

## Brug af regnvand opsamlet fra tage og befæstede arealer

## Brug af regnvand opsamlet fra tage og befæstede arealer

Udpegning af relevante måleparametre

Anne Ledin, Karina P. S. Auffarth, Rasmus Boe-Hansen,  
Eva Eriksson, Hans-Jørgen Albrechtsen, Anders Baun og  
Åeter Steen Mikkelsen  
Danmarks Tekniske Universitet, Miljø og Ressourcer

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

# Indholdsfortegnelse

<b>FORORD</b>	<b>5</b>
<b>SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER</b>	<b>7</b>
<b>SUMMARY AND CONCLUSIONS</b>	<b>9</b>
<b>1 INDLEDNING</b>	<b>11</b>
1.1 BAGGRUND	11
1.2 FORMÅL OG FREMGANGSMÅDE	13
<b>2 KARAKTERISTIK AF OPSAMLET REGNVAND</b>	<b>15</b>
2.1 INTRODUKTION	15
2.2 GENEREL KARAKTERISTIK	15
2.3 FYSISKE PARAMETRE	16
2.4 KEMISKE PARAMETRE	17
2.5 METALLER OG OVERGANGSELEMENTER	18
2.6 MILJØFREMMEDE ORGANISKE STOFFER	20
2.7 TOKSICITET	23
2.8 MIKROORGANISMER	24
2.9 DISKUSSION	26
<b>3 IDENTIFIKATION AF STOFFER OG MIKROORGANISMER, DER POTENTIELT KAN FOREKOMME I REGNVAND</b>	<b>29</b>
3.1 INTRODUKTION	29
3.2 METODE TIL IDENTIFIKATION	29
3.3 KEMISKE STOFFER	31
3.3.1 <i>Metaller</i>	31
3.3.2 <i>Pesticider/biocider</i>	32
3.3.3 <i>Alifatiske aminer</i>	32
3.3.4 <i>Aromatiske kulbrinter</i>	33
3.3.5 <i>Halogenerede alifater</i>	33
3.3.6 <i>Halogenerede aromatiske kulbrinter</i>	33
3.3.7 <i>Polychlorede bi-phenyler (PCB'er)</i>	33
3.3.8 <i>Chlorphenyler</i>	34
3.3.9 <i>Phenoler</i>	34
3.3.10 <i>Polyaromatiske hydrocarboner (PAH'er)</i>	34
3.3.11 <i>Phosphor-tri-ester</i>	34
3.3.12 <i>Blødgørere</i>	34
3.3.13 <i>Ætere</i>	35
3.3.14 <i>Organotinforbindelser</i>	35
3.3.15 <i>Dioxiner og furaner</i>	35
3.3.16 <i>Andre</i>	35
3.4 MIKROORGANISMER	35
3.5 DISKUSSION	37
<b>4 VALG AF RELEVANTE MÅLEPARAMETRE</b>	<b>39</b>
4.1 KRITERIER FOR OPSTILLING MÅLEPROGRAM	39

4.1.1	<i>Kriterier for valg af fysiske og kemiske parametre</i>	41
4.1.2	<i>Kriterier for valg af mikrobielle parametre</i>	42
4.2	BASISPARAMETRE	43
4.3	TEKNISKE OG ÆSTETISKE PROBLEMER	43
4.4	SUNDHEDSMÆSSIGE PROBLEMER	45
4.4.1	<i>Kemiske stoffer</i>	45
4.4.2	<i>Mikroorganismer</i>	50
4.5	DISKUSSION	54
<b>5</b>	<b>KONKLUSION</b>	<b>55</b>
	<b>REFERENCER</b>	<b>59</b>

Bilag A. Søgeprofil for litteraturstudium

Bilag B. Karakteristik af opsamlet regnvand (tabeller)

Bilag C. Potentielt problematiske kemiske stoffer

Bilag D. Vurdering af potentielt problematiske parametre

Bilag E. Måleprogram

# Forord

Der har i de senere år været en stigende interesse for at spare på drikkevandet bl.a. som følge af grønne afgifter og øget miljøbevidsthed i befolkningen. I den forbindelse kan opsamling og brug af regnvand til f.eks. toiletskyl og tøjvask være et muligt supplement til almindeligt drikkevand. Det må således forventes, at antallet af forespørgsler til Miljøstyrelsen vedrørende opstilling og drift af regnvandsanlæg vil være stigende. Miljøstyrelsen har derfor iværksat en række projekter, der skal kortlægge potentiale og risiko ved opsamling og brug af regnvand.

Formålet med nærværende undersøgelse er at opstille et bruttomåleprogram til at karakterisere kvaliteten af regnvand opsamlet fra tage og befæstede arealer med henblik på anvendelse i private huse. Undersøgelsen er baseret på et studie af den internationale litteratur indenfor området og blev udført af en arbejdsgruppe på Miljø & Ressourcer DTU (M&R DTU) ved Danmarks Tekniske Universitet bestående af:

Anna Ledin, Lektor, Ph.D. Projektleder.  
Karina P.S. Auffarth, Forskningsassistent, M.Sc.  
Rasmus Boe-Hansen, Forskningsadjunkt, Ph.D.  
Eva Eriksson, Ph.D-studerende, M.Sc.  
Anders Baun, Lektor, Ph.D.  
Hans-Jørgen Albrechtsen, Lektor, Ph.D.  
Peter Steen Mikkelsen, Lektor, Ph.D.

Projektet er udført i perioden maj - november 2001. I løbet af projektperioden har der været afholdt tre følgegruppemøder. Følgegruppen bestod af følgende personer:

Linda Bagge, Miljøstyrelsen  
Mogens Kaasgaard, Miljøstyrelsen  
Jesper Kjølholt, COWI A/S  
Karsten Arnbjerg-Nielsen, COWI A/S  
Kresten Ole Kusk, M&R DTU

Projektet er finansieret af Miljøstyrelsen og Danmarks Tekniske Universitet.



# Sammenfatning og konklusioner

Opsamling og anvendelse af regnvand i husholdninger kan give anledning til en række problemer. Det er af afgørende betydning at eventuelle kemiske/biologiske farer samt teknisk/æstetiske problemer for håndtering og brug af afstrømmet regnvand identificeres. I denne rapport undersøges tre forskellige scenarier for brug af opsamlet regnvand (tøjvask, toiletskyl, vinduevask og bilvask) med det formål at udpege potentielle sundhedsmæssig risiko samt tekniske og æstetiske problemer.

En gennemgang af den internationale litteratur viste at 63 metaller, 640 miljøfremmede organiske stoffer, 33 mikrobielle parametre og 119 generelle fysiske/kemiske parametre er enten: A) konstateret i opsamlet regnvand eller B) kan potentielt tilføres regnvand inden brug. Stofferne blev gennemgået med henblik på om de potentielt kan medføre en sundhedsrisiko eller om der er andre problemer ved brug af opsamlet regnvand. Sundhedsrisikoen for de enkelte stoffer blev opdelt afhængigt af om de enkelte stoffer kunne forårsage sygdom, kræft, allergi eller om de var mutagene og/eller reproduktionstoksiske (hvilket kunne indikere kræftisiko). For de tekniske problemer blev der primært fokuseret på udfældning og korrosion. Endelig blev misfarvning og lugtgener inkluderet som æstetiske faktorer. Gennemgangen viste, at ni specifikke sygdomsfremkaldende mikroorganismer blev udpeget som potentielt problematiske ved brug af opsamlet regnvand. 153 metaller og miljøfremmede organiske stoffer blev vurderet som potentielt problematiske idet stofferne kan forekomme i regnvand samtidig med at de har en uønsket effekt, nemlig reproduktionstoksicitet, mutagenitet eller en potentielt allergi- og kræftfremkaldende virkning.

En geokemisk modellering viste at der i forbindelse med tøjvask var mulighed for overmætning med en række metalsalte, hvilket kunne medføre udfældninger, tilstopninger, opkoncentrering samt misfarvning af vasketøj.

Projektets metode var anvendelig til at identificere ricici ved brug af opsamlet regnvand. Metoden kan nemt udvides til også at inkludere andre brugsformål som f.eks. havevanding eller nedsivning i jorden. I sådanne tilfælde bør fareidentifikationen inkludere miljøeffekter. Derudover vil det være hensigtsmæssigt at udvide metoden med en vurdering af sandsynligheden for om en fare eller et problem opstår dvs. udvide metoden til at omfatte både farlighedsvurdering og risikokarakterisering.





# Summary and conclusions

Identification of chemical and biological hazards as well as technical and esthetical problems are critical issues, that have to be dealt with when developing sustainable solutions for management and reuse of water, both wastewater and urban runoff. In the present study, three different possibilities for use of collected rainwater (laundry, toilet flushing and vehicle and window washing) were evaluated individually, with respect to different types of human health hazards and technical and esthetical problems.

A literature survey revealed that a total of 63 metals, 640 xenobiotic organic compounds, 33 microbiological parameters and 119 general physical and chemical parameters have either been identified or could potentially be released to the rainwater before collection. These pollutants were evaluated to determine their possible impact on health or any esthetical and technical problem during use. The hazards regarding human exposure taken into consideration were infectious diseases, cancer, allergic reactions, mutagenic changes and effects on reproduction. The technical problems considered were precipitation and corrosion, and compounds causing discoloring and odours were included due to potential esthetical problems. The evaluation showed that nine specific pathogenic microorganisms might cause infectious diseases due to use of collected rainwater. A relatively large number of metals and xenobiotic organic compounds (153) were found to be able to give allergic reactions, cancer, mutagenic changes and/or effects on reproduction. Geochemical modeling showed that there is possibility for oversaturation with a number of metal salts, which could cause both precipitation and clogging as well as discoloring of clothes.

The study showed that the approach developed during the project is promising regarding identification of hazards related to the use of collected rainwater. The method could easily be extended to include other possible uses of the water, e.g. garden irrigation or infiltration into the ground. The hazard identification should in those cases also consider environmental aspects. Introducing the probability for a hazard or a problem to occur, i.e. extending the method to include both a hazard evaluation and risk characterisation, could also extend the approach.



# 1 Indledning

## 1.1 Baggrund

Der er stigende interesse i det danske samfund, såvel som i andre dele af verden, for at opsamle regnvand til forskellige formål, for på denne måde at spare på drikkevandsressourcen. Der er p.t. kun etableret få anlæg her i Danmark, men i Tyskland og Holland er regnvandsanlæg meget mere udbredte. Et enkelt firma har således gennem de sidste 10 år installeret mere end 100.000 tanke til decentrale regnvandsanlæg med en samlet opbevaringskapacitet på mere end 600.000 m<sup>3</sup> (Herrmann & Schmida, 1999). Derudover har der altid været en tradition for at opsamle og anvende regnvand i egne med begrænset nedbør, som f.eks. i Sydeuropa og Australien.

Ud over at spare på drikkevandsressourcen, findes der en række argumenter for opsamling og brug af regnvand. Opsamlingen af regnvand reducerer belastningen af rensningsanlæggene, især ved kraftig regn. Dette er en fordel, da mange rensningsanlæg ikke er dimensioneret til at kunne håndtere de store vandvolumener som skal passere efter et kraftigt regnvejr, hvilket resulterer i overløb af urensset regn- og spildevand til recipienten. Regnvand er også blødere end det grundvand, som normalt bruges som vandforsyningsvand i Danmark, og derfor kan brugen af detergenter i vaskemidler reduceres, f.eks. ved tøjvask. Desuden er brug af regnvand i tråd med interessen for en "grøn" eller "bæredygtig" livsstil, hvor et af målene er at reducere forbruget af grundvand, energi og kemikalier.

I husholdningerne kan det opsamlede regnvand tænkes anvendt til toiletskyl, tøjvask, vask af vinduer og biler samt til havevanding. Brug i 'det offentlige rum' er også blevet diskuteret, f.eks. i springvand og til vanding af græsplæner og golfbaner.

I langt de fleste tilfælde opsamles regnvandet fra tage, hvor der umiddelbart er et stort ressourcemæssigt potentiale. Det er imidlertid ikke alle tagtyper, der kan benyttes til at opsamle brugbart regnvand, og desuden betyder opbevaringstankens begrænsede kapacitet, at kun en del af større regnskyl kan udnyttes. Tages disse begrænsninger i betragtning er den udnyttelige regnvandsressource for husholdningerne beregnet til at udgøre ca. 64,3 mio. m<sup>3</sup> per år, hvis alle huse i Danmark med anvendelige tage opsamler regnvand til toiletskyl og tøjvask. Dette svarer til 22% af husholdningernes vandforbrug, men kun til 6,8% af den totale drikkevandsproduktion (Albrechtsen et al., 1998). Regnvandsopsamling og -anvendelse giver således en relativ beskedent besparelse i forhold til den samlede drikkevandsproduktion. Denne besparelse er lille sammenholdt med den betragtelige investering, der ville være tale om, hvis alle huse skulle udstyres med regnvandsanlæg. Lokalt kan der imidlertid være forhold, som gør det hensigtsmæssigt at opsamle regnvand, f.eks. i områder hvor vandforbruget overstiger den naturlige grundvandsproduktion (f.eks. i det østlige Danmark). Desuden vil der antageligt kunne opnås fordele ved at etablere større anlæg, hvor opsamling af regnvand fra befæstede arealer som f.eks. parkeringspladser og veje kan komme på tale.

De fleste regnvandsanlæg er simpelt opbygget: Regnvandet opsamles fra en opsamlingsflade (tag eller befæstet areal) og ledes til en opbevaringstank. Denne tank er placeret frostfrit, enten i husets kælder eller nedgravet. Regnvandet pumpes fra tanken til forbrugsstedet via et svømmende sugefilter, hvorved der hverken suges fra bundlag eller flydelag. Udover sugefiltret er mange anlæg også udstyret med et filter ved indløbet. Endelig kan opbevaringstanken som regel efterfyldes med vandværksvand i tørre perioder.

Der indgår normalt hverken en egentlig rensning eller desinfektion af vandet, og det opsamlede regnvand kan således indeholde et stort antal forskellige kemiske stoffer og mikroorganismer, der kan give en række problemer ved anvendelse af regnvand. Problemerne kan være af sundhedsmæssig karakter, hvor mennesker bliver eksponeret for de mikroorganismer (bakterier, vira, parasitter) som findes i vandet. Kemiske forbindelser kan også forårsage sundhedsmæssige problemer f.eks. allergi eller cancer. Partikler og udfældninger kan give tekniske problemer som f.eks. tilstopning, og visse kemiske forbindelser kan være årsag til korrosion i anlæggene. Æstetiske problemer såsom misfarvning af tøj ved maskinvask eller udfældninger i toiletkummen kan også opstå.

Set i lyset af de potentielle problemer ved brug af regnvand er der behov for at gennemføre en god og veldefineret karakterisering af regnvand opsamlet fra tage og befæstede arealer. Denne karakterisering kan efterfølgende anvendes til en videregående vurdering af fordele og ulemper ved opsamling og brug af regnvand i husholdninger.



Figur 1.1 Opsamling og brug af regnvand.

## 1.2 Formål og fremgangsmåde

Projektets formål er at definere et måleprogram til at karakterise kvaliteten af afstrømning fra tage og befæstede arealer, med henblik på opsamling og anvendelse som sekundavand til maskinvask, toiletskyl og vask af vinduer og biler (se figur 1.1).

I denne rapport anvendes begrebet parameter som betegnelse for de målestørrelser, der anvendes til karakterisering af vand.

Med henblik på at identificere de måleparametre som bør indgå i måleprogrammet, har projektet været opdelt i tre faser:

- 1) *Karakteristik af opsamlet regnvand.* Den eksisterende viden om forekomst og koncentrationer af forureningskomponenter i opsamlet regnvand blev kortlagt med udgangspunkt i et litteraturstudie.
- 2) *Identifikation af stoffer og mikroorganismer, der potentielt kan forekomme i opsamlet regnvand.* Forureningskomponenter, der potentielt kan optræde i opsamlet regnvand blev udpeget med udgangspunkt i et litteraturstudie.
- 3) *Valg af relevante måleparametre.* Forureningskomponenter, der kunne forårsage forskellige sundhedsmæssige, tekniske eller æstetiske problemer blev udpeget.

Syntesen af de tre faser blev udmøntet i et forslag til et måleprogram for opsamlet regnvand.

Projektet har haft til formål at identificere de parametre, der bedst beskriver opsamlet regnvand i forhold til nogle få begrænsede anvendelsesmuligheder; toiletskyl, maskinvask og vask af vinduer og biler (figur 1.1). Det betyder, at aspekter som omhandler risici for forurening af miljøet (jord, grundvand og recipienter) ikke er inkluderet i de scenarier, der ligger til grund for opstillingen af måleprogrammet. Det forudsættes endvidere, at vandet ikke skal drikkes, bruges til vanding eller skylning af grønsager. Projektet har ikke analyseret muligheden for rensning af det opsamlede regnvand eller problemstillinger som vedrører arbejdsmiljø i forbindelse med driften af opsamlingsanlæggene.



## 2 Karakteristik af opsamlet regnvand

### 2.1 Introduktion

Dette kapitel beskriver de parametre, der tidligere er undersøgt samt de fundne koncentrationsniveauer. Desuden er der samlet information vedrørende antallet af målinger og karakteren af det befæstede areal som det undersøgte vand er opsamlet fra (f.eks. tag, parkeringsplads m.m.).

Artikler, rapporter etc. om karakteristik af regnvand i et bredt perspektiv, der er publiceret i den åbne litteratur for perioden 1980-2001 er blevet gennemgået. Dette betyder, at data om forureningskomponenter i vand opsamlet fra forskellige arealer såsom tage, veje, parkeringspladser, fortove, lufthavne eller pladser er inkluderet. Undersøgelser, hvor recipienten har været i fokus, er ikke medtaget, på grund af den mulige fortynding fra basisvandføringen samt påvirkning med andre stoffer f.eks. som følge af spildevandsudløb og overløb af urensset spildevand fra fælleskloakerede systemer.

Metoden har været en grundig søgning i åben national og international litteratur. Den centrale litteratur er blevet fundet via kendte databaser suppleret med andet relevant materiale i form af rapporter og konferenceindlæg. Størstedelen af undersøgelserne stammer fra Europa og Nordamerika, med nogle få bidrag fra Asien (f.eks. Japan) og Oceanien. Der er kun fundet enkelte undersøgelser fra den øvrige del af verden. En oversigt over de søgte databaser kan findes i bilag A.

De fundne data er så vidt muligt opdelt som i "Nationalt program for overvågning af vandmiljøet 1998-2003; NOVA 2003". Tabeller med alle måleparametre, de fundne koncentrationsintervaller, antal undersøgte lokaliteter samt referencer er præsenteret i bilag B. Det bemærkes, at der i enkelte tilfælde optræder flere forskellige lokaliteter, der er sammenfattet under én undersøgelse, f.eks. har Cole et al. (1984) sammenfattet resultaterne fra NURP (Nationwide Runoff Program, US EPA) som er en sammenstilling af data fra 51 forskellige oplande spredt over forskellige amerikanske stater.

Mangelfulde oplysninger om typen af overflade, hvorfra regnvandet opsamles, har gjort det vanskeligt at kategorisere informationer omkring typen af befæstet areal. I ca. en tredjedel af publikationerne angives kun oplysninger af typen "urban afstrømning", "industriområde", "beboelsesområde". De fundne litteraturværdier opgives derfor i denne rapport kun som et samlet koncentrationsinterval, og der skelnes altså generelt ikke mellem de forskellige typer af befæstede arealer.

### 2.2 Generel karakteristik

I litteraturen om regnafstrømning - både i den hér gennemgæede og i litteratur om udledninger til recipienter fra afløbssystemer er der en generel erkendelse af, at stofkoncentrationer varierer overordentligt meget. En "first flush" effekt betyder, at stofkoncentrationerne alt andet lige er størst i begyndelsen af en



regnhændelse. Dette kan skyldes, at nogle forureningskomponenter akkumuleres i atmosfæren eller på overflader i tørvejr, hvorefter de udvaskes under regn med høje koncentrationer i starten, som derefter falder, efterhånden som kilden udtømmes. Fænomenet er velkendt for små overflader, mens det er mere kompliceret for større områder, hvor tidsforskydning af afstrømning fra flere små overflader samt sedimentation, resuspension og afrivning i rørsystemerne kan udjævne effekten meget (se f.eks. Arnbjerg-Nielsen et al., 2000). Den modsatte effekt med lave koncentrationer i starten af en regnhændelse er også observeret, hvilket kan skyldes langsom frigivelse af stoffer fra f.eks. tagmateriale. Dette viser, hvor stor forskel der kan være på det tidsmæssige forløb af koncentrationer mellem afstrømningshændelser målt på samme lokalitet.

Ligesom stofkoncentrationerne varierer i løbet af en regnhændelse, er der også variation mellem regnhændelser, og fra det ene sted til det andet. Da der ikke har været stor succes med at forklare disse variationer på en holdbar måde, er der tradition for i stedet at beskrive variationerne statistisk. For den enkelte afstrømningshændelse beregnes en såkaldt hændelsesmiddelkoncentration (HMK, eller på engelsk EMC), der er en vægtet gennemsnitskoncentration svarende til koncentrationen i en flowproportional prøve.

### 2.3 Fysiske parametre

De fysiske og kemiske parametre, der bedst beskriver den overordnede kvalitet af det opsamlet regnvand, er præsenteret i tabel 2.1.

Tabel 2.1. Fysiske parametre for opsamlet regnvand.

Parameter	Interval
SS (Suspendert Stof) (mg/L)	0,5 - 5.700
Ledningsevne ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	0 - 110.000
Farve (mg/L eller Pt)	66 - 279
Turbiditet (NTU)	1,5 - 400
Temperatur ( $^{\circ}\text{C}$ )	1 - 31

De fysiske parametre er inddelt i tre kategorier: Partikkelkarakterisering, ionindhold og andet (bilag B, tabel B1). Der er generelt store variationer i såvel ionindhold som forekomsten af partikler. Det bemærkes f.eks., at ledningsevnen varierer fra 0 til 110.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , hvor den nedre grænse svarer til destilleret vand, mens den øvre grænse svarer til afstrømning fra vej i vintertid efter vejsaltning.

I litteraturen er der observeret værdier for mængden af total opløst stof (TDS) i intervallet 13 - 81.700 mg/L. Dette interval svarer til forskellen mellem fersk- (TDS < 1000 mg/L) og saltvand (TDS omkring 35.000 mg/L). Også farvetallet og turbiditeten for det opsamlede regnvand varierer meget (tabel 2.1).

Indholdet af partikler i vandet kan karakteriseres ved koncentration, størrelsesfordeling og kemisk sammensætning. Det skal understreges, at koncentrationen af partiklerne er blevet målt med forskellige metoder, hvilket betyder at resultaterne ikke kan sammenlignes direkte. Den vigtigste forskel på de forskellige metoder er afskæringsværdien for skelnen mellem fast og opløst fraktion. Oftest bruges en afskæringsværdi på 0,45  $\mu\text{m}$ , men også andre størrelser anvendes f.eks. 0,22  $\mu\text{m}$  og 1  $\mu\text{m}$ . Det bemærkes at TSS (total suspendert stof) inkluderer partikler og opløste ioner, mens TDS (total opløst stof) inkluderer partikler, der er mindre end afskæringsværdien (svarende til porestørrelsen for filteret) samt opløste ioner.

Bestemmelse af den kemiske sammensætning af vandets partikulære fraktion er en tredje måde at karakterisere partikler på. Det er ikke fundet information vedrørende f.eks. mineralogisk sammensætning, men densiteten (1,4-2,6 g/cm<sup>3</sup>) af partiklerne er blevet målt i et enkelt studium (bilag B, tabel B1).

## 2.4 Kemiske parametre

De kemiske parametre er blevet opdelt i 5 grupper: Generel vandkemi, pufferkapacitet, iltforbrug, næringsstoffer, samt sumparametre for organisk materiale (bilag B, tabel B2). Et udvalg af disse parametre er præsenteret i tabel 2.2.

Tabel 2.2. Kemiske parametre for opsamlet regnvand (koncentrationer i mg/L medmindre andet er angivet).

Parameter	Interval (mg/L)
<i>Generel vandkemi</i>	
Klorid	0,7 - 46.000
Opløst ilt	0,0 - 14,8
Hårdhed (CaCO <sub>3</sub> )	1,5 - 880
pH (-)	3,8 - 9,8
Sulfat (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	0,04 - 680
Sulfider (S <sup>2-</sup> )	0,0 - 15,0
<i>Pufferkapacitet</i>	
Alkalinitet (CaCO <sub>3</sub> ) (meq/L)	11 - 520
<i>Sumparametre for organisk materiale</i>	
Olie & fedt	<0,1 - 161
TOC	<0,7 - 390
DOC	0,3 - 331
<i>Iltforbrug</i>	
BOD	1 - 6.700
COD	2 - 270.000
<i>Næringsstoffer</i>	
ΣNH <sub>3</sub> & NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	0,001 - 19
ΣNO <sub>3</sub> <sup>-</sup> & NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> -N	0,01 - 23
ΣN <sub>tot</sub>	0,2 - 40
TKN -N	<0,02 - 400
ΣPO <sub>4</sub> -P	<0,01 - 7,4
ΣP <sub>tot</sub>	<0,001 - 13

Kloridindholdet varierer meget, men de ekstremt høje værdier skyldes vejsaltning, der som tidligere nævnt også var årsag til de høje værdier for ionstyrke og ledningsevne. Fluorid er kun målt i en enkelte undersøgelse i intervallet 0,1-0,2 mg/L.

Koncentrationen af opløst ilt varierer fra under detektionsgrænsen (anaerobe forhold) op til 14,8 mg/L. De anaerobe forhold viser, at iltforbruget under opbevaring kan overstige geniltningshastigheden. At der rent faktisk kan forekomme anaerobe forhold understreges af, at der er observeret relativt høje koncentrationer af sulfid i vandet (op til 15 mg/L).

pH-værdierne ligger i intervallet 3,8-9,8, hvor maksimalværdierne er fundet i uspecificeret afstrømmende regnvand (Bartkowska og Królikowski, 1996), mens minimumsværdierne stammer fra vand, opsamlet fra tjærede tage (Quek og Förster, 1993). pH-værdien for regnvand ligger normalt i intervallet 3,4-7,5 (Quek og Förster, 1993; Carratala og Bellot, 1998; Yuan et al., 1997; Logan et al., 1982; Harned, 1988), men kontakt med nogle materialer (f.eks. cement) kan hæve pH værdien. Makepeace et al. (1995) angiver normalværdien for pH i opsamlet regnvand til 4,5-8,7.

Bufferkapaciteten er målt med forskellige metoder, nemlig acid capacity, aciditet, alkalinitet (som  $\text{CaCO}_3$ ) og total alkalinitet. Da det ikke klart fremgår af de pågældende undersøgelser, hvordan acid capacity og aciditet måles, er det svært at sammenligne resultaterne direkte. Det er imidlertid tydeligt, at alkalinitet (ligesom pH) i høj grad varierer afhængigt af, hvor vandet er opsamlet.

Der er fundet et stort antal sumparametre for organisk stof (i alt 32 forskellige) (bilag B, tabel B2). Koncentrationen af partikulært organisk stof er generelt større end koncentrationen af opløst organisk stof (alifatisk, aromatisk, polær, ekstraherbar og total) (bilag B, tabel B2).

Opløst organisk kulstof (DOC) defineres normalt som den kulstoffraktion, der er mindre end  $0,45 \mu\text{m}$ . DOC i opsamlet regnvand ligger i intervallet 0,3 til 331 mg/L. Et tilsvarende interval for regnvand opsamlet uden det har været i kontakt med overflader er 0,5-1,5 mg/L (Hoffman et al., 1980).

Indholdet af organisk stof kan være vigtigt, da mængden af tilgængeligt organisk kulstof kan øge eftervæksten af mikroorganismer og kan være en indikator på vandets forventede iltforbrug. Der er fundet meget høje ekstremværdier for f.eks. kemisk iltforbrug (COD) på op til 270.000 mg/L i en lufthavn, hvor man har anvendt et organisk af-isningsmiddel, men bortset fra dette ekstreme tilfælde er den højeste værdi 3380 mg/L, som stammer fra et motorvejsdræn (Moxness, 1987).

Vandets indhold af næringsstof er kvantificeret med mange forskellige metoder, hvilket gør det svært at sammenfatte og sammenligne datamaterialet. Generelt er summen af ammonium/ammoniak ( $\text{NH}_{3\&4}$ ) det samme som summen af nitrit/nitrat ( $\text{NO}_{2\&3}$ ). Dog er summen af  $\text{NH}_{3\&4}$  og  $\text{NO}_{2\&3}$  større end de målte total koncentrationer, hvilket skyldes at måleresultaterne stammer fra forskellige undersøgelser. Der er fundet fosfatkoncentrationer ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) fra  $<0,001 \text{ mg/L}$  op til  $7,4 \text{ mg/L}$  (tabel 2.2).

## 2.5 Metaller og overgangselementer

Denne gruppe omfatter tungmetaller, alkali- og jordalkalimetaller samt overgangselementer (jvf. NOVA 2003).

Der er mest information om Cd, Cr, Cu, Pb og Zn, mens der kun findes enkelte undersøgelser for de øvrige sporstoffer (bilag B, tabel B3). Koncentrationerne af udvalgte metaller er præsenteret i tabel 2.3.

Tabel. 2.3. Fundne koncentrationer af nogle udvalgte metaller i opsamlet regnvand.

Metal	Koncentration ( $\mu\text{g/L}$ )
Aluminium (Al)	5,0 - 71.300
Calcium (Ca)	131 - 480.000
Cadmium (Cd)	$<0,1$ - 700
Krom (Cr)	$<0,5$ - 4200
Kobber (Cu)	$<0,5$ - 6800
Jern (Fe)	0,5 - 81.300
Kalium (K)	100 - 13.700
Magnesium (Mg)	56 - 39.700
Mangan (Mn)	0,5 - 1650
Natrium (Na)	460 - 67.000.000
Nikkel (Ni)	5 - 580
Bly (Pb)	$<0,5$ - 2.800
Zink (Zn)	$<0,05$ - 44.000

I tabel 2.3 optræder en række ekstremkoncentrationer for metallerne (se også bilag B, tabel B3). Ekstremværdien for aluminium på 71.300 µg aluminium/L stammer fra en ufiltreret tagvandsprøve (Pitt et al., 1995), mens den højst målte zinkkoncentration på 44.000 µg/L stammer fra et zinktag (Quek og Förster, 1993). Ekstremværdierne for natrium (67.000 µg/L) kommer fra motorveje (Lygren, 1984; Moxness, 1987), mens den højeste jernkoncentration er målt i et byområde i Brasilien (81.290 µg/L; de Luca et al., 1991). Nikkel er målt som uspecificeret Ni i koncentrationerne fra 5 til 580 µg/L. Mht. alkali- og jordalkalimetallerne er indholdet af Ba, Be, Ca, <sup>137</sup>Cs, K, Mg, Na og Sr bestemt. Indholdet af <sup>137</sup>Cs er målt i en vandpyt og i tagvand i Sverige lige efter Tjernobyl-ulykken og studiet viste, at stoftransporten var helt domineret af partikler (Halldin et al., 1990). Ca, K, Mg og Na forekommer altid i niveauer på mg/L, mens Ba, Be og Sr typisk forekommer i µg/L. Overgangselementerne As og Se er fundet i niveauer fra 0,1 til 340 µg/L og fra <0,5 til 77 µg/L, hvor de højeste værdier kommer fra henholdsvis drænvand fra en motorvej (Moxness, 1987) og NURP undersøgelsen i USA (Cole et al., 1984).

For de mest intensivt studerede stoffer er specieringen af metallerne, dvs. fordelingen mellem opløst og fast bundet metal, samt fordeling mellem forskellige opløste specier, blevet undersøgt. Metallerne er blevet størrelsesfraktioneret for at få en idé om mængden af stof på partikulær form i forhold til opløst form, og fordelingen af stof på de forskellige størrelsesfraktioner. Dette giver information om bl.a. mobilitet og biotilgængelighed af metallerne. Bly og zink optræder f.eks. i helt forskellige faser. Således optræder Pb primært i den faste fase, mens Zn først og fremmest findes på opløst form (tabel 2.4).

Organiske blyforbindelser, der stammer fra tilsætningen af bly til benzin, er fundet i drænvand fra motorveje (Harrison et al., 1986). Blyholdig benzin anvendes i dag kun i yderst begrænset omfang i Danmark og de refererede værdier kan derfor ikke antages at være relevante længere.

Tabel 2.4. Speciering af tungmetallerne (enhederne µg/g tørvægt henviser til indholdet af metaller i den totale mængde af partikler i vandfasen.

Metal	Koncentration (µg/L)
<i>Cadmium (Cd)</i>	
Opløst	<0,01 - 12
Partikulært	<0,01 - 7,2
Totalt	0,04 - 30
Totalt (µg/g)	0,07 - 27
<i>Krom (Cr)</i>	
Opløst	0,2 - 2,6
Partikulært	0,1 - 9,6
Totalt	0,4 - 230
<i>Kobber (Cu)</i>	
Syreekstraherbart	30 - 305
Opløst	1,0 - 248
Partikulært	0,1 - 145
Totalt	1,9 - 1.120
Totalt (µg/g)	5 - 842
<i>Bly (Pb)</i>	
Syreekstraheret	50 - 575
Totalt opløst bundet til organisk materiale	0,04 - 1,30
Opløst	<0,01 - 120
Partikulært	0,04 - 482
Totalt	0,5 - 2.410
Totalt (µg/g)	5 - 1.233
<i>Zink (Zn)</i>	
Syreekstraheret	160 - 1.120
Opløst	<0,05 - 38.267
Partikulært	<0,05 - 98
Totalt	4 - 43.942
Totalt (µg/g)	11 - 2.691

## 2.6 Miljøfremmede organiske stoffer

Der er i litteraturen fundet 311 forskellige miljøfremmede organiske måleparametre, inklusiv total koncentrationer og fordeling mellem forskellige specier i opsamlet regnvand (bilag B, tabel B4). For det enkelte stof er antallet af undersøgelser dog typisk meget begrænset, og hovedparten af stofferne er kun fundet i en enkelt eller højst et par af referencerne. Tabel 2.5 viser 13 grupper af miljøfremmede organiske stoffer, som er målt som total koncentrationer i opsamlet regnvand. Langt de fleste grupper indeholder et eller flere stoffer, der kun har været målt i et enkelt studie.

Tabel 2.5. Grupper af miljøfremmede organiske stoffer målt som total koncentrationer i regnvand opsamlet fra befæstede arealer (\*markerer at der i stofgruppen er indeholdt stoffer, der kun er analyseret i en enkelt undersøgelse) (bilag B, tabel B4).

Miljøfremmede organiske stoffer	Antal fundne stoffer
Alifatiske kulbrinter	18*
Aromatiske kulbrinter	15*
Blødgørere	8
Dioxiner og furaner	34
Halogenerede alifatiske kulbrinter	25*
Halogenerede aromatiske kulbrinter	14*
Pesticider	56*
Polychlorede biphenyler (PCB)	13*
Phenoler	31*
Polyaromatiske kulbrinter (PAH)	34*
P-triester	3
Ætere	8*
Andre stoffer	20*

Polyaromatiske kulbrinter (PAH) samt pesticider er de mest undersøgte parametre. Det største studie af organiske stoffer i afstrømningsvand er udført på store oplande i USA, hvor der er analyseret for 106 prioriterede organiske forureningskomponenter. Af disse blev 63 stoffer fundet i afstrømningsvand (Cole et al., 1984). I et dansk studie er der analyseret for 71 forskellige stoffer i afstrømningsvand fra befæstede arealer, og 49 af disse blev fundet (Kjølholt et al., 1997). Tabel 2.6 viser de fundne stoffer fra de to største grupper (PAH'er og pesticider). Det drejer sig om 21 PAH'er samt 10 pesticider, der alle er fundet på mindst 5 lokaliteter.

Tabel 2.6. Miljøfremmede organiske stoffer, som er fundet på mindst 5 lokaliteter (bilag B, tabel B4).

PAH'er	Pesticider
2-Methylanthracen	α-HCB
9,10-Dimethylanthracen	Chlordan
Acenaphthen	DDT
Acenaphthylen	Endrin
Anthracen	Lindan (γ-HCB)
Benzo[a]anthracen	2,4-D
Benzo[a]pyren	MCCPP (Mecoprop)
Benzo[b]fluoranthren	Methoxychlor
Benzo[b]fluoren	Atrazin
Benzo[b]k]fluoranthren	Simazin
Benzo[e]pyren	
Benzo[ghi]perylen	
Benzo[k]fluoranthren	
Chrysen/Triphenylen	
Fluoranthren	
Fluoren	
Indeno [1.2.3-cd] pyren	
Methylphenanthren	
Perylen	
Phenanthren	
Pyren	

Pesticider er en særdeles inhomogen gruppe, der alene er defineret ud fra stoffernes funktion, dvs. evne til at dræbe eller kontrollere forskellige organismer. Gruppen indeholder stoffer med vidt forskellige kemiske strukturer og egenskaber (phenoxysyrer, organiske chlorforbindelser, organiske fosforforbindelser og triaziner). I litteraturen er der fundet 67 forskellige parametre for pesticider (bilag B, tabel B4).

Koncentrationsniveauerne varierer meget, hvilket skal ses i relation til de

meget forskellige fysisk-kemiske egenskaber for det enkelte pesticid. Dog kan det overordnet konkluderes, at koncentrationerne typisk er under 1 µg/l. Undtagelser fra dette er stofferne 2,4-D, MCPP og diuron, som er fundet i koncentrationer op til 500 µg/l (MCPP) (bilag B, tabel B4).

Af de miljøfremmede stoffer må gruppen af polyaromatiske kulbrinter (PAH) siges at være relativt velundersøgt, og der findes endog adgang til data for stoffernes speciering i afstrømningsvand. Som følge af stoffernes ringe vandopløselighed og store sorptionsevne vil PAH-forbindelser hovedsagelig findes i det partikulære materiale, men koncentrationer i vandfasen på flere hundrede mikrogram per liter er beskrevet i litteraturen (bilag B, tabel B4)

Der er fundet alifatiske kulbrinter (alkaner) med kædelængden C13 til C29 i afstrømningsvand samt en alken (C16) tillige med de tilsvarende fedtsyrer (C6-C18) og alkoholer (C8-C14) (bilag B, tabel B4).

Med hensyn til de aromatiske kulbrinter, er der fundet naphthalen i vandfasen i koncentrationer op til 49 µg/L, men helt op til 1272 µg/g sorberet til partikler. I denne gruppe indgår også BTEX (benzen, toluen, ethylbenzen og xylener), som er fundet i koncentrationer på 0,02-18 µg/L.

Der er analyseret for i alt 7 forskellige blødgørere, nemlig 6 phthalater og en adipat. Phthalaten DEHP (di(2-ethylhexyl) phthalate) er det stof, der oftest er analyseret for og fundet. Den blødgører, der er fundet i den højeste koncentration i opsamlet regnvand er butylbenzylphthalate (BBP) i koncentrationer op til 100 og 130 µg/L i henholdsvis tagvand og "landscaped areas" (Pitt et al., 1995).

Polychlorede dibenzodioxiner (PCDD) og polychlorede dibenzofuraner (PCDF) er målt i tre studier i Stockholm (Sverige), San Francisco (USA) og Bayreuth (Tyskland) som nogle enkelte isomere af tetra-, penta-, hexa-, hepta-, og oktachlordibenzodioxin og tetra-, penta-, hexa-, hepta-, og oktachlordibenzofuran og som sumparametre for alle isomere (Näf et al., 1990; Horstmann og McLachlan, 1995; Wenning et al., 1999). Total PCDD er målt i koncentrationer op til 15500 pg/L (0,0155 µg/L).

Halogenerede alifatiske kulbrinter inkluderer de chlorerede opløsningsmidler f.eks. di-, tri- og tetrachlormethan og -ethan. Disse stoffer er med enkelte undtagelser kun inkluderet i den amerikanske NURP-undersøgelsen fra begyndelsen 1980'erne (Cole et al., 1984)

Der er heller ikke analyseret for halogenerede aromatiske kulbrinter i større udstrækning. Ofte er der målt for 1,3-dichlorbenzen, som er fundet i koncentrationer fra <0,01 til 103 µg/L, hvor maksimumsværdien kommer fra afstrømningsvand fra en parkeringsplads (Pitt et al., 1995)

PCB er i de fleste tilfælde målt som sumparametre, og flere studier har ikke rapporteret andet end om stofgruppen er detekteret/ikke detekteret.

Gruppen af phenoler indeholder i alt 32 stoffer og sumparametre, og hovedparten af disse er kun analyseret i enkelte studier. Det er væsentligt at bemærke, at der er fundet fem forskellige chlorphenoler, herunder stoffet pentachlorphenol (PCP) som er et biocid. PCP er i en amerikansk undersøgelse fundet i koncentrationer op til 115 µg/L i afstrømningsvand (Gavin og Moore, 1982). I Danmark er stoffet fundet i langt lavere koncentrationer, nemlig 0,044-0,048 µg/L i afstrømningsvand fra befæstede arealer (Kjølholt et al., 1997).

Alkylphenolforbindelserne nonylphenol og nonylphenol ethoxylater er mistænkte for at forårsage hormonlignende effekter, og har tidligere været inkluderet i undersøgelser af opsamlet regnvand i Danmark (Kjølholt et al.,

1997; Lehmann et al., 2001) og Norge (Storhaug, 1996). Stofferne blev fundet i koncentrationer på <0,04-23 µg/L. Dette kan sammenlignes med indholdet i almindeligt spildevand, hvor der er fundet koncentrationer mellem 10-80 µg/L (Henze et al., 1996). Den højeste værdi på 23 µg/L i opsamlet regnvand kommer fra et tætbebygget område i Norge med butikker, parkeringsarealer og en stærkt trafikeret vej (Storhaug, 1996).

Af den gennemgåede litteratur fremgår det, at forekomsten af phosphat-triestere i vand fra befæstede arealer kun er målt i Danmark (Kjølholt et al., 1997 og Lehmann et al., 2001).

