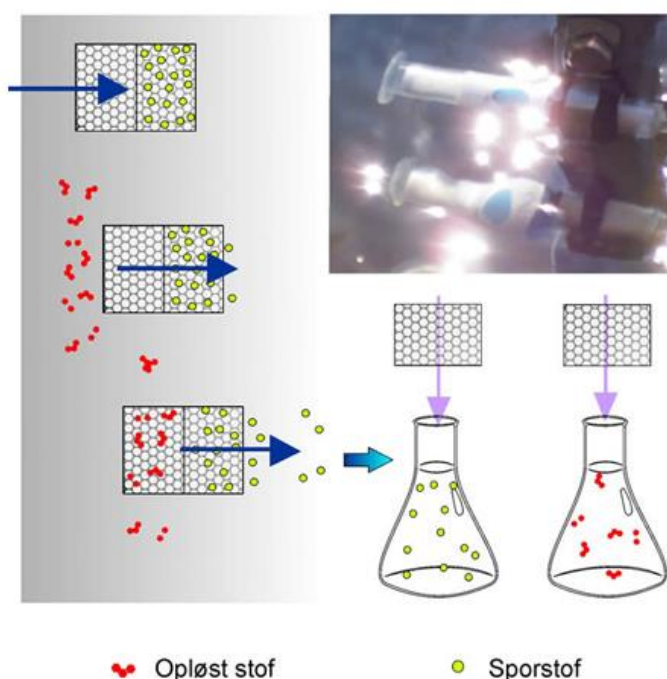
Fordelene ved anvendelse af passive prøvetagere kan opsummeres i følgende punkter:

- Typisk er koncentrationerne af miljøfremmede stoffer (herunder tungmetaller, PAH, phthalater) i regnvand lave i forhold til detektionsgrænserne, og samtidig varierer koncentrationerne over tid. Med passive prøvetagere er det muligt at detektere miljøfremmede stoffer, idet der over tid sker en akkumulering af stofferne i sorbenten, der er indeholdt i den passive prøvetager. Den akkumulerede stofmængde kan relateres til gennemsnitskoncentrationen, der over tid har været i regnvandet
- Ved kortvarige nedbørshændelser vil de miljøfremmede stoffer kunne detekteres. Ofte er det med konventionelle prøvetagningsmetoder vanskeligt at få startet en automatisk prøvetager på det rigtige tidspunkt
- Screening vil kunne gennemføres i mange målepunkter på én gang. Længere monitoringsperioder og mindre tilsyn gør prøvetagning i flere punkter økonomisk mere overkommelig

Det er vigtigt samtidig at være opmærksom på, at passive prøvetagere også har en række begrænsninger, som det er nødvendigt at tage hensyn til, når prøvetagerne skal anbringes i et kloaksystem, og når resultaterne efterfølgende skal vurderes. Blandt disse begrænsninger kan nævnes:

- Resultaterne fra analyse af stofkoncentrationer i sorbenten svarer til den opløste fraktion (den biotilgængelige fraktion). I konventionelle vandprøver er det oftest den totale stofkoncentration (den opløste fraktion plus den partikel/colloidbundne fraktion), der analyseres. Miljøkvalitetskravene for tungmetaller nævnt i bekendtgørelse 1022 gælder dog for den opløste fraktion
- Der kan ske tilstopning af passive prøvetagere, og derved nedsættes optagelsen af forurenende stoffer, og den gennemsnitlige stofkoncentration i regnvandet bliver for lav
- Variationer i regnvandsflowet vil kunne påvirke optagelsen af forurenende stoffer

Passive prøvetagere kan anvendes til bestemmelse af koncentrationer for næringsalte, tungmetaller, PAH'er, pesticider m.fl.



Figur G 1 Skitse af virkningsprincip i en Sorbicide

G.8 Prøvehåndtering

For at forhindre, at regnvandsprøver ændrer karakteristika, efter at de er blevet udtaget, og indtil analyserne er gennemført, er det vigtigt, at prøverne håndteres korrekt - herunder, at de

- Opsamles i egnede beholdere, så afsmitning undgås
- Opbevares korrekt, så eksempelvis nedbrydning af organiske stoffer ikke sker
- Transporteres til laboratoriet inden for 24 timer
- Konserveres korrekt, eller nedkøles til 4 °C eller derunder

Analyselaboratorierne leverer som regel de nødvendige prøvebeholdere i relation til de valgte analyseparametre. På den måde sikres det, at beholdermaterialet ikke påvirker analyseresultatet.