For stofgruppen ætere er stoffet MTBE fundet i afstrømningsvand. Stoffet har dog kun været undersøgt i et studie af afstrømning fra forskellige industriområder i USA (Line et al., 1996). Eftersom MTBE over en længere årrække er blevet anvendt som tilsætningsstof til benzin, er det bemærkelsesværdigt, at der i litteraturen kun er fundet få analyser af MTBE og dets nedbrydningsprodukt tertiær-butyl alkohol (TBA) i regnvand.

Indholdet af glykoler i opsamlet regnvand er fundet i koncentrationer højere end 200.000 mg/L (Fisher et al., 1995) i forbindelse med afstrømningsvand fra lufthavne, hvor stofferne anvendes til afisning og antifrostbehandling af fly. Det skal dog også nævnes at stofferne anvendes som kølevæske i biler.

## 2.7 Toksicitet

Det er et meget begrænset antal undersøgelser, som beskæftiger sig med toksicitet af regnvand fra befæstede arealer. Hovedparten af toksicitetsstudierne er udført med fokus på påvirkning af recipienten, og dermed er alle analyser udført nedstrøms for udløbet for f.eks. afledning af vejvand. Disse studier er imidlertid ikke inkluderet i dette projekt. Der er i litteraturen rapporteret resultater af økotoksikologiske test samt test på celleniveau for genskadelige og mutagen virkning, mens der ikke er resultater af egentlige humantoksikologiske studier.

Det er især akvatiske test, der er blevet anvendt med en række forskellige organismer (bilag B, tabel B5). Der har været fokus på ferskvandsorganismer som fisk, krebsdyr og alger, men enkelte resultater af forsøg med saltvandsorganismer er også rapporteret. Det vurderes, at resultater af økotoksikologiske test kun i ringe omfang er relevante for den nærværende problemstilling med genbrug af regnvand (jvf. afsnit 1.2), men det er dog værd at bemærke, at der i flere tilfælde er rapporteret om toksiske effekter som følge af organismernes eksponering for regnvand afstrømmet fra befæstede arealer.

Af større relevans for brug af regnvand er de undersøgelser af celletoksicitet, genotoksicitet (genskadelige) og mutagenicitet virkning, som er vist i tabel 2.8. Afstrømningsvand fra en motorvej, der var opkoncentreret 10 gange, udviste høj celletoksicitet (90% hæmning ved eksponering for den opkoncentrerede prøve), mens der ikke blev påvist et genotoksisk potentiale (Marsalek et al., 1999). Undersøgelsen pegede imidlertid på, at sedimentet i opsamlingsbassiner kan være genotoksiske, og dermed vil partikulært materiale i det afstrømmede vand kunne indeholde stoffer med et genotoksisk potentiale. Shinya et al. (2000) konstaterede, at ekstraheret partikulært materiale udviste mutagene effekter i Ames testen, og disse effekter blev tilskrevet tilstedeværelsen af PAH-forbindelser. Det er dog værd at bemærke, at selve vandfasen også udviste mutagenicitet (Shinya et al., 2000), men det



var ikke muligt at henføre denne effekt til identificerede forureningskomponenter.

Afstrømningsvand fra motorveje vurderes derfor at kunne have et potentiale for mutagene effekter, men det skal understreges, at datagrundlaget for denne vurdering er uhyre spinkelt.

Tabel 2.8. Cytotoksicitet, genotoksicitet og mutagenicitet af afstrømningsvand fra motorveje.

Testsystem	Prøvebeskrivelse	Effekt	Antal Lokalteter
Cytotoksicitet (Sub-mitochondrial particle)	Opkoncentreret prøve (10x)	90 % hæmning	1
Genotoksicitet (SOS-chromo test, <i>Escherichia coli</i> )	Opkoncentreret prøve (10x)	Ikke genotoksisk	1
Mutagenicity (Ames test, <i>Salmonella typhimurium</i> )	Filtreret vandprøve	påvist mutagen aktivitet	1

## 2.8 Mikroorganismer

Der er kun få mikrobiologiske undersøgelser for forekomsten af patogene mikroorganismer i opsamlet regnvand. Der er p.t. kun publiceret to virkeligt store undersøgelser af forekomsten af patogene mikroorganismer i opsamlet regnvand, nemlig Holländer et al. (1996), hvor prøver blev udtaget fra 102 cisterner i Tyskland og Simmons et al. (2001), hvor 125 regnvandsanlæg blev undersøgt i New Zealand. I Danmark er der lavet en mindre undersøgelse af 7 forskellige regnvandsanlæg (Albrechtsen, 1998). De nævnte undersøgelser er alle foretaget på regnvand opsamlet fra tage. Litteraturen vedrørende den mikrobielle kvalitet af regnvand opsamlet fra befæstede arealer er meget sparsom. Der er således kun målt på indikatorparametrene total coliforme bakterier, fækal coliforme bakterier og fækale streptokokker i de undersøgelser, der blev fundet i litteraturstudiet. Tabel 2.9 angiver fund af mikroorganismer i opsamlet regnvand for forskellige undersøgelser (se også bilag B7).

Tabel 2.9. Generelle mikrobielle parametre i opsamlet regnvand fra tage (se bilag B, tabel B7).

Parameter	Tagvand	
	Interval (CFU/mL)	Antal Lokalteter
Kimtal (~21°C)	1 - 2×10 <sup>9</sup>	315
Kimtal (~37°C)	5 - 7×10 <sup>6</sup>	176
DEFT (celler/mL)*	3×10 <sup>4</sup> - 6×10 <sup>6</sup>	3
Svampe	0,06 - 26	7

\*DEFT: Direkte epifluorescence tælling

Der er generelt store variationer i indholdet af mikroorganismer i de undersøgte vandprøver, hvilket til dels skyldes, at der er benyttet forskellige metoder til den mikrobielle karakterisering af vandprøverne. Metodevalget afhænger i høj grad af de spørgsmål, der forsøges besvaret i den enkelte undersøgelse.

For mange patogene organismer gælder, at alene tilstedeværelse af en målbar mængde (bestemt ved standardmetoder) kan udgøre en væsentlig sundhedsrisiko. Derfor anvendes ofte metoder, der udelukkende sigter mod at påvise tilstedeværelsen af en specifik patogen og således er måling af koncentrationen ofte sekundær. Forekomsten af patogene organismer eller et

stort antal af uspecificerede bakterier skyldes som regel, at vandprøven har været udsat for en forurening. Disse forureninger må generelt opfattes som tilfældige hændelser og derfor er det nødvendigt at forsøge at klarlægge hyppigheden af disse. I tabel 2.10 og 2.11 er antallet af positive prøver angivet sammen med det totale antal udtagne prøver, og herudfra kan detektionshyppigheden beregnes (se også bilag B8 og B9).

Tabel 2.10. Indikatororganismer i opsamlet regnvand. Hyppighed angiver antal positive prøver ift. antal undersøgte prøver samt % positive prøver (se bilag B, tabel B8)

Parameter	Tagvand			Befæstede arealer		
	Interval (CFU/100m L)	Hyppighed	Antal lokaliteter	Interval (CFU/100m L)	Antal lokaliteter	
Total coliforme	<1 - 1,9×10 <sup>4</sup>	535/1.149	47%	309	10 - 2×10 <sup>5</sup>	4
Fækale coliforme	<1 - 3.500	120/292	41%	224	55 - 9×10 <sup>4</sup>	39
Escherichia coli	<1 - 5,4×10 <sup>4</sup>	135/993	14%	109	10 - 1,2×10 <sup>4</sup>	2
Fækale streptokokker	<99 - >10 <sup>4</sup>	243/969	25%	102	99 - 6×10 <sup>4</sup>	2
Enterokokker	<1 - 4.900	ikke oplyst	-	125	-	-
Gær	<0,01 - 100	17/448	3,8%	44	-	-

Vand opsamlet fra tage har forventeligt en langt bedre hygiejnisk kvalitet end vand opsamlet fra øvrige befæstede arealer, fordi hyppigheden af kontamineringer er væsentligt reduceret, når dyr og mennesker ikke har direkte adgang til området. Dette understreges af, at ekstremværdierne for de fleste indikatorbakterier er højere i vand opsamlet fra befæstede arealer end i vand opsamlet fra tage (se tabel 2.10).

Coliforme bakterier observeres hyppigt i regnvand opsamlet fra tage (tabel 2.10), således er 47% af i alt 1149 prøver fordelt på 6 forskellige undersøgelser blevet testet positive. Fækale coliforme bakterier (41%), *Escherichia coli* (14%) og fækale streptococcer (25%) forekommer også hyppigt i tagvand. Tilstedeværelsen af disse indikatororganismer peger kraftigt i retning af hyppige fækale kontamineringer, der antageligt er af animalsk oprindelse.

Tabel 2.11. Potentielt patogene mikroorganismer i opsamlet regnvand fra tage. Hyppighed angiver antal positive prøver ift. antal undersøgte prøver samt % positive prøve (se bilag B, tabel B9)

Parameter	Tagvand			
	Interval (CFU/mL)	Hyppighed	Antal lokaliteter	
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<1 - 870	3/21	14%	7
<i>Mycobacterium avium</i>	Påvist	1/21	4,8%	7
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ikke påvist	0/782	0%	79
<i>Yersinia</i> spp.	Ikke påvist	0/338	0%	79
<i>Salmonella</i> spp.	Påvist	2/913	0,22%	208
<i>Shigella</i> spp.	Ikke påvist	0/342	0%	34
<i>Legionella</i> spp.	Påvist	10/462	2,2%	68
<i>Legionella pneumophila</i>	Ikke påvist	0/21	0%	7
<i>Campylobacter</i> spp.	Påvist	4/284	1,4%	156
<i>Aeromonas</i> spp.	<10 - 4,4×10 <sup>3</sup>	25/146	17%	132
<i>Giardia</i> spp.*	<1 - 3,8	10/122	8,2%	70
<i>Cryptosporidium</i> spp.*	<1 - 5×10 <sup>4</sup>	29/122	24%	70

\*Organismer/100L

Som det ses af tabel 2.11 er der påvist en række potentielt patogene mikroorganismer i tagvand, nemlig *Pseudomonas aeruginosa*, *Mycobacterium avium*, *Salmonella* spp., *Legionella* spp., *Campylobacter* spp., *Aeromonas* spp., *Giardia* spp., og *Cryptosporidium* spp.

## 2.9 Diskussion

Samlet er der fundet 150 relevante publikationer, der giver information vedrørende fysiske og generelle kemiske parametre, indhold af metaller og miljøfremmede organiske stoffer, samt mikroorganismer. Antallet af fundne måleparametre er 520, fordelt på 68 tungmetaller og overgangselementer, 311 forskellige miljøfremmede organiske parametre, 33 fysiske, 86 kemiske og 22 mikrobielle parametre samt information vedrørende toksicitet.

Der er ikke fundet humantoksikologiske studier af opsamlet regnvand, men der er enkelte resultater i litteraturen af økotoksikologiske tests og test på celleniveau. I disse tests er der påvist toksiske effekter, samt et potentiale for mutagenitet, selvom sidstnævnte kun er påvist i begrænset omfang.

Det har vist sig, at der er en række vanskeligheder forbundet med tolkningen af de data, der er fundet i litteraturen. Vanskelighederne skyldes, at:

- Det ikke altid præcist fremgår, hvilken parameter, der er målt. F.eks. forekommer akronymer som savner forklaring. Det har i nogle tilfælde ikke været muligt at finde en fortolkning af de foreliggende data.
- Forbindelser kan optræde under forskellige navne, dette gælder især de miljøfremmede organiske stoffer.
- Valget af de målte parametre er, i langt de fleste studier, betinget af hvad man forventer at finde, og af de målemetoder, der er til rådighed for undersøgelsen. Dette betyder f.eks. at pesticidmålinger inkluderes i landbrugsmiljøer, men udelades i andre miljøer, hvor man ikke forventer at finde disse stoffer. Dette bevirker, at nogle stoffer/stofgrupper er påvist med en større frekvens (og i højere koncentrationer) end man ville have fundet i en bredere undersøgelse.
- Målemetoderne er ofte dårligt dokumenterede, f.eks. er detektionsgrænserne ikke altid opgivet, til trods for at koncentrationen af den pågældende komponent opgives som "mindre end detektionsgrænsen". Desuden fremgår det ikke altid tydeligt, hvordan prøverne er behandlet ved måling af *total* koncentration af stoffet. Det fremgår heller ikke altid af undersøgelseerne, hvorvidt der er tale om totalkoncentration, når der angives en uspecificeret koncentration.
- Det kan være svært at finde information om prøveudtagningsfrekvensen. Dermed er det vanskeligt, at tolke betydningen af "average concentration", "mean concentration" og "event mean concentration". I en stor del af undersøgelseerne har man kun målt på stikprøver, hvilket giver et helt andet billede end "vægtede hændelsesmiddelkoncentrationer". I nogle tilfælde, hvor undersøgelsens hovedvægt har været på first flush, er der taget et stort antal prøver i løbet af regnhændelsens første 30 minutter, mens der kun er taget en fåtal af prøver i resten af forløbet. Dette giver "first flush" en meget høj vægt, hvilket kan være problematisk, da sammensætningen af vandet under "first flush" kan være meget forskellig fra sammensætningen senere i regnhændelsen.

- Den valgte tilgang for studierne er som regel afhængig af formålet. Hvis formålet med et givet studium er at se en regnhændelses påvirkning af en recipient, vil man vælge en dertil egnet prøveudtagningsstrategi (frekvens, antal steder, etc.). Hvis formålet er at undersøge en eventuel "first flush" effekt, vil man vælge en helt anden fordeling af prøverne i løbet af regnhændelsen.
- Vandets opholdstid i regnvandstanken eller prøvetagningsflasker kan have en væsentlig betydning, da der kan forekomme vækst eller henfald af mikroorganismene under opbevaringen. Tidsrummet mellem regn og analyse af prøven kan således have væsentlig betydning for den målte vandkvalitet.
- Et stort antal af de miljøfremmede stoffer er kun analyseret i enkeltstående undersøgelser. Derudover er de miljøfremmede stoffer ofte kun påvist i ganske få prøver. Dette vil normalt betyde, at det observerede koncentrationsinterval vil være meget snævert, i modsætning til en større undersøgelse hvor der statistisk set vil forekomme flere ekstremværdier og dermed større intervaller. Et snævert interval for en parameter betyder altså ikke nødvendigvis stor nøjagtighed, men kan altså blot betyde, at parameteren ikke er særlig velundersøgt.



# 3 Identifikation af stoffer og mikroorganismer, der potentielt kan forekomme i regnvand

## 3.1 Introduktion

Formålet med denne del af projektet er at udpege parametre, der potentielt kan forekomme i det opsamlede regnvand. Metoden tager udgangspunkt i de kilder, der potentielt kan bidrage med forureningskomponenter til regnvand på vejen fra skyer til opsamlingsbeholder. De potentielt problematiske parametre udpeges altså uafhængigt af, hvad der er undersøgt i tidligere undersøgelser og som er beskrevet i kapitel 2.

Omfanget af det indeværende projekt tillod ikke en fuldstændig gennemgang af alle mulige materialer eller aktiviteter, men giver et eksempel på en fremgangsmåde til identifikation af potentielt problematiske parametre, som ville kunne være relevante for et måleprogram for opsamlet regnvand. En profil af litteratursøgningen kan findes i bilag A.

## 3.2 Metode til identifikation

I nærværende projekt er der defineret fire hovedkilder:

- Atmosfærisk depositioner
- Frigivelse fra materialer
- Menneskelig aktivitet
- Animalsk aktivitet

Atmosfærisk deposition kan være årsag til forureningskomponenter i det opsamlede regnvand. Derudover kan der frigives stoffer fra materialer som vandet kommer i kontakt med, f.eks. tage, carporte, hegn og legepladser, veje og fortove samt biler (se tabel 3.1). De menneskelige aktiviteter, der kan tilføre vandet forureningskomponenter, er typisk brug af kemikalier såsom bekæmpelsesmidler og vejsaltning men kan også omfatte spild. Under de menneskelige aktiviteter indgår hyppige små spild, som f.eks. dryp af olie fra biler. Store spild som for eksempel en tankvogn, der vælter eller slår læk, hører til de sjældne spild og omfattes ikke af undersøgelsen. Endelig kan animalsk aktivitet forurene vandet, f.eks. ved at dyr afsætter fækalier på de overflader, hvorfra regnvandet opsamles.

Hver hovedkilde er underopdelt i flere kilder, hver kilde er tildelt et nummer, der gør det lettere at finde frem til de materialer og aktiviteter, der forårsager tilførslen af specifikke forureningskomponenter til regn. Eksempelvis er frigivelse af materialer delt op i bygninger m.m., veje m.m. og biler. Bidraget fra biler er yderligere delt op i bidrag fra bremses, dæk, udstødning og sprinklervæske. Tabel 3.1 viser inddelingen af hovedkilder i aktiviteter og materialer. Nummereringen af de forskellige materialer og aktiviteter i tabel 3.1, vil i de senere afsnit (3.2.1 – 3.2.15) blive benyttet til at identificere de

miljøfremmede stoffers og metaller oprindelse. De potentielt problematiske mikroorganismer behandles i et separat afsnit.

Tabel 3.1 – Eksempel på procedure til identifikation af materialer og aktiviteter, der potentielt kan bidrage med miljøfremmede stoffer i opsamlet regnvand.

<b>1. Frigivelse fra materialer</b>	
1.1 Bygninger, herunder tage, carporte, hegn og legeredskaber	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.1.1 Byggematerialer</li> <li>1.1.2 Tagpap</li> <li>1.1.3 Tagplader</li> <li>1.1.4 Tegl</li> <li>1.1.5 Metaltag</li> <li>1.1.6 Tagrender og nedløbsrør</li> <li>1.1.7 Tagcementsten</li> <li>1.1.8 Stråtag</li> <li>1.1.9 Fibercement, asbestfri tag</li> <li>1.1.10 Mursten</li> <li>1.1.11 Beton</li> <li>1.1.12 Cement</li> <li>1.1.13 Træ</li> <li>1.1.14 Plast</li> <li>1.1.15 Træimprægneringsmidler</li> <li>1.1.16 Maling og lak</li> <li>1.1.17 Pigmenter</li> <li>1.1.18 Udfyldningsmidler</li> <li>1.1.19 Fugemasse</li> <li>1.1.20 Spartelmasse</li> <li>1.1.21 Lim</li> <li>1.1.22 Inddækning</li> <li>1.1.23 Vinduesprofiler</li> <li>1.1.24 Vinduer</li> <li>1.1.25 Døre</li> <li>1.1.26 Facadebeklædning</li> <li>1.1.27 Facaderensning</li> <li>1.1.28 Opsamlingsbeholdere</li> </ul>
1.2 Veje, stier og fortove	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.2.1 Asfalt</li> <li>1.2.2 Sten i asfalt</li> <li>1.2.3 Cement</li> <li>1.2.4 Støv</li> </ul>
1.3 Biler	<ul style="list-style-type: none"> <li>1.3.1 Bremses</li> <li>1.3.2 Dæk</li> <li>1.3.3 Udstødning</li> <li>1.3.4 Sprinklervæske</li> </ul>
<b>2. Atmosfærisk deposition</b>	
2.1 Våd	
2.2 Tør	
<b>3. Menneskelig aktivitet</b>	
3.1 Kemikaliespredning	<ul style="list-style-type: none"> <li>3.1.1 Bekæmpelsesmidler</li> <li>3.1.2 Vejsaltning</li> <li>3.1.3 Spild/tekniske uheld</li> <li>3.1.4 Brandslukningsmidler</li> </ul>
<b>4. Animalsk aktivitet</b>	

### 3.3 Kemiske stoffer

Resultatet af undersøgelsen af potentielt problematiske stoffer illustreres i dette afsnit ved hjælp af tabel 3.2, der er et udsnit af en større oversigt og et bud på hvilke stoffer man vil kunne finde ved hjælp af den nævnte metode. Tabellen er simplificeret i forhold til stofgrupper og antallet af stoffer, der indgår i den egentlige oversigt over stoffer (bilag C). Tabellerne i bilag C er opdelt efter stofgrupperne i NOVA 2003 samt en ekstra gruppe for andre stoffer, som ikke kan placeres efter den pågældende opdeling.

Tabel 3.2 - Eksempel på problematiske stoffer der er indeholdt i materialer og dermed potentielt kan frigives.

	1. Frigivelser fra materialer		
	1.2 Veje, stier og fortove	1.3 Biler	
	1.2.4 Støv	1.3.1 Bremseser	1.3.2 Dæk
Tungmetaller	Pb, Cd, Cr, Cu, Zn, Ni	Pb, Cr, Cu, Zn, Ni	Pb, Cd, Cr, Cu, Zn, Ni
Pesticider	Iridomyrmecin, simazin		
Alifatiske aminer			4-phenylbenzamin, HMT, nitrosodiphenylamin
Aromatiske kulbrinter	2-phenylnaphthalen		
Alkylphenol forbindelser			p-octylphenol
PAH'er	phenanthren, anthracen, methyl(phenanthrener, anthracener), dimethyl(phenanthrener, anthracener), fluoranthen, pyren, benzo(a)anthracen, chysen	phenanthren, anthracen, methyl(phenanthrener, anthracener), dimethyl(phenanthrener, anthracener), fluoranthen, pyren, benzo(a)anthracen, chysen	phenanthren, anthracen, methyl(phenanthrener, anthracener), dimethyl(phenanthrener, anthracener), fluoranthen, pyren, chysen, dimethylfluoranthener, dimethylpyrener

Eksemplet i tabel 3.2 er for stoffer fundet i støv fra vej samt bilers dæk- og bremsematerialer. Ved at sammenligne stofferne fundet i de tre kilder ses det, at stoffer fundet i støv fra veje kan stamme fra bilers bremseser og dæk. Dette kan blandt andet være tilfældet for tungmetallerne og en række PAH'er. Eksempelvis er der fundet benzo(a)anthracen i støv og i partikler fra bilbremseser, men ifølge tabel 3.2 kan de ikke være den oprindelige kilde til, at pesticidet 2-phenylnaphthalen findes i støv fra veje (Rogge et al., 1993).

Ved at anvende den beskrevne fremgangsmåde er der fundet 447 forskellige enkeltstoffer samt 12 stofgrupper, der potentielt kunne forekomme i afstrømmet regnvand. Det skal understreges, at denne gennemgang kun tjener som en illustration af, hvilke stoffer man kan finde med den anvendte metode samt kilderne til disse stoffer.

#### 3.3.1 Metaller

Der er i litteraturundersøgelsen fundet kilder til 17 metaller: As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Sn, Ti, Tl, V, Zn og Zr. Metallerne stammer fra en række af byggematerialer (1.1), veje, stier og fortove (1.2), biler (1.3), atmosfærisk deposition (2) og menneskelige aktiviteter (3).



Indenfor byggematerialer er metallerne repræsenteret i:

- *Tagplader (1.1.3),*
- *Metaltage (1.1.5),*
- *Tagrender og nedløbsrør (1.1.6)*
- *Tagcementsten (1.1.7),*
- *Cement (1.1.12)*
- *Plast (1.1.14)*
- *Træimprægneringsmidler (1.1.15)*
- *Maling og lak (1.1.16)*
- *Pigmenter (1.1.17)*
- *Spartelmasse (1.1.20)*
- *Inddækning (1.1.22)*
- *Vinduesprofiler (1.1.23)*
- *Vinduer (1.1.24).*

For veje og bilers vedkommende findes de i:

- *Asfalt (1.2.1)*
- *Sten i asfalt (1.2.2)*
- *Støv (1.2.4), bremses (1.3.1)*
- *Dæk (1.3.2) og udstødning (1.3.3).*

Metaller tilføres også den afstrømmende regn gennem våd (2.1) og tør atmosfærisk deposition (2.2). Nikkel kan bl.a. henføres til tab fra bilers katalysatorer (3.1.3) (Lindgren, 1996).

### 3.3.2 Pesticider/biocider

Der er fundet i alt 63 pesticider/biocider i syv forskellige kilder. De fleste af stofferne anvendes i byggemateriale (1.1.1), men ud fra den anvendte reference kan det ikke fastlægges, om der er tale om stoffer, der kan tilføres af afstrømmende regn (BPS-Centret, 1998). Stofferne 9,10-anthracedion, iridomyrmecin og simazin er fundet i støv fra veje (1.2.4). Simazin findes også i byggematerialer og 9,10-anthracedion findes i bremses (Rogge et al., 1993). Propiconazol findes i træimprægneringsmidler (1.1.15) og kathon tilsættes spatelmasse (1.1.20). Fire stoffer heptachlorepoxyd, HCB, HCH, og DDT findes i byggematerialer og atmosfæriske depositioner (2). De tre pesticider, endrin, dieldrin og atrazin, findes i byggematerialer og atmosfærisk våd deposition (2.1). Alachlor, cyanazin, isoproturon, methoxychlor, metolachlor og tertbutylazin er som de eneste kun fundet i våd og tør atmosfærisk deposition (2).

### 3.3.3 Alifatiske aminer

De alifatiske aminer er fundet i to forskellige kilder: byggematerialer (1.1.1) herunder lim (1.1.21) og i dæk (1.3.2). Der er fundet seks forskellige alifatiske aminer. 4-phenylbenzamin, hexamethyltetraamin og nitrosodiphenylamin findes i dæk. Diethylamin, diethyltriamin og dimethylamin er fundet i kilden 1.1 byggematerialer (1.1.1) og lim (1.1.21).

### 3.3.4 Aromatiske kulbrinter

Biphenyl, alkylbenzener, naphthalen, 1,4-dimethylbenzen, 1,3-dimethylbenzen, 1,2-dimethylbenzen, dimethylnaphthalen, methylnaphthalen, 2-phenylnaphthalen, 2-ethyl-pental-naphthalen samt de fire aromatiske kulbrinter, som generelt betegnes BTEX (benzen, toluen, ethylbenzen og xylene) kan også optræde i opsamlet regnvand. Alkylbenzener, dimethylnaphthalen, 1,4-dimethylbenzen, 1,3-dimethylbenzen, 1,2-dimethylbenzen, methylnaphthalen, benzen, toluen og xylene er fundet i atmosfæriske depositioner (2). Toluen og xylene kan også tilføres regn via fugemasse (1.1.19), mens benzen også findes i bilernes udstødning. Naphthalen og 2-ethyl-pental-naphthalen bruges i asfalt (1.2.1). 2-phenylnaphthalen er fundet i støv på veje (1.2.4), men i følge Rogge et al. (1993) stammer 2-phenylnaphthalen ikke fra dækslitage eller bremses. Fire alkylerede aromatiske kulbrinter (2-hydroxybenzaldehyd, 2-methylbenzaldehyd, 3-methylbenzaldehyd og 4-methylbenzaldehyd) er fundet i bremses (1.3.1) og dæk (1.3.2) (Rogge et al., 1993). Nogle af stofferne findes også i byggematerialer (1.1.1) (BPS-Centret, 1998).

### 3.3.5 Halogenerede alifater

De fundne stoffer i denne gruppe er halogeneret med chlor eller brom med undtagelse af 1,1,2-trichlortrifluorethan. Tre stoffer har både chlor og brom i molekylet. De fleste halogenerede alifater anvendes i byggematerialer (1.1.1), og de er fundet i en reference (BPS-Centret, 1998), hvoraf det ikke fremgår om de er tilsat materialer, der kan komme i kontakt med regn. Derudover findes halogenerede alifater i våd atmosfærisk deposition (2.1). Syv af stofferne (1,2-dibrommethan, 1,2-dichlorethan, hexachlorethan, tetrachlorethan, 1,1,1-trichlorethan, trichlorethan og trichlormethan) findes i byggematerialer og våd atmosfærisk deposition.

### 3.3.6 Halogenerede aromatiske kulbrinter

Der er i undersøgelsen fundet 23 specifikke halogenerede aromatiske kulbrinter samt 2 uspecificerede (chlornitrobenzener og chlornitrotoluidener). De fleste fundne halogenerede aromatiske stoffer stammer fra byggematerialer (1.1.1).

I Kjølholt et al. (1996) henvises der til at stofferne 1,2-dichlorbenzen, 1,4-dichlorbenzen og 1,2,4-trichlorbenzen er fundet i våd atmosfærisk deposition (2.1). Et af disse stoffer findes også i byggematerialer (1,2-dichlorbenzen), mens 1,4-dichlorbenzen er fundet i tør atmosfærisk deposition (2.2) (Kjølholt et al., 1996).

### 3.3.7 Polychlorede bi-phenyler (PCB'er)

Syv ud af otte af de fundne polychlorede biphenyler stammer fra atmosfæriske depositioner (2.1 og 2.2), men den sidste organiske forbindelse 2,4,5-trichlorbiphenyl findes i dæk (1.3.2).

### 3.3.8 Chlorphenyler

Polychlorede terphenyler findes i byggematerialer (1.1.1) (BPS-Centret, 1998), men det oplyses ikke, hvilke polychlorede terphenyler, der anvendes indenfor byggebranchen eller om der er tale om udendørsbrug. Derfor kan det ikke afgøres om stofferne også kunne optræde i opsamlet regnvand.

### 3.3.9 Phenoler

De fleste phenoler er fundet i atmosfæriske depositioner (2.1 og 2.2) især alkylerede phenoler. Derudover er der chlorede phenoler i byggematerialer (1.1.1) (BPS-Centret, 1998). Tre af de chlorede phenoler (2,4-dichlorphenol, pentachlorphenol og 2,4,5-trichlorphenol), som anvendes i byggematerialer, findes også i de våde og tørre atmosfæriske depositioner.

Nonylphenoethoxylater (NPEO) og octylphenoethoxylater (OPEO) tilsættes maling og lak (1.1.16) (Krogh, 1999), mens alkylphenoethoxylater (APEO) anvendes generelt i cement (1.2.3) (Krogh, 1999; Kjølholt et al., 1996). I dæk (1.3.2) er der fundet p-octylphenol (Rogge et al., 1993).

### 3.3.10 Polyaromatiske hydrocarboner (PAH'er)

Der er fundet 43 PAH'er i forskellige kilder. Til denne gruppe af polyaromatiske organiske stoffer hører anthracen, acenaphthalen, biphenyler, chrysen, coronen, fluoranten, fluoren, perylen, phenanthracen og pyren samt forskellige substituerede udgaver af disse stoffer herunder bl.a. indeno(1,2,3-c,d)pyren. Tre af PAH'erne er kun anvendt i byggematerialer (3,4-benzopyren, 3,4-benzofluoranthren og biphenyl) (BPS-Centret, 1998). De fleste PAH'er stammer fra kilderne asfalt (1.2.1), bremses (1.3.1), dæk (1.3.2), udstødning (1.3.3), atmosfæriske depositioner (2) samt spild (3.1.3), og er derfor også at finde i støv på veje (1.2.4) (Rogge et al., 1993).

### 3.3.11 Phosphor-tri-ester

I undersøgelsen er der fundet to phosphor-tri-estere (tributylphosphat, og tri-n-butylphosphat). Tri-n-butylphosphat er fundet i byggematerialer (1.1.1), men det kan ikke fastlægges, om den findes i kilder, som kommer i berøring med regn. Begge phosphor-tri-estere (tri-n-butylphosphat og triphenylphosphat), findes i tør atmosfærisk deposition (2.2.) (Kjølholt et al., 1996).

### 3.3.12 Blødgørere

Seks ud af syv blødgørere, der er fundet i undersøgelsen findes i våd (2.1) og tør (2.2) atmosfærisk deposition. Det drejer sig om følgende stoffer: BBP (2.1, 2.2), DBP (2.1, 2.2), DEHP (2.1, 2.2), DEP (2.1), DOP (2.1) og di(2-ethylhexyl)adipate (2.2) (Kjølholt et al., 1996). Derudover findes DIDP i fugemasse (1.1.19) (Krogh, 1999). Blødgørerne DBP og DEHP findes i plast (1.1.14), maling og lak (1.1.16) (Krogh, 1999). DBP findes også i asfalt (1.2.1) (Norin, et al., 2001 og Reddy et al., 1997).

### 3.3.13 Ætere

Ætere findes i malinger (1.1.16), lak (1.1.16), lim (1.1.21) og bilers udstødningssasser (1.3.3) (Krogh, 1999; Hakansson, 2000). Æteren MTBE (metyltertbutylether) er fundet i våd atmosfærisk deposition (2.1) (Kjølholt et al., 1996), hvilket kan skyldes, at MTBE findes i spild (*benzinspild*) (3.1.3). I alt er der fundet syv ætere, hvoraf fem kan findes i maling, lak og lim. De sidste to er MTBE og dichlorisopropylether. Sidstnævnte er kun nævnt i forbindelse med byggematerialer, men det vides ikke, hvilken slags byggematerialer der er tale om, og derfor heller ikke om stoffet kan tilføres afstrømmende regnvand (BPS-Centret, 1998).

### 3.3.14 Organotinforbindelser

Der er registreret syv forskellige organotinforbindelser i byggematerialer (BPS-Centret, 1998). I dette tilfælde fremgår det dog ikke, om disse materialer anvendes til udendørsbrug. I et enkelt tilfælde er der oplyst, at organotinforbindelser findes i træimprægneringsmidler, men ikke hvilke stoffer der anvendes (Krogh, 1999).

### 3.3.15 Dioxiner og furaner

Dioxiner (3 isomere) og furaner (3 isomere) er alle fundet i forbindelse med tør atmosfærisk deposition (2.2). De polychlorede dibenzdioxiner og -furaner findes generelt i både våd (2.1) og tør (2.2) atmosfærisk deposition (Kjølholt et al., 1996).

### 3.3.16 Andre

I denne kategori findes forskellige syrer, opløsningsmidler, estere, aldehyder, alkaner, alkenyler, alkaner syrer, alkenyler syrer, alkanaler, alkanoler, sterner, pentacycliske triterpaner, polyurethaner, epoxyer og polymere m.m. De fleste stoffer er kun repræsenteret i en af de undersøgte kilder. Der er fundet 162 specifikke stoffer og 12 stofgrupper.

## 3.4 Mikroorganismer

Der er en række artikler, der beskæftiger sig med den mikrobielle risiko, der opstår når mennesker kommer i kontakt med sygdomsfremkaldende organismer, især i forbindelse med badevand og drikkevand. De sundhedsmæssige problemer med patogene mikroorganismer er som regel akutte og med en effekt, der er let at erkende. Det betyder, at der eksisterer et omfattende erfaringsgrundlag, der kan anvendes til identifikation af sundhedsmæssig risiko, og en række mikroorganismer er i den forbindelse blevet identificeret som potentielt problematiske.

De patogene mikroorganismer optræder hovedsagligt i forbindelse med fækale forureninger. Fækaliene vil typisk stamme fra dyr, der har været i kontakt med opsamlingsoverfladerne, men i sjældne tilfælde kan der også ske forurening med humant spildevand, f.eks. som følge af opstuvning fra kloakker. I tabel 3.3 er angivet typiske kilder til fækal forurening.

Tabel 3.3. Primære kilder til fækal forurening.

Overflade	Kilder til forurening
Tage	Fugle (katte, gnavere, mår)
Befæstede arealer (veje, fortove, parkeringspladser)	Fugle, hunde, gnavere, katte, ræve

Forekomsten af fækale indikatororganismer i regnvand opsamlet fra veje, parkeringspladser, fortove o.l. er i høj grad knyttet til graden af menneskelig aktivitet i området (bl.a. som følge af hundeluftning) (Geldreich, 1990; Bannerman et al., 1993).

De patogene mikroorganismer, der potentielt kan optræde i regnvand kan på baggrund af deres oprindelse opdeles i tre grupper, nemlig de zoonotiske, de humane og de opportunistiske. I de følgende afsnit gives en kort beskrivelse af de tre grupper.

Zoonotiske mikroorganismer betegner patogener, der kan overføres fra dyr til mennesker og forårsage infektionssygdomme (zoonoser). Gruppen omfatter en lang række mikroorganismer bl.a. *Campylobacter jejuni*, *Salmonella typhimurium* og *Cryptosporidium parvum*. De zoonotiske mikroorganismer kan optræde i regnvandsanlæg i forbindelse med at vandet har været i kontakt med dyrefækalier. Efter en kontaminering kan mikroorganismene i nogle tilfælde overleve i lang tid i regnvandsanlægget, bl.a. fordi de i nogen grad vil bindes til overfladerne i systemet, hvorfra de senere kan frigives. Risikoen for vækst af zoonotiske mikroorganismer i regnvandsanlæg må imidlertid generelt betegnes som lille, hvilket betyder, at en lang opholdstid i regnvandstanken vil reducere risikoen for eksponering. Den væsentligste forebyggende indsats bør ligge i at forebygge kontamineringer f.eks. ved at forhindre/reducere dyrs adgang til opsamlingsområdet.

Ved spildevandsforurening vil en række humanspecifikke mikroorganismer udgøre en væsentlig sundhedsrisiko. De humanspecifikke organismer omfatter mikroorganismer, hvor smitten sker fra person til person uden ekstern opformering i miljøet eller i en mellemvært. Eksempelvis er de fleste typer af virus meget værtsspecifikke, hvilket betyder at virus fra dyr normalt ikke kan inficere mennesker og omvendt (der er dog undtagelser). De fleste af disse humanspecifikke organismer optræder primært i miljøet i forbindelse med spildevandsforureninger (f.eks. af badevand). Det vil sige, at vira næppe vil udgøre en risiko i regnvand fra tage, da en eventuel tilstedeværelse af vira må antages at stamme fra dyr. Der er derfor potentielt en større risiko for at regnvand opsamlet fra befæstede arealer kan være spildevandspåvirket og dermed indeholde humane vira.

Der findes en række eksempler på patogene mikroorganismer, der forekommer naturligt i miljøet, men som under visse omstændigheder kan medføre infektion hos mennesker. Dette gælder især personer med svækket immunforsvar f.eks. HIV positive. Mikroorganismene betegnes normalt som opportunistiske patogener, hvor typiske eksempler er *Pseudomonas aeruginosa*, *Aeromonas hydrophila* og *Legionella pneumophila*. Opsamling og anvendelse af regnvand kan forøge risikoen for infektion med disse organismer, da der kan forekomme en væsentlig opformering under opbevaringen i regnvandstanken. Desuden kan der optræde nye veje for overførsel af mikroorganismer til mennesker, f.eks. ved bilvask, hvor indånding af aerosoler indeholdende patogener er et potentielt problem. Den væsentligste indsats bør ligge i at undgå, at der skabes gode vækstbetingelser for bakterier i regnvandsanlægget. Således bør opholdstid og vandtemperatur minimeres, opsamlingstanken bør jævnlige udslammes etc.

Med udgangspunkt i Helmer et al. (1991), US-EPA (1998), AWWA Committee (1999a, 1999b), WHO (1996), US-EPA (2001), Geldreich (1990) og DVF (1997) forventes patogenerne i tabel 3.4 at kunne forekomme i opsamlet regnvand.

Tabel 3.4. Oversigt over potentielt problematiske patogene mikroorganismer i opsamlet regnvand.

Parameter	Betegnelse	Reservoir
<b>Bakterier</b>		
<i>Legionella pneumophila</i>	Opportunistisk	Vand
<i>Mycobacterium avium</i>	Opportunistisk	Vand, jord, fugle, grise
<i>Helicobacter pylori</i>	Ukendt	Ukendt
<i>Campylobacter jejuni</i>	Zoonotisk	Varmblodede dyr (mennesker, får, grise, rotter, hunde, kvæg, fugle)
<i>Aeromonas hydrophila</i>	Opportunistisk	Vand, varmblodede dyr (mennesker)
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Opportunistisk	Vand, jord etc.
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Zoonotisk	Varmblodede dyr (grise)
<i>Salmonella</i> spp.	Zoonotisk	Varmblodede dyr (grise, gnavnere, kæledyr, fugle)
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Opportunistisk	Mennesker
<b>Protozoer</b>		
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Zoonotisk	Husdyr (især kvæg)
<i>Giardia lamblia</i>	Zoonotisk	Varmblodede dyr
<i>Entamoeba</i> spp.	Human	Mennesker
<i>Toxoplasma gondii</i>	Zoonotisk	Katte
<b>Virus</b>		
Adenovirus	Human	Mennesker
Norwalk virus	Human	Mennesker
Rotavirus	Human	Mennesker
Coxsackievirus	Human	Mennesker
Enterovirus	Human	Mennesker
<b>Spoleorm</b>		
<i>Taenia</i> spp.	Zoonotisk	Kvæg, grise
<i>Echinococcus multilocularis</i>	Zoonotisk	Ræve

Tilstedeværelsen af patogenerne skyldes, at regnvandet har været i kontakt med mikroorganismernes reservoir (tabel 3.4). For de zoonotiske patogener er der primært tale om dyr, der afsætter fæces på de overflader, hvorfra regnvandet opsamles, mens de opportunistiske patogener kan findes i lavt antal overalt i miljøet.

### 3.5 Diskussion

De 373 stoffer (metaller og miljøfremmede organiske forbindelser), der er fundet i afstrømmende regnvand (kategori B, bilag B) er sammenlignet med de 447 stoffer, som potentielt kan forekomme i opsamlet regnvand (kategori A, bilag C). Sammenligningen viste, at 127 af stofferne optræder i begge bilag (kategori B, tabel 3.5). Bilag C indeholder desuden en række stofgrupper (aldehyder, n-alkanaler, n-alkener, n-alkanoler, n-alkansyrer, n-alkensyrer, pentacycliske triterpaner og steraner), som ikke er påvist i opsamlet regnvand (kategori B, bilag B). Dette kan enten skyldes, at man ikke har analyseret for stofferne i afstrømmet regnvand, fordi man ikke har vidst, at stofferne kan optræde i vandet, eller at stofferne ikke er påvist på grund af forekomst i niveauer under detektionsgrænsen. I fire af de stofgrupper, som nævnes i tabel 3.5 (pesticider, halogenerede aromatiske kulbrinter, polyaromatiske

hydrocarboner og ”andre”), er der fundet mere end 20 potentielt forekommende stoffer, som ikke er påvist i opsamlet i opsamlet regnvand. Næsten halvdelen af kategori A stofferne (bilag C) er placeret i gruppen ”andre”, dvs. stoffer som ikke kan klassificeres i forhold til NOVA 2003.

Tabel 3.5. Antal miljøfremmede stoffer, der potentielt kan optræde i opsamlet regnvand (kategori A), antal stoffer der er blevet fundet i regnvand (kategori B), og antal stoffer, der optræder i både kategori A og B.

Stofgruppe	A Potentielt forekommende stoffer <sup>1</sup>	B Stoffer, der er påvist i opsamlet regnvand <sup>2</sup> .	C Stoffer, der optræder i begge kategorier (A C B)
<i>Metaller og uorganiske sporstoffer</i>	17	60	14
<i>Miljøfremmede organiske stoffer</i>			
Alifatiske aminer	6	0	0
Aromatiske kulbrinter	10	15	7
Chlorphenyl	1	0	0
Dioxiner og furaner	8	34	7
Halogenerede alifater	28	25	14
Halogenerede aromatiske kulbrinter	29	14	6
Organoblyforbindelser	0	9	0
Organotinforbindelser	8	0	0
Phenoler	34	32	21
Phosphor-triester	2	3	2
Pesticider	63	67	23
Polyaromatiske hydrocarboner (PAH)	52	60	21
Phtalater	7	8	6
Ætere	7	8	1
Andre	175	47	5
<i>Mikrobiologiske parametre</i>	20	22	9
Samlet	447	382	127

<sup>1</sup>Stoffer fra bilag C

<sup>2</sup>Stoffer fra bilag B

Som det ses af tabellen er der i nogle tilfælde påvist flere stoffer i regnvand end der potentielt kan forekomme (kategori A, ifølge bilag C), dette skyldes naturligvis, at denne undersøgelse ikke er fuldstændig.

Undersøgelsen af potentielt forekommende stoffer i afstrømmet regnvand har påvist mange stoffer, der ikke tidligere er blevet undersøgt for og mange stoffer, der ikke indgår i det nationale overvågningsprogram af vandmiljøet (NOVA-2003). Det skal igen understreges, at undersøgelsen ikke er fyldestgørende, men som udgangspunkt illustrerer den type af information, der kan tilvejebringes ved den foreslåede metode. Gennem en mere omfattende undersøgelse af potentielt forekommende stoffer kan der formentlig identificeres væsentlig flere stoffer.

# 4 Valg af relevante måleparametre

## 4.1 Kriterier for opstilling måleprogram

Måleprogrammet omfatter komponenter som direkte er indeholdt i opsamlet regnvand (miljøfremmede stoffer) eller som kan opformerer (mikroorganismer) under opbevaring.

Det vigtigste kriterium for at udvælge parametre til måleprogrammet er, at parameteren skal kunne give anledning til et problem.

Problemerne kan være af sundhedsmæssige eller teknisk/æstetisk art. I denne rapport er relevansen af parametrene vurderet på baggrund af tre opstillede scenarier for anvendelsen af det opsamlet regnvand. De tre anvendelsesscenarier er:

- Toiletskyl
- Tøjvask i vaskemaskiner
- Vask af bil eller vinduer

Det forudsættes som udgangspunkt, at vandet ikke drikkes eller anvendes på en måde, hvor der er risiko for oral indtagelse. Problemer i relation til havevanding med opsamlet regnvand er heller ikke inkluderet.

Vandet forventes at blive opsamlet fra tage eller befæstede arealer som veje, parkeringspladser o.l. Forurening af regnvandet med almindeligt spildevand ses som et uheld, og er derfor ikke inkluderet som en kilde til forureningskomponenter.

Måleprogrammets parametre vil ikke omfatte problemer relateret til rensning af det opsamlede regnvand eller arbejdsmiljøproblemer i forbindelse med håndtering af vandet. En vurdering af eventuelle effekter ved udledning af forureningskomponenterne i miljøet (jord, grundvand og overfladevand) indgår heller ikke i udvælgelsen af parametre til måleprogrammet.

En række potentielle problemer blev identificeret med udgangspunkt i de tre anvendelsesscenarier (tabel 4.1).

Alle parametrene, som blev identificeret i kapitel 2 (fundet i opsamlet regnvand) og kapitel 3 (potentielt forekommende) er efterfølgende gennemgået i forhold til de identificerede problemer med henblik på at udpege relevante måleparametre (tabel 4.2).



Tabel 4.1. Identifikation af problemer, der kan opstå i forbindelse med brug af opsamlet regnvand til en specifik anvendelse.

Anvendelse	Overførsel	Problem
I) Toiletskyl	Indånding	Infektionssygdomme Allergi
	Hudkontakt	Infektionssygdomme Allergi
	Andet	Udfældning Farve i toiletkummen Lugtgener Skumdannelse
II) Tøjevask	Hudkontakt	Infektionssygdomme Allergi Cancer Mutagenicitet Reproduktionstoksicitet
	Andet	Udfældning Korrosion Blegning af tøj Farvning af tøj Lugtgener Dosering af detergenter
III) Vask af biler og vinduer	Indånding	Infektionssygdomme Allergi
	Hudkontakt	Infektionssygdomme Allergi Cancer Mutagenicitet Reproduktionstoksicitet
	Andet	Udfældning Korrosion Lugtgener Dosering af detergenter

Tabel 4.2. Identifikation af måleparametre som kan give problemer i forbindelse med brug af opsamlet regnvand.

Problem	Måleparameter/gruppe af parametre
<b>1 Tekniske og æstetiske</b> 1.1 Udfældning a) neutralt pH g b) højt pH (vaskemaskine) 1.2 Korrosion 1.3 Lugtgener 1.4 Skumdannelse 1.5 Farvning af tøj og toiletkummen 1.6 Blegning af tøj 1.7 Dosering af vaskemidler	Metaller, pH, alkalinitet, sulfat,  Calcium, carbonat, klorid, sulfat Ilt, sulfid Skumhøjde Metaller, humus- og fulvussyre, Kraftigt oxiderende stoffer, f.eks. H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> Vandets hårdhed, Ca og Mg
<b>2 Sundhedsmæssige</b> 2.1 Infektionssygdomme 2.2 Allergi Cancer Mutagene forandringer Reproduktionstoksiske effekter	Patogene mikroorganismer Miljøfremmede organiske forbindelser og metaller

Ideelt set bør udvælgelsen af parametrene til måleprogrammet baseres på en fuldstændig risikovurdering af hver enkelt parameter. Det var imidlertid ikke realistisk at gennemføre fuldstændige risikovurderinger for det store antal stoffer, der er omfattet af dette projekt. Måleparametrene er derfor udvalgt på basis af de tidligere beskrevne problemer, men uden uddybende risikovurderinger (tabel 4.1).

Kriterierne for valget af de fysiske og kemiske parametre er forskellige fra kriterierne for valg af mikrobielle parametre. Der er generelt et bedre vidensgrundlag omkring effekten af mikrobielle forureninger, da der ofte er en direkte årsagssammenhæng mellem den menneskelig eksponering og sygdomsudbrud. Dette skyldes primært, at tidsrummet mellem påvirkning og sygdomsudbrud er kortere. Det er således normalt lettere at spore kilden til en infektion end det er at spore kilden til allergi eller kræftsygdomme. Man skal dog være opmærksom på at eksponering for en sygdomsfremkaldende organisme ikke altid vil forårsage sygdom. Der er således række andre faktorer der har stor betydning for at en infektion indtræffer.

I denne rapport udvælges måleparametrene for de fysiske og kemiske parametre ud fra en farlighedsidentifikation. Det vil sige, at parametre, der potentielt kan give anledning til problemer ved opsamling og brug af regnvand, er medtaget i måleprogrammet uden skelen til sandsynligheden for at problemerne opstår eller hyppigheden af problemerne. Undtagelse fra dette er metallerne, hvor beregninger af mulighederne for udfældning ved forskellige "worst case"-scenarier har indgået som grundlag for at udvælgelsen af måleparametre.

De mikrobielle parametre til måleprogrammet er valgt ud fra en farlighedsidentifikation og en efterfølgende vurdering af farligheden, hvor sandsynligheden for menneskelig eksponering indgår i den samlede vurdering.

#### 4.1.1 Kriterier for valg af fysiske og kemiske parametre

Relevante tekniske og æstetiske problemer kan være udfældning, korrosion, lugtgener, skumdannelse, farvning af tøj og toiletkummen, samt blegning af tøj. Desuden kan information om vandets hårdhed anvendes som grundlag for beregning af behovet for detergenter, dvs. dosering af vaskemidler.

Mulighederne for forekomst af udfældninger, der kan forårsage tilstopning i anlæggene, kan vurderes ud fra geokemiske ligevægtsberegninger med udgangspunkt i de data som findes i bilag B. Farvning af tøj og toiletkummen er især relateret til udfældninger af Fe- og Mn-(hydr)oxider, samt et højt indhold af naturligt organisk materiale (humus og fulvussyrer) som giver gulbrun farve. Igen kan sandsynligheden for udfældning estimeres ud fra en generel karakterisering af vandet kombineret med geokemisk modellering.

Lugtgener kan forventes at opstå ved anaerobe forhold, og parametre som giver information om redox-forhold skal derfor indgå i måleprogrammet. Et indhold af detergenter kan forårsage kraftig skumdannelse, der ud over æstetiske gener, kan øge den menneskelige eksponering med f.eks. mikroorganismer.

Man skal derudover være opmærksom på korrosion i forbindelse med transport og opbevaring af vandet i jernrør, cementrør og -beholdere, samt f.eks. installationer af rustfrit stål, kobber eller galvaniseret stål. Derudover kan kraftigt oxiderende stoffer forventes at blege tøj, hvis de indgår i vaskeproceduren.

Fire sundhedsmæssige aspekter er taget i betragtning i forbindelse med de kemiske stoffer; muligheden for allergi, cancer, mutagene forandringer samt reproduktionstoksiske effekter gennem hudkontakt (tabel 4.1).

Desuden bør måleprogrammet altid omfatte en generel karakterisering i form af en række *basisparametre*. Disse basisparametre giver vigtig information om

den generelle kvalitet af det opsamlede vand, og udgør basis for at sammenligne de øvrige resultater med andre undersøgelser.

Derudover bør måleprogrammet omfatte parametre, der kan anvendes til at vurdere indholdet af næringsstof i vandet med henblik på at vurdere mulighederne for overlevelse og opformering af mikroorganismer.

Det skal som tidligere nævnt understreges, at de ovenfor beskrevne kriterier for udvælgelsen ikke omfatter en vurdering af sandsynligheden for at de udpegede måleparametre giver de uønskede effekter i en given sammenhæng. Dette betyder, at den valgte tilgang ikke er en risikovurdering i traditionel forstand, men en farlighedsidentifikation, dvs. at potentielt problematiske parametre ud fra de opstillede scenarier er identificerede, men at det er ikke vurderet om det er sandsynligt, at et problem vil opstå. Derfor vil de angivne parametre alene udgøre en "bruttoliste", som kan anvendes til at udpege kritiske parametre i forhold til et specifikt anlæg til opsamling og anvendelse af regnvand.

#### 4.1.2 Kriterier for valg af mikrobielle parametre

Måleprogrammet bør omfatte måling af specifikke humanpatogene mikroorganismer, hvor det vurderes, at der er en potentiel og væsentlig risiko for infektion. De specifikke organismer, der omfattes af måleprogrammet bør som hovedkriterium være inkluderet i en af følgende to grupper af organismer.

- Zoonotiske mikroorganismer, som er hyppigt forekommende hos dyr, der må forventes at kunne komme i kontakt med de overflader, der anvendes til opsamling af regnvand.
- Opportunistiske patogener, der er almindeligt forekommende i miljøet med en potentiel evne til vækst i regnvandstanken.

Andre faktorer indgår imidlertid også i vurderingen af de enkelte organismer. Således har smittevejen en afgørende betydning, f.eks. kan *Legionella pneumophila* forårsage infektion, hvis bakterien indåndes, mens *Cryptosporidium parvum* primært inficerer efter oral indtagelse. Det orale indtag af opsamlet regnvand forventes som tidligere nævnt at være yderst begrænset og de primære eksponeringsveje er derfor hudkontakt/optag gennem hud og indånding (se tabel 4.1).

Tilstedeværelsen af patogene organismer vil ikke altid føre til sygdomstilfælde, da en lang række faktorer kan forøge og reducere risikoen for infektion. Dosen af organismer har naturligvis stor betydning for infektionsrisikoen. Denne infektiøse dosis er normalt ikke særlig godt bestemt i litteraturen, hvor den for en lang række patogener angives indenfor en eller flere størrelsesordenener. Dette skyldes, at en lang række andre faktorer har betydning, bl.a. den inficerede persons modstandsstyrke og virulensen af den specifikke stamme. Desuden er undersøgelserne ofte baseret på et lille datamateriale, da det kan være vanskeligt og omkostningsfuldt at finde et tilstrækkeligt antal frivillige personer til eksperimenterne (Teunis, 1997).

Også mikroorganismernes overlevelse i miljøet har stor betydning for størrelsen af den menneskelige eksponering. Bakterier som *Escherichia coli* og *Campylobacter jejuni* har normalt en halveringstid i miljøet på nogle få dage, mens protozoerne *Giardia intestinalis* og *Cryptosporidium parvum* kan overleve månedsvi i et sporelignende stadie (hhv. cyst og oocyst). Bakterier som *Legionella pneumophila* og *Pseudomonas aeruginosa*, der potentielt kan

opformerer i regnvandstanken bør naturligvis have en særlig bevågenhed i forbindelse med brug af regnvand i huse.

En række sekundære kriterier har altså indgået i udvælgelsen af mikroorganismer til måleprogrammet, dog med mindre vægt end de primære kriterier.

- Smittevejen, f.eks. vurderes en potentiel risiko for smitte ved inhalering eller hudkontakt at være mere problematisk end indtagelse af mikroorganismene.
- Den infektiøse dosis og farligheden af organismen
- Den aktuelle viden om mikroorganismen. F.eks. er de vigtigste smitteveje for nogle mikroorganismer ukendte.
- Antallet af årlige infektioner i Danmark

Mikrobiel vækst kan også give anledning til lugtgener, misfarvning og skumdannelse, desuden kan bakterier danne belægninger (biofilm) i installationerne, hvilket kan forårsage forskellige tekniske problemer f.eks. tilstopning af filtre og forøget korrosion. Måleprogrammet bør derfor omfatte en generel mikrobiel karakterisering af vandet, dvs. måling af nogle af de standardparametre som også anvendes til f.eks. spildevand.

#### 4.2 Basisparametre

En generel karakterisering med en række basisparametre bør altid indgå i et måleprogram. Aktuelle parametre er suspenderet stof, turbiditet, temperatur, pH, ledningsevne, BOD (biologisk iltforbrug), NVOC (ikke flygtigt organisk stof) samt koncentration af ilt og sulfid. Disse standardmålinger giver vigtig information om kvaliteten af det opsamlede vand, herunder iltforbrug og sulfiddannelse under opbevaring, samt forhold der har betydning for overlevelse og opformering af mikroorganismer.

Desuden bør følgende mikrobielle basisparametre indgå i måleprogrammet: Kimtal (22°C), kimtal (37°C) og DEFT (totalt bakterietal).

#### 4.3 Tekniske og æstetiske problemer

Relevante tekniske og æstetiske problemer kan være udfældning, korrosion, lugtgener, farvning af tøj og toiletkummen, skumdannelse, samt blegning af tøj.

Muligheden for udfældninger, der f.eks. kan forårsage tilstopninger, blev vurderet ud fra kemiske ligevægtsberegninger i et software program for geokemisk modellering (PHREEQC; Parkhurst og Appelo, 2001). Beregningerne blev udført som "worst case" scenarier, hvor de højeste målte koncentrationer af metallerne Al, Ba, Ca, Cd, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Pb, Sr og Zn blev benyttet som udgangspunkt for modelleringen. Grunden til at ikke alle fundne eller potentielt forekommende metaller blev inkluderet, skyldtes begrænsninger i PHREEQC's standard database. Totalt blev der beregnet på 12 cases ved at variere pH, alkalinitet, temperatur, samt klorid og sulfat koncentrationerne (se bilag D1). Der blev regnet på en case med neutral pH, samt en case hvor pH var 10 for at simulere, hvad der kan ske ved at benytte opsamlet regnvand i vaskemaskiner. I dette tilfælde blev det også regnet med en høj temperatur (40°C). I andre cases varieredes alkalinitet samt klorid- og sulfat- koncentrationerne, indenfor et interval som repræsenterer en relativt

lav koncentration og den maksimalt målte koncentration (bilag B og bilag D1).

Beregningerne viste, at der i opsamlet regnvand er mulighed for udfældning af mineraler der indeholder Al, Ba, Fe, K, Pb samt eventuelt Zn (Tabel 4.3). I vaskemaskinen er det desuden risiko for udfældning af Cd, Mn og Zn. Derfor anbefales det at disse 8 metaller bør indgå i et måleprogram. Hvis man i et specifikt tilfælde vil beregne muligheden for udfældning, skal de anioner som indgår i mineralerne desuden kvantificeres, dvs. målinger af pH (hydroxidioner), alkalinitet (karbonat og bikarbonat) og sulfat.

Tabel 4.3. Resultat fra beregninger af muligheden for udfældning af relevante mineraler under forskellige forudsætninger. + angiver at vandet er overmættet med mineraler, der indeholder det pågældende metal, - angiver at vandet er undermættet ift. mineraler der indeholder det pågældende metal, ± angiver at der er næsten ligevægt i systemet, dvs. + og ± indikerer en mulighed for udfældning.

		pH 7 Temp 20°C						pH 10 Temp 40°C					
		1,4			326			1,4			326		
		Alkalinitet (mekv/l)			4600			46000			46000		
		Klorid (mg/l)		50	0	5	0	5	0	5	0	5	0
Sulfat (mg/l)		1	68	1	68	1	68	1	68	1	68		
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Metal	Al	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	Ba	-	±	-	-	±	-	-	-	-	-	-	
	Ca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Cd	-	-	-	-	-	-	+	±	-	+	±	
	Cu	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Fe	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
	K	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	
	Mg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Mn	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	
	Na	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Pb	±	±	-	-	-	-	+	+	+	+	+	
	Sr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	Zn	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	

Man skal være opmærksom på korrosion i forbindelse med transport og opbevaring i cementrør og -beholdere, dvs. risiko for undermætning i forhold til calcite. Derfor er Ca, alkalinitet og pH relevante måleparametre. Klorid- og sulfatindholdet kan have betydning for korrosionen af f.eks. jernrør og installationer af rustfrit stål og kobber, og derfor bør klorid og sulfat indgå som måleparametre.

Farvning af tøj og toiletkumme er især relateret til udfældninger af Fe- og Mn- (hydr)oxider, samt høj forekomst af naturligt organisk materiale (humus og fulvosyre) som giver gul-brun farve. Dette kan estimeres ud fra målinger af NVOG. Som beskrevet ovenfor er der mulighed for udfældning af begge metaller, og de bør derfor inkluderes i måleprogrammet.

Stoffer som er kraftigt oxiderende kan forventes at blege tøj, hvis de indgår i vaskeproceduren. Det er dog ikke sandsynligt at forvente en sådan effekt her, idet eventuelt forekommende oxiderende stoffer i afstrømmet regnvand allerede i opsamlingsbeholderen vil reagere med organisk materiale.

Vandets hårdhed, dvs. indholdet af Ca og Mg, har betydning for hvor meget detergent (vaskemiddel), der skal doseres ved brug af opsamlet regnvand i vaskemaskiner eller ved vask af vinduer og biler. At undgå at overdosere

detergenter vil sandsynligvis være af interesse for brugerne af sekundavand, og derfor bør måling af Ca og Mg indgå i måleprogrammet .

Mikrobiel vækst kan give anledning til lugtgener og misfarvning af vandet. Desuden kan bakterier danne belægninger (biofilm) i installationerne, hvilket kan forårsage forskellige tekniske problemer f.eks. tilstopning af filtre og forøget korrosion. Denne mikrobielle vækst styres af en række faktorer bl.a. temperatur, mængde af mikrobielt tilgængelige næringsstoffer og opbevaringstid. Den mikrobielle vækst kan monitoreres med generelle mikrobielle metoder som f.eks. kimtalsbestemmelse ved 22°C og mikroskoptællinger (DEFT). Endotoksin- eller ATP-måling kan anvendes som supplement til disse metoder, men ingen af metoderne bør dog stå alene da erfaringsgrundlaget endnu er spinkelt.

Det opsamlede vands evne til at understøtte mikrobiel vækst kan kvantificeres. Der eksisterer i dag to udbredte metoder til bestemmelse af indholdet af mikrobielt tilgængeligt organisk kulstof, nemlig assimilerbart organisk carbon metoden (AOC) (Van der Kooij, 1992) og metoden til bestemmelse af biologisk nedbrydeligt organisk carbon (BDOC) (Servais et al., 1987). Alternativt kan der udføres henstandsforsøg med det opsamlede regnvand, f.eks. hvor kimtallet måles før og efter en opbevaringsperiode. Henstandsforsøg vurderes i denne sammenhæng at være mere velegnet til undersøgelser af effekten af opbevaring, men da disse målinger har mere karakter af egentlige forsøg, er de ikke medtaget i måleprogrammet.

#### 4.4 Sundhedsmæssige problemer

##### 4.4.1 Kemiske stoffer

I denne sammenhæng er fire sundhedsmæssige aspekter taget i betragtning; risikoen for allergi, cancer, mutagene forandringer og reproduktionstoksiske effekter (se tabel 4.1).

Der er søgt information om evne til at fremkalde de uønskede effekter for samtlige stoffer, der kan forekomme i opsamlet regnvand (identificerede stoffer: bilag B og potentielle stoffer: C). De problematiske stoffers sundhedsmæssige egenskaber er samlet i bilag D2. Der er søgt i:

- Bekendtgørelse af listen over farlige stoffer (Miljøministeriet, 2000)
- Datablade til NOVA 2003

Cas-nummer og synonymer for stofferne er fundet i:

- Chemfinder (<http://chemfinder.cambridgesoft.com/>)

Der er fundet oplysninger om, at 153 af stofferne har mindst én af de sundhedsmæssigt negative egenskaber, der berettiger at de indgår i et måleprogram (tabel 4.4). Heraf er 79 stoffer allergifremkaldende, 72 stoffer kræftfremkaldende, 10 stoffer mutagene og 29 reproduktionstoksiske. Nogle af stofferne har flere af de ovennævnte egenskaber. Af de stoffer, der er identificeret i afstrømmet regnvand og de stoffer, der potentielt kan forekomme, er det kun 22%, som kan vurderes i forhold til deres sundhedsmæssige egenskaber, der således ikke er fundet oplysninger for de resterende 78% (tabel 4.5). Fire af de stofgrupper (chlorphenyler, phosphor-triestere, blødgørere, dioxiner og furaner), som indgår i listerne for de identificerede stoffer og de potentielle stoffer (bilag B og C) er der ikke fundet oplysninger om ved den beskrevne datasøgning.

Tabel 4.4 Oversigt over stoffer, hvor der er fundet oplysninger om sundhedsmæssige egenskaber.

Egenskaber	A Identificerede stoffer (Bilag B)	B Potentielle stoffer (Bilag C)	Samlet (A+B)
Totalt antal stoffer i bilagene	381	443	701
Stoffer med tilgængelig information om sundhedsmæssige egenskaber	91	113	148
Allergifremkaldende	32	70	79
Kræftfremkaldende	54	55	72
Mutagene	7	6	10
Reproduktionstoksiske	23	13	29

Det fremgår af tabel 4.5, at cobolt (Co), krom (Cr) og nikkel (Ni) er allergifremkaldende. Endvidere kan fire metaller fremkalde kræft nemlig Arsen (As), Cadmium (Cd), Nikkel og bly (Pb). Cadmium og nikkel er også reproduktionstoksiske ligesom bly og selen (Se) er det. Nikkel har som det eneste af de nævnte metaller alle tre egenskaber (reproduktionstoksisk, allergi- og kræftfremkaldende). Ingen af metallerne klassificeres som mutagene.

De 33 pesticider som er klassificerede, er enten allergifremkaldende og/eller kræftfremkaldende med undtagelse af fenthion som er mutagen (tabel 4.5). Foruden fenthion er tre andre pesticider mutagene (atrazin, diuron og 2-methyl-4,6-dinitrophenol). Et pesticid (Mirex) er reproduktionstoksisk.

De to alifatiske aminer (dimethylamin og hexamethyltetraamin), som der kunne findes oplysninger for i Miljøministeriet (2000), er allergifremkaldende.

Blandt de aromatiske kulbrinter klassificeres benzen og nitrobenzen som værende både kræftfremkaldende og reproduktionstoksiske. Toluen er også reproduktionstoksisk, mens 1,2,3,4-tetrahydroxynaphthalen og xylen er allergifremkaldende. De to aromatiske kulbrinter 2,4- og 2,6-dinitrotoluen er kræftfremkaldende, mutagene og reproduktionstoksiske.

De halogenerede alifater er klassificeret meget forskelligt. 11 alifater ud af 17 er kræftfremkaldende og syv fremkalder allergi. To stoffer har mutagene egenskaber og fem er reproduktionstoksiske. 6 af de halogenerede alifater har mere end én af de fire undersøgte egenskaber (Tabel 4.5).

Alle otte halogenerede aromatiske forbindelser, som det var muligt at finde sundhedsmæssige oplysninger for, er allergifremkaldende. Tre af de allergifremkaldende halogenerede aromater (benzylchlorid, benzylidenchlorid og 4-chloranilin) kan også fremkalde kræft.

Tabel 4.5 Sundhedsmæssige egenskaber for de stoffer, hvor der er fundet information (se Bilag D2). (Allergi: Allergifremkaldende; Carc: Mistænkt kræftfremkaldende; Mut: Mutagene; Rep: Reproduktionstoksiske).

Stoffer	Mut Rep				Stoffer	Allergi. Carc Mut. Rep.			
	Allergi.	Carc.	.	.		Allergi.	Carc	Mut.	Rep.
<i>Metaller</i>									
As		X			Ni	X	X		X
Cd		X		X	Pb				X
Co	X				Se				X
Cr	X	X							
<i>Pesticider</i>									
Acetochlor	X				Heptachlorepoxyd		X		
Alachlor	X	X			Isophorone	X	X		
Aldrin		X			Isoproturon		X		
Atrazin	X	X	X		Lindan	X			
Bronopol	X				Linuron		X		
Chlordan		X			MCPA	X			
2,4-D	X				MCPP	X			
DDT		X			Mirex		X		X
Dichlorprop	X				Propachlor	X			
Dieldrin		X			Propazine		X		
Diuron		X	X		Simazin		X		
DNOC	X		X		Tolyfluanid	X			
Endosulfan	X				Toxaphene	X	X		
Fenthion			X		Trifluralin	X			
HCB		X			2,4,5-T	X			
HCH	X	X			2,4,5-TP	X			
Heptachlor		X							
<i>Alifatiske aminer</i>									
Dimethylamin	X				HMT	X			
<i>Aromatiske kulbrinter</i>									
Benzen		X		X	Toluen				X
2,4-Dinitrotoluene		X	X	X	1,2,3,4-Tetrahydro-naphthalene	X			
2,6-Dinitrotoluene		X	X	X	Xylener	X			
Nitrobenzene		X		X					
<i>Halogenerede alifater</i>									
Brommethane	X			X	1,3-Dichlorpropen	X			
Chlorethane		X			2,3-Dichlorpropen	X		X	
Chlormethane		X			Tetrachlorethen		X		
1,2-Dibrommethan		X	X	X	Tetrachlormethan		X		
1,1-Dichlorethan	X				Tribrommethan	X			
1,2-Dichlorethan	X	X			Trichlorethen		X		
1,1-Dichlorethylen				X	Trichlormethan	X	X		X
Dichlormethan		X			Vinylchlorid		X		X
1,3-Dichlorpropan-2-ol		X							
<i>Halogenerede aromatiske kulbrinter</i>									
Benzychlorid	X	X			1,4-Dichlorbenzen	X			
Benzyldenchlorid	X	X			1,4-Dimethylbenzen	X			
4-Chloranilin	X	X			1,3-Dimethylbenzen	X			
1,2-Dichlorbenzen	X				1,2-Dimethylbenzen	X			



Tabel 4.5 fortsat. Sundhedsmæssige egenskaber for de stoffer, hvor der er fundet information (se bilag D2). (Allergi: Allergifremkaldende; Carc: Mistænkt kræftfremkaldende; Mut: Mutagene; Rep: Reproduktionstoksiske).

Stoffer	Mut Rep				Stoffer	Allergi. Carc. Mut. Rep.			
	Allergi.	Carc.	.	.		Allergi.	Carc.	Mut.	Rep.
<i>Phenoler</i>									
4-Chlor-3-methylphenol	X				2,4,5-Trichlorphenol	X			
2-Methoxyphenol	X				2,4,6-Trichlorphenol	X	X		
Pentachlorphenol	X	X			2,3,4,6-Tetrachlorphenol	X			
<i>PAH'er</i>									
Benzo(a)anthracen		X			Benzo(e)pyren		X		
Benzo(b)fluoranthren		X			Biphenyl	X			
Benzo(k)fluoranthren		X			Chrysen		X	X	
Benzo(a)pyren		X	X	X	Dibenzo-(a,h)anthracen		X		
<i>Ætere</i>									
Ether, bis(chlormethyl)-		X			Bisphenol-A-diglycidylether	X			
<i>Organotinforbindelser</i>									
Tributyltinoxid	X				Triphenyltinhydroxid	X			
Triphenyltinacetat	X								
<i>Organiske blyforbindelser</i>									
Blyalkyler				X	Tetraethylbly				X
Tetramethylbly				X	Trimethylbly				X
Trimethylethylbly				X	Triethylbly				X
Dimethyldiethylbly				X	Dimethylbly				X
Methylethylbly				X	Diethylbly				X
<i>Andre</i>									
Acetaldehyd	X	X			Diphenyl-4,4'-methandiisocyanat	X			
Acetone	X				DPG	X			X
Acrylat-copolymer	X				Epichlorhydrin	X	X		
Alkane n-C13 - n-C26			X		Ethylglycolacetat				X
2-Aminoethanol	X				Formaldehyd	X	X		
Ammoniumchlorid	X				MBS	X			
Azinphos-methyl	X				Methylethylketon	X			
Benzidin			X		Methylglycol				X
2-(2-Butoxyethoxy)ethanol	X				Methylmethacrylat	X			
Bytylglycol	X				Mineralsk terpentin		X		
CBS	X				Phthalanhydrid	X			
Cyclohexan	X				Styren	X			
4,4'-Diaminodiphenylmethan	X	X			Sulfaminsyre	X			
2,4-Diisocyanatotoluen	X	X			Terpentin	X			
2,6-Diisocyanatotoluen	X	X			Trichlorfon	X			
Dipenten	X				ZDMC	X			

Flere phenoler (4-chlor-3-methylphenol, 2-methoxyphenol, pentachlorphenol, 2,4,5-trichlorphenol, 2,4,6-trichlorphenol, 2,3,4,6-tetrachlorphenol) er allergifremkaldende. Pentachlorphenol og 2,4,6-trichlorphenol er desuden fundet at være kræftfremkaldende.

Ud af 60 PAH'er er otte klassificeret, heraf er syv kræftfremkaldende (benzo(a)anthracen, benzo(a)fluoranthren, benzo(k)fluoranthren, benzo(a)pyren, benzo(e)pyren, chrysen og dibenzo(a,h)anthracen) og et allergifremkaldende (biphenyl). Benzo(a)pyren er også mutagen og reproduktionstoksisk mens chrysen er mutagen. Alle de klassificerede PAH'er er fundet i afstrømmende regnvand (bilag B) og blandt de potentielt forekommende stoffer (bilag C).

Kun to ætere kunne vurderes ud fra deres sundhedsmæssige egenskaber. Bis(chlormethyl)ether (bilag B) er kræftfremkaldende og bisphenol-A-diglycidylether er allergifremkaldende (bilag C; tabel 4.5).

De organiske tinforbindelser (bilag C) er alle allergifremkaldende.

Organiske blyforbindelser er fundet i afstrømmet regnvand (bilag B) og klassificeres generelt som reproduktionstoksiske stoffer (tabel 4.5).

De resterende stoffer, der er fundet sundhedsmæssige oplysninger for, tilhører gruppen "andre stoffer". I denne sidste gruppe findes en række alkaner (C13-C26) samt 30 andre miljøfremmede organiske stoffer. Alkanerne med 13 til 26 kulstofatomer i molekylekæden klassificeres i Miljøministeriet (2000) som værende kræftfremkaldende. Hovedparten af de 30 andre stoffer er allergifremkaldende f.eks. styren. Fem stoffer (4,4'-diaminodiphenylmethan, epichlorhydrin, formaldehyd, 2,4- og 2,6-diisocyanatotoluen) er udover at være allergifremkaldende også kræftfremkaldende. Diphenylguanidin (DPG) kan fremkalde allergi og er reproduktionstoksisk. Ethylglycolacetat og methylglycol er klassificeret som reproduktionstoksiske (Miljøministeriet, 2000).

For mange af de stoffer, der er identificeret og/eller potentielt kan forekomme i afstrømmet regnvand, er der ikke fundet sundhedsmæssige oplysninger i den anvendte litteratur (Miljøministeriet, 2000 og NOVA 2003). Det er desværre ikke muligt, indenfor dette projekt at lave specifikke søgninger i litteraturen for sundhedsmæssige data for samtlige 548 stofferne, hvorfor der er udvalgt fem stoffer for nærmere undersøgelse (tabel 4.6). Stofferne er udvalgt på baggrund af et eller begge af følgende kriterier:

- Stoffet er blevet diskuteret i miljøsammenhæng på internationalt plan.
- Stoffet tilhører en stofgruppe, hvor der ikke er fundet oplysninger for andre stoffer i gruppen.

Tabel 4.6 Stoffer udvalgt til nærmere litteratursøgning samt og deres fundne sundhedsmæssige egenskaber.

Stof	Cas-nr.	Allergi	Car	Mu	Re	Identificeret (Bilag B)	Potentielle (Bilag C)
Sølv (Ag)	7440-22-4		X*			+	
Bisphenol A	80-05-7	X	X*		X	+	
DEHP	117-81-7		X		X	+	+
2,3,7,8-tetrachlor-dibenzo-p-dioxin	1746-01-6		X		X	+	
BHT	128-37-4	X		X			+

\*Muligvis kræftfremkaldende

De udvalgte stoffers sundhedsmæssige egenskaber blev fundet ved brug af et anerkendt internationalt opslagsværk samt databaser:

- Rippen (1995)
- Risk Assessment Information System ([http://risk.lsd.ornl.gov/tox/rap\\_toxp.shtml](http://risk.lsd.ornl.gov/tox/rap_toxp.shtml))

- National Toxicology Program  
([http://ntp-server.niehs.nih.gov/Main\\_Pages/Chem-HS.html](http://ntp-server.niehs.nih.gov/Main_Pages/Chem-HS.html))  
Ovenstående illustrerer, at det er særdeles relevant at undersøge flere stoffers sundhedsmæssige egenskaber for at få et fyldestgørende billede af hvilke problemer og dermed begrænsninger der er ved brug af opsamlet regnvand som sekundavand.

#### 4.4.2 Mikroorganismer

Den hygiejniske mikrobielle kvalitet af det opsamlede vand opfylder konsekvent ikke drikkevandskravene, og kan altså betegnes ikke-egnet til indtagelse. Det er derfor vigtigt, at man sikrer installationer mod at kunne forurene drikkevandssystemerne f.eks. ved tilbagesug og fejltilslutninger.

Da mikrobielle sundhedsproblemer oftest er knyttet til fækale forureninger, er en række af de almindeligt anvendte målemetoder netop rettet mod at undersøge om en prøve har været udsat for en sådan forurening. Dette måles vha. en række indikatorbakterier, som altid er tilstede i spildevand. De mest almindelige indikatorbakterier er total coliforme bakterier, fækale coliforme bakterier (eller termotolerante coliforme), *Escherichia coli*, Enterococcer (eller fækale streptococcer) og *Clostridium perfringens*. Enterokokker og *Clostridium perfringens* (sporedanner) overlever generelt bedre i miljøet end de coliforme bakterier, og de anvendes derfor ofte i miljøer, hvor overlevelsen af coliforme bakterier må forventes at være lille f.eks. i havvand eller under rensningsprocesser (f.eks. UV-belysning).

Indikatororganismer for fækal forurening bør generelt indgå i karakteriseringen af det opsamlede regnvand, og således bør måleprogrammet som minimum omfatte bestemmelse af total coliforme bakterier og *Escherichia coli*. Enterokokker kan medtages i måleprogrammet, f.eks. hvis man forventer lange opholdstider i regnvandstanken, hvor enterokokker må forventes at kunne detekteres selv efter, at de coliforme bakterier er henfaldet til under detektionsgrænsen.

Det er blevet vurderet om de patogener, der er udpeget i afsnit 3.3 som potentielt problematiske, bør indgå i et egentligt måleprogram til at overvåge regnvandsanlæg. Vurderingen tager udgangspunkt i de kriterier, der er opstillet i 4.1.1 og baseres på patogenernes egenskaber, der er opsummeret i bilag D3. I det følgende begrundes valget (og fravalget) af de relevante mikrobielle måleparametre:

***Campylobacter spp.*** er kun påvist i 4 ud af i alt 284 prøver fra opsamlet regnvand (se tabel 2.11) på trods af, at bakterien er meget hyppigt forekommende hos fugle og ofte inficerer mennesker. Der var således i år 2000 4.402 sygdomsudbrud i Danmark forårsaget af *Campylobacter* (EPI – Nyt, 2001a). Bakterien *C. jejuni* er den hyppigst forekommende årsag til infektioner (ca. 90% af tilfældene), men *C. coli* kan også forårsage infektion (i ca. 10% af tilfældene). Bakterien smitter ved oral indtagelse og kan forårsage diarree ved selv lave doser (ned til 500-800 organismer) (Park et al. (1991); Altekruise et al., 1999). Da bakterien desuden hyppigt forekommer hos dyr bør den indgå i måleprogrammet.

***Legionella pneumophila*** er potentielt problematisk i regnvandsopsamlingsanlæg, da den kan vokse i regnvandsanlægget. Dette er især tilfældet, hvis temperaturen er høj i opsamlingsbeholderen f.eks. på varme sommerdage. Der blev i 2000 anmeldt 92 tilfælde af legionella-pneumoni i Danmark (EPI – Nyt, 2001b), og der er desuden tidligere påvist *Legionella spp.* i opsamlet

regnvand (10 positive ud af 462 prøver). Bakterien kan overføres til mennesker ved inhalering af aerosoler indeholdende bakterier, og den største risiko for infektion ved anvendelse af vandet vil derfor være ved vask af biler, vinduer o.l. Bakterien må forventes at kunne udgøre en risiko i forbindelse med opsamling af regnvand og bør derfor omfattes af måleprogrammet.

**Salmonella spp.** er en gruppe af zoonotiske bakterier, der kan forårsage diarre. Der blev i år 2000 i Danmark rapporteret 2324 tilfælde af Salmonella-infektioner, hvoraf langt de fleste tilfælde kunne henføres til inficeret svinekød, slagtekyllinger og æg (EPI- Nyt, 2001a). Der er imidlertid tidligere påvist Salmonellainfektioner hos 4 medlemmer i en familie i New Zealand, hvor Salmonella med stor sandsynlighed stammede fra det regnvandsopsamlingsanlæg, der forsynede familien med drikkevand (Simmons og Smith, 1997). En større Dansk undersøgelse er p.t. ved at kortlægge forekomsten af Salmonellabakterien hos vilde dyr som en kilde til infektion hos grise og kyllinger. De foreløbige resultater af undersøgelsen viser en lav forekomst af *Salmonella* spp. blandt vilde dyr (Baggesen, 2001). Bakterien er blevet påvist med meget lav frekvens i tidligere undersøgelser af regnvandsanlæg (2 positive ud af 913 prøver). Der findes en række modstridende undersøgelser af Salmonellas infektiøse dosis, således peger nogle undersøgelser af sygdomsudbrud på en infektiøs dosis mellem  $10^7$ - $10^9$ , mens andre foreslår værdier under 100 (Kothary og Babu, 2001). Flere forfattere har foreslået, at de observerede forskelle i den infektiøse dosis skyldes forskelle i det inficerende fødemiddels fedtindhold, fordi et højt fedtindhold kan beskytte bakterierne mod mavesyre (Kothary og Babu, 2001). Risikoen for Salmonella infektioner fra regnvandsanlæg vurderes umiddelbart at være lav, hvorfor bakterien ikke bør indgå i måleprogrammet.

Det vigtigste reservoir for **Yersinia enterocolitica** i Danmark er svin. I år 2000 indberettedes 265 tilfælde af infektion (EPI -Nyt 2001a), men Yersinia er ikke påvist i opsamlet regnvand (0 positive ud 338 prøver). Bakterien kan inficere ved indtagelse af en moderate dosis (omkring 100 celler), men da bakterien imidlertid ikke overlever særligt længe i vand og heller ikke er hyppigt forekommende i miljøet, må den menneskelige eksponering med Yersinia via regnvand betegnes som minimal og bakterien bør derfor ikke indgå i måleprogrammet.

**Mycobacterium avium complex (MAC)** er en gruppe af bakterierne *M. avium* og *M. intracellulare*. MAC bliver ofte påvist i vand og jord (Inderlied et al., 1993), men også fugle kan optræde som vært for bakterierne (Bermudez et al., 2000). MAC er opportunistisk patogen og kan smitte ved indånding af aerosoler. I de senere år har der været et stigende antal tilfælde af infektion forårsaget af MAC hos folk med svækket immunforsvar, primært hos AIDS patienter, hvor den er en af de mest almindeligt forekommende infektioner. Det er uklart, om bakterien vil være i stand til at vokse i regnvandstanken, men hvis det er tilfældet, vil infektionsrisikoen være væsentligt forøget. Der findes kun en enkelt undersøgelse af forekomsten af MAC i regnvand fra Danmark, hvor bakterien blev påvist i en enkelt prøve ud af 21 (Albrechtsen, 1998). Det vurderes ud fra de data, der foreligger, at bakterien bør indgå i måleprogram for regnvand, især hvis der er mulighed for eksponering af folk med svækket immunforsvar (f.eks. på hospitaler, plejehjem, børnehaver).