Anbefalede beholdermaterialer, rengøringsprocedurer samt anbefalede opbevaringstemperaturer fremgår af Tabel G 11. Dybfrysning til -20 °C er en effektiv konserveringsmetode til opbevaring af prøver gennem længere tid. Glasbeholdere tåler ikke dybfrysning, men beholdere fremstillet af HDPE (High Density Poly Ethylen) kan benyttes som et alternativ. Disse beholdere skal ikke glødes efter syrevask.

Tabel G 11 Anbefalede beholdermaterialer, rengøringsprocedurer og opbevaringstemperatur i relation til analyseparametre for regnvandsprøver

Parametre	Beholdermateriale	Rengøring	Opbevaring
pH, ledningsevne, temperatur m.fl.	PE/PP/glas	syrevask	1-5 °C
Suspenderet stof	PE/PP/glas	syrevask	1-5 °C
BOD, COD, næringssalte	PE/PP/glas	syrevask	1-5 °C eller frysning
Tungmetaller	PE/PP/glas	syrevask	Syrekonserveres eller fryses
PAH, phthalater, NPE, bisphenol A	Glas*	Syrevask og glødes ved 450°C	1-5 °C eller frysning

*Alternativt kan benyttes beholdere fremstillet af HDPE (High Density Poly Ethylen). Disse beholdere skal ikke glødes, kun syrevaskes

BILAG H – Teknologier til behandling af regnvand

H Teknologier til behandling af regnvand

Der er lagt vægt på at præsentere data for filtreringsteknologier, sedimenterings- samt koagulerings-/flokuleringssteknologier (fældningsteknologier). Teknologierne er vurderet på baggrund af erfaringer beskrevet og dokumenteret i tilgængelige videnskabelige artikler vedrørende renseeffektivitet. I forhold til rensning af regnvand for miljøfremmede stoffer er der kun få praktiske erfaringer, og derfor er vurderinger af renseeffektivitet i stor udstrækning baseret på stoffernes fysiske og kemiske egenskaber og dermed deres forventede evne til at blive reduceret ved regnvandsrensning.

I relation til teknologier som f.eks. sedimentationsbassiner, regnvandsbassiner, vejbede, filtre og fældningsanlæg er det specielt processer som adsorption, bundfældning og mikrobiel nedbrydning, der har størst betydning for renseeffektiviteten.

Tabel H 1 indeholder en oversigt over generelle fjernelsesprocesser, som indgår i behandlingen af regnvand. Fjernelsesprocesserne kan beskrives ved en eller flere parametre, som er de mest betydningsfulde. Eksempelvis er fjernelsen af organiske miljøfremmede stoffer ofte knyttet til adsorption til suspenderet stof. Dermed kan organiske miljøfremmede stoffers fjernelse delvist forudsiges ud fra stoffernes fysiske og kemiske egenskaber beskrevet ved stoffernes fordelingskoefficienter (K_d , K_{oc} , K_{ow}).

I våde regnvandsbassiner samt i kunstige og naturlige vandområder er den vigtigste fjernelsesproces adsorption, men samtidig er der også andre af de nævnte processer (f.eks. planteoptag og fotolyse), der har betydning.

Tabel H 1 Sammenhæng mellem generelle fjernelsesprocesser og den mest betydende parameter i forhold til fjernelse samt specifikke teknologier, der kan benyttes til rensning af regnvand /22/.

Fjernelsesproces	Parameter, der beskriver processen	Teknologier, hvor den angivne proces har middel til stor betydning
Sedimentering	Bundfældningshastighed (opholdstid)	Våde regnvandsbassiner, kunstige og naturlige vandområder, udlignings- og sedimentationsbassiner, vejbede, lamelseparator
Adsorption	Kan beskrives ved fordelingskoefficienter (K_d , K_{oc} , K_{ow})	Våde regnvandsbassiner, kunstige og naturlige vandområder, filterjord, vejbede, adsorptionsfiltre (syntetiske og naturlige filtermedier)
Fældning	Vandopløselighed af de fældede stoffer	Sandfiltre, forceret sedimentation, kemisk fældning
Filtrering	Afhænger af K_d (og evt. fældning)	Mikrofiltre, sandfiltre, (syntetiske og naturlige filtermedier)
Filtrering membran	Partikelstørrelse (og porestørrelse)	Keramiske filtre, skivefiltre, tromlefiltre, dobbelt porøs filtrering,
Fordampning	Damptryk	Våde regnvandsbassiner, kunstige og naturlige vandområder,
Flotation	Vægtfyldeforskel	Olieudskiller, slamflotation
Biologisk nedbrydning/oxidation	Aerob og anaerob omsætning (nedbrydningskonstant eller halveringstid)	Våde regnvandsbassiner, kunstige og naturlige vandområder,
Planteoptag	Afhænger af bioakkumuleringen K_{ow}	Naturlige vandområder, vejbede, regnbede
Fotolyse	Hastighed af lysnedbrydning (halveringstid)	Våde regnvandsbassiner, kunstige og naturlige vandområder