**Pseudomonas aeruginosa** er ligeledes en opportunistisk patogen, der er meget udbredt i vand og jord, ofte som en del af en biofilm fasthæftet til overflader. Bakterien kan formentlig vokse i regnvandstanken og er da også blevet påvist i flere danske regnvandsanlæg (Albrechtsen, 1999). Bakterien er hovedsagligt ansvarlig for sår-, øjne/øre- og urinvejsinfektioner særligt hos svækkede personer. Da bakterien kan inficere ved hudkontakt og potentielt kan

forekomme i høje koncentrationer, vurderes bakterien at burde indgå i måleprogrammet.

***Aeromonas hydrophila*** forekommer ofte i akvatiske miljøer, hvor bakterien er i stand til at overleve og vokse. *Aeromonas* spp. synes at være relativt hyppigt forekommende i regnvandsanlæg. Den er således fundet i 17% af målingerne (25 positive prøver ud af 146). Bakterien kan både forårsage diarre og sårinfektioner, men den infektiøse dosis vurderes at være høj (omkring  $10^8$  celler (Geldreich, 1996)). Bakterien må forventes at kunne vokse i regnvandstanken, hvilket kombineret med den høje forekomst gør, at bakterien bør indgå i måleprogrammet.

***Klebsiella* spp.** er knyttet til en række forskellige sygdomme hos mennesker, primært hos svækkede personer. Bakterien forekommer hyppigt også hos raske personer og optræder normalt kun i miljøet i forbindelse med spildevandsforureninger. Bakterien bør derfor ikke omfattes af måleprogrammet, da den primært er knyttet til spildevandsforureninger. Spildevandsforureninger forventes at være sjældne og kan normalt erkendes ud fra tilstedeværelse af diverse indikatororganismer.

Der er kun ringe viden om forekomst og potential sygdomsrisiko fra ***Helicobacter pylori*** i miljøet. Bakterien er bl.a. årsag til nogle af de mest udbredte sygdomme i den vestlige verden, nemlig mavesår og kræft i mavesækken (Benenson, 1995). De mest almindelige smitteveje er imidlertid endnu ikke er fastlagt. Da der ikke tidligere er publiceret undersøgelser om *Helicobacter pylori* forekomst i opsamlet regnvand er det af videnskabelig interesse at undersøge netop dette. Bakterien bør inddrages i måleprogrammet, da den forårsager sygdomme, der udvikler sig over en lang tidshorison og derfor ikke umiddelbart vil kunne knyttes til specifikke sygdomstilfælde, derfor er man nødt til at kende eksponeringen fra regnvandsanlæg for at kunne vurdere risikoen for infektion.

***Shigella* spp.** kan forårsage bakteriel dysenteri hos mennesker. Bakterien er meget smitsom, den infektiøse dosis vurderes at være mellem 10 og 100 celler (Benenson, 1995; Geldreich, 1996). Der er ikke tidligere konstateret Shigellabakterier i opsamlet regnvand (0 positive ud af 342 prøver). I perioden 1980-2000 blev der i Danmark rapporteret om 1987 tilfælde (heraf var kun 422 smittet i Danmark) (EPI nyt, 2001c). Smitten overføres oralt mellem mennesker ved kontakt med fæces og er derfor primært knyttet til spildevandsforureninger. Det kan derfor ikke anbefales at medtage organismen i måleprogrammet.

***Staphylococcus aureus*** er en opportunistisk patogen, der bl.a. kan forårsage sårinfektioner. Holländer et al. (1996) undersøgte 79 regnvandsanlæg uden at finde bakterien. Bakterierne overføres primært ved fysisk kontakt mellem mennesker, især hvis de hygiejniske forhold er dårlige. Det vurderes, at bakterien ikke vil udgøre et problem i forbindelse med opsamling af regnvand og bør derfor ikke omfattes af måleprogrammet.

Protozoen ***Cryptosporidium parvum*** forekommer hyppigt hos dyr. Organismen har været genstand for meget opmærksomhed siden den forårsagede et større sygdomsudbrud i Milwaukee, USA, hvor omkring 400.000 personer skønnes at være blevet påvirket efter at have drukket kontamineret drikkevand. *Cryptosporidium* kan overleve lang tid i vand som oocyster, hvilket kombineret med en meget lav infektiøsdosis (<10 oocyster) gør, at organismen er potentielt problematisk i forhold til regnvandsopsamling og derfor bør indgå i måleprogrammet. Organismen er tidligere fundet i regnvand i 29 ud af 122 prøver.

***Giardia intestinalis*** (tidligere *G. lamblia*) er ligeledes en protozo, der forekommer hyppigt hos dyr. Giardia organismer kan danne cyster, og kan derved overleve lang tid i miljøet. Infektion kan forårsages ved indtagelse af meget få organismer (<10 cyster), hvorved den typisk forårsager mild til kraftig diarre. Organismen kan optræde relativt hyppigt i regnvandsanlæg, således er der fundet Giardia i 10 ud af 122 prøver fra regnvandsopsamlingsanlæg. Organismen må antages at være potentielt problematisk i forbindelse med regnvandsopsamling og bør derfor omfattes af måleprogrammet.

Amøben ***Entamoeba histolyca*** overføres primært som en følge af kontakt med human fæces. Risikoen for at regnvandet kommer i kontakt med spildevand vurderes generelt at være lille, hvorfor Entamoeba ikke bør omfattes af måleprogrammet.

***Toxoplasma gondii*** er en protozo, der hovedsagligt findes i kattes afføring. Gravide udgør en særlig risikogruppe, da infektion herunder kan medføre alvorlige komplikationer. Organismen kan danne oocyster, hvorfor overlevelsestiden i miljøet må forventes at være lang. Forekomsten Toxoplasma i regnvand er ikke tidligere undersøgt, men organismen kan potentielt være problematisk, især hvis katte hyppigt frekventerer opsamlingsområdet. Organismen er derfor inkluderet i måleprogrammet.

**Gær og mikrosvampe** kan potentielt vokse i regnvandsanlæggene. Den generelle vækst af organismerne kan producere stoffer, der kan forårsage allergi hos folk. Forekomst af gær og mikrosvampe er ikke specielt knyttet til forekomsten af bakterielle indikatorer eller patogener, fordi de er i stand til at vokse under andre betingelser end bakterier. Gær og mikrosvampe bør derfor inkluderes i undersøgelser af opsamlet regnvand.

**Vira** er som tidligere nævnt meget værtsspecifikke, hvilket betyder, at vira fra dyr normalt ikke kan inficere mennesker. Forekomst af vira via regnvand vil typisk kræve, at vandet er blevet forurenet med humane fækalier (spildevand). Risikoen for spildevandsforurening af det opsamlede regnvand vurderes generelt at være meget lille, især hvis vandet opsamles fra tage. Måling af specifikke vira er generelt meget vanskeligt, og der eksisterer således i dag ikke gode screeningsmetoder for human patogene vira i miljøet eller egentlige "indikatorvira". En eventuel forurening med spildevand vil normalt kunne erkendes alene ud fra forekomsten af høje bakterietal for indikatorbakterierne, og sammenholdt med den ringe risiko for spildevandsforureninger og mangel på egnede målemetoder er det ikke hensigtsmæssigt at inkludere vira i måleprogrammet.

Højere organismer som spoleorm kan i princippet forekomme i opsamlet regnvand. Det er især rævebændelorm (***Echinococcus multilocularis***), der kan give anledning til bekymring, fordi infektion er uhelbredelig og dødelig. Forekomsten af rævebændelormen er imidlertid meget lille i Danmark og risikoen for infektion vurderes derfor at være lav. Den største risiko er at spise grøntsager forurenet med parasitæg eller børns jordspisning (Kapel og Saeed, 2000). Anvendelsen af opsamlet regnvand vurderes ikke umiddelbart at øge risikoen for infektioner væsentligt (Kapel, 2001), og organismen er derfor ikke medtaget i måleprogrammet. Spoleormene ***Tania spp.*** og ***Ascaris spp.*** forekommer hyppigere i miljøet og har en generel god overlevelsessevne. Infektion med spoleorm er imidlertid normalt ikke farlig, omend meget generende. Desuden forventes andre eksponeringsveje, hvor der optræder direkte kontakt med dyrs eller menneskers afføring at dominere.

## 4.5 Diskussion

Med udgangspunkt i de problemer, der kan opstå i forbindelse med opsamling og brug af regnvand i huse er der i dette kapitel udpeget en lang række parametre, der er potentielt problematiske. Der er ikke tidligere lavet en lignende vurdering i litteraturen.

Det har i dette projekt været målet at opstille en fuldstændig liste med måleparametre, der kan være relevante at måle i regnvandsanlæg, fordi de under visse omstændigheder kan give anledning til et eller flere problemer. Der er altså tale om en slags bruttoliste for relevante måleparametre i regnvandsopsamlingsanlæg.

I kapitlet er der opstillet to sæt af kriterier til brug for udpegning af parametre:

- De fysiske og kemiske stoffer er udpeget på baggrund af en farlighedsidentifikation. Der er således ikke foretaget en vurdering af hyppigheden af de potentielle problemer eller sandsynligheden for at problemerne forekommer. Undtagelse fra dette er muligheden for udfældning af mineraler, der er estimeret ud fra geokemisk modellering.
- De mikrobielle parametre er udpeget på baggrund af en farlighedsvurdering, hvor sandsynligheden for den menneskelige eksponering er inddraget i vurderingen.

I dette studie er det kun ca. 22% af de stoffer, der er fundet i afstrømmet regnvand eller potentielt kan forekomme, som er blevet vurderet med hensyn til deres sundhedsmæssige egenskaber, dvs. at der mangler oplysninger for de resterende 78%.

Det skal understreges, at antallet af parametre i dette projekts måleprogram er stort, og at det i det enkelte tilfælde vil være nødvendigt at lave en prioritering. Forfatterne til denne rapport forventer, at brugerne af det opstillede måleprogram tager udgangspunkt i de foreslåede parametre, men at man efterfølgende grundigt vurderer, hvilke parametre der eventuelt kan udelades af måleprogrammet. Denne vurdering bør baseres på de gældende forhold på det aktuelle sted (f.eks. typen af opsamlingsflade og den påtænkte anvendelse af vandet), samt den information, der er præsenteret i denne rapport vedrørende kilder til forureningskomponenter samt potentielle problemer. Se videre vejledning til identifikation af måleparametre i bilag E.

## 5 Konklusion

Projektets formål var at definere et måleprogram, der kan anvendes til karakterisering af regnvand opsamlet fra befæstede arealer og tage, med henblik på anvendelse som sekundavand. For at opfylde dette formål er der i projektet valgt en tilgang som ikke tidligere har været præsenteret i litteraturen.

Projektet har indledningsvist valgt en traditionel fremgangsmåde ved at tage udgangspunkt i undersøgelser som tidligere er publiceret vedrørende karakteristik af opsamlet regnvand. En meget grundig gennemgang af den relevante åbne nationale og internationale litteratur viste, at der findes information vedrørende 553 forskellige måleparametre, inklusive: fysiske (33), kemiske (86), mikrobielle (22) parametre, tungmetaller og uorganiske sporstoffer (60), miljøfremmede organiske forbindelser (311) samt toksicitetsmålinger (30). Gennemgangen viste, at antallet af målinger af de enkelte parametre varierer meget, der eksisterer således kun data fra enkeltstående undersøgelser for et større antal af de miljøfremmede organiske forbindelser.

For at kunne udpege de parametre, der potentielt kan optræde i opsamlet regnvand, har projektet derudover taget udgangspunkt i de kilder, der kan bidrage med miljøfremmede stoffer til regnvandet. Indledningsvis blev fire hovedkilder identificeret (atmosfærisk deposition, frigivelse fra materialer, human aktivitet og animalsk aktivitet). Hovedkilderne blev underopdelt for at identificere de stoffer som potentielt kan tilføres regnvand. Totalt blev 447 stoffer (tungmetaller og miljøfremmede organiske forbindelser) identificeret, heraf er 127 tidligere målt, dvs. 320 "nye" måleparametre blev identificeret gennem denne del af projektet. Omfanget af projektet tillod imidlertid ikke en fuldstændig gennemgang af mulige materialer eller aktiviteter. Således vil en mere omfattende undersøgelse med stor sikkerhed kunne identificeres langt flere potentielt forekommende stoffer.

Næste trin i processen for at identificere de mest beskrivende parametre til karakterisering af opsamlet regnvand, var at identificere de komponenter i vandet som kan udgøre enten sundhedsmæssige, tekniske eller æstetiske problemer. For de mikrobielle parametre blev der lavet en farlighedsvurdering, hvor sandsynligheden for menneskelig eksponering blev inddraget i vurderingen (på et kvalitativt niveau). For de fysiske og kemiske stoffer blev arbejdet begrænset til en farlighedsidentifikation, dog udvidet med beregninger for muligheden for udfældninger. Hyppigheden eller sandsynligheden for at de af de potentielle problemer optræder er altså ikke vurderet. Ud fra dette arbejde er der fundet 161 parametre (tabel 5.1) som det potentielt kan være relevant at inkludere i et måleprogram. Dette lyder umiddelbart som mange måleparametre, men man skal huske, at det kun er 22% af de stoffer, der er enten påvist i afstrømmet regnvand (kapitel 2) eller som potentielt kan forekomme (kapitel 3), som er blevet vurderet i forhold til deres sundhedsmæssige egenskaber. Det er væsentligt at understrege, at der ikke er gennemført en farlighedsvurdering for de miljøfremmede organiske forbindelser.

Når resultatet skal omsættes i praksis, dvs. når et måleprogram skal realiseres, vil det være relevant at prioritere blandt måleparametrene som er præsenteret i



tabel 5.1. En vejledning til hvordan en sådan prioritering bør foretages er inkluderet i bilag E: "Forslag til måleprogram for karakterisering af opsamlet regnvand for anvendelse som sekundavand". For det aktuelle anlæg bør man forholde sig til, om det problem som har dannet grundlag for, hvorvidt den enkelte måleparameter er blevet udpeget, er relevant samt om kilden til måleparameteren skønnes at være relevant. Det betyder, at man ud fra den viden som er fremlagt i projektet vedrørende kilder til parametrene, kan vurdere om den enkelte parameter er relevant for det aktuelle opsamlingssted.

Tabel 5.1 Oversigt over de stoffer som indgår i det foreslåede bruttomåleprogram til karakterisering af opsamlet regnvand fra befæstede arealer og tage.

Stofgruppe	Inkluderede forbindelser
Basisparametre	pH, Alkalinitet, Temperatur, Ledningsevne, Turbiditet, Ilt, BOD, NVOC, Sulfat, Sulfid, Klorid, Suspenderet stof
Metaller	Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Fe, K, Mg, Mn, Ni, Pb, Se, Zn.
Pesticider	Acetochlor, Alachlor, Aldrin, Atrazin, Bronopol, Chlordan, 2,4-D, DDT, Dichlorprop, Dieldrin, Diuron, DNOC (2-Methyl-4,6-dinitrophenol), Endosulfan, Fenthion, HCB, HCH, Heptachlor, Heptachlorepoxyd, Isophorone, Isoproturon, Lindan, Linuron, MCPA, MCPP, Mirex, Propachlor, Propazine, Simazin, Tolyfluanid, Toxaphene, Trifluralin, 2,4,5-T, 2,4,5-TP
Alifatiske aminer	Dimethylamin, HMT
Aromatiske kulbrinter	Benzen, 2,4-Dinitrotoluene, 2,6-Dinitrotoluene, Nitrobenzene, Toluen, 1,2,3,4-Tetrahydronaphthalene, Xylener
Halogenerede alifater	Brommethane, Chlorethane, Chlormethane, 1,2-Dibrommethan, 1,1-Dichlorethan, 1,2-Dichlorethan, 1,1-Dichlorethylen, Dichlormethan, 1,3-Dichlorpropan-2-ol, 1,3-Dichlorpropen, 2,3-Dichlorpropen, Tetrachlorethen, Tetrachlormethan, Tribrommethan, Trichlorethen, Trichlormethan, Vinylchlorid
Halogenerede aromatiske kulbrinter	Benzylchlorid, Benzylidenchlorid, 4-Chloranilin, 1,2-Dichlorbenzen, 1,4-Dichlorbenzen, 1,4-Dimethylbenzen, 1,3-Dimethylbenzen, 1,2-Dimethylbenzen
Phenoler	4-Chlor-3-methylphenol, 2-Methoxyphenol, Pentachlorphenol, 2,4,5-Trichlorphenol, 2,4,6-Trichlorphenol, 2,3,4,6-Tetrachlorphenol
PAH'er	Benzo(a)anthracen, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(k)fluoranthren, Benzo(a)pyren, Benzo(e)pyren, Biphenyl, Chrysen, Dibenzo(a,h)anthracen
Ætere	Bis(chlormethyl)-ether, Bisphenol-A-diglycidylether
Organotinforbindelser	Tributyltinoxid, Triphenyltinacetat, Triphenyltinhydroxid
Organiske blyforbindelser	Di-methyl-bly, Di-ethyl-bly, Tri-methyl-bly, Tri-ethyl-bly, Tetra-methyl-bly, Tetra-ethyl-bly, Tri-methyl-ethyl-bly, Di-methyl-di-ethyl-bly, Methyl-tri-ethyl-bly
Andre stoffer	Acetaldehyd, Acetone, Acrylat-copolymer, Alkaner n-C13- n-C26, 2-Aminoethanol, Ammoniumchlorid, Azinphos-methyl, Benzidin, 2-(2-butoxyethoxy)Ethanol, Bytylglycol, CBS, Cyclohexan, 4,4'-Diainodiphenyl-methan, 2,4-Diisocyanatotoluen, 2,6-Diisocyanatotoluen, Dipenten, Diphenyl-4-4'-methandiisocyanat, DPG, Epichlorhydrin, Ethylglycolacetat, Formaldehyd, MBS, Methylethylketon, Methylglycol, Methylmethacrylat, Mineralsk terpentint, Phthalanhydrid, Styren, Sulfaminsyre, Terpentint, Trichlorfon, ZDMC

Generel mikrobiologi	Kimtal (22°C), Kimtal, (37°C), DEFT, Gær og mikrosvampe
Indikatororganismer	Total coliforme, Enterokokker, <i>Escherichia coli</i>
Specifikke patogener	<i>Legionella pneumophila</i> , <i>Mycobacterium avium</i> complex, <i>Campylobacter jejuni</i> , <i>Helicobacter pylori</i> , <i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Cryptosporidium parvum</i> , <i>Giardia intestinalis</i> , <i>Toxoplasma gondii</i>

2,4-D: 2,4-dichlorphenoxy acetic acid. DDT: Dichloro-diphenyl-trichlorethan. HCB: hexachlorbenzen. HCH: hexachlorcyclohexan. MCPA: 2-Methyl-4-

chlorphenoxyeddikesyre. MCPP: ((+)-2-(4-chlor-2-methylphenoxy)propansyre. 2,4,5-T: (2,4,5-trichlorphenoxy)eddikesyre

2,4,6-TP: 2,4,5-trichlorphenoxy propansyre. HMT: hexamethylentetraamin. HMT:

hexamethylentetraamin. CBS: N-cyclohexyl-2-benzothiazolylsulfenamid. DPG:

diphenylguanidin. MBS: 2-morfolinotiobensodiasol. ZDMC: zink dimethylditiokarbamat.



# Referencer

- Albrechtsen, H.-J. (1998) Boligernes vandforbrug – Mikrobiologiske undersøgelser af regn- og gråvandsanlæg. Miljøstyrelsen og Bolig- og Byministeriet.
- Albrechtsen, H.-J., Henze, M., Mikkelsen, P.S., Adeler, O.F. (1998) Boligernes vandforbrug – Den udnyttelige regnvandsressource. Miljøstyrelsen og Bolig- og Byministeriet.
- Alholm, J., Duus, U. (1994) Nya hjulspår – en produktstudie av gummidäck. Kemi. Rapport från kemikalieinspektionen. 6/94.
- Aletekruse, S.F., Stern, N.J, Fields, P.I., Swerdlow, D.L. (1999) *Campylobacter jejuni* – an emerging foodborne pathogen. *Emerging infectious diseases* 5: 28-35.
- Anderson, J.W., Stevenson, M., Markel, R.P., and Singer, M. (1991) Results of a "TIE" for samples of urban runoff entering San Fransisco Bay. Oceans '91 - Proceedings, Honolulu, Hawaii 1-3. Ocean technologies and oportunites in the Pacific for the 90's: 494-500.
- Arnbjerg-Nielsen, K., Hvitved-Jacobsen, T., Johansen, N.B., Mikkelsen, P.S., Poulsen, B.K., Rauch, W., Schlütter, F. (2000) Stofkoncentrationer i regnbetingede udledninger fra fællessystemer. Miljøprojekt 532, Miljøstyrelsen.
- AWWA Committee Report (1999) Emerging pathogens - bacteria. *Journal of the American Water Works Association* 91: 101-109.
- AWWA Committee Report (1999) Emerging pathogens - viruses, protozoa, and algal toxins. *Journal of the American Water Works Association* 91: 110-121.
- Baggesen, D.L. (2001) Personlig oplysning. Statens Veterinære Seruminstitut.
- Balades, J.D., Cathelain, M., Marchandise, P., Peybernard, J., and Pilloy, J.C. (1984) Chronic pollution of intercity motorway runoff waters. *Water Science and Technology* 17: 1165-1174.
- Bannerman, R.T., Owens, D.W., Dodds, R.B., and Hornewer, N.J. (1993) Sources of contaminants of pollutants in Winsconsin stormwater. *Water Science and Technology* 28: 241-259.
- Barbosa, A.E. and Hvitved-Jacobsen, T. (1999) Highway runoff and potential for removal of heavy metals in an infiltration pond in Portugal. *The Science of the Total Environment* 235:151-159.
- Barraud, S., Gautier, A., Bardin, J.P., and Riou, V. (2000) The impact of intentional stormwater infiltration on soil and groundwater. *Water Science and Technology* 39(2):185-192.
- Barrett, M.E., Irish Jr., L.B., Malina Jr., J.F., and Charbeneau, R.J. (1998) Characterization of highway runoff in Austin, Texas, Area. *Journal of Environmental Engineering* 124(2): 131-137.
- Bartkowska, I. and Królikowski, A. (1996) Quality evaluation of storm water. Proceedings of the 7th International Conference on Urban Storm Drainage:Hamburg, Germany. Eds. Sieker, F. and Verworm: 43-48.

- Benenson, A.S. (ed.) (1995) Control of Communicable diseases manual, 16 Ed., American public health association.
- Berbee, R., Rijs, G., de Brouwer, R., and van Velzen, L. (1999) Characterization and treatment of runoff from highways in the Netherlands paved with impervious and pervious asphalt. *Water Environment Research* 71(2): 183-190.
- Bermudez, L.E., Wagner, D., and Sosnowska, D. (2000) Mechanisms of Mycobacterium avium Pathogenesis. *Archivum Immunologiae et Therapiae Experimentalis* 48: 521-527.
- Bocci, M., Colsgande, S.; Montepara, A. (2000) PVC and PET plastics taken from solid urban waste in bituminous concrete. In: Waste materials in construction, Science and Engineering og Recycling for Environmental Protection. Waste Management Series. Ed. by Woolley, G.R.; Goumans, J.J.J.M.; Wainwright, P.J. 1, 186-195.
- Bomboi, M.T. and Hernández, A. (1991) Hydrocarbons in urban runoff: Their contribution to the wastewater. *Water Research* 25(5): 557-565.
- BPS-Centret (1998) Håndbog i miljørigtig projektering. Bind 2, Miljødata, eksempler. Publikation 121. Januar.
- Brent, R.N. and Herricks, E.E. A method for the toxicity assessment of wet weather events. *Water Research* 33(10): 2255-2264.
- Bucheli, T.D., Gruebler, F.C., Müller, S.R., and Schwarzenbach, R.P. (1997) Simultaneous determination of neutral and acidic pesticides in natural waters at the low nanogram per liter level. *Analytical Chemistry* 69(8): 1569-1576.
- Bucheli, T.D., Müller, S.R., Heberle, S., and Schwarzenbach, R.P. (1998A) Occurrence and behavior of pesticides in rainwater, roof runoff, and artificial stormwater infiltration. *Environmental Science Technology* 32:3457-3464.
- Bucheli, T.D., Müller, S.R., Voegelin, A., and Schwarzenbach, R.P. (1998B) Bituminous roof sealing membranes as major source of the herbicide (R,S)-Mecoprop in roof runoff waters: Potential contamination of groundwater and surface waters. *Environmental Science and Technology* 32: 3465-3471.
- Carratala, A. and Bellot, J. (1998) Neutralization of Nitrate and Sulphate in Precipitation on the Eastern Mediterranean coast of Spain. Implications for acidification risk. *Water, Air, and Soil Pollution*, 104 (3-4): 237-257.
- Characklis, G.W. and Wiesner, M.R. (1997) Particles, metals and water quality in runoff from large urban watershed. *Journal of Environmental Engineering - American Society of Civil Engineers* 123(8): 753-759.
- Chebbo, G. and Bachoc, A. (1992) Characterization of suspended solids in urban wet weather discharges. *Water Science and Technology* 25(8): 171-179.
- Chui, P.C. (1993) Urban runoff characteristics of a tropical watershed. Proceedings of the 6th International Conference on Urban Storm Drainage, Canada: Seapoint Publishing. Eds. Marsalek, J. and Torno, H.C.: 694-699.
- Cole, R.H., Frederick, R.E., Healy, R.P., and Rolan, R.G. (1984) Preliminary findings of the priority pollutant monitoring project of the Nationwide Urban Runoff Program. *Journal WPCF* 56(7): 898-908.
- Crabtree, K.D., Ruskin, R.H., Shaw, S.B., and Rose, J.B. (1996) The detection of Cryptosporidium oocysts and Giardia cysts in cistern water in the U.S. Virgin Islands. *Water Research* 30, 208-216.

- Cutbill, L.D. (1993) Urban Stormwater treatment by artificial wetlands: A case study. Proceedings of the 6th International Conference on Urban Storm Drainage, Canada:Seapoint Publishing. Eds. Marsalek, J. and Torno, H.C.:1068-1073.
- Dannecker, W., Au, M., and Stechmann, H. (1990) Substance load in rainwater runoff from different streets in Hamburg. *The Science of the Total Environment* 93:385-392.
- Dannisøe, J. and Krogsgaard Jensen, J. (2000) Miljøfremmede stoffer i vejvand. DHI Institut for vand og miljø, Rambøll.
- Daub, J., Förster, J., Herrmann, R., Robien, A., and Striebel, T. (1994) Chemodynamics of trace pollutants during snowmelt on roof and street surfaces. *Water Science and Technology* 30(1):73-85.
- de Luca, S.J., Milano, L.B., and Ide, C.N. (1991) Rain and Urban Stormwater Quality. *Water Science and Technology* 23: 133-140.
- Deletic, A.B. and Maksimovic, C.T. (1998) Evaluation of water quality factors in storm runoff from paved areas. *Journal of Environmental Engineering* 124(9): 869-880.
- Drapper, D., Tomlinson, R., and Williams, P. (2000) Pollutant concentrations in road runoff: Southeast Queensland case study. *Journal of Environmental Engineering* 126(4): 313-320.
- Duke, L.D., Lo, T.S., and Turner, M.W. (1999) Chemical constituents in storm flows vs. dry weather discharges in California storm water conveyances. *Journal of American Water Resources Association* 35(4): 821-836
- DVF (1997) Rapport om anvendelse af regnvand. Vejledning nr.14. Danske Vandværkers Forening.
- Ellis, J.B. and Rewitt, D.M. (1991) Drainage from roads: Control and treatment of highway runoff. Report NRA 43804/MID.012. NRA, Reading
- EPI-Nyt (2001a). Zoonotiske tarminfektioner. Uge15/16
- EPI-Nyt (2001b). Legionella-pneumoni 2000, Uge 36.
- EPI-Nyt (2001c) Shigellose 1980-2000, Uge 10.
- Fam, S., Stenstrom, M.K., and Silverman, G. (1987) Hydrocarbons in urban runoff. *Journal of Environmental Engineering* 113(5):1032-1046.
- Faure, P.; Landais, P.; Schlepp, L.; Michels, R. (2000) Evidence for diffuse contamination of river sediments by road asphalt particles. *Environmental Science and Technology* 34(7): 1174-1181.
- Felding, G., Brande Sørensen, J., Bügel Morgensen, B., and Hansen, A.C. (1995) Phenoxyalkanoic acid herbicides in run-off. *The Science of the Total Environment* 175:207-218.
- Fisher, D.J., Knott, M.H., Turley, S.D., Turley, B.S., Yonkos, L.T., and Ziegler, G.P. (1995) The acute whole effluent toxicity of storm water from an international airport. *Environmental Toxicology and Chemistry* 14(6): 1103-1111.
- Flores-Rodríguez, J., Bussy, A.-L., and Thévenot, D.R. (1993) Toxic metals in urban runoff: physico-chemical mobility assessment using speciation schemes. Marsalek, J. and Torno, H.C. 6th International Conference on Urban Storm Drainage: 182-187.

- Flores-Rodríguez, J., Bussy, A.-L., and Thévenot, D.R. (1994) Toxic metal in urban runoff: physico-chemical mobility assessment using speciation schemes. *Water Science and Technology* 29(1-2): 83-93.
- Förster, J. (1990) Roof runoff: A source of pollutants in urban storm drainage systems? Proceedings of the 5th International Conference on Urban Storm Drainage: 469-474.
- Förster, J. (1993) Dachflächen als Interface zwischen Atmosphärischer Grenzschicht und Kanalsystem: Untersuchungen zum Transportverhalten ausgewählter organischer Umweltchemikalien an einem Experimentaldachsystem. Ph.D-thesis. Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften, Universität Bayreuth.
- Förster, J. (1998) The influence of location and season on the concentrations of macroions and organic trace pollutants in roof runoff. *Water Science and Technology* 38(10): 83-90.
- Förster, J. (1999) Variability of roof runoff quality. *Water Science and Technology* 39(5):137-144.
- Garnaud, S.; Mouchel, J.; Chebbo, G.; Thevenot, D.R. (1999) Heavy metal contrations in dry and wet atmospheric deposits in Paris district: Comparison with urban runoff. *The Science of the Total Environment* 235: 235-245.
- Gavin, D.V. and Moore, R.K. (1982) Toxicants in urban runoff. Metro Toxicant Program Report No. 2. Municipality of Metropolitan Seattle.
- Geldreich, E.E. (1990) Microbiological Quality of Source Waters for Water Supply. In: *Drinking Water Microbiology: Progress and Recent Developments*, Springer-Verlag, New York.
- Geldreich, E.E. (1996) Pathogenic agents in freshwater resources. *Hydrological Processes* 10: 315-333.
- Gjessing, E., Lygren, E., Berglind, L., Gulbrandsen, T., and Skaane, R. (1984) Effects of highway runoff on lake water quality. *The Science of the Total Environment* 33: 245-257.
- Good, J.C. (1993) Roof runoff as a diffuse source of metals and aquatic toxicity in storm water. *Water Science and Technology* 28(3-5): 317-321.
- Granier, L., Chevreuil, M., Carru, A.-M., and Létolle, R. (1990) Urban runoff pollution by organochlorides (polychlorinated biphenyls and lindane) and heavy metals (lead, zinc and chromium). *Chemosphere* 21(9): 1101-1107.
- Gromaire, M.C., Garnaud, S., Saad, M., and Chebbo, G. (2001) Contribution of different sources to the pollution of wet weather flows in combined sewers. *Water Research* 35(2): 521-533.
- Gromaire-Mertz, M.C., Chebbo, G., and Saad, M. (1998) Origins and characteristics of urban wet weather pollution in combined sewer systems: The experimental urban catchment "Le Marais" in Paris. *Water Science and Technology* 37(1): 35-43.
- Gromaire-Mertz, M.C., Garnaud, S., Gonzalez, A., and Chebbo, G. (1999) Characterisation of urban runoff pollution in Paris. *Water Science and Technology*. 39(2): 1-8.
- Grønning, J.D., Nielsen, M.Ø., and Munk Nielsen, O. (1998) Århus Amt Rensning af vejvand i regnvandsbassinerne ved Spørring Å og Astrup Bæk. Hedeselskabet: Århus Amt, Vej- og trafikområdet.

- Hahn, H.H. and Pfeifer, R. (1995) The contribution of parked vehicle emissions to the pollution of urban run-off. *The Science of the Total Environment* 146/147: 525-533.
- Håkansson, A. (2000) Combustion chemistry – investigation of liquid and solid fuels. Doktorsavhandlingar vid Chalmers Tekniska Högskola. 1624: 1-49.
- Hall, K.J. and Anderson, B.C. (1998) The Toxicity and chemical composition of urban stormwater runoff. *Canadian Journal of Civil Engineering* 15: 98-106.
- Halldin, S., Rodhe, A., and Bjurman, B. (1990) Urban storm water transport and wash-off of cesium-137 after the Chernobyl accident. *Water, Air and Soil Pollution* 49: 139-158.
- Hares, R.J. and Ward, N.I. (1999) Comparison of the heavy metal content of motorway stormwater following discharge into wet biofiltration and dry detention ponds along the London Orbital (M25) motorway. *The Science of the Total Environment* 235: 169-178.
- Harned, D.A. (1988) Effects of highway runoff on streamflow and water quality in the Sevenmile Creek Basin, a rural area in the Piedmont Province of North Carolina, July 1981 to July 1982. Geological Survey Water Supply Paper 2329: 1-33.
- Harrison, R.M. and Wilson, S.J. (1985A) The chemical composition of highway drainage waters I. Major ions and selected trace metals. *The Science of the Total Environment* 43: 63-77
- Harrison, R.M. and Wilson, S.J. (1985B) The chemical composition of highway drainage waters III. Runoff water metal speciation characteristics. *The Science of the Total Environment* 43: 89-102.
- Harrison, R.M., Radojevic, M., and Wilson, S.J. (1986) The chemical composition of highway drainage waters IV. Alkyllead compounds in runoff waters. *The Science of the Total Environment* 50: 129-137.
- Hatch, A.C. and Burton, Jr. (1999) Sediment toxicity and stormwater runoff in a contaminated receiving system: Consideration of different bioassays in the laboratory and field. *Chemosphere* 39(6): 1001-1017.
- Helmer, R., Hespanhol, I., and Saliba, L.J. (1991) Public health criteria for the aquatic environment. Recent WHO guidelines and their application. *Water Science and Technology* 24: 35-42.
- Henze, A. and Munk Nielsen, O. (1997) *Olieudskillere Undersøgelsesrapport*. Vejdirektoratet i Skanderborg, Hedeselskabet.
- Henze, M., Harremoës, P., la Cour Jansen, J. and Arvin, E. (1996). *Wastewater Treatment Biological and Chemical Processes* 3rd Edition, Springer Publishers.
- Hermann, T and Schmida, U. (1999) Rainwater utilisation in Germany; efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects. *UrbanWater* 1: 307-316.
- Herrmann, R., Daub, J., Förster, J., and Striebel, T. (1994) Chemodynamica of trace pollutants during roof and street runoff. *Water Science and Technology* 29(1-2): 73-82.



- Hewitt, C.N. and Rashed, M.B. (1992) Removal rates of selected pollutants in the runoff waters from a major rural highway. *Water Research* 26(3): 311-319.
- Hewitt, C.N; Rashed, M.B. (1990) An integrated budget for selected pollutants for a major rural highway. *The Science of the Total Environment* 93: 375-384.
- Hoffman, E.J., Latimer, J.S., Hunt, C.D., Mills, G.L., and Quinn, J.G. (1985) Stormwater runoff from highways. *Water, Air and Soil Pollution* 25: 349-364.
- Hoffman, E.J., Mills, G.L., Latimer, J.S., and Quinn, J.G. (1984) Urban runoff as a source of polycyclic aromatic hydrocarbons to coastal waters. *Environmental Science and Technology* 18(8): 580-587.
- Hoffman, W. A., Lindberg, S.E. and Turner, R. R. (1980) Some observations of organic constituents in rain above and below a forest canopy. *Environmental Science and Technology* 14: 999-1002.
- Holländer, R., Bullermann, M., Gross, C., Hartung, H., König, K., Lücke, F.-K., and Nolde, E. (1996) Mikrobiologisch-hygienische Aspekte bei der Nutzung von Regenwasser als Betriebswasser für Toilettenspülung, Gartenbewässerung und Wäschewaschen. *Gesundheitswesen* 58: 288-293.
- Horstmann, M., and McLachlan, M.S. (1995) Concentrations of polychlorinated dibenzo-p-dioxins (PCDD) and dibenzofurans (PCDF) in urban runoff and household wastewater. *Chemosphere* 31 (3):2887-2896, 1995.
- Hvitved-Jacobsen, T., Johansen, N.B., and Yousef, Y.A. (1994) Treatment systems for urban and highway run-off in Denmark. *The Science of the Total Environment* 146/147: 499-506.
- Hvitved-Jacobsen, T., Keiding, K., and Yousef, Y.A. (1987) Urban runoff pollutant removal in wet detention ponds. In: Topics in Urban Storm Water Quality, Planning and Management: Proceedings of IV. International Conference in Urban Storm Drainage. Gujer, W. and Krejci, V. (Eds.) :137-142.
- Inderlied, C.B., Kemper, C.A., and Bermudez, L.E. (1993) The Mycobacterium avium complex. *Clinical Microbiological Reviews* 6, 266-310.
- Jensen, K. (1984) Benz(a)pyrene input and occurrence in a marine area affected by refinery effluent. *Water, Air and Soil Pollution* 22:57-65.
- Jirik, A.W., Bay, S.M., Greenstein, D.J., Zellers, A., and Lau, S.-L. (1998) Application of TIEs in studies of urban stormwater impacts on marine organisms. Little, E.E., DeLonay, A.J., and Greenberg, B.M (Eds.). American Society for Testing and Materials 7: 284-298.
- Johansen, N.B. (1985) Discharge to receiving waters from sewer systems during rain. Ph.D.Thesis, Department of Environmental Science and Engineering, Technical University of Denmark.
- Kapel, C., Saeed, I. (2000) Echinococcus multilocularis. Dansk Veterinærtidsskrift, 83 (8), 14-16.
- Kapel, C. (2001) Personlig oplysning.
- Karouna-Renier, N.K. and Sparling, D.W. (2001) Relationship between ambient geochemistry, watershed land-use and trace metal concentrations in aquatic invertebrates living in stormwater treatment ponds. *Environmental Pollution* 112:183-192.

- Kern, U., Wüst, W., Daub, J., Striebel, T., and Herrmann, R. (1992) Abspülverhalten von Schwermetallen und organischen Mikroschadstoffe im Strassenabfluss. *Wasser Abwasser* 133(11):567-574.
- Kim, M.G.; Yagawa, K.; Inoue, H.; Lee, Y. K.; Shirai, T. (1990) Measurement of tire tread in urban air by pyrolysis-gas chromatography with flame photometric detection. *Atmospheric Environment* 24A(6): 1417-1422.
- Kjølholt, J., Poll, C., and Kofoed Jensen, F. (1997) Miljøfremmende stoffer i overfladeafstrømning fra befæstede arealer. Miljøprojekt No. 355, Miljø- og Energiministeriet, Miljøstyrelsen.
- Kjølholt, J., Stuer-Lauridsen, F., Baun, A., and Arnbjerg-Nielsen, K. (2001) Biologiske effekter af toksiske stoffer i regnbetingede udløb. Miljøprojekt Nr. 610, Miljøstyrelsen, Miljø- og Energiministeriet.
- Kjølholt, J.; Juhl, B.; Poll, C.; Randløv, A. (1996) Atmospheric deposition of heavy metal and organic contaminants. Rapport til Miljøstyrelsen (upubliceret).
- Koop, V. and Kaarup, P. (1992) Undersøgelse af stofindhold og rensning af vejvand - Rensning af vejvand i bundfældningsbassin og sandfilter. Teknisk Rapport. Århus Amt, Miljøkontoret. ISBN 87-7295-361-6.
- Kothary, M.H. and Baby, U.S. (2001) Infective dose of foodborne pathogens in volunteers: A review. *Journal of Food Safety* 21: 49-73.
- Krein, A. and Schorer, M. (2000) Road runoff pollution by polycyclic aromatic hydrocarbons and its contribution to river sediments. *Water Research* 34(16): 4110-4115.
- Krogh, H. (1999) Problematiske stoffer i byggevarer. SBI-meddelelse 122. Statens Byggeforskningsinstitut.
- Lammersen, R. (1993) The effects of an urban drainage system on receiving water quality. Proceedings 6th International Conference on Urban Drainage: 206-211.
- Lau, Y.L., Marsalek, J., and Rochfort, Q. (2000) Use of biofilter for treatment of heavy metals in highway runoff. *Water Quality Research Journal Canada* 35(3): 563-580.
- Lee, J.H. and Bang, K.W. (2000) Characterization of urban stormwater runoff. *Water Research* 34(6): 1773-1780.
- Legret, M. and Pagotto, C. (1999B) Evaluation of pollutant loadings in the runoff waters from a major rural highway. *The Science of the Total Environment* 235:143-150.
- Legret, M., Le Marc, C., Demare, D., and Colandini, V. (1995) Heavy metal pollution in a detention pond receiving highway run-off. *Environmental Technology* 16:1049-1060.
- Legret, M., Nicollet, M., Miloda, P., Colandini, V., and Raimbault, G. (1999A) Simulation of heavy metal pollution from stormwater infiltration through a porous pavement with reservoir structure. *Water Science and Technology* 39(2): 119-125.
- Lehmann, N.K., Holm, P.E., Christensen, L.B., and Munk Nielsen, O. (2001) Miljømålinger langs veje - screeningsundersøgelser af jord og vand. *Stads- og Havneingeniøren* 9: 25.

- Leschber, R. and Pernak, K.-D. (1995) Behaviour and fate of pollutants in rainwater seepage. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry* 59: 33-41.
- Lim, C.H.W. and Lim, N.S. (1999) Urban Stormwater collection for potable use. *Water Supply* 17: 503-509.
- Lindgren, Å. (1996) Asphalt wear and pollution transport. *The Science of the Total Environment*, 189/190, 281-286.
- Line, D.E., Arnold, J.A., Jennings, G.D., and Wu, J. (1996) Water quality of stormwater runoff from ten industrial sites. *Water Resource Bulletin* 32(4):807-816, 1996.
- Lloyd, S.D. and Wong, T.H.F. (1999) Particulates, associated pollutants and urban stormwater treatment. Proceeding of the 8th Conference on Urban Storm Drainage, Joliffe, I.B. and Ball, J.E. (Eds.), Sydney, Australia: 1833-1840.
- Logan, R.M., Derby, J.C. and Duncan, L.C. (1982) Acid precipitation and lake susceptibility in the central Washington Cascades. *Environmental Science and Technology* 16 (11): 771-775.
- Lopes, T.J., Fallon, J.D., Rutherford, D.W., and Hiatt, M.H. (2000) Volatile organic compounds in storm water from a parking lot. *Journal of Environmental Engineering*: 1137-1143.
- Lorch, H.J. (1996) Bakteriologische und chemische Bewertungsmaßstäbe für die Regenwassernutzung. *Gas und Wasserfach* 137: 133-139.
- Lye, D.J. (1987) Bacterial levels in cistern water systems of Northern Kentucky. *Water Resources Research* 23: 1063-1068.
- Lygren, E., Gjessing, E., and Berglund, L. (1984) Pollution transport from a highway. *The Science of the Total Environment* 33: 147-159.
- Makepeace, D.K., Smith, D.W., and Stanley, S.J. (1995) Urban stormwater quality: Summary of contamination data. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 25(2): 93-139.
- Maltby, L., Boxall, A.B.A., Forrow, D.M., Calow, P., and Betton, C.I. (1995B) The effects of motorway runoff on freshwater ecosystems: 2. Identifying the major toxicants. *Environmental Toxicology and Chemistry* 14(6): 1093-1101.
- Maltby, L., Forrow, D.M., Boxall, A.B.A., Calow, P., and Betton, C.I. (1995A) The effects of motorway runoff in freshwater ecosystems: 1. Field study. *Environmental Toxicology and Chemistry* 14(6): 1079-1092.
- Marsalek, J. (1986) Toxic contaminants in urban runoff: A case study. In: Urban runoff pollution, Torno, H.C., Marsalek, J., and Desbordes, M. (Eds.). Springer-Verlag, Berlin.
- Marsalek, J. (1991) Pollutant loads in urban stormwater: Review of methods for planning-level estimates. *Water Resources Bulletin* 27(2): 283-291.
- Marsalek, J. and Schroeter, H. (1988) Annual loadings of toxic contaminants in urban runoff from the Canadian Great Lakes Basin. *Water Pollution Research Journal Canada* 23(3): 360-378.
- Marsalek, J., Rochfort, Q., Mayer, T., Servos, M., Dutka, B.J., and Brownlee, B. (1999) Toxicity testing for controlling urban wet-weather pollution: advantages and limitations. *Urban Water* 1 :91-103.

- Mason, Y., Ammann, A.A., Ulrich, A., and Sigg, L. (1999) Behaviour of heavy metals, nutrients and major components during roof runoff infiltration. *Environmental Science and Technology* 33: 1588-1597.
- McGehee Marsh, J. (1993) Assessment of nonpoint source pollution in stormwater runoff in Louiseville, (Jefferson County) Kentucky, USA. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 25: 446-455.
- Medeiros, C., Coler, R.A., and Calabrese, E.J. (1984) A laboratory assessment of toxicity of urban runoff on the fathead minnow (*Pimephales promelas*). *Journal of Environmental Science and Health* A19(7):847-861.
- Mesuer, K. and Fish, W. (1989) Behavior of runoff-derived metals in a detention pond system. *Water, Air and Soil Pollution* 47(1-2):125-138.
- Miljøministeriet (2000) Bekendtgørelse af listen over farlige stoffer. Bekendtgørelsen nr. 733 af 31. juli 2000.
- Miljøstyrelsen (2000) NOVA-2003, Programbeskrivelse for det nationale program for overvågning af vandmiljøet 1998-2003. Redegørelse fra Miljøstyrelsen, København.
- Montrejaud-Vignoles, M., Roger, S., and Herremans, L. (1996) Runoff water pollution of motorway pavement in mediterranean area. Proceedings of the 7th International Conference on Urban Storm Drainage, Hamburg, Germany. Sieker, F. and Verworm, H.-R. (Eds.): 247-252.
- Morrison, G.M., Revitt, D.M., and Ellis, J.B. (1990) Metal speciation in separate stormwater systems. *Water Science and Technology* 22(10/11): 53-60.
- Moxness, K. L. (1987) Characteristics of urban freeway runoff - interstate 94, Minneapolis, Minnesota. Minnesota Department of Transportation, Federal Highway Administration, Report #FHWA/MN-86/02.
- Mungur, A.S., Shutes, R.B.E., Revitt, D.M., and House, M.A. (1995) An assessment of metal removal from highway runoff by a natural wetland. *Water Science and Technology* 32(3): 169-175.
- Muschack, W. (1990) Pollution of street run-off by traffic and local conditions. *The Science of the Total Environment* 93: 419-431.
- Natur og Miljø (2001) Miljøtilstandsrapport 2001. Udkast 08.27.01. Downloaded 09.24.01 fra [www.dmu.dk](http://www.dmu.dk)
- Nightingale, H.I. (1988) Artificial recharge of urban storm-water runoff. International Symposium, Anaheim, CA: 211-219.
- Norin, M.; Strömvall, A-M. (2001) Leaching of organic pollutants from asphalt storages. Chalmers University of Technology, Sweden, Manuscript in prep.
- Norrström, A.C. and Bergstedt, E. (2001) The impact of road de-icing salts (NaCl) on colloid dispersion and base cation pools in roadside soils. *Water, Air and Soil Pollution* 127: 281-299.
- Novotny, V., Muehring, D., Zitomer, D.H., Smith, D.W., and Facey, R. (1998) Cyanide and metal pollution by urban snowmelt: impact of deicing compounds. *Water Science and Technology* 38(10): 223-230.
- Näf, C., Broman, D., Ishaq, R., and Zebühr, Y. (1990) PCDDs and PCDFs in water, sludge and air samples from various levels in a waste water treatment plant with respect to composition changes and total flux. *Chemosphere* 20(10-12): 1503-1510.

- Pagotto, C., Legret, M., and Le Cloirec, P. (2000) Comparison of the hydraulic behaviour and the quality of highway runoff water according to the type of pavement. *Water Research* 34(18): 4446-4454.
- Park, R.W.A., Griffiths, P.L., and Moreno, G.S. (1991) Sources and survival of campylobacter: relevance to enteritis and the food industry. *Journal of Applied Bacteriology Symposium Supplement* 70, 97S-106S.
- Parkhurst P.L. and Appelo C.A.J. (2001) PHREEQC. Geokemisk modelleringsprogram.
- PH-consult ApS (1990) Bearbejdning af danske måledata af regn og afstrømning. Miljøprojekt nr. 136, Miljøstyrelsen, Miljøministeriet.
- Pitt, R., Clark, S., and Parmer, K. (1994) Potential groundwater contamination from intentional and nonintentional stormwater infiltration. United States Environment Protection Agency Research and Development, EPA/600/SR-94/051.
- Pitt, R., Field, R., Lalor, M., and Brown, M. (1995) Urban stormwater pollutants: assessment, sources and treatability. *Water Environment Research* 67(6): 260-275.
- Quek, U. and Förster, J. (1993) Trace metals in roof runoff. *Water, Air and Soil Pollution* 68(3-4): 373-389.
- Reddy, C.M.; Quinn, J.G. (1997) Environmental chemistry of benzothiazoles derived from rubber. *Environmental Science and Technology* 31: 2847-2853.
- Revitt, D.M., Ellis, J.B., and Llewellyn, N.R. (1999) Herbicide behaviour in the runoff from an urban catchment. Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Conference of Urban Stormwater Drainage, Sydney, Australia: 96-104.
- Rieppen, G (1995) Handbuch Umweltchemikalien. Stoffdaten. 3. udg. Ecomed, Frankfurt.
- Rogge, W.F.; Hildemann, L.M; Mazurek, M.A.; Cass, G.R. (1993) Sources of fine organic aerosol. 3. Road dust, tire debris, and organometallic brake lining dust: Sources and sinks. *Environmental Science and Technology*, 27: 1892-1904.
- Rühling, Å. (1994) Atmospheric heavy metal deposition in Europe - estimation based on moss analysis. Environment - monitoring. Nordic Council of ministers. 1994: 9.
- Sansalone, J.J. (1998) Mediation of metal element partitioning in urban runoff by entrained solids. *Water Resources and the Urban Environment* :398-403, 1998.
- Sansalone, J.J. and Buchberger, S.G. (1997) Characterization of solid and metal element distributions in urban highway stormwater. *Water Science and Technology* 36(8-9):155-160.
- Sansalone, J.J., Buchberger, S.G., and Al-Abed, S.R. (1996) Fractionation of heavy metals in pavement runoff. *The Science of the Total Environment* 189/190:371-378.
- Sansalone, J.J., Koran, J.M., Smithson, J.A., and Buchberger, S.G. (1998) Physical characteristics of urban roadway solids transported during rain events. *Journal of Environmental Engineering* 124(5):427-440.
- Servais, P., Billen, G., and Hascoet, M.C. (1987) Determination of the Biodegradable Fraction of Dissolved Organic Matter in Waters. *Water Research* 21: 445-450.

- Shinya, M., Tsuchinaga, T., Kitano, M., Yamada, Y., and Ishikawa, M. (2000) Characterization of heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons in urban highway runoff. *Water Science and Technology* 42(7-8):201-208.
- Shu, P. and Hirner, A.V. (1997) Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe und Alkane in Niederschlägen und Dachabflüssen. *Vom Wasser* 89:247-259.
- Shu, P. and Hirner, A.V. (1998) Trace compounds in urban rain and roof runoff. *Journal of High Resolution Chromatography* 21(1):65-68.
- Shutes, R.B.E., Revitt, D.M., Mungur, A.S., and Scholes, L.N.L. (1997) The design of wetland systems for the treatment of urban run off. *Water Science and Technology* 35(5):19-25.
- Sieber, P. (1995) Effects of storm water regulations on Colorado Department of Transportation. Transportation Research Record: Transportation Research Board, National Research Council. No. 1483:120-127.
- Simmons, G., Hope, V., Lewis, G., Whitmore, J., and Gao, W. (2001) Contamination of potable roof-collected rainwater in Auckland, New Zealand. *Water Research* 35: 1518-1524.
- Simpson, D.E. and Stone, V.C. (1988) A case study of urban runoff pollution: 1. Data collection, runoff quality and loads. *Water SA* 14(4):229-237.
- Siverth, R. (1995) Vägdagvatten - en miljöstudie. Chalmers Tekniska Högskola: Institutionen för Vattenförsörjning- och Avloppsteknik. Master Thesis 1995:14.
- Skinner, L., de Peyster, A., and Schiff, K. (1999) Developmental effects of urban storm water in Medaka (*Oryzias latipes*) and Inland Silverside (*Menidia beryllina*). *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 37:227-235.
- Smith, J.A., Sievers, M., Huang, S., and Yu, S.L. (2000) Occurrence and phase distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in urban storm-water runoff. *Water Science and Technology* 42(3-4):383-388.
- Stephenson, J.B., Zhou, W.F., Beck, B.F., and Green, T.S. (1999) Highway stormwater runoff in karst areas - preliminary results of baseline monitoring and design of a treatment system for a sinkhole in Knoxville, Texas. *Engineering Ecology* 52:51-59, 1999.
- Storhaug, R. (1996) Miljøgifter i overvann. Statens forurensningstilsyn: 96:18, Norway.
- Stotz, G. (1987) Investigations of the properties of the surface water run-off from federal highways in the FRG. *The Science of the Total Environment* 59:329-337.
- Stotz, G. and Krauth, K. (1994) The pollution of effluents from pervious pavements of an experimental highway section: first results. *The Science of the Total Environment* 146-147: 465-470.
- Strecker, E.W., Driscoll, E.D., Shelley, P.E., and Gaboury, D.R. (1987) Characterization of pollutant loadings from highway runoff in the USA. Topics in Urban Storm Water Quality, Planning and Management, Proceedings of IV International Conference in Urban Storm Drainage: 85-90.

- Telang, S.A. (1990) Effects of reservoir-dam, urban, industrial and sewage treatment run-off on the presence of oxygen and organic compounds in the Bow River. *Water, Air and Soil Pollution* 50(1-2):77-90.
- Teunis, P.F.M. (1997) Infectious gastroenteritis – opportunities for dose response modelling. National institute of public health and the environment. Report no. 284550003. Bilthoven. The Netherlands.
- Thomas, P.R. and Greene, G.R. (1993) Rainwater quality from different roof catchments. *Water Science and Technology* 28, 291-299.
- Uchimura, K., Nakamura, E., and Fujita, S. (1996) Characteristics of stormwater runoff and its control in Japan. Proceedings of the 7th International Conference on Urban Storm Drainage:Hamburg, Germany. Sieker, F. and Verworm, H.-R.:55-60.
- US EPA. (2001) Protocol for developing pathogen TMDLs. EPA 841-R-00-002. Washington, United States Environmental Protection Agency.
- USEPA (1998) Announcement of the drinking water contaminant candidate list; notice. *Federal register* 63 (40), 10274-10287.
- Van der Kooij, D. (1992) Assimilable Organic Carbon as an Indicator of Bacterial Regrowth. *Journal of American Water Works Association* 84: 57-65.
- Walker, J., Sutherland, P., Smelic, N., Haskins, D., West, G., Hedding, R., Strom, A., Weeks, C., Seidel, J., and Apostolodis, N. (1981) Characterisation of pollution in urban stormwater runoff. Australian Government Publishing Service, Canberra:Australian Water Resources Council. Technical Paper No. 60, Gutteridge Hanskins and Davey, Project No. 78/107.
- Wenning, R.J., Mathur, D.B., Puastenbach, D.J., Stephenson, M.J., Folwarkow, S., and Luksemburg, W.J. (1999) Polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in stormwater outfalls adjacent to urban areas and petroleum refineries in San Francisco Bay, California. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 37: 290-301.
- Whiteley, H.R., Licsko, Z.J., and Corsi, R.L. (1993) Quality of stormwater from residential areas in Guelph Ontario Canada. Proceedings of the 6th International Conference on Urban Storm Drainage, Niagra Falls, Ontario, Canada Sept 12-17, 1993, Seapoint Publishing, Victoria, British Columbia, Canada. Marsalek, J. and Torno, H.C. (Eds.):531-536.
- WHO (1996). Guidelines for drinking-water quality. Vol.2. World Health Organization, Geneva.
- Williamson, R.B. (1986) Urban stormwater quality II. Comparison of three New Zealand catchments. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 20:315-328.
- Wu, J.S., Allan, C.J., Saunders, W.L., and Evett, J.B. (1998) Characterization and pollutant loading estimation for highway runoff. *Journal of Environmental Engineering* 124(7):584-592.
- Wüst, W., Kern, U., and Herrmann, R. (1994) Street wash-off behaviour of heavy metals, polycyclic aromatic hydrocarbons and nitrophenols. *The Science of the Total Environment* 146/147:457-463.
- Xanthopoulos, C. and Hahn, H.H. (1990) Pollutants attached to particles from drainage areas. *The Science of the Total Environment* 93:441-448.

- Xanthopoulos, C. and Hahn, H.H. (1993) Anthropogenic pollutants wash-off from street surfaces. Proceedings for the 6th International Conference on Urban Storm Drainage. Eds. Marsalek, J. and Torno, H.C.:417-422.
- Yamane, A., Nagashima, I., Okubo, T., Okada, M., and Murakami, A. (1990) Stormwater runoff of hydrocarbons in the Tama River basin in Tokyo (Japan) and their fate in the river. *Water Science and Technology* 22(10/11): 119-126.
- Yaziz, M.I., Gunting, H., Sapari, N., and Ghazali, A.W. (1989) Variations in rainwater quality from roof catchments. *Water Research* 23(6): 761-765.
- Young, E. S.; Sharpe, W.E. (1984) Atmospheric deposition and roof-catchment cistern water quality. *Journal of Environmental Quality*, 13(1): 38-43.
- Young, K.D. and Thackston, E.L. (1999) Housing density and bacterial loading in urban streams. *Journal of Environmental Engineering* 125: 1177-1180.
- Yousef, Y.A., Hvitved-Jacobsen, T., Wanielista, M.P., and Harper, H.H. (1987) Removal of contaminants in highway runoff flowing through swales. *The Science of the Total Environment* 59:391-399.
- Yuan, C.-S., Wu, D.-Y. and Chen, K.-S. (1997) Chemical composition of acid deposition and its seasonal variation in Kaohsiung City, Taiwan. Proceedings in the Air & Water Management Association's Annual Meeting & Exhibition, Air & Waste Management Assoc.
- Zhao, J.Q., Yu, Y., and Yuan, W.N. (1999) Water quality of storm runoff from an urban highway. Proceedings of the 8th International Conference on Urban Storm Drainage, Sydney, Australia: 1570-1574.
- Zobrist, J., Müller, S.R., Ammann, A., Bucheli, T.D., Mottier, V., Ochs, M., Schoenenberger, R., Eugster, J., and Boller, M. (2000) Quality of roof runoff for groundwater infiltration. *Water Research* 34(5): 1455-1462.





## Søgeprofil for litteraturstudium

Søgningen af litteratur er fortaget på fire forskellige måder:

1. Gennemgang af referencelister i den kendte litteratur.
2. Søgning i Danmarks Tekniske Videnskabscenters artikeldatabase – *DADS*.
3. Søgning i litteraturdatabaserne *Cambridge Scientific Abstracts Internet Database Service*.
4. Søgning på Internettet. (diverse hjemmesider f.eks. US-EPA, Miljøstyrelsen, Naturvårdsverket, Vejdirektoratet, Trafiksikkerhetsverket).

Ved en gennemgang af referencelister af allerede kendt litteratur er der fundet henvisninger til artikler, rapporter mm. der indeholder relevante oplysninger. Litteraturen er fundet og dennes referenceliste er ligeledes gennemgået. Mange artikler indeholder "keywords" som med fordel kan anvendes til en søgning i litteraturdatabaser. Der er søgt på en række forskellige engelske keywords i de to databaser, nemlig: Agricultural runoff, airport runoff, analysis, assessment, bacteria?, characterisation, characteristics, collected rainwater, commercial runoff, contamination, decay, dioxine, drainage, freeway runoff, growth, heavy metals, highway runoff, highway stormwater, impact, industrial runoff, infectio?, microbiol?, motorway runoff, PAH, parking lot runoff, parking place runoff, parking space runoff, particles, pathogen?, pavement runoff, pesticides, pollution, processes, protozo?, quality, rain quality, rainwater runoff, residential area runoff, road runoff, roof runoff, roof surfaces, run off, runoff, run-off, storm drainage, storm runoff, stormwater regulation, stormwater, street runoff, street surfaces, surface runoff, survival, suspended solids, toxicity, trace compounds, trace metals, trace pollutants, urban catchment, urban runoff, urban snowmelt, urban wet weather discharges, water shed, wet weather events.

Derudover er der søgt på en række danske, svenske og tyske keywords, nemlig: Afstrømning, opsamlet regnvand, vejevand, dagvatten, vågdagvatten, abfluss, dachabflüssen, dachflächen.

I *DADS* er der anvendt søgeord for alle de i kapitel 3 nævnte kilder. Der er anvendt søgeord på både dansk og engelsk.



## Karakteristik af opsamlet regnvand (tabeller)

Dette bilag indeholder resultatet af litteraturundersøgelsen med henblik på at finde parametre, der er målt i opsamlet regnvand. Resultatet præsenteres på de følgende sider i tabeller. Parametrene er opdelt i stofgrupper efter princippet i NOVA 2003, samt nogle ekstra tabeller for andre parametre og mikroorganismer. I tabellerne angives parametrene i første kolonne og i tabellens anden og tredje kolonner oplyses henholdsvis intervallet for de målte værdier (oftest koncentrationer) og antallet af forskellige lokaliteter hvor parameteren er undersøgt. Hvis der er foretaget målinger af et stof uden at stoffet har kunne detekteres angives koncentrationen som <detektionsgrænsen, hvis denne er oplyst, ellers angives værdien som "nd" (not detected). Hvis stoffet er fundet i en undersøgelse, hvor koncentrationen ikke er oplyst angives værdien for stoffet som "d" (detected). I sidste kolonne angives et nummer, der henviser til referencerne under tabellerne.

Parametrene er grupperet i 8 tabeller ved følgende indhold:

Tabel B1: Fysiske parametre

Tabel B2: Kemiske parametre

Tabel B3: Tungmetaller og overgangselementer

Tabel B4: Miljøfremmede organiske stoffer

Tabel B5: Cytotoksicitet, genotoksicitet og mutagenicitet af afstrømningsvand fra motorveje

Tabel B6: Toksicitet af regnvand

Tabel B7. Generelle mikrobielle parametre i opsamlet regnvand fra tage

Tabel B8. Indikatororganismer i opsamlet regnvand

Tabel B1. Fysiske parametre.

Partikkelkarakteristik	Interval (mg/L)	Antal lokaliteter	Referencer
D <100 µm (%)	76-85	2	1
D10 (µm)	5,7-180	5	1,4,5,6
D30 (µm)	200-450	3	4,5,6
D50 (µm)	29-785	5	1,4,5,6
D60 (µm)	480-1200	3	4,5,6
D90 (µm)	265-1375	2	1
Dn (µm)	0,10-0,95	21	7
Dv (µm)	28,22-147,97	21	7
Specific mass of part <100µm (g/cm <sup>3</sup> )	2,36-2,57	2	1
Specific mass of part >100µm (g/cm <sup>3</sup> )	1,38-2,54	2	1
Specific mass of part Total (g/cm <sup>3</sup> )	2,19-2,56	2	1
Filtrable solids	49-64	1	41
Residue filterable	88-283	10	43
Residue suspended	65-3861	10	43
SS (suspended solids)	0,5-5700	125	3,9,10,11,12,13,16,20,21,22,23,25,26,37,38,39,40,44,45,46,47,48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66,67,68,69,70,99
SS ≥1,0µm	18-230	2	71
SS ≥ 1,6µm	18-220	2	71
TDR (total dried residue)	240-5500	1	18
TS (total solids)	47-81728	16	3,31,40,45
TSS (total suspended solids)	<3-9880	70	2,3,4,5,6,7,8,14,15,18,19,27,31,34,35,42,56,72,73,74,75,76,77,78
TVS (total volatile solids)	0,5-2300	1	31
VSS (volatile suspended solids)	2-490	20	4,5,6,20,38,49,72,74
Ionindhold	Interval (mg/L)	Antal lokaliteter	Referencer
EC (mS)	0,053-0,317	21	7
Electrical conductivity (µS/cm)	0-110000	67	2,3,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,30,31,32,33,34,35,36,37,38,39,40
TDS (total dissolved solids)	13-81700	17	2,3,4,5,6,14,27,31,34,40,64,72,73
VDS (volatile dissolved solids)	12,6-204,3	3	4,5,6
SSdiss	16	1	54
Mineral matters (%)	52-92	1	42
Soluble substances	50,0-10930	1	10
Andre fysiske parametre	Interval	Antal lokaliteter	Referencer
Colour (mg/L or Pt)	66-279	1	2
Colour (Colour Unit)	50-20000	1	3
Turbidity (NTU)	1,5-400	19	2,3,14,20,24,28,31
Temperature (°C)	1,0-31	19	3,13,20,24,28,30,40
Generel vandkemi	Interval (mg/L)	Antal lokaliteter	Referencer
Cl	0,7-46000	46	3,10,11,12,18,20,21,23,27,28,31,32,34,35,37,41,46,47,48,52,55,56,79,91,92,99
Dissolved oxygen	0,0-14,8	19	3,11,15,20,24,28,30
F	0,1-0,2	4	91
FR	27-3700	13	82
Hardness	3,47-800	14	28,30,83,84
Hardness (as CaCO <sub>3</sub> )	1,5-880	6	8,15,19,23

Tabel B2. Kemiske parametre (fortsat).

Generel vandkemi (fortsat)	Interval (mg/L)	Antal lokaliteter	Referencer
ICH2	2,02-34,00	1	42
NFR	4-3600	13	82
ORP (mV)	+158-+267	2	4,5
pH	3,81-9,8	104	2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,30,31,33,34,35,36,39,41,46,55,61, 62,69,79,83,89,90
SAR	0,58-18	1	33
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,04-680	28	3,10,12,20,21,27,28,31,34,63,82,93,99
S-SO <sub>4</sub> diss	2-79	1	42
Sulfides (S <sup>2-</sup> )	0,0-15,0	1	10
Pufferkapacitet	Interval (mg/L)	Antal lokaliteter	Referencer
Acid capacity (mmol/L)	0,94-1,98	1	41
Acidity	1,1-55,6	3	3,30
Alkalinity (CaCO <sub>3</sub> )	11-520	14	15,19,20,21,23,30,34,79
Alkalinity total	1,4-326,2	9	2,3,28,32
Sumparametre for organisk materiale	Interval (mg/L)	Antal lokaliteter	Referencer
Aliphatic compounds particulate	0,18-28,83	1	14
Aliphatic compounds soluble	0,090-1,870	1	14
Aliphatic hydrocarbons	0,00005-2,179	9	68,93,97,98
AOX	0,0015-0,1972	1	17
Aromatic hydrocarbons (µg/L)	nd	1	93
Aromatic hydrocarbons (µg chrysene eqv./L)	20-64	1	59
DOC	0,3-331	20	12,16,17,22,25,27,39,70,74
DOC (mM)	0,5-3	2	79
Hydrocarbons	0,037-4,032	5	51
Mineral oil	0,23-7,02	4	37,41
MOTH, mineral oil type hydrocarbons	0,7-18,5	4	85
n-Hexane extracts	1,0-825,8	6	58
NVOC	4,5-14	2	11
Oil & grease	<0,1-161	36	2,3,15,20,34,43,46,69,71,73,74,76, 86,87,88
Oil & grease on SS ≥1,0µm	0,5-3,5	1	71
Oil & grease on SS ≥1,6µm	0,3-3,4	1	71
Particulate polar compounds	0,22-9,81	1	14
Particulate aromatic compounds	0,18-2,10	1	14
POC	28,9-53,0	1	39
Soluble aromatic compounds	0,11-2,44	1	14
Soluble polar compounds	0,15-5,630	1	14
TC	20-46	3	74
TEO (Total Extractable Organics)	4,07-9,42	1	14
TEOparticulate	1,64-6,71	1	14
TEOsoluble	2,71-3,66	1	14
TOC	<0,7-390	36	2,9,14,18,20,27,31,34,63,75,82,87, 93
Tot Petroleum Hydrocarbons (TPH)	<0,05-12,6	6	7,72
Total aromatic hydrocarbons	0,0151-0,0355	5	97
Total hydrocarbons	0,081 -400	14	11,19,26,35,44,47,55
Total hydrocarbons particulate	1,040	1	94
Total hydrocarbons soluble	0,0954	1	94
UCM (Unresolved complex mixtures)	0,450-1,926	5	97

Tabel B2. Kemiske parametre (fortsat).

Ilftforbrug	Interval (mg/L)	Antal lokaliteter	Referencer
BOD	1-6700	18	15,34,46,47,66,74,76,80
BOD <sub>5</sub>	0,9-324	65	2,3,10,30,31,43,49,50,51,57,58,69,78,81,82
COD	2-270000	101	2,3,4,5,6,9,10,11,15,18,19,21,23,26,27,31,34,35,37,38,41,42,43,44,46,49,50,51,52,54,55,56,57,58,59,60,66,69,73,74,76,81
CODdiss	4,4-84	4	42,54
Næringsstoffer	Interval (mg/L)	Antal lokaliteter	Referencer
KJD-N	0,3-39	15	31,46,82
N inorg.	0,637-0,870	1	64
N org.	0,377-6,9	4	38,64
N susp.	1,282-1,951	1	64
NH <sub>3</sub>	0,05-23	3	15,30,43
NH <sub>3</sub> -N	0,009-6,6	19	70,73,82
NH <sub>3</sub> unionized	0,001-0,010	1	84
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,011-4,88	11	3,35,38,79,99
NH <sub>4</sub> -N	0,1-4,2	12	10,11,20,34,37,41,57,90
NH <sub>4</sub> -Ndiss	<0,01-1,01	1	42
NO <sub>2</sub>	0,01-1,2	5	3,28
NO <sub>2</sub> -N	0,003-10,60	13	10,28,34,41,82
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,01-77,4	23	3,9,10,28,35,38,79-91,99
NO <sub>3</sub> & NO <sub>2</sub>	0,08-5	11	31,43
NO <sub>3</sub> & NO <sub>2</sub> as N	<0,01-13,37	10	20,34,46,73,90
NO <sub>3</sub> -N	0,004-23,0	25	32,41,58,74,82,100
NO <sub>3</sub> -Ndiss	0,30-1,70	1	42
Ntot	0,18-39,72	27	9,20,31,34,38,47,52,54,55,56,59,66, 79,81,90
Ntotdiss	0,68-21,65	2	54
Organic N as N	0,842-2,3	3	20,90
P ortho	<0,01-2,2	17	23,73,79,82,90
Pdiss	<0,001-1,45	27	20,38,43,45,64
Phosphates total	0,008-2,580	2	2,3
PO <sub>4</sub>	0,01-22,6	9	10,28,30
PO <sub>4</sub> -P	0,07-7,02	8	32,58,100
PO <sub>4</sub> -Pdiss	<0,01-0,38	2	20,42
Psusp	0,413-0,697	1	64
Ptot	<0,005-13	109	7,15,20,23,28,31,34,37,38,42,43,45,52,54,55,56,57,58,59,60,66,73,77,82,90,101,102
Ptotdiss	<0,01-3,49	3	54,57
TKN	0,04-7,1	53	7,15,26,35,43,58,60,65,73,76
TKN-N	<1,0-400	4	20,34,42
TKN-Ndiss	<0,02-1,31	1	42

Tabel B3. Tungmetaller og overgangselementer

Tungmetaller og uorganiske sporstoffer	Interval (mg/L)	Antal lokaliteter	Referencer
Ag	<0,2-4	13	28,43,96
Al	5,0-71300	26	31,61,63,91,103,119
As	0,1-340	26	28,31,34,43,86,91,95,96,103,108,109
Ba	40-120	9	75,91,103
Be	<0,2-49	8	91,95,96
Ca (mg/L)	0,131-480	36	2,12,18,21,24,27,30,32,34,41,59,62,79,91,92,99
Cd	<0,1-700	141	2,9,11,12,15,18,21,22,25,26,27,30,31,34,37,38,39,41,43,46,48,49,50,51,55,56,59,61,63,64,67,73,77,81,82,84,86,91,92,95,96,102,105,106,107,108,109,110,111,112
Cd (ppm dry wt)	0,003-0,795	5	113
Cddiss	<0,01-12	38	16,23,35,45,53,79,107,113,114,115,116
Cdpart	<0,01-7,2	8	35,53,79,115
Cdtot	0,04-30	25	3,20,23,45,62,101,103,114
Cdtot (µg/g)	0,07-26,7	21	23,35,70,117
Co	1,3-6,7	9	91,103,105,108
Cr	<0,5-4200	99	2,11,15,18,31,34,37,38,41,43,46,55,61,63,64,73,82,84,86,90,91,95,96,105,108,109,110,112,119,123
Crdis	0,2-2,6	4	79,114
Crpart	0,1-9,6	2	78
Crtot	0,44-230	23	3,20,27,45,70,101,103,114
<sup>137</sup> Cs (Bq/L)	3-268000	1	104
Cu	<0,5-6800	150	2,8,11,12,15,18,21,22,25,26,27,28,30,31,34,37,38,39,41,43,46,48,49,51,52,55,56,59,61,63,64,67,73,74,77,80,81,82,84,86,90,91,92,95,96,102,105,106,107,108,110,111,112,118,119
Cu (ppm dry wt)	0,52-0,55	2	113
Cu acid extr	30-305	21	7
Cudiss	1,0-248	48	16,23,35,45,53,76,79,83,89,107,114,115,116,120
Cupart	0,1-145	8	35,53,79,115
Cutot	1,9-1120	54	3,20,23,35,45,47,62,76,83,89,101,103,114,120,121
Cutot (µg/g)	5-842	18	23,35,70,117
Cyanides	2-33	4	95,96
Fe	0,5-78600	51	2,16,18,21,27,28,31,37,38,41,63,64,74,75,90,91,92,119
Fe (ppm dry wt)	14-38	4	113
Fetot	29-81290	8	3,20,70,103
Hg	<0,2-24,0	47	27,31,34,43,55,82,95,96,103,108,109,112
K (mg/L)	0,1-13,7	12	2,21,32,34,79,91,92,99
Mg (mg/L)	0,056-39,7	23	2,24,32,34,41,59,79,91,92,99
Mn	0,5-1647	29	2,21,38,63,64,91,92,103,105,106
Mn (ppm dry wt)	0,05-0,56	4	113
Mo	2,4-20	4	103,105
Na (mg/L)	0,46-67000	15	2,20,21,31,32,34,79,91,92,99
Ni	5-580	95	11,15,18,27,31,34,38,43,46,55,61,63,73,80,82,84,86,90,91,95,96,102,105,106,108,110,112,118,119
Ni tot	1-30	7	20,101,103,114
Nidiss	1,1-4,1	2	114
Pb	<0,5-2764	168	2,8,9,11,15,18,21,22,25,26,27,28,30,31,34,37,38,39,40,41,43,44,46,48,49,51,52,55,56,58,59,61,63,64,65,67,69,73,74,77,80,81,82,84,86,90,91,92,95,96,100,102,105,106,107,108,109,110,111,112,118,119,122,123
Pb (ppm dry wt)	0,23-3,18	5	113
Pb acid extr	50-575	21	7
Pbdiss	<0,01-120	54	16,23,35,42,45,53,72,76,79,83,89,107,113,114,115,116,120,124
Pbpart	0,04-482	8	35,53,79,115
Pbtot	0,5-2410	61	3,20,23,35,45,47,62,70,72,76,83,89,101,102,103,114,121
Pbtot (µg/g)	5-1233	11	117
Pb tot organic (diss)	0,037-1,30	1	53
Tetramethyllead (pg Pb/L)	<20	1	122
TMEL (pg Pb/L)	<2,8	1	122
DMDEL (pg Pb/L)	<3,5-24	1	122
MTEL (pg Pb/L)	<3,3-18	1	122



Tabel B3. Tungmetaller og overgangselementer (fortsat).

Tungmetaller og uorganiske sporstoffer (fortsat)	Interval (mg/L)	Antal lokaliteter	Referencer
Tetraethyllead (pg Pb/L)	<4,2-29	1	122
Trimethyllead (pg Pb/L)	<2,5-117	1	122
Triethyllead (pg Pb/L)	<4,4-61	1	122
Dimethyllead (pg Pb/L)	<20	1	122
Diethyllead (pg Pb/L)	<50	1	122
Sb	<2-23	21	28,43,91,95,96,105
Se	<0,5-77	23	28,43,91,95,96,103,108,109
Sr	70-230	4	75
Tl	<1-14	14	43,95,96
V	7,2-29	6	91,105
Zn	0-38061	149	2,8,9,11,12,15,18,25,26,27,30,31,34,37,38,39,40,41,43,44,46,48,49,51,52,55,56,59,61,63,64,65,67,69,74,75,77,81,82,84,90,91,95,96,102,105,106,107,108,109,110,111,112,118,119,123
Zn (ppm dry wt)	0,38-18,5	5	113
Zn acid extr	160-1120	21	7
Zndiss	<0,05-38267	51	16,23,35,42,45,72,76,79,83,89,107,113,114,120
Znpart	<0,05-98	7	35,48,79
Zntot	4-43942	62	3,20,23,35,45,47,62,70,72,76,83,89,101,103,114,120,121
Zntot (µg/g of dry solids)	11-2691	11	117

Table B4. Miljøfremmede organiske stoffer.

Alifatiske kulbrinter	Interval (mg/L)	Antal lokaliteter	Referencer
Alkane n-C13	0,001-0,28	1	36
Alkane n-C14	0,002-0,66	1	36
Alkane n-C15	0,01-3,7	1	36
Alkane n-C16	0,02-1,4	1	36
Alkane n-C17	0,02-9,9	6	36,97
Alkane n-C18	0,03-9,7	6	36,97
Alkane n-C19	0,02-12	6	36,97
Alkane n-C20	0,04-3,9	1	36
Alkane n-C21	0,2-5,0	1	36
Alkane n-C22	0,03-8,5	1	36
Alkane n-C23	0,02-8,3	1	36
Alkane n-C24	0,02-5,7	1	36
Alkane n-C25	0,01-3,4	1	36
Alkane n-C26	0,01-1,4	1	36
Alkane n-C27	0,01-7,9	6	36,97
Alkane n-C28	0,003-4,8	6	36,97
Alkane n-C29	3,2-20,7	5	97
Alkanes (Total linear)	24,8-167	5	97
Aromatiske kulbrinter	Interval (mg/L)	Antal lokaliteter	Referencer
1,2,3,4-Tetrahydronaphthalene	nd	1	108
1-Methylnaphthalene	d-9	2	94,108
2-Etylnaphthalene	d	1	94
2-Methylnaphthalene	d-0,95	2	94,108
Benzene	0,017-13	8	11,55,87,95,96
Dimethylnaphthalenes	0,1-0,35	4	55,103
Ethylbenzene	<0,2-2	3	11,95
Ethylbenzene + xylenes	0,21-0,23	2	11
Methylnaphthalenes	<0,05-0,20	4	55,101
Naphthalene	0,006-49	16	17,55,61,63,88,94,95,101,103,110
Naphthalene (µg/g)	0,06-1272	2	17,13
Nitrobenzene	nd	1	95
Toluene	0,028-9	14	11,43,55,97,95
Trimethylnaphthalenes	0,57-3,6	4	55,103
Xylene	<0,2-18	11	11,28,43

Table B4. Miljøfremmede organiske stoffer (fortsat).

Blødgørere	Interval (mg/L)	Antal lokaliteter	Referencer
Butylbenzylphthalate	0,20-130	7	55,61,95,110
Di(2-ethylhexyl) adipate	0,04-1,8	5	55,103
Di(2-ethylhexyl) phthalate	3,0-44	11	34,55,95,98,103,110
Diethylphthalate	0,06-10	7	95,98,103
Di-n-butylphthalate	0,19-11	9	55,95,98,103
Di-n-octylphthalate	0,1-2,1	9	55,95,96,103
Dimethyl phthalate	<0,2-0,4	3	95,103
Misc. phthalates	<0,2	2	103
Dioxiner og furaner	Interval (mg/L)	Antal lokaliteter	Referencer
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	<1,4-1300	9	135,136,137
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	1,4-350	9	135,136,137
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	<0,1-20	9	135,136,137
1,2,3,4,7,8/9-HxCDF	<0,5-5,8	3	135,136
1,2,3,4,7,8-HxCDD	<0,2-43	9	135,136,137
1,2,3,4,7,8-HxCDF	<1,4-26	6	137
1,2,3,4/7,8-PCDF	<0,2-5,7	3	135,136,137
1,2,3,6,7,8-HxCDD	<0,2-86	9	135,136,137
1,2,3,6,7,8-HxCDF	<0,5-47	9	135,136,137
1,2,3,7,8,9-HxCDD	<0,5-83	9	135,136,137
1,2,3,7,8,9-HxCDF	<0,5-10	9	135,136,137
1,2,3,7,8-PCDD	<0,4-15	9	135,136,137
1,2,3,7,8-PCDF	1,2-8,0	6	137
2,3,4,6,7,8-HxCDF	<0,6-49	9	135,136,137
2,3,4,7,8-PCDF	<0,5-61	9	135,136,137
2,3,4,8/2,3,7,8-TCDF	2,3	1	136
2,3,7,8-TCDD	<0,5-4,5	10	95,135,136,137
2,3,7,8-TCDF	0,9-8,6	8	135,137
OCDD	50-420	4	135,136
OCDF	3,2-52	3	135,136
TEQ	<1,7-<11	4	135,136
Tot-HpCDD	<1,4-3100	9	135,136,137
Tot-HpCDF	<1,4-970	9	135,136,137
Tot-HxCDD	<1,4-460	9	135,136,137
Tot-HxCDF	<1,4-870	8	135,136,137
Tot-OCDD	5,8-12000	6	137
Tot-OCDF	3-930	6	137
Tot-PCDD	1,3-57	9	135,136,137
Tot-PCDDs	<1,41-15512	7	136,137
Tot-PCDF	<1,4-940	9	135,136,137
Tot-PDCFs	<1,4-3070	7	136,137
Tot-TCDD	0,9-15	9	135,136,137
Tot-TCDF	0,9-250	9	135,136,137
Tot-TEQ	0,1-73	6	137

Table B4. Miljøfremmede organiske stoffer (fortsat).