K_d Fordelingskoefficienten mellem to faser.

K_{ow} Fordelingskoefficient for octanol og vand = andelen af stoffkoncentrationen i octanol sammenholdt med stoffkoncentrationen i vandfasen.

K_{oc} Fordelingskoefficient for organisk stof og vand = andelen af stoffkoncentrationen knyttet til den organiske fase i forhold til den opløste fase ved ligevægt.

Oplysningerne om teknologier til regnvandsrensning, der er samlet i , omfatter en række potentielle teknologier og inkluderer en teknisk beskrivelse af teknologien, specielle betingelser for drift, hvilke forureningskomponenter der kan reduceres, og eventuelle begrænsninger for anvendelse af teknologien. Informationerne er væsentligst hentet fra Miljøstyrelsens rapport "Renseteknik – oversigt over ny miljøteknologi inden for spildevandshåndtering" og fra hjemmesiden www.separatvand.dk, som relaterer sig til projektet "Teknologier til håndtering og rensning af separat regnvand", finansieret af Miljøstyrelsen.

Tabel H 2 Oversigt over potentielle teknologier til behandling af regnvand

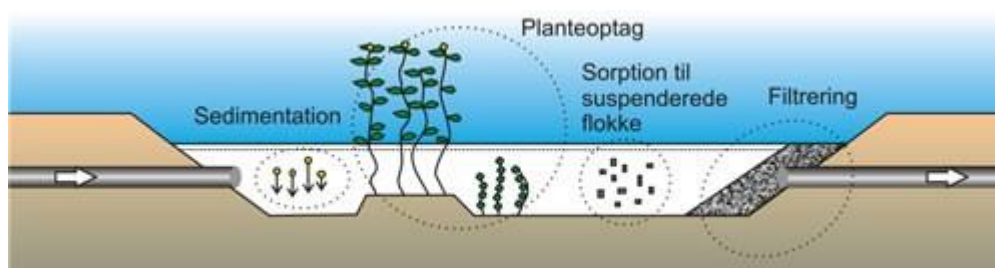
Teknologi	Teknisk beskrivelse	Specielle betingelser	Forureningskomponenter	Kommentarer
Våde regnvandsbassiner	Åbne regnvandsbassiner. Ved tørvejrssituationer 1-1,5 m dybe og typisk 2-2,5 m under regn	Håndtering af slammet skal inkluderes i vedligeholdelsen	Suspenderet stof og de stoffer, der adsorberer til SS	Der er begrænset viden om renseeffektiviteten for miljøfremmede stoffer
Tørre regnvandsbassiner	Bassiner bruges, hvor der er behov for at forsinke og nedsive større mængder regnvand eller begrænse og forsinke udløbet af regnvand til recipienter, så de store vandmængder ved regn ikke overbelaster recipienten.		Ingen væsentlig renseeffekt	
Kunstige/naturlige vådområder	Vandområder med vegetation og lille vanddybde (15-30 cm). Rensning ved filtreringseffekt, planteoptag, fordampning og fotolyse	Pladskrævende (2% af oplandsarealet), betydningsfuldt rekreativt element	Fjernelse af suspenderede stofkomponenter og i begrænset omfang opløste stoffer	Ukendskab til fjernelseseffektivitet for miljøfremmede stoffer
Vejbede	Filterjorden, som anvendes i vejbedene, kan have varierende sammensætning og dermed også varierende adsorptionsegenskaber. Opmagasineringsvolumen ved 3-års regnhændelse ca. 56 m ³ /1000 m ² vej	Vejbede er i dag hyppigt anvendt på veje med lav trafikbelastning (parcelhusområder)	Fjernelse af suspenderede stofkomponenter og i begrænset omfang opløste stoffer	Begrænset kendskab til effektiviteten over for tungmetaller og organiske miljøfremmede stoffer. Undersøgelser vedr. renseeffektivitet er i gang i projektet "Byer i Vandbalance"
Sorption/sorptionsfiltre	Sorptionsmaterialet kan være aktivt kul, bark, spåner, tørv, granuleret jernoxid, zeolit og bauxol (blandingsmineral)	Sårbar over for tilstopning	Fosfor, tungmetaller, organiske miljøfremmede stoffer	Kan kombineres med våde regnvandsbassiner
Opmagasineringsbassin	Forbedret bundfældning kan opnås med lamelseparator, hvirvelseparator, vandfordelingsindsats	Slamhåndteringen kan være vanskelig og dyr	Suspenderet stof og de stoffer, der adsorberer til SS	Begrænset viden om reduktion af miljøfremmede stoffer