<b>Halogenerede alifatiske kulbrinter</b>	<b>Interval (mg/L)</b>	<b>Antal lokaliteter</b>	<b>Referencer</b>
1,1,1-Trichloroethan	0,025-10	4	55,95
1,1,2,2-Tetrachloroethane	2-3	1	95
1,1,2-Trichloroethane	2-3	1	95
1,1-Dichloroethane	1,5-3	1	95
1,1-Dichloroethene	1,5-4	1	95
1,2-Dichloroethane	4	1	95
1,2-Dichloropropane	3	1	95
1,2-Transdichloroethene	1-3	1	95
1,3-Dichloropropane	1-2	1	95
Bromomethane	nd	1	95
Chlorodibromomethane	2	1	95
Chloroethane	nd	1	95
Chloroethene	nd	1	95
Chloroform	<0,1-12	3	55,95,96
Chloromethane	nd	1	95
Dichlorodifluoromethane	nd	1	95
Dichloromethane	5-14,5	9	43,95
Hexachlorobutadiene	nd	1	95
Hexachloroethane	nd-d	2	95,98
Tetrachloroethylene	0,058-25	10	43,55
Tetrachloromethane	<0,02-2	2	55,95
Tribromomethane (Bromoform)	1	1	95
Trichloroethylene	0,036-7	10	43,55
Trichlorofluoromethane	0,6-27	1	95
Trihalomethanes	161	1	80
<b>Halogenerede aromatiske kulbrinter</b>	<b>Interval (mg/L)</b>	<b>Antal lokaliteter</b>	<b>Referencer</b>
1,2,3,4-Tetrachlorobenzene	<0,005-0,02	3	55,95,98
1,2,3-Trichlorobenzene	nd	1	95
1,2,4,5 + 1,2,3,5-Tetrachlorobenzene	nd	1	95
1,2,4-Trichlorobenzene	0,0015-0,02	3	55,95,108
1,2-Dichlorobenzene	nd-0,0390	2	95,108
1,3,5-Trichlorobenzene	0,00099	1	108
1,3-Dichlorobenzene	0,0074-103	11	61,95,108,110
1,4-Dichlorobenzene	nd-0,0089	4	55,95,108
2,4-Dinitrotoluene	nd	1	95
2,6-Dinitrotoluene	nd	1	95
2-Chloronaphthalene	nd-0,97	2	95,108
Chlorobenzenes	<0,05-10	3	95,103
Hexachlorobenzene	nd 0,00073-0,016	4	55,95,108
Pentachlorobenzene	0,0010-0,0092	3	55,108
<b>Pesticider</b>	<b>Interval (mg/L)</b>	<b>Antal lokaliteter</b>	<b>Referencer</b>
2,4,5-T	<0,006	1	125
2,4,5-TP	<3,2-d	2	28,125
2,4-D	0,010-276,0	7	28,55,125
2,4-D (normalised to rainload)*	0,8	1	126
2,4-DP Dichlorprop	<0,01-4,64	4	55,126,127
(R,S)-Dichlorprop (normalised to rainload)*	0,9	1	126
2,6-Dichlorbenzamid (BAM)	<0,05-0,35	2	55
Acetochlor	<0,0018?	1	125
α-HCB	0,0027-20	6	17,95,96,108
Acrolein	nd-240	7	43
Alachlor	0,019	1	125
Alachlor (normalised to rainload)*	1,0	1	126
Aldrin	0,0006	11	43,95,108,109
	(aldrien+dieldrin)-6		

Table B4. Miljøfremmede organiske stoffer (fortsat).

Pesticider (fortsat)	Interval (mg/L)	Antal lokaliteter	Referencer
Aldrin, Dieldrin and Endrin	<0,01-<0,2	5	103
Atraton	<0,0014	1	125
Atrazine	0,015-0,551	3	125,126
Atrazine (normalised to rainload)*	0,04-1,2	5	126
β-HCB	0,1-5	2	95
Chlordane	0,00121 -10	9	61,95,99,108,109,110
δ-BHC (δ-Hexachlorocyclohexane)	0,006-6	3	95,96
DDD	nd-0,00053	2	95,108
DDE	nd-0,00038	2	95,108
DDT	0,00036-1	6	17,95,96,108,109
DDT, o,p'-	0,00032	1	108
DDX	nd-d	2	28,55
Deisopropylatrazine	0,029	1	125
Deisopropylatrazine (normalised to rainload)*	0,10-1,07	4	126
Desethylatrazine	0,037	1	125
Desethylatrazine (normalised to rainload)*	0,08-1,2	4	126
Dichlobenil	<0,05-0,28	2	55
Dieldrin	0,00051-2	4	95,96,108
Dimethenamid	<0,003	1	125
Diuron	0,25-238,4	2	128
DNOC (2-Methyl-4,6-dinitrophenol)	<0,1-1,6	2	55
Endosulfan	0,0011-0,2	2	96,109
Endosulfan α-	0,00041-13	3	95,108
Endosulfan β-	nd-0,00060	2	95,108
Endosulfan sulfate	nd	1	95
Endrin	0,00077-0,05	7	28,95,108,109
Endrin aldehyde	nd	1	95
HCB	0,00046-0,0985	4	55,102
Heptachlor	<0,0004-5	4	95,96,108
Heptachlor epoxide	0,0011-1	4	95,108,109
Isodrin	<0,01-<0,1	5	103
Isophorone	4-10	2	95
Isoproturon	<0,05-0,079	2	55
Lindane	0,002-11	17	17,22,28,48,67,95,96,98,108,109,110,123
MCPA	0,009-0,13	3	55,125
MCPA (normalised to rainload)*	1,0	1	126
MCPP (R,S)-Mecoprop (normalised to rainload)*	0,6-41,0	2	126
MCPP Mecoprop	0,012--500	5	55,126,127,129
Metalaxyl	0,005	1	125
Metazachlor	0,007	1	125
Methoxychlor	0,0015-1,21	6	28,108,109
Metolachlor	~0,036	1	125
Metolachlor (normalised to rainload)*	1,1	1	126
Mirex	0,0002	1	108
Propachlor	0,106	1	125
Propazine	0,044	1	125
Simazine	0,006-2,23	5	22,125,128
Simazine (normalised to rainload)*	0,03-0,9	3	126
Terbutylazine	0,017-0,16	3	55,126
Terbutylazine (normalised to rainload)*	0,6-2,59	4	126
Toxaphene	nd	1	95
Chlorinated pesticides and PCBs (20)	<0,2	2	103
Non-chlorinated pesticides (29)	<0,1	2	103
Pesticides indiv. comp.	nd->100	2	70

\*normalised to rainload = (ng/m<sup>2</sup> runoff) / (ng/m<sup>2</sup> rainwater)

Table B4. Miljøfremmede organiske stoffer (fortsat).

PCB'er	Interval (mg/L)	Antal lokaliteter	Referencer
PCB	nd-2,6	7	55,67,102,108,123
PCBs; PCB-28, -52, -101, -138, -153, -180	d	1	98
PCB-1016	nd	1	95
PCB-1221	nd	1	95
PCB-1232	nd	1	95
PCB-1242	nd	1	95
PCB-1248	nd	1	95
PCB-1254	nd	1	95
PCB-1260	0,03	1	95
Phenoler	Interval (mg/L)	Antal lokaliteter	Referencer
2,3,4,6-Tetrachlorophenol	0,0055-0,014	2	55
2,3,5-Trimethyl phenol	d	1	14
2,4,6-Trichlorophenol	0,011-0,017	3	55,95
2,4-Dichlorophenol	0,007-0,040	3	55,95
2,4-Dimethylphenol	10	1	95
2,4-Dinitro-o-cresol	nd	1	95
2,4-Dinitrophenol	0,02-35,0	4	17,25,39,95
2,6-Dimethyl-4-nitrophenol	0,02-13,7	1	17
2,6-Dinitro-4-methylphenol	0,05-7,8	1	17
2,6-Dinitro-6-methylphenol	0,10-42,7	1	17
2-Chlorophenol	d	1	98
2-Nitrophenol	<0,05-9,5	6	17,22,95,98,103
3,4-Xylenol	d	1	14
3,5-Xylenol	d	1	14
3-Methyl-4-nitrophenol	0,02-3,4	1	17
4-Chloro-3-methyl-phenol	<0,01-1,5	7	55,95,103
4-Methyl-2-nitro-phenol	0,008-6,69	1	17
4-Nitrophenol	0,01-25,2	4	17,22,25,39,95
Bisphenol A	<0,01-0,17	3	103
Chloro- and nitrophenols (8)	<0,05	2	103
Di- and trichlorophenols (3)	<0,01-<0,05	5	103
Ethyl phenol	d	1	14
Guajacol (2-Methoxy-phenol)	0,43-3,1	1	17
m,p-Cresol	0,11-0,30	1	17
Nonyl phenol	<0,04-23	17	112
Nonyl phenol (+NPE 1-2 EO)	<0,05-5,8	7	55,103
o-Cresol	0,06-1,2	1	17
Pentachlorophenol (PCP)	0,044-115	14	43,55,95,96,110
Phenol	<0,01-10	8	28,95,96,103
Phenols total	7,00-21,00	1	34
Phenols; 16 phenols	d	1	98
Polyaromatiske kulbrinter (PAH'er)	Interval (mg/L)	Antal lokaliteter	Referencer
2-Methylantracene	0,2-1,2	6	97
3-4-Benzofluoranthene	2	1	96
9,10 Dimethylantracene	0,6-1,2	5	97
Acenaphthene	0,002-0,97	16	14,17,36,55,88,95,101,103,108
Acenaphthene (µg/g)	0,002-140,5	2	17,13
Acenaphthylene	<0,05-0,96	11	14,36,55,95,101,103,108
Anthracene	<0,0001-147	30	17,36,53,55,63,95,96,101,103,131
Anthracene (µg/g)	0,002-142,9	2	17,13
Benzo[a]anthracene	0,0003-54	32	17,36,55,61,63,95,96,97,101,103
Benzo[a]anthracene (µg/g)	0,005-28,7	2	17,130
Benzo[a]anthracene/chrysene	0,070-1,910	1	53
Benzo[a]pyrene	0,00015-300	44	12,14,17,25,36,39,53,55,61,63,67,94,95,96,97,99,101,103,132
Benzo[a]pyrene (µg/g)	0,02-17,1	3	17,130,133
Benzo[b,j,r]fluoranthene	1,07	1	67

Table B4. Miljøfremmede organiske stoffer (fortsat).

Polyaromatiske kulbrinter (PAH'er) (fortsat)	Interval (mg/L)	Antal lokaliteter	Referencer
Benzo[b]fluoranthene	0,0007-260	19	17,36,48,53,61,63,95,99
Benzo[b]fluoranthene (µg/g)	0,025-23,4	2	17,130
Benzo[b]fluorene	0,2-1,1	5	97
Benzo[b+j+k]fluoranthene	<0,01-0,49	10	55,101,103
Benzo[e]pyrene	0,001-0,6	7	17,94,97
Benzo[e]pyrene µg/g	0,22-26,7	1	17
Benzo[ghi]perylene	<0,01-710	37	22,25,36,39,53,55,63,67,88,95,97,101, 103,131
Benzo[ghi]perylene (µg/g)	0,017-39,3	2	17,130
Benzo[ghi]perylene dissolved	5,3-130	4	12,17
Benzo[k]fluoranthene	0,0001-61	21	14,17,36,61,63,95,96,97
Benzo[k]fluoranthene (µg/g)	0,001-0,593	2	17,130
Biphenyl	d	1	94
Chrysene	0,0003-10	17	12,17,36,94,95,96,97,101
Chrysene (µg/g)	0,002-158,7	2	17,130
Chrysene/Triphenylene	<0,01-2,271	13	55,63,103
Dibenz [a,h] anthracene	<0,01-83	33	14,36,63,88,95,97,131
Dibenz [a,h] anthracene (µg/g)	0,003-9,35	2	17,130
Dibenzothiophene	d	1	94
Flouranthene diss	0,002-0,80	5	12,17,22
Fluoranthene	0,009-1958	54	12,25,36,39,41,48,53,55,61,63,67,95,96,97, 101,103,108,110,131
Fluoranthene (µg/g)	0,08-209,3	3	17,130,133
Fluoranthene particulate	0,1575	2	22,94
Fluoranthene soluble	0,0034	1	94
Fluorene	0,001-74	23	14,17,36,55,94,95,101,103,108,131
Fluorene (µg/g)	0,0002-1,87	2	17,13
Indene	nd	1	108
Indeno [1.2.3-cd] pyrene	<0,01-1080	36	12,17,55,63,67,88,95,97,101,103,131
Indeno [1.2.3-cd] pyrene (µg/g)	0,03-8,4	2	17,13
Methylphenanthrenes	1,3-5,2	5	97
Perylene	0,0003-0,8	14	17,63,97
Perylene (µg/g)	0,02-0,63	1	17
Phenanthrene	<0,01-1420	43	12,14,36,53,55,88,95,96,97,98,99,101,103, 108,110,131
Phenanthrene (µg/g)	0,04-934	2	17,13
Phenanthrene particulate	0,0643	1	94
Phenanthrene soluble	0,0263	1	94
Phenanthrene-Diss	0,0004-1,6	3	12,17,99
Pyrene	0,0001-120	39	14,17,36,53,55,61,63,95,96,97,101,103, 08,110
Pyrene (µg/g)	0,05-316,1	2	17,13
Pyrene particulate	0,1311	1	94
Pyrene soluble	0,0056	1	94
Quinoline	nd	1	108
PAH	<0,011-178	29	26,37,41,46,48,67,68,72,86,112
PAHs; 16 EPA contr PAHs	<0,3-5,8	3	46,98
PAHtot	0,360-11,604	2	27,53
PAHtot(diss)	0,00036-0,00706	1	53
Sum of PAH	<2-3500	4	55,88
Ætere	Interval (mg/L)	Antal lokaliteter	Referencer
Ether, bis(chloromethyl)-	nd	1	95
Ether, bis(chloroethyl)-	nd 2,0-87	7	61,95,110
Ether, bis(chloroisopropyl)-	nd 3,0-400	4	61,95
Ether, 2-chloroethyl vinyl-	nd	1	95
Ether, 4-bromophenyl phenyl	nd	1	95
Ether, 4-chlorophenyl phenyl	nd	1	95
Bis(2-chloroethoxy) methane	nd	1	95
MTBE	<5-37	3	43

Table B4. Miljøfremmede organiske stoffer (fortsat).

P-triester	Interval (mg/L)	Antal lokaliteter	Referencer
Tricresylphosphate	<0,01-<0,2	6	55,103
Tri-n-butyl phosphate	0,03-0,10	7	55,103
Triphenyl phosphate	<0,01-0,5	7	55,103
Andre stoffer	Interval (mg/L)	Antal lokaliteter	Referencer
3,3'-Dichloro-benzidine (µg/L)	nd	1	95
Acetate	0,48-8,1	2	79
Acetone	0,0123-0,0454	1	87
Diethylene glycol	<1-2900	2	15
Di-n-propyl nitrosamine (µg/L)	nd	1	95
Ethylene glycol	nd-98000	2	15
Fatty acids; C <sub>6</sub> -C <sub>18</sub> , 2 decenoic acids	d	1	98
Formate	0-2,9	2	79
Hexadecene	<0,0015	1	98
MEK (methyl ethyl ketone)	0,00281-0,00839	1	87
Nonanol	d	1	14
Octanol	d	1	14
Oleic acid	0,0015-0,009	1	98
Oxalate	0,27-1,5	2	79
Phytane	0,00091-0,007	5	97
Pristane	0,00077-0,0072	5	97
Propylene glycol	nd-130000	2	15
Tetradecanol	d	1	14
Total glycol	nd-230900	2	15
Tridecanol	d	1	14

1) Chebbo og Bachoc, 1992. 2) Chui, 1993. 3) de Luca et al., 1991. 4) Sansalone et al., 1996. 5) Sansalone et al., 1998. 6) Sansalone, 1998. 7) Drapper et al., 2000. 8) Barbosa og Hvitved-Jacobsen, 1999. 9) Barraud et al., 2000. 10) Bartkowska og Królikowski, 1996. 11) Kjølholt et al., 2001. 12) Daub et al., 1994. 13) Deletic og Maksimovic, 1998. 14) Fam et al., 1987. 15) Fisher et al., 1995. 16) Förster, 1990. 17) Förster, 1993. 18) Gjessing et al., 1984. 19) Hall og Anderson, 1988. 20) Harned, 1988. 21) Harrison og Wilson, 1985B. 22) Herrmann et al., 1994. 23) Hvitved-Jacobsen et al., 1987. 24) Karouna-Renier og Sparling, 2001. 25) Kern et al., 1992. 26) Legret et al., 1999B. 27) Lygren, 1984. 28) McGehee Marsh, 1993. 30) Medeiros et al., 1984. 31) Moxness, 1987. 32) Nightingale, 1988. 33) Norrström og Bergstedt, 2001. 34) Sieber, 1995. 35) Pagotto et al., 2000. 36) Shu og Hirner, 1997. 37) Stotz, 1987. 38) Williamson, 1986. 39) Wüst et al., 1994. 40) Yaziz et al., 1989. 41) Stotz og Krauth, 1994. 42) Montrejaud-Vignoles et al., 1996. 43) Line et al., 1996. 44) Balades et al., 1984. 45) Bannerman et al., 1993. 46) Berbee et al., 1999. 47) Ellis og Rewitt, 1991. 48) Förster, 1999. 49) Gromaire et al., 2001. 50) Gromaire-Mertz et al., 1998. 51) Gromaire-Mertz et al., 1999. 52) Grønning et al., 1998. 53) Hewitt og Rashed, 1992. 54) Johansen, 1985. 55) Kjølholt et al., 1997. 56) Koop og Kaarup, 1992. 57) Lammersen, 1993. 58) Lee og Bang, 2000. 59) Maltby et al., 1995A. 60) PH-consult ApS, 1990. 61) Pitt et al., 1995. 62) Quek og Förster, 1993. 63) Shinya et al., 2000. 64) Simpson og Stone, 1988. 65) Strecker et al., 1987. 66) Uchimura et al., 1996. 67) Xanthopoulos og Hahn, 1990. 68) Yamane et al., 1990. 69) Zhao et al., 1999. 70) Zobrist et al., 2000. 71) Henze og Munk Nielsen, 1997. 72) Stephenson et al., 1999. 73) Wu et al., 1998. 74) Barrett et al., 1998. 75) Characklis og Wiesner, 1997. 76) Duke et al., 1999. 77) Lloyd og Wong, 1999. 78) Whiteley et al., 1993. 79) Mason et al., 1999. 80) Shutes et al., 1997. 81) Hvitved-Jacobsen et al., 1994. 82) Walker et al., 1981. 83) Good, 1993. 84) Skinner et al., 1999. 85) Hahn og Pfeifer, 1995. 86) Anderson et al., 1991. 87) Lopes et al., 2000. 88) Smith et al., 2000. 89) Lau et al., 2000. 90) Yousef et al., 1987. 91) Dannecker et al., 1990. 92) Harrison og Wilson, 1985A. 93) Telang, 1990. 94) Hoffman et al., 1984. 95) Cole et al., 1984. 96) Gavin og Moore, 1982. 97) Bomboi og Hernández, 1991. 98) Shu og Hirner, 1998. 99) Förster, 1998. 100) Cutbill, 1993. 101) Dannisøe og Krogsgaard Jensen, 2000. 102) Marsalek, 1991. 103) Lehmann et al., 2001. 104) Halldin et al., 1990. 105) Hares og Ward, 1999. 106) Jirik et al., 1998. 107) Legret et al., 1999A. 108) Marsalek og Schroeter, 1988. 109) Marsalek, 1986. 110) Pitt et al., 1994. 111) Siverth, 1995. 112) Storhaug, 1996. 113) Flores-Rodríguez et al., 1993. 114) Legret et al., 1995. 115) Mesuere og Fish, 1989. 116) Morrison et al., 1990. 117) Sansalone og Buchberger, 1997. 118) Leschber og Pernak, 1995. 119) Maltby et al., 1995B. 120) Novotny et al., 1998. 121) Mungur et al., 1995. 122) Harrison et al., 1986. 123) Granier et al., 1990. 124) Flores-Rodríguez et al., 1994. 125) Bucheli et al., 1997. 126) Bucheli et al., 1998A. 127) Felding et al., 1995. 128) Revitt et al., 1999. 129) Bucheli et al., 1998B. 130) Xanthopoulos og Hahn, 1993. 131) Krein og Schorer, 2000. 132) Jensen, 1984. 133) Hoffman et al., 1985. 135) Horstmann og McLachlan, 1995. 136) Näf et al., 1990. 137) Wenning et al., 1999. 138) Hatch og Burton, 1999. 139) Marsalek et al., 1999.

Tabel B5. Cytotoksicitet, genotoksicitet og mutagenicitet af afstrømningsvand fra motorveje.

Testsystem	Prøvebeskrivelse	Effekt	Antal lokaliteter	Referencer
Cytotoksicitet (Sub-mitochondrial particle)	Opkoncentreret prøve (10x)	90 % hæmning	1	139
Genotoksicitet (SOS-chromo test, <i>Escherichia coli</i> )	Opkoncentreret prøve (10x)	ikke genotoksisk	1	139
Mutagenicity (Ames test, <i>Salmonella typhimurium</i> )	Filtreret vandprøve	påvist mutagen aktivitet	1	63

63) Shinya et al., 2000. 139) Marsalek et al., 1999.

Tabel B6. Toksicitet af regnvand målt på forskellige organismer.

Fisk	Effektparameter	Effektværdi	Antal lokaliteter	Referencer
Fathead minnow ( <i>Pimephales promelas</i> )	Akut toks., LC <sub>50, 96h</sub> (% prøve)	3-100	4	28,29
Fathead minnow ( <i>Pimephales promelas</i> )	Akut toks., % overlevelse (48 h field test)	60-100	2	139
Fathead minnow ( <i>Pimephales promelas</i> )	Længde af fisk, EC <sub>50</sub> (% prøve) <sup>1</sup>	72-91	2	30
Regnbueørred	Akut toks., % overlevelse ved 32 % prøve	0-100	5	83
Regnbueørred	Akut toks., % overlevelse ved 65 % prøve	0-90	5	83
Regnbueørred	Akut toks., % overlevelse ved 100 % prøve	0-60	5	83
Krebsdyr	Effektparameter	Effektværdi	Antal lokaliteter	Referencer
<i>Ceriodaphnia dubia</i>	Akut toks., LC <sub>50, 96h</sub> (% prøve)	10-25	1	86
<i>Daphnia Magna</i>	Akut toks., % overlevelse (48 h field/lab)	0/15	1	138
<i>Daphnia Magna</i>	Akut toks., EC <sub>50, 48h</sub> (% prøve)	70	1	139
<i>Daphnia Magna</i>	Akut toks., LC <sub>50, 48h</sub> (% prøve)	1,7- non toxic	2	15
<i>Daphnia Magna</i>	Akut toks., LC <sub>10</sub> /LC <sub>50</sub> (% prøve)	6,2- >90/ 17- >90	2	11
Alger	Effektparameter	Effektværdi	Antal lokaliteter	Referencer
<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	Sub-kronisk, EC <sub>10</sub> /EC <sub>50</sub> (% prøve)	6,7-58/>99,9	2	11
Testkits	Effektparameter	Effektværdi	Antal lokaliteter	Referencer
IQ Toxicity Test <i>D. magna</i> / <i>H. azteca</i>	IC50 (% sample)	18-96/37-63	1	138
Microtox ( <i>Vibrio fischeri</i> )	Akut toks., EC <sub>10</sub> /EC <sub>50</sub> (% prøve)	57->75/>75	2	11
Microtox ( <i>Vibrio fischeri</i> )	Akut toks., EC <sub>50</sub> , 10x opkonc. prøve (% hæmn.)	52,4	1	139
Øvrige organismer	Effektparameter	Effektværdi	Antal lokaliteter	Referencer
Søpindsvin (Purple Sea Urchin)	Reproduktion, EC <sub>50</sub> (% prøve)	12-20	1	106
Bundlevende krebsdyr ( <i>Hyalella azteca</i> )	Akut toks., 48 h	påvirket ved 100% prøve	1	138

<sup>1</sup> Estimeret værdi på baggrund af oplysninger i Medeiros et al., 1984.

11) Kjølholt et al., 2001. 15) Fisher et al., 1995. 28) McGehee og Marsh, 1993. 30) Medeiros et al., 1984. 63) Shinya et al., 2000. 83) Good, 1993. 86) Anderson et al., 1991. 106) Jirik et al., 1998. 138) Hatch og Burton, 1999. 139) Marsalek et al., 1999.



Tabel B7. Generelle mikrobielle parametre i opsamlet regnvand fra tage.

Parameter	Tagvand		Referencer
	Interval (CFU/mL)	Antal lokaliteter	
Kimtal (~21°C)	1-2×10 <sup>9</sup>	315	1,2,3,5,6,8,9
Kimtal (~37°C)	5-7×10 <sup>6</sup>	176	1,3,8,9
DEFT(celler/mL)	3×10 <sup>4</sup> -6×10 <sup>6</sup>	3	1
Svampe	0.06-26	7	1

1) Albrechtsen, 1998. 2) Yaziz et al., 1989. 3) Holländer et al., 1996. 5) Crabtree et al., 1996. 6) Simmons et al., 2001. 8) Lye, 1987. 9) Lorch, 1996.

Tabel B8. Indikatororganismer i opsamlet regnvand.

Parameter	Tagvand			Befæstede arealer		Referencer	
	Interval (CFU/100mL)	Hyppighed	Antal lokaliteter	Interval (CFU/100mL)	Antal lokaliteter		
Total coliforme	<1-1,9×10 <sup>4</sup>	535/1149	47%	309	10-2×10 <sup>5</sup>	4	2,3,5,6,8,9,11
Fækale coliforme	<1-3500	120/292	41%	224	55-9×10 <sup>4</sup>	39	2,4,5,6,7,8,9,10
<i>Escherichia coli</i>	<1-5,4×10 <sup>4</sup>	135/993	14%	109	10-1.2×10 <sup>4</sup>	2	1,3,10
Fækale streptococcer	<99->10 <sup>4</sup>	243/969	25%	102	99-6×10 <sup>4</sup>	2	3,10
Enterococcer	<1-4900	ikke oplyst	-	125	-	-	6
Gær	<0,01-100	17/448	3,8%	44	-	-	1,3

1) Albrechtsen, 1998. 2) Yaziz et al., 1989. 3) Holländer et al., 1996. 4) Thomas og Greene, 1993. 5) Crabtree et al., 1996. 6) Simmons et al., 2001. 7) Bannerman et al., 1993. 8) Lye, 1987. 9) Lorch, 1996. 10) Young og Thackston, 1999. 11) Lim og Lim, 1999.

Tabel B9. Potentielle patogene mikroorganismer i opsamlet regnvand fra tage.

Parameter	Tagvand			Referencer	
	Interval (CFU/mL)	Hyppighed	Antal lokaliteter		
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<1-870	3/21	14%	7	1
<i>Mycobacterium avium</i>	Påvist (1)	1/21	4,8%	7	1
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ikke påvist	0/782	0%	79	3
<i>Yersinia</i> spp.	Ikke påvist	0/338	0%	79	3
<i>Salmonella</i> spp.	Påvist (3,6)	2/913	0,22%	208	3,6
<i>Shigella</i> spp.	Ikke påvist	0/342	0%	34	3
<i>Legionella</i> spp.	Påvist (1)	10/462	2,2%	68	1,3,6
<i>Legionella pneumophila</i>	Ikke påvist	0/21	0%	7	1
<i>Campylobacter</i> spp.	Påvist (1)	4/284	1,4%	156	1,3,6
<i>Aeromonas</i> spp.	<10-4,4×10 <sup>3</sup>	25/146	17%	132	1,6
<i>Giardia</i> spp.*	<1-3,8 (5)	10/122	8,2%	70	1,5,6
<i>Cryptosporidium</i> spp.*	<1-5×10 <sup>4</sup> (1,5)	29/122	24%	70	1,5,6

1) Albrechtsen, 1998. 3) Holländer et al., 1996. 5) Crabtree et al., 1996. 6) Simmons et al., 2001.

## Potentielt problematiske stoffer

Dette bilag er resultatet til undersøgelsen af potentielt problematiske kemiske stoffer. Resultatet repræsenteres i tabeller, der er opdelt i stofgrupper efter princippet i NOVA 2003 samt en ekstra tabel for andre stoffer. I tabellerne angives stofferne i første kolonne. I tabellens anden og tredje kolonner oplyses henholdsvis kilden til stoffet i første kolonne og den tilhørende reference. Kildeangivelserne referer til tabel 3.1 i rapportens afsnit 3.1.

I referencen BPS-Centret (BPS-Centret, 1998) findes oplysninger om hvilke stoffer der indgår i byggematerialer. I nogle tilfælde er det dog ikke muligt at skelne mellem stoffer, der kun findes i materialer til indendørsbrug, og som derfor ikke kommer i berøring med regn, og stoffer i materialer til udendørsbrug. I disse tilfælde er stofferne samlet under kilden "byggematerialer" (1.1.1).

Tabel C1. Tungmetaller

Stof	Kilde	Referencer
As	1.1.1, 1.1.15, 1.2.1, 1.2.2, 2.1, 2.2	5,6,10,13,14
Cd	1.1.1, 1.1.14, 1.1.17, 1.2.1, 1.2.2, 1.2.4, 1.3.2, 2.1, 2.2	5,6,8,9,10,11,13,14, 15,16,18
Co	1.1.16	5
Cr	1.1.3, 1.1.15, 1.1.6, 1.1.17, 1.1.20, 1.1.24, 1.2.1, 1.2.2, 1.2.4, 1.3.1, 1.3.2, 2.1, 2.2	3,5,6,10,13,14,16,18
Cu	1.1.3, 1.1.5, 1.1.12, 1.1.15, 1.1.16, 1.1.17, 1.1.22, 1.1.24, 1.2.1, 1.2.2, 1.2.4, 1.3.1, 1.3.2, 2.1, 2.2	3,5,6,8,9,10,11,13, 14,15,16,18
Hg	1.1.1, 2.1	6,13
Mn	1.1.3, 1.1.24	6
Mo	1.1.16	5
Ni	1.1.3, 1.1.16, 1.1.7, 1.1.23, 1.1.24, 1.2.4, 1.3.1, 1.3.2, 2.1, 2.2, 3.1.3	5,6,8,10,13,14,16,18
Pb	1.1.3, 1.1.14, 1.1.16, 1.1.17, 1.1.22, 1.1.23, 1.2.1, 1.2.2, 1.2.4, 1.3.1, 1.3.2, 1.3.3, 2.1, 2.2	5,6,8,9,10,11,13,14, 17,18
Sb	1.1.3	6
Sn	1.1.3, 1.1.15, 1.1.16, 1.1.20	3,5,6
Ti	1.1.3, 1.1.16, 1.1.24	5,6
Tl	2.1	13
V	1.2.1, 1.2.2, 2.1, 2.2	10,14
Zn	1.1.3, 1.1.5, 1.1.14, 1.1.16, 1.1.22, 1.1.24, 1.2.1, 1.2.2, 1.2.4, 1.3.1, 1.3.2, 2.1, 2.2	5,6,8,9,10,11,13,14, 16,18
Zr	1.1.16	5

3) Natur og Miljø, 2001. 5) Krogh, 1999. 6) BPS-Centret, 1998. 8) Barrett et al, 1998. 9) Garnaud et al., 1999. 10) Lindgren, 1996. 11) Young et al., 1984), 13) Kjølholt et al., 1996. 14) Rühling, 1994. 15) Hewitt et al., 1990. 16) Muschack, 1990. 17) Hakansson, 2000. 18) Berbee et al., 1999.

Tabel C2. Pesticider.

Stof	Kilde	Referencer
Alachlor	2.1, 2.2	13
Aldrin	1.1.1	6
9,10-Anthracendion (anthraquinon)	1.2.4, 1.3.1	4
Atrazin	1.1.1, 2.1	6,13
Bis(hydroxymethylurea)	1.1.16	5
BIT	1.1.16	5
Bronopol	1.1.16	5
1-(3-Chlor-allyl)-1,3,5,7-tetraazaadamantanhydrochlorid	1.1.16	5
Chlordane	1.1.1	6
5-Chlor-2-methyl-4-isothiazolin-3-on	1.1.16	5
Cyanazin	2.1	13
2,4-D	1.1.1	6
DDD	1.1.1	6
DDT	1.1.1, 2.1, 2.2	6,13
Demeton	1.1.1	6
Dichlorprop	1.1.1	6
Dichlorvos	1.1.1	6
Dieldrin	1.1.1, 2.1	6,13
Diklofluanid	1.1.16	5
Dimethoat	1.1.1	6
Disulfoton	1.1.1	6
Endosulfan	1.1.1	6
Endrin	1.1.1, 2.1	6,13
Fenitrothion	1.1.1	6
Fenthion	1.1.1	6
Flopet	1.1.16	5
Fluorfolpet	1.1.16	5
HCB	1.1.1, 2.1, 2.2	6,13
HCH	1.1.1, 2.1, 2.2	6,13
Heptachlor	1.1.1	6
Heptachloreoxid	1.1.1, 2.1, 2.2	6,13
5-HO-tricosan (cryoflex)	1.1.16	5
Iridomyrmecin	1.2.4	4
Isoproturon	2.1	13
Jodocarb	1.1.16	5
1,3-Jodpropynylbutylkarbamat	1.1.16	5
Karbendazim	1.1.16	5
Kathon	1.1.20	5
Klorthlonil	1.1.16	5
Lindan	1.1.1	6
Linuron	1.1.1	6
Malathion	1.1.1	6
MCPA	1.1.1	6
MCPP	1.1.1	6
Methamidophos	1.1.1	6
Methoxychlor	2.1, 2.2	13
2-Methyl-4-isothiazolin-3-on	1.1.16	5
Metolachlor	2.1, 2.2	13
Meviphos	1.1.1	6
Monolinuron	1.1.1	6
2-n-Octyl-4-isothiazolin-3-on	1.1.16	5
Omethoat	1.1.1	6
Oxydementon-methyl	1.1.1	6
Parathion	1.1.1	6
Parathion-methyl	1.1.1	6
Phoxim	1.1.1	6

Tabel C2. Pesticider (fortsat).

Stof	Kilde	Referencer
Propanil	1.1.1	6
Propiconazol	1.1.15	6
Simazin	1.1.1, 1.2.4	4,6
Tertbutylazin	2.1	13
Tolyfluanid	1.1.16	5
Triazophos	1.1.1	6
Trifuoralin	1.1.1	6

BT: 1,2-benzisothiazolin-3-on. 2,4-D: 2,4-dichlorophenoxy eddikesyre. DDD: Dichloro-diphenyl-dichloroethan DDT: Dichloro-diphenyl-trichlorethan. HCB: hexachlorbenzen. HCH: hexachlorcyclohexan. 5-HO-tricosan: 5,8,11,13,16,19-hexaoatricosan. MCPA: 2-Methyl-4-chlorophenoxyeddikesyre. MCPP: ((+)-2-(4-chloro-2-methylphenoxy)propan syre

4) Rogge et al., 1993. 5) Krogh, 1999. 6) BPS-Centret, 1998. 13) Kjølholt et al., 1996.

Tabel C3. Alifatiske aminer.

Stof	Kilde	Referencer
Diethylamin	1.1.1	6
Diethyltriamin	1.1.21	5
Dimethylamin	1.1.1	6
4-phenylbenzamin	1.3.2	4
HMT	1.3.2	12
Nitrosodiphenylamin	1.3.2	12

HMT: hexamethylentetraamin.

4) Rogge et al., 1993. 5) Krogh, 1999. 6) BPS-Centret, 1998. 7) Kim et al., 1990. 12) Alholm et al., 1994.

Tabel C4. Aromatiske kulbrinter

Stof	Kilde	Referencer
Alkylbenzener	2.1	13
Benzen	1.1.1, 1.3.3, 2.1	6,13,17
Biphenyl	1.1.1	6
1,4-Dimethylbenzen	2.1	13
1,3-Dimethylbenzen	2.1	13
1,2-Dimethylbenzen	2.1	13
Dimethylnaphthalen	2.2	13
Ethylbenzen	1.1.1	6
2EPN	1.2.1	1
2-Hydroxybenzaldehyd	1.3.1	4
Naphthalen	1.1.1, 1.2.1, 2.1, 2.2	1,6,13,20
2-Methylbenzaldehyd	1.3.1, 1.3.2	4
3-Methylbenzaldehyd	1.3.1, 1.3.2	4
4-Methylbenzaldehyd	1.3.1, 1.3.2	4
Methylnaphthalen	2.2	13
2-Phenylnaphthalen	1.2.4,	4
Toluen	1.1.1, 1.1.19, 2.1, 2.2	5,6,13
Xylener	1.1.1, 1.1.19, 2.1	5,6,13

2EPN: 2-ethyl-pentenal-naphthalen.

1) Norin, et al., 2001. 4) Rogge et al., 1993. 5) Krogh, 1999. 6) BPS-Centret, 1998. 13) Kjølholt et al., 1996. 17) Hakansson, 2000. 20) Reddy et al., 1997.

Tabel C5. Halogenerede alifater.

Stof	Kilde	Referencer
Bromdichlormethan	2.1	13
Chloropren	1.1.1	6
3-Chlorpren	1.1.1	6
Dibromchlormethan	2.1	13
Dibrommethan	2.1	13
1,2-Dibrommethan	1.1.1, 2.1	6,13
1,1-Dichlorethan	1.1.1	6,
1,2-Dichlorethan	1.1.1, 2.1	6,13
1,1-Dichlorethylen	1.1.1	6
1,2-Dichlorethylen	1.1.1	6
Dichlormethan	1.1.1	6
Dichlornitrobenziner	1.1.1	6
1,2-Dichlorpropan	1.1.1	6
1,3-Dichlorpropen	1.1.1	6
2,3-Dichlorpropen	1.1.1	6
Hexachlorbutan	2.1	13
Hexachlorethan	1.1.1, 2.1	6,13
1,1,2,2-Tetrachlorethan	1.1.1	6,
Tetrachlorethen	1.1.1, 2.1	6,13
Tetrachlormethan	2.1	13
Tribrommethan	2.1	13
1,1,1-Trichlorethan	1.1.1, 2.1	6,13
1,1,2-Trichlorethan	1.1.1	6
Trichlorethen	1.1.1., 2.1	6,13
Trichlormethan	1.1.1, 2.1	6,13
1,1,2-Trichlortrifluorethan	1.1.1	6
Vinylchlorid (VC)	1.1.1	6

6) BPS-Centret, 1998. 13) Kjølholt et al., 1996.

Tabel C6. Halogenerede aromatiske kulbrinter

Stof	Kilde	Referencer
Benzylchlorid	1.1.1	6
Benzylidenchlorid	1.1.1	6
Chlorbenzen	1.1.1	6
1-Chlor-2,4-dinitrobenzen	1.1.1	6
2-Chloranilin	1.1.1	6
3-Chloranilin	1.1.1	6
4-Chloranilin	1.1.1	6
1-Chlornaphtalen	1.1.1	6
1-Chlor-2-nitrobenzene	1.1.1	6
1-Chlor-3-nitrobenzen	1.1.1	6
1-Chlor-4-nitrobenzen	1.1.1	6
4-Chlor-2-nitrotoluen	1.1.1	6
Chlornaphtalener	1.1.1	6
Chlornitrotoluener	1.1.1	6
2-Chlor-p-toluidin	1.1.1	6
2-Chlortoluen	1.1.1	6
3-Chlortoluen	1.1.1	6
4-Chlortoluen	1.1.1	6
Chlortoluidiner	1.1.1	6
1,2-Dichlorbenzen	1.1.1, 2.1	6,13
1,3-Dichlorbenzen	1.1.1	6
1,4-Dichlorbenzen	1.1.1, 2.1, 2.2	6,13
1,2,4,5-Tetrachlorbenzen	1.1.1	6
Trichlorbenzen	1.1.1	6
1,2,4-Trichlorbenzen	2.1	13

6) BPS-Centret, 1998. 13) Kjølholt et al., 1996.

Tabel C7. Polychlorerede phenyler.

Stof	Kilde	Referencer
Heptachlorbiphenyl	2.1, 2.2	13
Hexachlorbiphenyl	2.1, 2.2	13
Nanochlorbiphenyl	2.1, 2.2	13
Octachlorbiphenyl	2.1, 2.2	13
Pentachlorbiphenyl	2.1, 2.2	13
Tetrachlorbiphenyl	2.1, 2.2	13
2,4,5'-Trichlorbiphenyl	1.3.2	12
Trichlorbiphenyl	2.1, 2.2	13

12) Alholm et al., 1994. 13) Kjølholt et al., 1996.

Tabel C8. Chlorphenyler.

Stof	Kilde	Referencer
PCT	1.1.1	6

PCT: Polychlorede terphenyler

6) BPS-Centret, 1998.

Tabel C9. Phenoler.

Stof	Kilde	Referencer
APEO	1.2.3	5,13
2-Amino-4-chlorphenol	1.1.1	6
4-Chlor-3-methylphenol	1.1.1	6
2-Chlorphenol	1.1.1	6
3-Chlorphenol	1.1.1	6
4-Chlorphenol	1.1.1	6
2,4-Dichlorphenol	1.1.1, 2.1, 2.2	6,13
2,6-Dimethyl-4-nitrophenol	2.2	13
2,6-Dimethylphenol	2.1, 2.2	13
2,5-Dimethylphenol	2.1	13
2,4-Dimethylphenol	2.1	13
2,3-Dimethylphenol	2.1	13
3,5-Dimethylphenol	2.1, 2.2	13
3,4-Dimethylphenol	2.1, 2.2	13
2,4-Dinitro-6-methylphenol	2.1, 2.2	13
2,4-Dinitrophenol	2.1, 2.2	13
2,5-Dinitrophenol	2.1, 2.2	13
Ethylphenol	2.1	13
2-Methoxyphenol	2.1, 2.2	13
3-Methyl-2-nitrophenol	2.1, 2.2	13
4-Methyl-2-nitrophenol	2.1, 2.2	13
2-Methylphenol	2.1, 2.2	13
3-Methylphenol	2.1, 2.2	13
4-Methylphenol	2.1, 2.2	13
2-Nitrophenol	2.1, 2.2	13
4-Nitrophenol	2.1, 2.2	13
Nonylphenol	2.2	13
NPEO	1.1.16	5
OPEO	1.1.16	5
Pentachlorphenol	1.1.1, 2.2	6,13
Phenol	2.1, 2.2	13
p-Octylphenol	1.3.2	4
2,4,5-Trichlorphenol	1.1.1, 2.1, 2.2	6,13
2,4,6-Trichlorphenol	2.1, 2.2	13
2,3,4,6-Tetrachlorphenol	2.2	13
Trichlorphenoler	1.1.1	6

APEO: alkylphenoethoxylater. NPEO: nonylphenoethoxylater. OPEO: octylphenoethoxylater.

4) Rogge et al., 1993. 5) Krogh, 1999. 6) BPS-Centret, 1998. 13) Kjølholt et al., 1996.

Tabel C10. Polyaromatiske hydrocarboner.