Membranfiltrering	Filtrering gennem filterdug. Brug af koagulerings- og flokkuleringsmidler kan forbedre renseeffekten. Porestørrelse i keramiske filtre typisk 1 µm. Skivefiltre ned til 5 µm	Varierende behov for returskylning for at forhindre tilstopning. Behov for udligning/sedimentation inden membranfiltrering	Ved behandling med metalsalte og polymer forbedres fjernelsesgraden for SS, COD og P betydeligt. Membranfiltrering kan også reducere indikatorbakterier (<i>E. coli</i>) – typisk til 1/10.	Erfaringer med laboratorieforsøg med keramiske filtre viser god reduktion for BOD og COD (55-80%). NPE, phthalater, PAH reduceres til under detektionsgrænsen. SS reduktionen kan forbedres ved tilsætning af polymerer og derved opnås 75-85% reduktion.
Filtermedier (f.eks. sand, zeolit, filterjord)	Filtrering gennem et eller flere lag sand. Kan enten drives diskontinuerligt med periodevis returskylning eller kontinuerligt med løbende vask af sandmassen (dynamiske filtre). Brug af koagulering og flokkulering kan forbedre renseeffekten	Energiforbruget kan være en væsentlig driftsomkostning ved filtrering og returskylning	Ved behandling med metalsalte og polymer forbedres fjernelsesgraden for SS, COD og P betydeligt. Tungmetaller og organiske miljøfremmede stoffer adsorberet til suspenderet stof reduceres	Begrænset kendskab til effektiviteten over for tungmetaller og organiske miljøfremmede stoffer

Teknologi	Teknisk beskrivelse	Specielle betingelser	Forureningskomponenter	Kommentarer
Forceret sedimentation (Actiflo og DensaDeg-proces)	Kemisk bundfældningsproces, hvor bundfældningsprocessen er stærkt forbedret ved tilsætning af mikrosand	Kræver regelmæssig tilsyn/overvågning. Kompakt anlæg	Typiske reduktionsgrader: 80-95% for SS, 65-90% for COD og 50-95% for total fosfor	Begrænset kendskab til effektiviteten over for tungmetaller og organiske miljøfremmede stoffer, men forventes at være mere effektiv end sandfiltrering
Kemisk fældning med bundfældning	Kemisk fældning med bundfældning er pladskrævende og kræver udstyr til slamhåndtering	Kræver regelmæssig tilsyn/overvågning. Slamhåndteringen skal inkluderes ved planlægning og etablering. Kræver regelmæssig tilsyn/overvågning	Partikler ned til kolloidstørrelse fjernes. Herved reduceres partikulært COD, N og P og i nogen grad kolloidt stof. I begrænset omfang fjernelse af opløst stof. Vidtgående reduktion af opløst fosfor	Effektive tekniske løsninger på slamhåndteringen er begrænsede

H.1 Våde regnvandsbassiner

Aarhus Kommune, Naturforvaltningen er én kommune blandt mange, der har udgivet en vejledning vedrørende "Regnvandsbassiner og vandløb" /25/, og heri er beskrevet, hvordan et vådt regnvandsbassin skal udformes. "Det har struktur og udformning som en lavvandet sø i tørvejr, mens vandstanden stiger under regn. Vandspejlet varierer således fra ca. 0,8 m til 2 m under regn". Bassinerne virker som bundfældningsbassiner for partikler (grus, sand, ler). Derudover kan der ske optag af opløst stof i bakterier, alger og i planter. Kolloider vil kunne adsorberes til planter. Regnvandsbassiner kan forbedre den rekreative værdi af et område.

Ulempen ved regnvandsbassiner er, at uden for vækstsæsonen optager planterne ikke opløste stoffer, og i vinterperioden frigives der nogle af de optagede stoffer fra døde planter. Erfaringer fra drift af våde regnvandsbassiner er beskrevet i EU projektet Life Treasure. På projektets hjemmeside (www.life-treasure.com) kan hentes flere oplysninger om udformning og driftsresultater.



Figur H 1: Vådt regnvandsbassin med en opbygning svarende til anlæggene i Life-Treasure.

På hjemmesiden www.separatvand.dk findes et program WDP (Wet Detention Pond), der beregner stoffjernelse i våde regnvandsbassiner ud fra historiske regnserier. Modellen er udarbejdet af Jes Vollertsen, Aalborg Universitet som et led i projektet "Teknologier til håndtering og rensning af separat vand" under programmet "Tilskudsordning til miljøeffektiv teknologi". Programmet og manualen til programmet kan downloades gratis. Indledningsvist indtastes bassingeometri og størrelse samt forudsætninger vedrørende fordampning, udsivning, vandføring m.m. Det er muligt selv at definere stofparametre og fjernelsesgrader.

H.2 Tørre regnvandsbassiner

Et tørt bassin er et bassin, hvor regnvandet har plads til at opholde sig, inden det siver ned i jorden og/eller ledes til andre LAR-anlæg. Der er normalt vand i et tørt bassin i 2-3 dage efter et regnvejr. Herefter er bassinet tømt for vand og kan indgå i den normale brug af området indtil næste regnvejr. Ved begrænset plads kan et tørt bassin også etableres som et underjordisk, lukket bassin udformet som en tank eller rør. De tørre regnvandsbassiner har en relativt ringe renseseffekt i forhold til våde bassiner. Københavns kommune har fået udarbejdet en rapport om tørre bassiner, hvori der er en generel beskrivelse af tørre bassiner, anlægsdele, dimensionering, drift og vedligehold samt økonomi /28/.

H.3 Kunstige/naturlige vådområder

Vådområder har nogle af de samme fordele og ulemper som våde regnvandsbassiner, men de har en lavere vanddybde. Ligesom våde regnvandsbassiner kræver vådområder god plads, og derfor kan de bidrage til at forbedre de landskabsmæssige kvaliteter for et område.

H.4 Vejbede

Til rensning af vejvand - typisk fra parcelhusveje – anvendes i dag hyppigt vejbede og efterfølgende nedsivning. Rensningen sker ved et sammenspil mellem planter og jordblandingen i vejbedet. Jordmatricen sikrer tilbageholdelse og en biologisk omsætning af forurenende stoffer i vejvandet.

Bedene består ud over planterne og filterjorden af faskinekassetter og en betonkantsten. Fra faskinen nedsiver regnvandet langsomt til grundvand. Når et vejbed er fyldt op med regnvand, kan vandet strømme videre til spildevandskloakken. Bedene er typisk plantet til med græsser, mindre buske og stauder, som kan stå i vand i kortere perioder og samtidig tåle lange tørre perioder.



Figur H 2: Vejbed på villavej

H.5 Sorption/sorptionsfiltre

Sorptionsfiltre kendes fra aktiv kulfiltrering, men der eksisterer også andre og billigere sorptionsmaterialer, som f.eks. bark, spåner eller granuleret jernoxid, der kan sorbere såvel fosfor som tungmetaller og organiske miljøfremmede stoffer. Filtrene er hyppigt sårbare over for tilstopning, og erfaringerne i forhold til behandling af regnvand er begrænsede, når det gælder andre parametre end suspenderet stof.

H.6 Opmagasinerings- og udligningsbassiner

Opmagasinerings- og udligningsbassiner kan være betonkonstruktioner, hvori der kan ske en bundfældning af suspenderet stof. Bundfældningen kan forbedres/fremmes ved at inkludere lamel- eller hvirvelseparatorer i konstruktionen. Ulempen ved opmagasineringsbassiner er, at slamhåndteringen kan være vanskelig og dermed omkostningstung.

Opmagasinerings af regnvand med forsinket udledning til vandløb eller nedsivning kan også ske i lavninger i terrænet eller i konstruerede bassiner og kanaler, som tillige kan anvendes til rekreative formål.