Stof	Kilde	Referencer
Acenaphthalen	2.1, 2.2	13
Acenaphthen	2.2	13
Acenaphthylen	2.2	13
Anthracen	1.1.1, 1.2.4, 1.3.2, 1.3.3, 2.1, 2.2, 3.1.3	4,6,12,13,15
Benzacenaphthylen	1.2.4	4
Benzantracen	1.3.3, 3.1.3	15
Benzo(a)anthracen	1.2.4, 1.3.1, 1.3.2, 2.1, 2.2	4,12,13,15
7H-Benzo(de)anthracen-7-on	1.2.4, 1.3.1	4
Benzo(b)fluoranthen	1.2.4, 1.3.1, 1.3.2, 2.1, 2.2	4,12,13,15
Benzo(ghi)fluoranthen	1.2.4, 1.3.1, 1.3.2	4
Benzo(h,h,i)perylene	1.3.2	12
Benzo(bjk)fluoranthen	2.2	13
Benzo(k)fluoranthen	1.2.4, 1.3.1, 2.1, 2.2	4,13
Benzo(a)fluoren	1.3.2	4,12
Benzo(b)fluoren	1.2.4, 1.3.1, 1.3.2	4
Benzo(s)fluoren	1.2.4, 1.3.1, 1.3.2	4
Benzo(ghi)perylene	1.2.4, 1.3.1, 1.3.2, 1.3.3, 2.1, 2.2, 3.1.3	4,12,13,15
Benzo(a)pyren	1.2.4, 1.3.1, 1.3.2, 1.3.3, 2.1, 2.2, 3.1.3	4,12,13,15
Benzo(e)pyren	1.2.4, 1.3.1, 1.3.2, 2.1, 2.2	4,12,13
Chrysen	1.2.4, 1.3.1, 1.3.2, 1.3.3, 2.1, 2.2, 3.1.3	4,12,13,15
Coronen	2.1, 2.2	13
Dibenzo(a,c)anthracen	2.1, 2.2	13
Dibenzo(a,h)anthracen	1.3.2, 2.1, 2.2	12,13
Dibenz(a,i)anthracen	1.3.2	12
Dimethylantracener	1.2.4, 1.3.1, 1.3.2	4
Dimethylfluoranthener	1.3.2	4
Dimethylphenanthrener	1.2.4, 1.3.1, 1.3.2	4
Dimethylpyrener	1.3.2	4
Fluoranthen	1.2.4, 1.3.1, 1.3.1, 1.3.2, 1.3.3, 2.1, 2.2, 3.1.3	4,12,13,15
Fluoren	2.1, 2.2	13
9H-fluoren-9-on (fluorenon)	1.2.4, 1.3.1	4
Indeno(1,2,3-c,d)fluoranthen	1.2.4	4
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	1.3.2, 2.1, 2.2	12,13
Methylantracener	1.2.4, 1.3.1, 1.3.2	4
Methylbenz(a)anthracener	1.2.4, 1.3.1, 1.3.2	4
Methylchysener	1.2.4, 1.3.1, 1.3.2	4
Methylphenanthrener	1.2.4, 1.3.1, 1.3.2	4
Methyltriphenyler	1.2.4, 1.3.1, 1.3.2	4
Perylen	1.2.4, 1.3.3, 2.2	4,13,15
Phenanthren	1.2.4, 1.3.1, 1.3.2, 2.1, 3.1.3	4,13,15
Pyren	1.2.4, 1.3.1, 1.3.2, 1.3.3, 2.1, 2.2, 3.1.3	4,12,13,15
Triphenylen	1.2.4, 1.3.1, 1.3.2, 2.1, 2.2	4,13
PAH'er	1.2.1, 3.1.3	10,16,18

4) Rogge et al., 1993). 6) BPS-Centret, 1998. 10) Lindgren, 1996. 12) Alholm et al., 1994. 13) Kjølholt et al., 1996. 15) Hewitt et al., 1990. 16) Muschack, 1990. 18) Berbee et al., 1999.

Tabel C11. Phosphor-triestere

Stof	Kilde	Referencer
Tri-n-butylphosphat	1.1.1, 2.2	6,13
Triphenylphosphat	2.2	13

6) BPS-Centret, 1998. 13) Kjølholt et al., 1996.

Tabel C12. Blødgørere

Stof	Kilde	Referencer
BBP	2.1, 2.2	13
DBP	1.1.14, 1.1.16, 1.2.1, 2.1, 2.2	1,5,13,20
DEHP	1.1.14, 1.1.16, 2.1, 2.2	5,13
DEP	2.1	13
DIDP	1.1.19	5
DOP	2.1	13
Di(2-ethylhexyl) adipate	2.2	13
Blødgørere	1.18, 1.1.21	5

BBP: butylbenzylphthalat. DBP: dibutylphthalater. DEHP: di(2-ethylhexyl,phthalater. DEP: diethylphthalat. DIDP: diisodecylphthalat. DOP: dioctylphthalat.

1) Norin, et al., 2001. 5) Krogh, 1999. 13) Kjølholt et al., 1996. 20) Reddy et al., 1997.

Tabel C13. Ætere.

Stof	Kilde	Referencer
Bisphenol-A-diglycidylether	1.1.16, 1.21	5
2,2'-Bisphenol-F-diglycidylether	1.1.16	5
Dichlorisopropylether	1.1.1	6
Dipropylenglycolethere	1.1.16	5
Methyltertiærbutylether (MTBE)	1.3.3, 2.1, 3.1.3	16,17
Polyglycolethere	1.1.16	5
Triphenylenglycol-n-butylether	1.1.16	5

5) Krogh, 1999), 6) BPS-Centret, 1998), 16) Muschack, 1990), 17) Hakansson, 2000)

Tabel C 14. Organotinforbindelser.

Stof	Kilde	Referencer
Dibutyltinchlorid	1.1.1	6
Dibutyltinoxid	1.1.1	6
Andre dibutyltin salte	1.1.1	6
Tetrabutyltin	1.1.1	6
Tributyltinoxid	1.1.1	6
Triphenyltinacetat	1.1.1	6
Triphenyltinchlorid	1.1.1	6
Triphenyltinhydroxid	1.1.1	6
Organotinforbindelser	1.1.15	5

5) Krogh, 1999. 6) BPS-Centret, 1998.

Tabel C15. Dioxiner og furaner.

Stof	Kilde	Referencer
1,2,3,6,7,8-HxCDF	2.2	13
1,2,3,6,7,8-HxCDD	2.2	13
1,2,3,7,8-PCDD	2.2	13
2,3,4,7,8-PCDF	2.2	13
2,3,7,8-TCDD	2.2	13
1,3,7,8-TCDF	2.2	13
PCDD	2.1, 2.2	13
PCDF	2.1, 2.2	13

1,2,3,6,7,8-HxCDF: hexachlordibenzofuran. 1,2,3,6,7,8-HxCDD: hexachlordibenzodioxin. 1,2,3,7,8-PCDD: pentachlordibenzodioxin. 2,3,4,7,8-PCDF: pentachlordibenzofuran. 2,3,7,8-TCDD: tetrachlordibenzodioxin. 1,3,7,8-TCDF: tetrachlordibenzofuran. PCDD: polychlorinerede dibenzodioxiner. PCDF: polychlorinerede dibenzofuraner.

13) Kjølholt et al., 1996.



Tabel C 16. Andre.

Stof	Kilde	Referencer
Abetisk syre	1.3.2	4
Acetone	1.1.19	5
Acrylat-copolymer	1.1.16	5
alfa-Chlorindan	1.3.2	4
alfa-Terpineol	1.2.4	4
Alkanaler (nC1-nC32)	1.1.21, 1.2.1, 1.2.4, 2.1	1,4,5,13,19
Alkener (ethen, propen, buten, penten, hexen etc.)	1.3.3	17
Alkaner (nC1-nC41)	1.2.4, 1.3.1, 1.3.2, 1.3.3, 2.1	4,17
Alkanoler (nC1, nC28)	1.2.4, 1.3.3	4,17
Alkan syrer (nC2-nC32)	1.2.4, 1.3.1, 1.3.2, 1.1.27, 2.1 (nC15, nC25)	4,6,13
Alkensyrer (cis-9-octadecen syre, 9,12-cotadecadien syre, 9,12,15-octadecatrien syre)	1.2.4, 1.3.1, 1.3.2	4
Alkoxysilaner	1.1.19	5
Alkyd	1.1.16	5
2-Aminoethanol	1.1.15	6
Aminoplast	1.1.14	5
Anthron	1.3.1	4
Azinphos-ethyl	1.1.1	6
Azinphos-methyl	1.1.1	6
13BEMOS	1.3.2	12
Benzidin	1.1.1	6
6H-Benzo(cd)pyren-6-on (benzo(cd)pyrenon)	1.3.1	4
Benzosyre	1.2.4, 1.3.1, 1.3.2	4
Benzothiazol	1.3.2, 3.1.2	4,7,20
Beta-Citronellol	1.2.4	4
BHT	1.2.1	1
BR	1.3.2	4,12
BT	1.2.1, 1.2.4, 1.3.2	20
2-(2-Butoxyethoxy)ethanol	1.3.1	4
2-(2-(2-Buthoxyethoxy)ethoxy)ethanol	1.3.1	4
Butyldiglycol	1.1.16	5
Bytylglycol	1.1.16	5
CBS	1.3.2	12
CIIR	1.3.2	12
Chloreddikesyre	1.1.1	6
2-Chlorethanol	1.1.1	6
Chlorhydrat	1.1.1	6
4-Chlor-2-nitroanilin	1.1.1	6
Chlorparaffiner	1.1.16, 1.1.19, 1.1.21	5
Coumaphos	1.1.1	6
CR	1.1.21	5
Cu-HDO	1.1.15	6
Cyanurchlorid	1.1.1	6
Cyclohexan	1.3.3, 2.1	17
Cyclo-hexyltiophthalimid	1.3.2	12
4-Cyclopenta(def)phenanthren-4-on	1.2.4	4
Cyclopentan	1.3.3	17
DCBS	1.3.2	12
Dehydroabetisk syre	1.2.4, 1.3.1, 1.3.2	4,12
3,4-Demethoxybenzaldehyd	1.3.1	4
1,3-Dichlorpropan-2-ol	1.1.1	6
4,4'-Diaminodiphenyl-methan	1.1.21	5
2,4-Diisocyanatotoluen	1.1.16, 1.1.21	5

Tabel C 16. Andre (fortsat).

Stof	Kilde	Referencer
2,6-Diisocyanatotoluen	1.1.16, 1.1.21	5
3,4-Dimethylbenzoesyre	1.2.4	4
Dipenten	1.3.2	7
Diphenyl-4-4'-methandiisocyanat	1.1.21	5
DPG	1.3.2	12
EPDM	1.1.14	5
Epichlorhydrin	1.1.1	6
2-(2-(2-Ethoxyethoxy)ethoxy)ethanol	1.3.1	4
Ethylenglycol	1.1.3, 1.1.16	5,6
Ethylglycolacetat	1.1.16	5
Fedtsyreester	1.1.16	5
Hemihydrat	1.1.20	5
Hexachlorbutadien	1.1.1	6
HOBT	1.2.1, 1.3.2	20
Hydroxyethylcellulose	1.1.16	5
Hydroxymethylphthalimid	1.3.2	7,12
13IMEO	1.3.2	4
13IMO	1.3.2	4
IR	1.3.2	4,12
Isopulegol	1.2.4	4
Koboltnaftenat	1.3.2	12
Linoile	1.1.16	5
MBS	1.3.2	12
MBT	1.3.2	12
MBTS	1.3.2	12
2,2menP	1.2.1	1
3-Methoxybenzaldehyd	1.3.1	4
2-(2-(2-Methoxyethoxy)ethoxy)ethanol	1.3.1	4
4-Methylbenzoesyre	1.2.4, 1.3.1	4
Methylcellulose	1.1.20	5
Methylethylketon	1.1.19	5
Methylethylketoxim	1.1.16	5
Methylglycol	1.1.16	5
Methylmethacrylat	1.1.16	5
2-Methyl-thiophen	1.3.2	7
3-Methylthiophen	1.3.2	7
Methyltriacetoxysilan	1.1.19	5
Mineralolie	1.2.4	16
Mineralsk terpentin	1.1.16	5
Modifieret mineralolie	1.1.20	5
24MoBT	1.2.1, 1.3.2	20
MS-polymer	1.1.19	5
NR	1.3.2	4,12
7-Oxodehydroabetsk syre	1.3.2	4
PE	1.1.14	5
Pentacycliske triterpaner (C31-C35, 22,29,30-trisnorneohopan, 17,21,30-norhopan, 17,21-hopan, 22S17,21-homopan, 22R17,21-homopan, 22S17,21-bishomohopan, 22R17,21-bishomohopan)	1.2.1, 1.2.4, 1.3.1, 1.3.2	1,4,19
PET	1.2.1	2
9,10-Phenanthrendion (phenanthrenquinon)	1.2.4, 1.3.1	4
Phthalanhydrid	1.3.2	12
Phthalsyre	1.3.2	12
Phenanthron	1.3.1	4

Tabel C 16. Andre (fortsat).

Stof	Kilde	Referencer
Phenolplast	1.1.14	5
Polyacrylat	1.1.16	5
Polyglycolestre	1.1.16	5
Polysulfid	1.1.19	5
Polysulfid-gummi	1.1.14	5
Polyurethaner	1.1.19	5
Propylenglycol	1.1.16, 1.1.20	5
PUR	1.1.14	5
PVC	1.1.3, 1.1.6, 1.1.14, 1.1.15, 1.1.23, 1.1.24, 1.1.25, 1.2.1	2,3,5,6
PVAc	1.1.19, 1.1.20	5
PVAc-copolymer	1.1.20	5
Pyrazon	1.1.1	6
Salicylsyre	1.3.2	12
SBR	1.1.14, 1.1.19, 1.1.21, 1.3.2	4,5,12
Silikonogummi	1.1.14	5
Silikonemodificeret skumdæmper	1.1.16	5
Silikonopolymer	1.1.19	5
Soyalecithin	1.1.16	5
Steraner (C27-C29, 20S/R-beta, 20R-alfa, 20S/R-ergostaner, 20S/R-sitostaner)	1.2.1, 1.2.4, 1.3.1, 1.3.2	1,4,19
Styren	1.3.2	7
Sulfaminsyre	1.1.27	6
"Taxanol"	1.1.16	5
TBBS	1.3.2	12
Tebuconazol	1.1.15	6
Terpentin	1.1.16	5
Thiophen	1.3.2	7
TMTD	1.3.2	12
Trichlorfon	1.1.1	6
Vinylcyclohexen	1.3.2	7
VOC	1.1.13, 1.1.16, 1.1.20	5
9H-Xanthen-9-on (xanthon)	1.3.2	4
ZBEC	1.3.2	12
ZDMC	1.3.2	12

13BEMOS: 13-beta-ethyl-13-methylpodocarp-8-en-15-oic acid, BHT: butyleret hydroxytoluen. BR: Butadiengummi. BT: benzothiazol. CIIR: chlorbutylgummi. CBS: N-cyclohexyl-2-benzothiazolylsulfenamid. CR: polychloropren i neopren gummi. Cu-HDO: bis-(N-cyclohexyldiazenedioxy)-kobber. DCBS: dicyklohexylbensotiasylsulfenamid. DPG: diphenylguanidin. EPDM: ethylenpropylen dien monomer gummi. HCL: saltsyre. HOBT: 2-hydroxybenzothiazol. 13IMEO: 13alfa-isopropyl-13-methylpodocarp-8-en-15-oic acid. 13IMO: 13-beta-isopropyl-13-methylpodocarp-8--15-oic acid. IR: Polyisopren. MBS: 2-morfolinotiobensodiasol. MBT: 2-merkaptobensotiasol. MBTS: 2,2'-dibensotiasylsulfid. 2,2menP: 2,2'-(1-methyl-1,2-ethandiyl)bis(nitrilome)]phenol. 24MoBT: 2-(4-morpholino)benzothiazol. NR: natur gummi. PE: polyethylene. 17,21,30-norhopan: 17beta(H),21beta(H)30-norhopan. 17,21-hopan: 17alfa(H),21beta(H)hopan. 22S17,21-homopan: 22S-17alfa(H),21beta(H)-homopan. 22R17,21-homopan: 22R-17alfa(H),21beta(H)-homopan. 22S17,21-bishomohopan: 22S-17alfa(H),21beta(H)-bishomohopan. 22R17,21-bishomohopan: 22R-17alfa(H),21beta(H)-bishomohopan. PET: Polyethylenterphthalat. PUR: polyurethan. PVC: Polyvinylchlorid. PVAc: polyvinylacetat. SBR: styren-butadien-gummi. 20S/R-beta: 20S og 20R-5alfa(H),14beta(H),17beta(H)-cholestaner. 20R-alfa: 20R-5alfa(H),14alfa(H),17alfa(H)-cholestaner. 20S/R-ergostaner: 20S- og 20-R-5alfa(H),14beta(H),17beta(H)-ergostaner. 20S/R-sitostaner: 20S- og 20-R-5alfa(H)-14beta(H),17beta(H)-sitostaner. TBBS: N-tert-butyl-2-bensotiasyl-sulfenamid. TMTD: tetramethyltiuramdisulfid. VOC: flygtige organiske forbindelser. ZBEC: zink dibensylditiokarbamat. ZDMC: zink dimethylditiokarbamat.

Pentacycliske tripaner:

22S-17alfa(H),21beta(H)-30-homopan	C31
22R-17alfa(H),21beta(H)-30-homopan	C31
22S-17alfa(H),21beta(H)-30-bishomopan	C32
22R-17alfa(H),21beta(H)-30-bishomopan	C32
22S-17alfa(H),21beta(H)-30-trishomopan	C33
22R-17alfa(H),21beta(H)-30-trishomopan	C33
22S-17alfa(H),21beta(H)-30-tetrakishomopan	C34
22R-17alfa(H),21beta(H)-30-tetrakishomopan	C34
22S-17alfa(H),21beta(H)-30-pentakishomopan	C35
22R-17alfa(H),21beta(H)-30-pentakishomopan	C35

Steraner:

20S-5alfa(H),14alfa(H),17alfa(H)-cholestan	C27
20R-5alfa(H),14beta(H),17beta(H)-cholestan	C27
20S-5alfa(H),14beta(H),17beta(H)-cholestan	C27
20R-5alfa(H),14alfa(H),17alfa(H)-cholestan	C27
20S-5alfa(H),14alfa(H),17alfa(H)-24-methylcholestan	C28
20R-5alfa(H),14beta(H),17beta(H)-24-methylcholestan	C28
20S-5alfa(H),14beta(H),17beta(H)-24-methylcholestan	C28
20R-5alfa(H),14alfa(H),17alfa(H)-24-methylcholestan	C28
20S-5alfa(H),14alfa(H),17alfa(H)-24-ethylcholestan	C29
20R-5alfa(H),14beta(H),17beta(H)-24-ethylcholestan	C29
20S-5alfa(H),14beta(H),17beta(H)-24-ethylcholestan	C29
20R-5alfa(H),14alfa(H),17alfa(H)-24-ethylcholestan	C29

1) Norin, et al., 2001. 2) Bocci et al., 2000. 3) Natur og Miljø, 2001. 4) Rogge et al., 1993. 5) Krogh, 1999. 6) BPS-Centret, 1998. 7) Kim et al., 1990. 12) Alholm et al., 1994. 13) Kjølholt et al., 1996. 16) Muschack, 1990. 17) Hakansson, 2000. 18) Berbee et al., 1999. 19) Faure et al., 2000. 20) Reddy et al., 1997.



# Vurdering af potentielt problematiske parametre

## Bilag D1. Estimering af risiko for udfældninger

Beregningerne er udført i PHREEQC vers. 1.4.07, som er et beregningsprogram til hydrokemisk transport modellering udviklet af D.L Parkhurst og C.A.J. Appelo (for yderligere information se <http://water.usgs.gov/software/phreeqc.html>).

Der er regnet på forskellige "worst case scenarier", dvs. hvor maksimal koncentrationer (mg/L) af metallerne har været anvendt som input-data til modellen.

Al	Ba	Ca	Cd	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Pb	Sr	Zn
71.300	0,120	480	0,700	6.800	78.600	13,7	39,7	1.647	67.000	2.764	0,23	38.061

Der er udført 12 simuleringer med variationer i pH, temperatur, alkalinitet samt klorid- og sulfatkoncentration.

Parameter	Måledata brugt for mætningsberegninger	
pH	7 (neutral)	10 (vaskemaskine)
Temperatur	20 °C (opsamlingsbeholder)	40°C (vaskemaskine)
Alkalinitet	1,4 meq/l (minimum)	326 meq/L (maksimum)
Klorid	50 mg/L (lav)	46.000 mg/L (maksimum)
Sulfat	10 mg/l:(lav)	680 mg/L (maksimum)

Resultatet fra simuleringerne er præsenteret nedenfor:

Log KT = logaritmen af opløselighedsproduktet

Log IAP = logaritmen af Ion Aktivitets Produktet

SI = Saturation Index = mætningsindeks, dvs.  $\log IAP/\log KT$

Det betyder:

- SI > 1, hvis systemet er overmættet
- SI < 1, hvis systemet er undermættet i forhold til det aktuelle mineral

## Simulering 1

pH	Alk	Temp	Cl	F	S(6)
			mg/l	mg/l	mg/l
<b>7.00</b>	<b>0.0014</b>	<b>20</b>	<b>50.00</b>	<b>0.20</b>	<b>10.00</b>

-----Saturation indices-----

Phase	SI	IAP	log	KT	
Al(OH)3(a)	2.43	13.57	11.13	Al(OH)3	
Alunite	5.79	5.02	-0.77	KAl3(SO4)2(OH)6	
Anglesite	-2.87	-10.69	-7.82	PbSO4	
Anhydrite	-3.62	-7.97	-4.34	CaSO4	
Aragonite	-265.61	-273.92	-8.31	CaCO3	
Barite	-2.32	-12.37	-10.05	BaSO4	
Calcite	-265.47	-273.92	-8.45	CaCO3	
Cd(OH)2	-5.03	8.62	13.65	Cd(OH)2	
CdSO4	-10.97	-10.89	0.08	CdSO4	
Celestite	-5.05	-11.67	-6.62	SrSO4	
Cerrusite	-263.45	-276.64	-13.19	PbCO3	
Dolomite	-531.62	-548.59	-16.97	CaMg(CO3)2	
Fe(OH)3(a)	3.40	21.43	18.03	Fe(OH)3	
Fluorite	-9.86	-20.52	-10.66	CaF2	
Gibbsite	5.17	13.57	8.40	Al(OH)3	
Goethite	9.29	21.43	12.14	FeOOH	
Gypsum	-3.39	-7.97	-4.58	CaSO4:2H2O	
Hausmannite	-13.97	48.31	62.29	Mn3O4	
Hematite	20.20	42.86	22.66	Fe2O3	
Jarosite-K	-1.99	28.61	30.60	KFe3(SO4)2(OH)6	
Manganite	-5.57	19.77	25.34	MnOOH	
Melanterite	-6.81	-9.08	-2.27	FeSO4:7H2O	
Otavite	-264.74	-276.84	-12.10	CdCO3	
Pb(OH)2	0.50	8.82	8.32	Pb(OH)2	
Pyrochroite	-6.43	8.77	15.20	Mn(OH)2	
Pyrolusite	-11.42	30.77	42.19	MnO2:H2O	
Rhodochrosite	-265.58	-276.69	-11.11	MnCO3	
Siderite	-264.17	-275.03	-10.86	FeCO3	
Smithsonite	-265.55	-275.50	-9.95	ZnCO3	
Strontianite	-268.35	-277.62	-9.27	SrCO3	
Witherite	-269.75	-278.32	-8.57	BaCO3	
Zn(OH)2(e)	-1.54	9.96	11.50	Zn(OH)2	

## Simulering 2

pH	Alk	Temp	Cl	F	S(6)
			mg/l	mg/l	mg/l
<b>7.00</b>	<b>0.3262</b>	<b>20</b>	<b>50.00</b>	<b>0.20</b>	<b>10.00</b>

-----Saturation indices-----

Phase	SI	IAP	log	KT	
Al(OH)3(a)	2.43	13.57	11.13	Al(OH)3	
Alunite	5.79	5.02	-0.77	KAl3(SO4)2(OH)6	
Anglesite	-4.50	-12.31	-7.82	PbSO4	
Anhydrite	-3.66	-8.00	-4.34	CaSO4	
Aragonite	-261.81	-270.12	-8.31	CaCO3	
Barite	-2.33	-12.38	-10.05	BaSO4	
Calcite	-261.66	-270.12	-8.45	CaCO3	
Cd(OH)2	-5.16	8.49	13.65	Cd(OH)2	
CdSO4	-11.11	-11.02	0.08	CdSO4	
Celestite	-5.08	-11.70	-6.62	SrSO4	
Cerrusite	-261.24	-274.43	-13.19	PbCO3	
Dolomite	-524.02	-540.99	-16.97	CaMg(CO3)2	
Fe(OH)3(a)	3.27	21.30	18.03	Fe(OH)3	
Fluorite	-5.92	-16.58	-10.66	CaF2	
Gibbsite	5.17	13.57	8.40	Al(OH)3	
Goethite	9.16	21.30	12.14	FeOOH	
Gypsum	-3.42	-8.00	-4.58	CaSO4:2H2O	
Hausmannite	-14.38	47.91	62.29	Mn3O4	
Hematite	19.94	42.60	22.66	Fe2O3	
Jarosite-K	-2.37	28.23	30.60	KFe3(SO4)2(OH)6	
Manganite	-5.70	19.64	25.34	MnOOH	
Melanterite	-6.93	-9.21	-2.27	FeSO4:7H2O	
Otavite	-261.04	-273.14	-12.10	CdCO3	
Pb(OH)2	-1.13	7.19	8.32	Pb(OH)2	
Pyrochroite	-6.56	8.64	15.20	Mn(OH)2	
Pyrolusite	-11.56	30.64	42.19	MnO2:H2O	
Rhodochrosite	-261.87	-272.99	-11.11	MnCO3	
Siderite	-260.46	-271.32	-10.86	FeCO3	
Smithsonite	-261.90	-271.84	-9.95	ZnCO3	
Strontianite	-264.55	-273.82	-9.27	SrCO3	
Witherite	-265.92	-274.50	-8.57	BaCO3	
Zn(OH)2(e)	-1.72	9.78	11.50	Zn(OH)2	

### Simulering 3

pH	Alk	Temp	Cl	F	S(6)
			mg/l	mg/l	mg/l
<b>7.00</b>	<b>0.0014</b>	<b>20</b>	<b>46000</b>	<b>0.20</b>	<b>10.00</b>

-----Saturation indices-----

Phase	SI	IAP	log	KT
Al(OH)3(a)	2.55	13.69	11.13	Al(OH)3
Alunite	6.28	5.50	-0.77	KAl3(SO4)2(OH)6
Anglesite	-4.94	-12.76	-7.82	PbSO4
Anhydrite	-3.46	-7.81	-4.34	CaSO4
Aragonite	-265.46	-273.77	-8.31	CaCO3
Barite	-2.29	-12.35	-10.05	BaSO4
Calcite	-265.32	-273.77	-8.45	CaCO3
Cd(OH)2	-7.88	5.77	13.65	Cd(OH)2
CdSO4	-13.77	-13.69	0.08	CdSO4
Celestite	-4.92	-11.54	-6.62	SrSO4
Cerrusite	-265.53	-278.72	-13.19	PbCO3
Dolomite	-531.29	-548.26	-16.97	CaMg(CO3)2
Fe(OH)3(a)	3.27	21.30	18.03	Fe(OH)3
Fluorite	-9.59	-20.25	-10.66	CaF2
Gibbsite	5.29	13.69	8.40	Al(OH)3
Goethite	9.16	21.30	12.14	FeOOH
Gypsum	-3.23	-7.81	-4.58	CaSO4·2H2O
Hausmannite	-15.20	47.09	62.29	Mn3O4
Hematite	19.95	42.61	22.66	Fe2O3
Jarosite-K	-2.24	28.36	30.60	KFe3(SO4)2(OH)6
Manganite	-5.98	19.36	25.34	MnOOH
Melanterite	-6.88	-9.15	-2.27	FeSO4·7H2O
Otavite	-267.55	-279.65	-12.10	CdCO3
Pb(OH)2	-1.63	6.69	8.32	Pb(OH)2
Pyrochroite	-6.84	8.36	15.20	Mn(OH)2
Pyrolusite	-11.83	30.36	42.19	MnO2·H2O
Rhodochrosite	-265.94	-277.05	-11.11	MnCO3
Siderite	-264.25	-275.11	-10.86	FeCO3
Smithsonite	-266.01	-275.95	-9.95	ZnCO3
Strontianite	-268.24	-277.50	-9.27	SrCO3
Witherite	-269.73	-278.31	-8.57	BaCO3
Zn(OH)2(e)	-2.04	9.46	11.50	Zn(OH)2

### Simulering 4

pH	Alk	Temp	Cl	F	S(6)
			mg/l	mg/l	mg/l
<b>7.00</b>	<b>0.3262</b>	<b>20</b>	<b>46000</b>	<b>0.20</b>	<b>10.00</b>

-----Saturation indices-----

Phase	SI	IAP	log	KT
Al(OH)3(a)	2.55	13.69	11.13	Al(OH)3
Alunite	6.28	5.50	-0.77	KAl3(SO4)2(OH)6
Anglesite	-5.05	-12.86	-7.82	PbSO4
Anhydrite	-3.51	-7.85	-4.34	CaSO4
Aragonite	-261.72	-270.02	-8.31	CaCO3
Barite	-2.30	-12.35	-10.05	BaSO4
Calcite	-261.57	-270.02	-8.45	CaCO3
Cd(OH)2	-7.88	5.77	13.65	Cd(OH)2
CdSO4	-13.77	-13.68	0.08	CdSO4
Celestite	-4.96	-11.58	-6.62	SrSO4
Cerrusite	-261.84	-275.03	-13.19	PbCO3
Dolomite	-523.78	-540.76	-16.97	CaMg(CO3)2
Fe(OH)3(a)	3.19	21.22	18.03	Fe(OH)3
Fluorite	-5.67	-16.33	-10.66	CaF2
Gibbsite	5.29	13.69	8.40	Al(OH)3
Goethite	9.08	21.22	12.14	FeOOH
Gypsum	-3.27	-7.85	-4.58	CaSO4·2H2O
Hausmannite	-15.34	46.95	62.29	Mn3O4
Hematite	19.79	42.45	22.66	Fe2O3
Jarosite-K	-2.48	28.12	30.60	KFe3(SO4)2(OH)6
Manganite	-6.02	19.32	25.34	MnOOH
Melanterite	-6.96	-9.23	-2.27	FeSO4·7H2O
Otavite	-263.75	-275.85	-12.10	CdCO3
Pb(OH)2	-1.74	6.59	8.32	Pb(OH)2
Pyrochroite	-6.88	8.32	15.20	Mn(OH)2
Pyrolusite	-11.88	30.32	42.19	MnO2·H2O
Rhodochrosite	-262.19	-273.30	-11.11	MnCO3
Siderite	-260.54	-271.40	-10.86	FeCO3
Smithsonite	-262.27	-272.21	-9.95	ZnCO3
Strontianite	-264.48	-273.75	-9.27	SrCO3
Witherite	-265.95	-274.52	-8.57	BaCO3
Zn(OH)2(e)	-2.09	9.41	11.50	Zn(OH)2



## Simulering 5

pH	Alk	Temp	Cl	F	S(6)
			mg/l	mg/l	mg/l
<b>7.00</b>	<b>0.0014</b>	<b>20</b>	<b>50.00</b>	<b>0.20</b>	<b>680.00</b>

-----Saturation indices-----

Phase	SI	IAP	log	KT
Al(OH)3(a)	2.44	13.57	11.13	Al(OH)3
Alunite	9.35	8.58	-0.77	KAl3(SO4)2(OH)6
Anglesite	-1.47	-9.29	-7.82	PbSO4
Anhydrite	-1.94	-6.28	-4.34	CaSO4
Aragonite	-265.71	-274.02	-8.31	CaCO3
Barite	-0.67	-10.73	-10.05	BaSO4
Calcite	-265.56	-274.02	-8.45	CaCO3
Cd(OH)2	-5.34	8.31	13.65	Cd(OH)2
CdSO4	-9.50	-9.41	0.08	CdSO4
Celestite	-3.35	-9.97	-6.62	SrSO4
Cerrusite	-263.83	-277.02	-13.19	PbCO3
Dolomite	-531.85	-548.83	-16.97	CaMg(CO3)2
Fe(OH)3(a)	3.34	21.37	18.03	Fe(OH)3
Fluorite	-9.95	-20.61	-10.66	CaF2
Gibbsite	5.17	13.57	8.40	Al(OH)3
Goethite	9.23	21.37	12.14	FeOOH
Gypsum	-1.70	-6.28	-4.58	CaSO4:2H2O
Hausmannite	-14.16	48.13	62.29	Mn3O4
Hematite	20.08	42.74	22.66	Fe2O3
Jarosite-K	1.38	31.99	30.60	KFe3(SO4)2(OH)6
Manganite	-5.63	19.71	25.34	MnOOH
Melanterite	-5.08	-7.35	-2.27	FeSO4:7H2O
Otavite	-265.05	-277.15	-12.10	CdCO3
Pb(OH)2	0.11	8.43	8.32	Pb(OH)2
Pyrochroite	-6.49	8.71	15.20	Mn(OH)2
Pyrolusite	-11.49	30.71	42.19	MnO2:H2O
Rhodochrosite	-265.64	-276.75	-11.11	MnCO3
Siderite	-264.23	-275.09	-10.86	FeCO3
Smithsonite	-265.63	-275.57	-9.95	ZnCO3
Strontianite	-268.44	-277.71	-9.27	SrCO3
Witherite	-269.89	-278.46	-8.57	BaCO3
Zn(OH)2(e)	-1.62	9.88	11.50	Zn(OH)2

## Simulering 6

pH	Alk	Temp	Cl	F	S(6)
			mg/l	mg/l	mg/l
<b>7.00</b>	<b>0.3262</b>	<b>20</b>	<b>50.00</b>	<b>0.20</b>	<b>680.00</b>

-----Saturation indices-----

Phase	SI	IAP	log	KT
Al(OH)3(a)	2.44	13.57	11.13	Al(OH)3
Alunite	9.35	8.58	-0.77	KAl3(SO4)2(OH)6
Anglesite	-2.72	-10.54	-7.82	PbSO4
Anhydrite	-1.97	-6.31	-4.34	CaSO4
Aragonite	-261.91	-270.22	-8.31	CaCO3
Barite	-0.68	-10.73	-10.05	BaSO4
Calcite	-261.76	-270.22	-8.45	CaCO3
Cd(OH)2	-5.41	8.24	13.65	Cd(OH)2
CdSO4	-9.57	-9.48	0.08	CdSO4
Celestite	-3.38	-10.00	-6.62	SrSO4
Cerrusite	-261.25	-274.44	-13.19	PbCO3
Dolomite	-524.24	-541.22	-16.97	CaMg(CO3)2
Fe(OH)3(a)	3.22	21.26	18.03	Fe(OH)3
Fluorite	-6.01	-16.67	-10.66	CaF2
Gibbsite	5.17	13.57	8.40	Al(OH)3
Goethite	9.12	21.26	12.14	FeOOH
Gypsum	-1.73	-6.31	-4.58	CaSO4:2H2O
Hausmannite	-14.52	47.77	62.29	Mn3O4
Hematite	19.85	42.51	22.66	Fe2O3
Jarosite-K	1.05	31.65	30.60	KFe3(SO4)2(OH)6
Manganite	-5.75	19.59	25.34	MnOOH
Melanterite	-5.19	-7.47	-2.27	FeSO4:7H2O
Otavite	-261.29	-273.39	-12.10	CdCO3
Pb(OH)2	-1.14	7.18	8.32	Pb(OH)2
Pyrochroite	-6.61	8.59	15.20	Mn(OH)2
Pyrolusite	-11.60	30.59	42.19	MnO2:H2O
Rhodochrosite	-261.92	-273.04	-11.11	MnCO3
Siderite	-260.51	-271.37	-10.86	FeCO3
Smithsonite	-261.95	-271.90	-9.95	ZnCO3
Strontianite	-264.64	-273.91	-9.27	SrCO3
Witherite	-266.06	-274.64	-8.57	BaCO3
Zn(OH)2(e)	-1.77	9.73	11.50	Zn(OH)2

## Simulering 7

## Simulering 8

pH	Alk	Temp	Cl	F	S(6)	pH	Alk	Temp	Cl	F	S(6)
			mg/l	mg/l	mg/l				mg/l	mg/l	mg/l
<b>10.00</b>	<b>0.0014</b>	<b>40</b>	<b>50.00</b>	<b>0.20</b>	<b>10.00</b>	<b>10.00</b>	<b>0.3262</b>	<b>40</b>	<b>50.00</b>	<b>0.20</b>	<b>10.00</b>

-----Saturation indices-----

Phase	SI	IAP	log	KT	
Al(OH)3(a)	-1.27	8.60	9.87	Al(OH)3	
Alunite	-15.85	-19.02	-3.16	KAl3(SO4)2(OH)6	
Anglesite	-5.63	-13.34	-7.71	PbSO4	
Anhydrite	-3.60	-8.06	-4.46	CaSO4	
Aragonite	-264.22	-272.66	-8.45	CaCO3	
Barite	-2.69	-12.46	-9.77	BaSO4	
Calcite	-264.08	-272.66	-8.58	CaCO3	
Cd(OH)2	0.51	14.16	13.65	Cd(OH)2	
CdSO4	-10.79	-11.41	-0.62	CdSO4	
Celestite	-5.07	-11.76	-6.69	SrSO4	
Cerrusite	-264.98	-277.94	-12.96	PbCO3	
Dolomite	-528.68	-546.10	-17.42	CaMg(CO3)2	
Fe(OH)3(a)	2.71	20.28	17.57	Fe(OH)3	
Fluorite	-10.21	-20.65	-10.45	CaF2	
Gibbsite	1.29	8.60	7.31	Al(OH)3	
Goethite	8.60	20.28	11.68	FeOOH	
Gypsum	-3.46	-8.06	-4.60	CaSO4·2H2O	
Hausmannite	14.56	72.06	57.50	Mn3O4	
Hematite	20.30	40.57	20.27	Fe2O3	
Jarosite-K	-11.70	16.03	27.73	KFe3(SO4)2(OH)6	
Manganite	3.35	28.69	25.34	MnOOH	
Melanterite	-17.25	-19.29	-2.05	FeSO4·7H2O	
Otavite	-263.91	-276.01	-12.10	CdCO3	
Pb(OH)2	4.57	12.23	7.66	Pb(OH)2	
Pyrochroite	-0.51	14.69	15.20	Mn(OH)2	
Pyrolusite	3.59	42.69	39.09	MnO2·H2O	
Rhodochrosite	-264.31	-275.49	-11.18	MnCO3	
Siderite	-272.92	-283.89	-10.98	FeCO3	
Smithsonite	-266.21	-276.36	-10.15	ZnCO3	
Strontianite	-267.05	-276.36	-9.31	SrCO3	
Witherite	-268.49	-277.06	-8.57	BaCO3	
Zn(OH)2(e)	2.32	13.82	11.50	Zn(OH)2	

-----Saturation indices-----

Phase	SI	IAP	log	KT	
Al(OH)3(a)	-1.27	8.60	9.87	Al(OH)3	
Alunite	-15.85	-19.02	-3.16	KAl3(SO4)2(OH)6	
Anglesite	-5.67	-13.38	-7.71	PbSO4	
Anhydrite	-3.60	-8.06	-4.46	CaSO4	
Aragonite	-261.20	-269.64	-8.45	CaCO3	
Barite	-2.69	-12.46	-9.77	BaSO4	
Calcite	-261.07	-269.64	-8.58	CaCO3	
Cd(OH)2	0.51	14.16	13.65	Cd(OH)2	
CdSO4	-10.79	-11.41	-0.62	CdSO4	
Celestite	-5.07	-11.76	-6.69	SrSO4	
Cerrusite	-262.01	-274.97	-12.96	PbCO3	
Dolomite	-522.64	-540.07	-17.42	CaMg(CO3)2	
Fe(OH)3(a)	2.71	20.28	17.57	Fe(OH)3	
Fluorite	-6.23	-16.68	-10.45	CaF2	
Gibbsite	1.29	8.60	7.31	Al(OH)3	
Goethite	8.60	20.28	11.68	FeOOH	
Gypsum	-3.46	-8.06	-4.60	CaSO4·2H2O	
Hausmannite	14.49	71.99	57.50	Mn3O4	
Hematite	20.30	40.57	20.27	Fe2O3	
Jarosite-K	-11.70	16.03	27.73	KFe3(SO4)2(OH)6	
Manganite	3.32	28.66	25.34	MnOOH	
Melanterite	-17.25	-19.29	-2.05	FeSO4·7H2O	
Otavite	-260.89	-272.99	-12.10	CdCO3	
Pb(OH)2	4.53	12.19	7.66	Pb(OH)2	
Pyrochroite	-0.54	14.66	15.20	Mn(OH)2	
Pyrolusite	3.57	42.66	39.09	MnO2·H2O	
Rhodochrosite	-261.32	-272.50	-11.18	MnCO3	
Siderite	-269.90	-280.88	-10.98	FeCO3	
Smithsonite	-263.19	-273.34	-10.15	ZnCO3	
Strontianite	-264.03	-273.34	-9.31	SrCO3	
Witherite	-265.47	-274.05	-8.57	BaCO3	
Zn(OH)2(e)	2.31	13.81	11.50	Zn(OH)2	

## Simulering 9

pH	Alk	Temp	Cl	F	S(6)
			mg/l	mg/l	mg/l
<b>10.00</b>	<b>0.0014</b>	<b>40</b>	<b>46000</b>	<b>0.20</b>	<b>10.00</b>

-----Saturation indices-----

Phase	SI	IAP	log	KT	
Al(OH)3(a)	-1.15	8.72	9.87	Al(OH)3	
Alunite	-15.35	-18.51	-3.16	KAl3(SO4)2(OH)6	
Anglesite	-5.65	-13.37	-7.71	PbSO4	
Anhydrite	-3.44	-7.90	-4.46	CaSO4	
Aragonite	-264.03	-272.47	-8.45	CaCO3	
Barite	-2.66	-12.43	-9.77	BaSO4	
Calcite	-263.90	-272.47	-8.58	CaCO3	
Cd(OH)2	-2.01	11.64	13.65	Cd(OH)2	
CdSO4	-13.25	-13.87	-0.62	CdSO4	
Celestite	-4.94	-11.63	-6.69	SrSO4	
Cerrusite	-264.99	-277.95	-12.96	PbCO3	
Dolomite	-528.27	-545.69	-17.42	CaMg(CO3)2	
Fe(OH)3(a)	2.83	20.41	17.57	Fe(OH)3	
Fluorite	-9.95	-20.40	-10.45	CaF2	
Gibbsite	1.41	8.72	7.31	Al(OH)3	
Goethite	8.73	20.41	11.68	FeOOH	
Gypsum	-3.30	-7.90	-4.60	CaSO4:2H2O	
Hausmannite	13.51	71.00	57.50	Mn3O4	
Hematite	20.54	40.81	20.27	Fe2O3	
Jarosite-K	-11.20	16.53	27.73	KFe3(SO4)2(OH)6	
Manganite	2.99	28.33	25.34	MnOOH	
Melanterite	-17.06	-19.11	-2.05	FeSO4:7H2O	
Otavite	-266.35	-278.45	-12.10	CdCO3	
Pb(OH)2	4.48	12.14	7.66	Pb(OH)2	
Pyrochroite	-0.87	14.33	15.20	Mn(OH)2	
Pyrolusite	3.24	42.33	39.09	MnO2:H2O	
Rhodochrosite	-264.58	-275.76	-11.18	MnCO3	
Siderite	-272.71	-283.69	-10.98	FeCO3	
Smithsonite	-266.04	-276.19	-10.15	ZnCO3	
Strontianite	-266.89	-276.21	-9.31	SrCO3	
Witherite	-268.44	-277.01	-8.57	BaCO3	
Zn(OH)2(e)	2.40	13.90	11.50	Zn(OH)2	

## Simulering 10

pH	Alk	Temp	Cl	F	S(6)
			mg/l	mg/l	mg/l
<b>10.00</b>	<b>0.3262</b>	<b>40</b>	<b>46000</b>	<b>0.20</b>	<b>10.00</b>

-----Saturation indices-----

Phase	SI	IAP	log	KT	
Al(OH)3(a)	-1.15	8.72	9.87	Al(OH)3	
Alunite	-15.35	-18.51	-3.16	KAl3(SO4)2(OH)6	
Anglesite	-5.68	-13.40	-7.71	PbSO4	
Anhydrite	-3.44	-7.90	-4.46	CaSO4	
Aragonite	-261.08	-269.52	-8.45	CaCO3	
Barite	-2.66	-12.43	-9.77	BaSO4	
Calcite	-260.95	-269.52	-8.58	CaCO3	
Cd(OH)2	-2.01	11.64	13.65	Cd(OH)2	
CdSO4	-13.25	-13.87	-0.62	CdSO4	
Celestite	-4.94	-11.63	-6.69	SrSO4	
Cerrusite	-262.07	-275.02	-12.96	PbCO3	
Dolomite	-522.37	-539.79	-17.42	CaMg(CO3)2	
Fe(OH)3(a)	2.83	20.41	17.57	Fe(OH)3	
Fluorite	-5.98	-16.43	-10.45	CaF2	
Gibbsite	1.41	8.72	7.31	Al(OH)3	
Goethite	8.73	20.41	11.68	FeOOH	
Gypsum	-3.30	-7.90	-4.60	CaSO4:2H2O	
Hausmannite	13.48	70.98	57.50	Mn3O4	
Hematite	20.54	40.81	20.27	Fe2O3	
Jarosite-K	-11.20	16.54	27.73	KFe3(SO4)2(OH)6	
Manganite	2.99	28.33	25.34	MnOOH	
Melanterite	-17.06	-19.11	-2.05	FeSO4:7H2O	
Otavite	-263.40	-275.50	-12.10	CdCO3	
Pb(OH)2	4.46	12.12	7.66	Pb(OH)2	
Pyrochroite	-0.87	14.33	15.20	Mn(OH)2	
Pyrolusite	3.23	42.33	39.09	MnO2:H2O	
Rhodochrosite	-261.63	-272.82	-11.18	MnCO3	
Siderite	-269.76	-280.73	-10.98	FeCO3	
Smithsonite	-263.09	-273.24	-10.15	ZnCO3	
Strontianite	-263.94	-273.26	-9.31	SrCO3	
Witherite	-265.49	-274.06	-8.57	BaCO3	
Zn(OH)2(e)	2.40	13.90	11.50	Zn(OH)2	

## Simulering 11

pH	Alk	Temp	Cl	F	S(6)
			mg/l	mg/l	mg/l
<b>10.00</b>	<b>0.0014</b>	<b>40</b>	<b>50.00</b>	<b>0.20</b>	<b>680.00</b>

-----Saturation indices-----

Phase	SI	log IAP	log KT	
Al(OH)3(a)	-1.27	8.60	9.87	Al(OH)3
Alunite	-12.31	-15.48	-3.16	KAl3(SO4)2(OH)6
Anglesite	-3.85	-11.57	-7.71	PbSO4
Anhydrite	-1.94	-6.40	-4.46	CaSO4
Aragonite	-264.33	-272.77	-8.45	CaCO3
Barite	-1.05	-10.82	-9.77	BaSO4
Calcite	-264.19	-272.77	-8.58	CaCO3
Cd(OH)2	0.37	14.02	13.65	Cd(OH)2
CdSO4	-9.16	-9.78	-0.62	CdSO4
Celestite	-3.40	-10.09	-6.69	SrSO4
Cerrusite	-264.98	-277.94	-12.96	PbCO3
Dolomite	-528.98	-546.40	-17.42	CaMg(CO3)2
Fe(OH)3(a)	2.71	20.28	17.57	Fe(OH)3
Fluorite	-10.31	-20.76	-10.45	CaF2
Gibbsite	1.29	8.60	7.31	Al(OH)3
Goethite	8.60	20.28	11.68	FeOOH
Gypsum	-1.80	-6.40	-4.60	CaSO4·2H2O
Hausmannite	14.34	71.84	57.50	Mn3O4
Hematite	20.30	40.57	20.27	Fe2O3
Jarosite-K	-8.16	19.57	27.73	KFe3(SO4)2(OH)6
Manganite	3.27	28.61	25.34	MnOOH
Melanterite	-15.47	-17.51	-2.05	FeSO4·7H2O
Otavite	-264.06	-276.16	-12.10	CdCO3
Pb(OH)2	4.57	12.23	7.66	Pb(OH)2
Pyrochroite	-0.59	14.61	15.20	Mn(OH)2
Pyrolusite	3.52	42.61	39.09	MnO2·H2O
Rhodochrosite	-264.38	-275.56	-11.18	MnCO3
Siderite	-272.91	-283.89	-10.98	FeCO3
Smithsonite	-266.21	-276.36	-10.15	ZnCO3
Strontianite	-267.15	-276.47	-9.31	SrCO3
Witherite	-268.62	-277.20	-8.57	BaCO3
Zn(OH)2(e)	2.32	13.82	11.50	Zn(OH)2

## Simulering 12

pH	Alk	Temp	Cl	F	S(6)
			mg/l	mg/l	mg/l
<b>10.00</b>	<b>0.3262</b>	<b>40</b>	<b>50.00</b>	<b>0.20</b>	<b>680.00</b>

-----Saturation indices-----

Phase	SI	log IAP	log KT	
Al(OH)3(a)	-1.27	8.60	9.87	Al(OH)3
Alunite	-12.31	-15.48	-3.16	KAl3(SO4)2(OH)6
Anglesite	-3.89	-11.61	-7.71	PbSO4
Anhydrite	-1.94	-6.40	-4.46	CaSO4
Aragonite	-261.32	-269.76	-8.45	CaCO3
Barite	-1.05	-10.82	-9.77	BaSO4
Calcite	-261.18	-269.76	-8.58	CaCO3
Cd(OH)2	0.37	14.02	13.65	Cd(OH)2
CdSO4	-9.16	-9.78	-0.62	CdSO4
Celestite	-3.40	-10.09	-6.69	SrSO4
Cerrusite	-262.01	-274.97	-12.96	PbCO3
Dolomite	-522.96	-540.38	-17.42	CaMg(CO3)2
Fe(OH)3(a)	2.71	20.28	17.57	Fe(OH)3
Fluorite	-6.34	-16.79	-10.45	CaF2
Gibbsite	1.29	8.60	7.31	Al(OH)3
Goethite	8.60	20.28	11.68	FeOOH
Gypsum	-1.80	-6.40	-4.60	CaSO4·2H2O
Hausmannite	14.28	71.78	57.50	Mn3O4
Hematite	20.30	40.57	20.27	Fe2O3
Jarosite-K	-8.16	19.57	27.73	KFe3(SO4)2(OH)6
Manganite	3.25	28.59	25.34	MnOOH
Melanterite	-15.47	-17.51	-2.05	FeSO4·7H2O
Otavite	-261.05	-273.15	-12.10	CdCO3
Pb(OH)2	4.53	12.19	7.66	Pb(OH)2
Pyrochroite	-0.61	14.59	15.20	Mn(OH)2
Pyrolusite	3.50	42.59	39.09	MnO2·H2O
Rhodochrosite	-261.39	-272.57	-11.18	MnCO3
Siderite	-269.90	-280.88	-10.98	FeCO3
Smithsonite	-263.20	-273.35	-10.15	ZnCO3
Strontianite	-264.14	-273.46	-9.31	SrCO3
Witherite	-265.61	-274.19	-8.57	BaCO3
Zn(OH)2(e)	2.32	13.82	11.50	Zn(OH)2



## D2. Sundhedsmæssig vurdering af miljøfremmede stoffer

I tabellerne er anvendt følgende forkortelser for forskellige sundhedsmæssige stofegenskaber:

- Allergi: allergifremkaldende
- Carc: kræftfremkaldende
- Mut.: Mutagen
- Rep.: reproduktionstoksisk

### Pesticider

Stof	Cas-nr.	Allergi.	Carc.	Mut.	Rep.	Bilag
Acetochlor (ng/L)	34256-82-1	X				B
Alachlor	15972-60-8	X	X			B,C
Aldrin	309-00-2		X			B,C
Atrazin	1912-24-9	X	X	X		B,C
Bronopol	52-51-7	X				C
Chlordan	57-74-9		X			B,C
2,4-D	94-75-7	X				B,C
DDT	50-29-3		X			B,C
Dichlorprop	120-36-5	X				B,C
Dieldrin	60-57-1		X			B,C
Diuron	330-54-1		X	X		B
DNOC (2-Methyl-4,6-dinitrophenol)	534-52-1	X		X		B
Endosulfan	115-29-7	X				B,C
Fenthion	55-38-9			X		C
HCB	118-74-1		X			B,C
HCH	608-73-1/6108-11-8/6108-12-9/6108-13-0	X	X			C
Heptachlor	76-44-8		X			B,C
Heptachlorepoxyd	1024-57-3		X			B,C
Isophorone	78-59-1	X	X			B
Isoproturon	34123-59-6		X			B,C
Lindan	58-89-9	X				B,C
Linuron	330-55-2		X			C
MCPA	94-74-6	X				B,C
MCPP	7085-19-0	X				B,C
Mirex	2385-85-5		X		X	B
Propachlor	1918-16-7	X				B
Propazine	139-40-2		X			B
Simazin	122-34-9		X			B,C
Tolyfluanid	731-27-1	X				C
Toxaphene	8001-35-2	X	X			B
Trifluoralin	1582-09-8	X				C
2,4,5-T (ng/L)	93-76-5	X				B
2,4,5-TP	93-72-1	X				B

### Metaller

Stof	Cas-nr.	Allergi.	Carc.	Mut.	Rep.	Bilag
As	7440-38-2		X			B,C
Cd	7440-43-9		X		X	B,C
Co	7440-48-4	X				B,C
Cr	7440-47-3	X	X			B,C
Ni	7440-02-0	X	X		X	B,C
Pb	7439-92-1				X	B,C
Se	7782-49-2				X	B

### Alifatiske aminer

Stoffer	Cas-nr.	Allergi.	Carc.	Mut.	Rep.	Bilag
Dimethylamin	124-40-3	X				C
HMT	100-97-0	X				C

### Aromatiske kulbrinter

Stoffer	Cas-nr.	Allergi.	Carc.	Mut.	Rep.	Bilag
Benzen	71-43-2		X		X	B,C
2,4-Dinitrotoluene	121-14-2		X	X	X	B
2,6-Dinitrotoluene	606-20-2		X	X	X	B
Nitrobenzene	98-95-3		X		X	B
Toluen	108-88-3				X	B,C
1,2,3,4-Tetrahydronaphthalene	119-64-2	X				B
Xylener	1330-20-7	X				B,C

### Halogenerede alifater

Stoffer	Cas-nr.	Allergi.	Carc.	Mut.	Rep.	Bilag
Brommethane	74-83-9	X			X	B
Chlorethane	75-00-3		X			B
Chlormethane	74-87-3		X			B
1,2-dibrommethan	106-93-4		X	X	X	C
1,1-dichlorethan	75-34-3	X				B,C
1,2-dichlorethan	107-06-2	X	X			B,C
1,1-dichlorethylen	75-35-4				X	B,C
Dichlormethan	75-09-2		X			B,C
1,3-dichlorpropan-2-ol	96-23-1		X			C
1,3-dichlorpropen	542-75-6	X				C
2,3-dichlorpropen	78-88-6	X		X		C
Tetrachlorethen	127-18-4		X			B,C
Tetrachlormethan	56-23-5		X			B,C
Tribrommethan	75-25-2	X				C
Trichlorethen	79-01-6		X			C
Trichlormethan	67-66-3	X	X		X	C
Vinylchlorid (VC)	75-01-4		X		X	C

Halogenerede aromatiske kulbrinter

Stoffer	Cas-nr.	Allergi.	Carc.	Mut.	Rep.	Bilag
Benzylchlorid	100-44-7	X	X			C
Benzylidenchlorid	98-87-3	X	X			C
4-chloranilin	106-47-8	X	X			C
1,2-dichlorbenzen	95-50-1	X				B,C
1,4-dichlorbenzen	106-46-7	X				B,C
1,4-dimethylbenzen	106-42-3	X				C
1,3-dimethylbenzen	108-38-3	X				C
1,2-dimethylbenzen	95-47-6	X				C

Phenoler

Stoffer	Cas-nr.	Allergi.	Carc.	Mut.	Rep.	Bilag
4-chlor-3-methylphenol	59-50-7	X				B,C
2-methoxyphenol	90-05-1	X				C
Pentachlorphenol	87-86-5	X	X			B,C
2,4,5-trichlorphenol	95-95-4	X				C
2,4,6-trichlorphenol	88-06-2	X	X			B,C
2,3,4,6-tetrachlorphenol	58-90-2	X				B,C

Polyaromatiske hydrocarboner (PAH'er)

Stoffer	Cas-nr.	Allergi.	Carc.	Mut.	Rep.	Bilag
Benzo(a)anthracen	56-55-3		X			B,C
Benzo(b)fluoranthen	205-99-2		X			B,C
Benzo(k)fluoranthen	207-08-9		X			B,C
Benzo(a)pyren	50-32-8		X	X	X	B,C
Benzo(e)pyren	192-97-2		X			B,C
Biphenyl	92-52-4	X				B,C
Chrysen	218-01-9		X	X		B,C
dibenzo(a,h)anthracen	53-70-3		X			B,C

Ætere

Stoffer	Cas-nr.	Allergi.	Carc.	Mut.	Rep.	Bilag
Ether, bis(chlormethyl)-	542-88-1		X			B
Bisphenol-A-diglycidylether	1675-54-3	X				C

Organotinforbindelser

Stoffer	Cas-nr.	Allergi.	Carc.	Mut.	Rep.	Bilag
Tributyltinoxid	56-35-9	X				C
Triphenyltinacetat	900-95-8	X				C
Triphenyltinhydroxid	76-87-9	X				C

Organiske blyforbindelser

Stoffer	Cas-nr.	Allergi.	Carc.	Mut.	Rep.	Bilag
Blyalkyler	-				X	B
Tetramethyllead	75-74-1				X	B
Trimethylethylbly	-				X	B
Dimethyldiethylbly	-				X	B
Methyltriethylbly	-				X	B
tetraethyllead	78-00-2				X	B
Trimethyllead	7442-13-9				X	B
triethyllead	5224-23-7				X	B
dimethyllead	-				X	B
diethyllead	-				X	B



## Andre

Stoffer	Cas-nr.	Allergi.	Carc.	Mut.	Rep.	Bilag
Acetaldehyd	75-07-0	X	X			C
Acetone	67-64-1	X				B,C
Acrylat-copolymer	-	X				C
Alkane n-C13	90622-53-0		X			B
Alkane n-C14	90622-53-0		X			B
Alkane n-C15	90622-53-0		X			B
Alkane n-C16	90622-53-0		X			B
Alkane n-C17	90622-53-0		X			B
Alkane n-C18	90622-53-0		X			B
Alkane n-C19	90622-53-0		X			B,C
Alkane n-C20	90622-53-0		X			B,C
Alkane n-C21	90622-53-0		X			B,C
Alkane n-C22	90622-53-0		X			B,C
Alkane n-C23	90622-53-0		X			B,C
Alkane n-C24	90622-53-0		X			B,C
Alkane n-C25	90622-53-0		X			B,C
Alkane n-C26	90622-53-0		X			B,C
2-aminoethanol	141-43-5	X				C
Ammoniumchlorid	12125-02-9	X				C
azinphos-methyl	86-50-0	X				C
Benzidin	92-87-5		X			C
2-(2-butoxyethoxy)ethanol	112-34-5	X				C
Bytylglycol	111-76-2	X				C
CBS	95-33-0	X				C
Cyclohexan	110-82-7	X				C
4,4'-diaminodiphenylmethan	101-77-9	X	X			C
2,4-diisocyanatotoluen	584-84-9	X	X			C
2,6-diisocyanatotoluen	91-08-7	X	X			C
Dipenten	138-86-3	X				C
Diphenyl-4-4'-methandiisocyanat	101-68-8	X				C
DPG	102-06-7	X			X	C
Epichlorhydrin	106-89-8	X	X			C
Ethylglycolacetat	11-15-9				X	C
Formaldehyd	50-00-0	X	X			C
MBS	102-77-2	X				C
Methylethylketon	78-93-3	X				B,C
Methylglycol	110-49-6				X	C
Methylmethacrylat	80-62-6	X				C
Mineralsk terpentin	8052-41-3		X			C
Phthalanhydrid	85-44-9	X				C
Styren	100-42-5	X				C
Sulfaminsyre	5329-14-6	X				C
Terpentin	8006-64-2	X				C
Trichlorfon	52-68-6	X				C
ZDMC	137-30-4	X				C

### D3. Egenskaber for patogene mikroorganismer

#### Bakterier

Organisme	Primært reservoir	Typisk vært	Overførsel	Effekt	I.D.	Overlevelse (i vand)
Legionella pneumophila	Miljø (varmt vand)	Nej	Inhalering	Lungebetændelse, feber	Lav	Vækst
Mycobacterium avium	Miljø	Fugle, grise, mennesker	Inhalering, hudkontakt	Tuberkuløs lungesygdom	?	Høj (vækst?)
Helicobacter pylori	?	?	Indtagelse?	Mavesår, kræft i mavesækken	?	?
Campylobacter jejuni	Fæces	Varmblodede dyr (fugle, får, grise, rotter, hunde, kvæg)	Indtagelse	Diarre, feber, utilpashed, kvalme, opkast	Medium	Medium
Aeromonas hydrophila	Miljø (vand)	Varmblodede dyr	Indtagelse, hudkontakt (sår)	Diarre sårinfektioner	Høj	Høj (vækst?)
Pseudomonas aeruginosa	Miljø (vand, jord), fæces	Nej	Indånding, indtagelse, hudkontakt (	Diarre, lungbetændelse, sår/øjne/øre infektioner	Høj	Vækst
Staphylococcus aureus	Sår, hud	Mennesker	Hudkontakt, (indånding)	Sårinfektion, lungebetændelse, toksisk shock	?	?
Yersinia enterocolitica	Fæces	Varmblodede dyr (grise)	Indtagelse	Diarre, feber	Høj	Høj
Salmonella spp.	Fæces	Varmblodede dyr (fugle, grise, gnavere)	Indtagelse, (indånding)	Diarre, mavesmerter, opkast, feber	Lav- høj	Høj
Klebsiella spp.	Fæces	Mennesker	Indhalering, Indtagelse, Hudkontakt	Lungebetændelse, diarre, urinrørinfektion		Medium

#### Protozoer

Organisme	Primært reservoir	Typisk værtsdyr	Transmission	Effekt	I.D.	Overlevelse i vand
Cryptosporidium parvum	Fæces	Kvæg, husdyr	Indtagelse	Diarre, dysenteri	Lav	Høj (oocyst)
Giardia lamblia	Fæces	Varmblodede dyr	Indtagelse	Diarre, kvalme, fordøjelsesbesvær	Lav	Høj (cyst)
Entamoeba spp.	Fæces	Nej	Indtagelse	Diarre	Lav	Medium

#### Vira

Organisme	Primært reservoir	Typisk værtsdyr	Transmission	Effekt	I.D.	Overlevelse i vand
Adenovirus	Fæces	Nej	Indtagelse, inhalering, hudkontakt	Diarre, respiratoriske sygdomme, øjeninfektioner	Lav	?
Norwalk virus	Fæces	Nej	Indtagelse	Diarre, kvalme, mavekræmper, hovedpine, feber, utilpashed, muskelsmerter	Lav	?
Rotavirus	Fæces	Nej	Indtagelse	Diarre, opkast, feber, mavesmerter	Medium	Medium?
Coxsackievirus	Fæces	Nej	Indtagelse, inhalering	Diarre, feber, opkast, spisebesvær		
Enterovirus	Fæces	Nej	Indtagelse, inhalering, hudkontakt	Variabel (diarre, øjeninfektioner)	Lav	Høj

I.D.: Lav:  $1-10^3$  organismer, medium:  $10^3-10^5$  organismer, høj:  $>10^6$  organismer

Overlevelse: Lav: op til en uge, medium: en uge til en måned, høj: mere end en måned



# Måleprogram til karakterisering af opsamlet regnvand for anvendelse som sekundavand

Anna Ledin, Karina P.S. Auffarth, Rasmus Boe-Hansen, Eva Eriksson, Hans-Jørgen Albrechtsen, Anders Baun og Peter Steen Mikkelsen

Miljø & Ressourser DTU, Danmarks Tekniske Universitet.

Maj 2002

## 1. Formål og baggrund

Formålet med dette måleprogram er komme med et forslag til relevante parametre for en fysisk, kemisk og mikrobiologisk karakterisering af opsamlet regnvand. Et kendskab til sammensætningen af det opsamlede regnvand er en forudsætning for at vurdere og sammenligne forskellige anvendelsesmuligheder og behandlingsformer for opsamlet regnvand.

Resultaterne fra det samlede program til karakterisering vil kunne indgå som et led i en vurdering af sundhedsrisici, samt i en vurdering af potentielle tekniske og æstetiske problemer forbundet med anvendelsen af vandet.

Dette måleprogram er blevet opstillet som en del af projektet ” Identifikation af potentielt problematiske parametre i regnvand opsamlet fra tage og befæstede arealer” finansieret af Miljøstyrelsen via ”Aktionsplanen til fremme af økologisk byfornyelse og spildevandsrensning”. Idéen er, at dette måleprogram skal fungere som et forslag til måleprogram for de projekter som i fremtiden igangsættes i Miljøstyrelsens regi vedrørende anvendelse af opsamlet regnvand.

Dette måleprogram omfatter udelukkende tre forskellige anvendelsesscenarier:

- Toiletskyl
- Tøjvask i vaskemaskiner
- Vask af biler eller vinduer.

Det forudsættes altså, at det opsamlede vand ikke drikkes. Dette projekt omfatter ikke problemer relateret til rensning af vandet, arbejdsmiljøproblemer ved pasning af anlæg og miljøeffekter ved udledning til recipient (se hovedrapportens afsnit 1.2).

Der er anvendt to forskellige metoder til identifikation af potentielle måleparametre. Den internationale litteratur blev indledningsvis gennemgået grundigt med henblik på at identificere tidligere målte parametre samt deres koncentrationsintervaller (hovedrapportens kapitel 2). Derefter blev det undersøgt hvilke forureningskomponenter, der potentielt kan optræde i regnvand med udgangspunkt i de mulige kilder til forurening (hovedrapportens kapitel 3). Med udgangspunkt i en række potentielle forureningskomponenter er der udpeget relevante måleparametre, der bør overvejes i forbindelse med opstilling af måleprogrammer til specifikke anlæg (hovedrapportens kapitel 4).

Ideelt set bør udvælgelse af parametrene til måleprogrammet baseres på en fuldstændig risikovurdering af hver enkelt parameter. Det er imidlertid ikke realistisk indenfor det indeværende projekt at gennemføre fuldstændige risikovurderinger for det store antal stoffer, der er omfattet af projektet. Udvælgelsen af måleparametre er derfor sket på basis af en række kriterier. Det bør bemærkes, at kriterierne for valget af de fysiske og kemiske parametre er forskellige fra de mikrobielle. Der er generelt et bedre vidensgrundlag om effekten af mikrobielle forureninger, fordi det er lettere at etablere en årsagssammenhæng mellem den menneskelig eksponering og sygdomsudbrud. Dette skyldes primært, at tidsrummet mellem påvirkning og sygdomsudbrud er kortere. Det er således meget lettere at spore kilden til en infektion end det er at spore kilden til allergi eller kræftsygdomme.

I denne rapport baseres udvælgelsen af måleparametrene for de fysiske og kemiske stoffer på en farlighedsidentifikation, hvilket vil sige, at de parametre, der potentielt kan give anledning til problemer ved opsamling og brug af regnvand, er medtaget i måleprogrammet uden skelen til sandsynligheden for at problemerne opstår. Undtaget er metallerne, hvor der er lavet en vurdering af muligheden for udfældning af mineraler. Udvælgelsen af de mikrobielle parametre til måleprogrammet er baseret på en farlighedsidentifikation og en efterfølgende vurdering af farligheden, hvor sandsynligheden for menneskelig eksponering indgår i den samlede vurdering.

## 2. Valg af analyseparametre

Blandt de udvalgte analyseparametre er der inkluderet en række basisparametre til måling af f.eks. generel hydrokemi, organiske iltforbrugende forbindelser og mikrobiologi (tabel E1).

Desuden er der udpeget en række tungmetaller, miljøfremmede organiske stoffer samt specifikke mikrobiologiske parametre.

Det skal understreges, at antallet parametre i dette måleprogram er stort (tabel E1), og at det derfor udelukkende skal anvendes som et bruttomåleprogram. Fremtidige brugere af måleprogrammet bør derfor lave en prioritering, med henblik på at målrette et specifikt analyseprogram for den aktuelle situation (se afsnit 3).

## 2.1. Basisparametre for generel vandkarakteristik

En generel karakterisering med en række basisparametre bør altid indgå i et måleprogram bl.a. for at skabe en fælles sammenligningsgrundlag mellem forskellige undersøgelser. Aktuelle parametre er suspenderet stof, turbiditet, temperatur, pH, ledningsevne, alkalinitet, BOD, NVOC samt koncentration af ilt og sulfid. Desuden bør der måles for generelle mikrobielle parametre og indikatororganismer. Disse basismålinger giver vigtig information om den overordnede kvalitet af det opsamlede vand, herunder iltforbrug og sulfiddannelse under opbevaring, samt forskellige forhold der kan have betydning for overlevelse og opformering af mikroorganismer.

## 2.2. Parametre, der kan give tekniske og æstetiske problemer

Potentielle tekniske og æstetiske problemer kan være udfældning, korrosion, lugtgener, farvning af tøj og toiletkummen, skumdannelse, samt blegning af tøj.

Muligheden for udfældninger, som kan resultere i tilstopning, er blevet vurderet ud fra kemiske ligevægtsberegninger i et geokemisk modelleringsprogram (PHREEQC). Beregningerne viste, at der i opsamlet regnvand er risiko for udfældning af mineraler, der indeholder Al, Ba, Fe, K, Pb samt eventuelt Zn. I vaskemaskiner er der desuden risiko for udfældning af Cd, Mn og Zn. Dette bevirker, disse 8 metaller indgår i nedenstående måleprogram.

Man skal være opmærksom på, at der kan forekomme korrosion i forbindelse med transport og opbevaring i rør og –beholdere af cement og jern/rustfrit stål. Det betyder, at Ca, alkalinitet og pH er relevante parametre i forbindelse med cementinstallationer, og at klorid- og sulfatindholdet kan have betydning i f.eks. kobber- og jernrør, samt installationer af rustfrit og galvaniseret stål.

Misfarvning af tøj og toiletkumme er især relateret til udfældninger af Fe- og Mn-(hydr)oxider, samt stor forekomst af naturligt organisk materiale (humus- og fulvussyre) der giver en gul-brun farve. Der er som tidligere nævnt en mulighed for udfældning af såvel Fe som Mn, og som derfor bør indgå i måleprogrammet. Indholdet af naturligt organisk materiale bestemmes ved måling af NVOC.

Det anbefales, at vandets hårdhed (Ca og Mg koncentration) måles for at muliggøre beregninger af doseringen af detergenter i vaskemaskiner, ved vask af vinduer eller biler.

Forekomst af skumdannede stoffer f.eks. detergenter i det opsamlede regnvand kan give gener, f.eks. ved toiletskyl. Dette betyder, at der bør inkluderes en parameter for at måle skumdannelse. Kraftigt oxiderende stoffer kan blege tøj under vask, det er imidlertid ikke sandsynligt at forvente en sådan effekt her, idet de potentielle oxiderende stoffer i afstrømmende regnvand vil reagere med organisk materiale allerede i opsamlingsbeholderen og dermed ”opbruges”.

Tabel E1. Analyseparametre, der foreslås skal indgå i et brutto måleprogram.

Stofgruppe	Inkluderede forbindelser	Udvalgskriterie (se hoverapportens tabel 4.2)
Basisparametre	pH, Alkalinitet, Temperatur, Ledningsevne, Turbiditet, Ilt, BOD, NVOC, Sulfat, Sulfid, Klorid, Suspenderet stof,	Basisparametre, dvs. skal altid indgå
Metaller	Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Fe, K, Mg, Mn, Ni, Pb, Se, Zn.	1.1 (Al, Ba, Cd, Fe, K, Mn, Pb, Zn), 1.2 (Ca), 1.5 (Fe, Mn), 1.7 (Ca, Mg), 2.2 (As, Cd, Co, Cr, Ni, Pb, Se)
Pesticider	Acetochlor, Alachlor, Aldrin, Atrazin, Bronopol, Chlordan, 2,4-D, DDT, Dichlorprop, Dieldrin, Diuron, DNOC (2-Methyl-4,6-dinitrophenol), Endosulfan, Fenthion, HCB, HCH, Heptachlor, Heptachlorepoxyd, Isophorone, Isoproturon, Lindan, Linuron, MCPA, MCPP, Mirex, Propachlor, Propazine, Simazin, Tolyfluanid, Toxaphene, Trifluoralin, 2,4,5-T, 2,4,5-TP	2.2
Alifatiske aminer	Dimethylamin, HMT	2.2
Aromatiske kulbrinter	Benzen, 2,4-Dinitrotoluene, 2,6-dinitrotoluene, Nitrobenzene, Toluen, 1,2,3,4-Tetrahydronaphthalene, xylener	2.2
Halogenerede alifater	Brommethane, Chlorethane, Chlormethane, 1,2-dibrommethan, 1,1-dichlorethan, 1,2-dichlorethan, 1,1-dichlorethylen, Dichlormethan, 1,3-dichlorpropan-2-ol, 1,3-dichlorpropen, 2,3-dichlorpropen, Tetrachlorethen, Tetrachlormethan, Tribrommethan, Trichlorethen, Trichlormethan, VC	2.2
Halogenerede aromatiske kulbrinter	Benzylchlorid, Benzylidenchlorid, 4-chloranilin, 1,2-dichlorbenzen, 1,4-dichlorbenzen, 1,4-dimethylbenzen, 1,3-dimethylbenzen, 1,2-dimethylbenzen	2.2
Phenoler	4-chlor-3-methylphenol, 2-methoxyphenol, Pentachlorphenol, 2,4,5-trichlorphenol, 2,4,6-trichlorphenol, 2,3,4,6-tetrachlorphenol	2.2
PAHer	Benzo(a)anthracen, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, Benzo(a)pyren, Benzo(e)pyren, Biphenyl, Chrysen, dibenzo(a,h)anthracen	2.2
Ætere	Bis(chlormethyl)-ether, Bisphenol-A-diglycidylether	2.2
Organo-tinforbindelser	Tributyltinoxid, Triphenyltinacetat, Triphenyltinhydroxid	2.2
Organiske blyforbindelser	Di-methyl-bly, di-ethyl-bly, tri-methyl-bly, tri-ethyl-bly, tetra-methyl-bly, tetra-ethyl-bly, tri-methyl-ethyl-bly, di-methyl-di-ethyl-bly, methyl-tri-ethyl-bly	2.2
Andre stoffer	Acetaldehyd, Acetone, Acrylat-copolymer, Alkaner n-C13- n-C26, 2-aminoethanol, Ammoniumchlorid, azinphos-methyl, Benzidin, 2-(2-butoxyethoxy)ethanol, Bytylglycol, CBS, Cyclohexan, 4,4'-diaminodiphenyl-methan, 2,4-diisocyanatotoluen, 2,6-diisocyanatotoluen, Dipenten, Diphenyl-4-4'-methandiisocyanat, DPG, Epichlorhydrin, Ethylglycolacetat, Formaldehyd, MBS, Methyl-ethylketon, Methylglycol, Methylmethacrylat, Mineralsk terpentin, Phthalanhydrid, Styren, Sulfaminsyre, Terpentin, Trichlorfon, ZDMC	2.2
Generel mikrobiologi	Kimtal (22°C), Kimtal, (37°C), DEFT, Gær og mikrosvampe	Basisparametre, 1.2, 1.3, 1.4 og 1.5
Indikatororganismer	Total coliforme, Enterococcer, <i>Esherichia coli</i>	Basisparametre,
Specifikke patogener	<i>Legionella pneumophila</i> , <i>Mycobacterium avium</i> , <i>Campylobacter jejuni</i> , <i>Helicobacter pylori</i> , <i>Aeromonas hydrophila</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Cryptosporidium parvum</i> , <i>Giardia lamblia</i> , <i>Toxoplasma gondii</i>	2.1
Andet	Skumhøjde	1.4

## 2.3 Parametre, der kan give sundhedsmæssige problemer

### 2.3.1 Kemiske stoffer

Der kan være flere sundhedsmæssige risici forbundet med anvendelsen af opsamlet regnvand. For 153 stoffer ud af i alt 701 identificerede stoffer er der fundet oplysninger, der kategoriserer stofferne som sundhedsskadelige. Heraf er 79 stoffer allergifremkaldende, 72 stoffer er kræftfremkaldende, 10 stoffer er mutagene og 29 er reproduktionstoksiske. Nogle af stofferne har flere af de ovenfornævnte egenskaber. Alle 153 stoffer med potentielle sundhedsskadelige effekter er inkluderet i måleprogrammet (tabel E1) uden hensyntagen til sandsynligheden for at stofferne rent faktisk vil optræde eller om de skadelige effekter vil indtræffe. Listen over sundhedsskadelige stoffer, der potentielt kan optræde i opsamlet regnvand er ikke fuldstændig, der er således kun fundet sundhedsdata for 22% af de identificerede stoffer. Det er også vigtigt at understrege at søgningen for potentielt forekommende stoffer ikke er fuldstændig.

### 2.3.2 Mikroorganismer

Mikrobielle sundhedsproblemer er oftest knyttet til fækale forureninger. Som en konsekvens af dette, er en række af de almindeligt anvendte målemetoder netop rettet mod at undersøge, om en prøve har været udsat for en sådan forurening. Man taler om de såkaldte indikatororganismer, og disse bør generelt indgå i karakteriseringen af det opsamlede regnvand. Bruttomåleprogrammet omfatter derfor bestemmelse af total, fækal coliforme bakterier og *Escherichia coli*. Enterococcer kan medtages i måleprogrammet, f.eks. hvis man forventer lange opholdstider i regnvandstanken.

Måleprogrammet omfatter derudover en række specifikke patogene mikroorganismer, for hvilke det vurderes, at der er en potentiel og væsentlig risiko for sygdom. De specifikke organismer, der omfattes af måleprogrammet vil som hovedkriterium være inkluderet i en af følgende to grupper af organismer (se også hovedrapportens afsnit 4.4.1).

- Zoonotiske mikroorganismer, det vil sige patogener, som er hyppigt forekommende hos de dyr, der må forventes at kunne komme i kontakt med de overflader, der anvendes til opsamling af regnvand.
- Opportunistiske patogener, det vil sige patogener, der er almindeligt forekommende i miljøet og som besidder en potentiel evne til vækst i regnvandstanken.

Udfra disse kriterier og en farlighedsvurdering, er en række potentielt patogene mikroorganismer udpeget som relevante måleparametre (tabel E1). En nærmere af beskrivelse kan findes i hovedrapportens afsnit 4.4.2.

For mange patogene organismer gælder, at alene tilstedeværelse af en målbar mængde (bestemt ved standardmetoder) kan udgøre en væsentlig sundhedsrisiko. Derfor anvendes ofte metoder, der udelukkende sigter mod at påvise tilstedeværelsen af en specifik patogen og således er måling af koncentrationen ofte sekundær. Koncentrationen af den specifikke patogene organisme kan imidlertid give vigtig information vedrørende graden af forurening, samt give mulighed for at vurdere risikoen for, at forureningen kan føre til infektion. Ved måling af patogene organismer i regnvandsanlæg bør koncentrationen så vidt muligt derfor også bestemmes. De patogene organismer optræder imidlertid normalt kun i forbindelse med forureninger, hvor koncentrationen af organismene kan være meget høj og det er derfor vigtigt at frekvensen af disse forureninger estimeres. Da der sjældent er tale om meget hyppige forureninger, kræver sådanne undersøgelser, at der udtages et stort antal prøver fordelt på forskellige prøvetagningssteder.

## 3. Vejledning til brug af måleprogram

Som tidligere nævnt er antallet af parametre i det opstillede måleprogram stort (tabel 1). Det er derfor vigtigt, at man i det enkelte tilfælde laver en prioritering af de enkelte måleparametre. Det forventes, at man tager udgangspunkt i de foreslåede parametre, og at man efterfølgende grundigt vurderer, hvilke parametre der eventuelt vil kunne udelukkes i det konkrete tilfælde. I



visse tilfælde kan det være relevant at inkludere flere parametre, hvis man har en konkret mistanke om forekomst af et stof eller et problem. Desuden bør den information, der er præsenteret i hovedrapporten inddrages i overvejelserne.

Det første trin i opstillingen af et konkret måleprogram er, at man undersøger, om det problem, som ligger til grund for at den aktuelle måleparameteren er blevet udpeget, også er relevant for de specifikke forhold. Denne information kan findes i kolonnen "Udvalgskriterier" i tabel E1, og desuden i hovedrapportens tabel 4.1 og 4.2. Som eksempel kan nævnes tungmetallet zink, som er blevet udpeget som en relevant måleparameter, fordi at zink-mineral kan udfældes ved de relativt høje pH-værdier og temperaturer, som kan forekomme i vaskemaskiner (udvalgskriterium 1.1b). Zink bør derfor ikke inkluderes i et konkret måleprogram, hvis vandet ikke skal bruges i vaskemaskiner.

Andet trin i opstillingen af et konkret måleprogram er, at man vurderer kilderne til specifikke forureninger med henblik på at vurdere, om den aktuelle kilde er relevant for det aktuelle opsamlingssted. Et eksempel på dette kan være 2-(2-butoxyethoxy)ethanol, som i vejvand kan stamme fra bremses på biler (kilde 1.3.1 jvf. bilag C, tabel C14), og som ikke bør inkluderes i måleprogrammet hvis vandet f.eks. udelukkende opsamles fra en tagflade.

#### 4. Prøveudtagning og valg af analysemetode

Der bør for så vidt muligt anvendes akkrediteret prøvetagning og analyser. Men man skal også gøre opmærksom på at der for mange af de aktuelle parametrene p.t. ikke findes standard metoder, hvilket gør at parametrene kan være vanskelige at måle.

Ved prøvetagningen er der en række forhold, der skal tages i betragtning. Som udgangspunkt bør prøven tages i opbevaringsbeholderen, eller umiddelbart derefter, idet dette vil afspejle den gennemsnitlige forbrugskvalitet. Man skal i denne sammenhæng også være opmærksom på at opbevaring kan medføre opformering og/eller hændelsen af mikroorganismer, samt nedbrydning og/eller dannelse af organiske miljøfremmede stoffer.

Der vil antageligt være variation i vandkvaliteten i opbevaringstanken, afhængigt af, om man tager en vandprøve fra vandoverfladen eller fra bunden, hvor f.eks. partikelindholdet kan være meget større. Ved prøvetagningen anbefales det derfor, at man udtager prøven fra samme dybde, som der pumpes fra til anvendelse af vandet - evt. bør prøven udtages fra regnvandssystemet umiddelbart efter opbevaringstanken. Man skal i den forbindelse være opmærksom på, at ved at føre en flaske igennem et eventuelt flydelag, vil flasken blive forurenet af flydelaget.

De patogene organismer optræder normalt kun i forbindelse med forureninger, hvor koncentrationen af organismene imidlertid kan være meget høj. Det er derfor vigtigt at estimere frekvensen af disse forureninger. Da der sjældent er tale om meget hyppige forureninger kræver sådanne undersøgelser, at der udtages et stort antal prøver fordelt på forskellige prøvetagningssteder.

Det bør også vurderes om analyselaboratoriets detektionsgrænse for den pågældende parameter er lav nok til at give brugbar information.

Det er forventeligt, at man ved monitoring over længere perioder vil observere relativt store variationer imellem de forskellige prøver fra samme anlæg.