H.7 Membranfiltrering (mikrofiltrering, skivefiltre, keramiske filtre)

I skivefiltre tilbageholdes forurenende stoffer på indersiden af filterpanelerne, der er monteret på hver side af skiverne /26/. Regnvandet, der skal filtreres i et skivefilter, strømmer ved gravitation ud i den centrale tromle og derfra ud i skiverne. Typisk er porestørrelsen i membranerne i skivefiltre 5-100 µm.

Keramiske membraner er karakteriseret ved at have en høj porøsitet og en hydrofil overflade, hvilket giver dem gode egenskaber i forhold til vandgennemtrængning og bevirker, at der kan

behandles store vandmængder med et relativt lille filterareal. De keramiske membraner er desuden slidstærke, hvilket kan være fordelagtigt ved behandling af regnvand, hvor - specielt i vejvand - det partikulære materiale primært er uorganisk og dermed kan resultere i et markant slid på filteroverfladen. De keramiske filtermoduler er kompakte, og på ganske lidt plads kan der installeres relativt store filterarealer. Ved coating kan de keramiske membraner desuden tilpasses til separation af partikler og/eller kolloide partikler samt makromolekyler af forskellig størrelse.

H.8 Sandfiltrering

Sandfiltrering er en velkendt og velafprøvet teknologi, der fjerner en væsentlig del af partikulært og kolloid stof gennem ét eller flere lag sand. Sandfiltrering anvendes hyppigt til efterpolering af rensat spildevand, men kan eventuelt også anvendes til eftersedimentation. Sandfiltre kan drives med og uden tilsætning af fældningskemikalier. Med fældningskemikalier opnås en forbedret fjernelse af suspenderet materiale. Anlæg til sandfiltrering kan både konstrueres nedgravede og som beholderanlæg, der står oven på jorden.

H.9 Forceret sedimentation

Ved tilsætning af mikrosand kan bundfældningen af suspenderet stof effektiviseres. I Ørestad renses kanalvandet i et actiflo-anlæg, hvor princippet er, at der sker en fosforreduktion ved tilsætning af uorganiske (koaguleringsmidler) og organiske (polymerer) hjælpekemikalier. Den efterfølgende bundfældning accelereres ved hjælp af mikrosand.

H.10 Kemisk fældning med bundfældning

Fældningsanlæg med tilsætning af aluminiums- eller jernbaserede metalsalte er kendt fra anlæg til drikkevandsbehandling. Ved behandling af regnvand og tilsætning af fældningskemikalier i tilløb til en bundfældningstank er det muligt at reducere vandets indhold af suspenderet stof, opløst COD og fosfor. Anlæg af denne type er pladskrævende, og slamhåndteringen kan både være dyr og arbejdskraftkrævende. Stivelsesbaserede flokkuleringsmidler, som er bionedbrydelige, kan være et alternativ til de traditionelle flokkuleringsmidler. Herved reduceres en eventuel miljøbelastning fra hjælpekemikalier.

H.11 Sammenfatning

Fjernelsesgraden for regnvandsparametrene inkluderet i dette projekt varierer afhængigt af stofegenskaber og renseprocessen. For kobber og zink gælder, at ca. 60% af den samlede stofmængde i regnvandet, kan forventes at være bundet til partikler, som er mindre end 100 µm. Dermed vil sedimentationsteknologierne - eventuelt suppleret af filtreringsteknologier - være effektive til at fjerne den partikulært bundne fraktion af zink og kobber.

For PAH'er som phenanthren, flouranthren, og benzo(b,j,k)flouranthren gælder, at log K_{ow} ligger i intervallet fra 3,6 til 8,4, og dermed kan stofferne forventes fjernet i teknologier, hvor adsorption er den væsentligste fjernelsesmekanisme, idet det generelt gælder, at stoffer med Log K_{ow} større end 4 har gode adsorptionsegenskaber. Derudover vil filtreringsteknologier også være effektive over for PAH.

DEHP har lav opløselighed (0,047-0,34) og høj Log K_{ow} (større end 6), og dermed kan teknologier, der inkluderer fældning og filtrering, forventes at være effektive. Bisphenol A er letopløselig (120 mg/l) og har en lav Log K_{ow} (3,3). Ud fra stoffets fysiske og kemiske egenskaber forventes bisphenol A vanskeligt at reducere med de her præsenterede teknologier.