

# Regnafstrømning: Miljømål og renseløsninger

Anvendelsen af våde regnvandsbassiner som renseløsning til separate udledninger af regnafstrømning har i mange år været gængs praksis. I byerne er denne praksis udfordret af pladsmangel. Desuden mangler der overblik over regnafstrømningernes påvirkning af den sø, å eller hav, som fungerer som recipient. Problematikken risikerer at blive en showstopper for klimasikringen af vores byer og opfyldelse af miljømål i recipienten. Med denne artikel ønsker vi at bidrage til diskussionen om ændring i den nuværende praksis med anbefalinger til, hvordan vi kan arbejde videre.

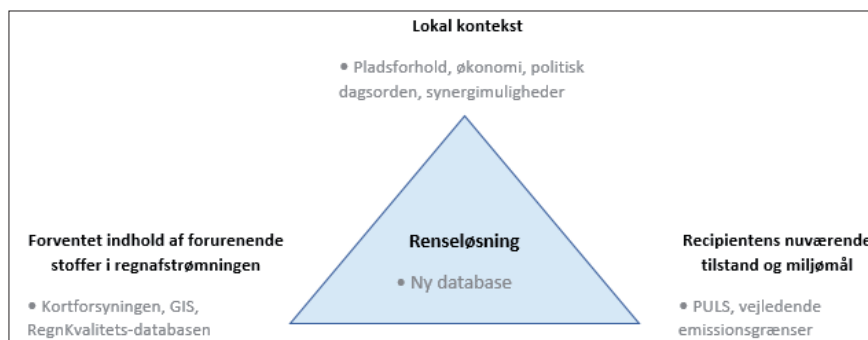
CECILIE B. ANDERSEN, PETER E. HOLM  
& KARIN CEDERKVIST

## Nuværende forvaltningspraksis

For at sikre byerne mod oversvømmelser, lægger kommunernes klimatilpasningsplaner op til at afkoble regnvand fra kloaknettet og dermed skåne disses begrænsede kapacitet, for i stedet at aflede dette enten ved nedsivning eller til en recipient. Regnvandet er i midlertidig ikke rent, når det har været i kontakt med byens overflader, hvor partikler og miljøfremmede stoffer bringes med afstrømningen. Hvis ikke disse stoffer fjernes eller koncentrationerne nedsættes, ender de i recipienten og udgør en potentiel miljøbelastning for økosystemet.

Kommunernes myndighedsafdelinger forvalter udledningstilladelser og stiller vilkår, der skal sikre, at udledningerne ikke hindrer målopfyldelsen i målsatte vandforekomster fra vandområdeplanerne. Vandområdeplanerne er den danske implementering af EU's vandrammedirektiv, som tilskriver, at medlemslandene inden 2027 skal opnå 'god tilstand' i landets vandmiljøer.

EU's vandrammedirektiv tilskriver, at udledningstilladelser forvaltes via den kombinerede fremgangsmetode, hvormed vandet skal renses med 'Bedst tilgængelige teknik' (BAT) og 'Bedste miljøpraksis' (BEP) inden udledning. I



Figur 1 Undersøgt praksis for screening forud for valg af renseløsning [4] inspireret af vejledning i BAT baggrundsrapport [9]. Den grå tekst repræsenterer forslag til anvendte redskaber under de enkelte steps og vil blive uddybet i det følgende.

tilfælde af, at dette ikke er tilstrækkeligt til at imødekomme miljøkvalitetskrav i recipienten, kan der stilles skærpede krav med udgangspunkt i emissionsgrænseværdier (maksimalt udledte stofkoncentrationer).

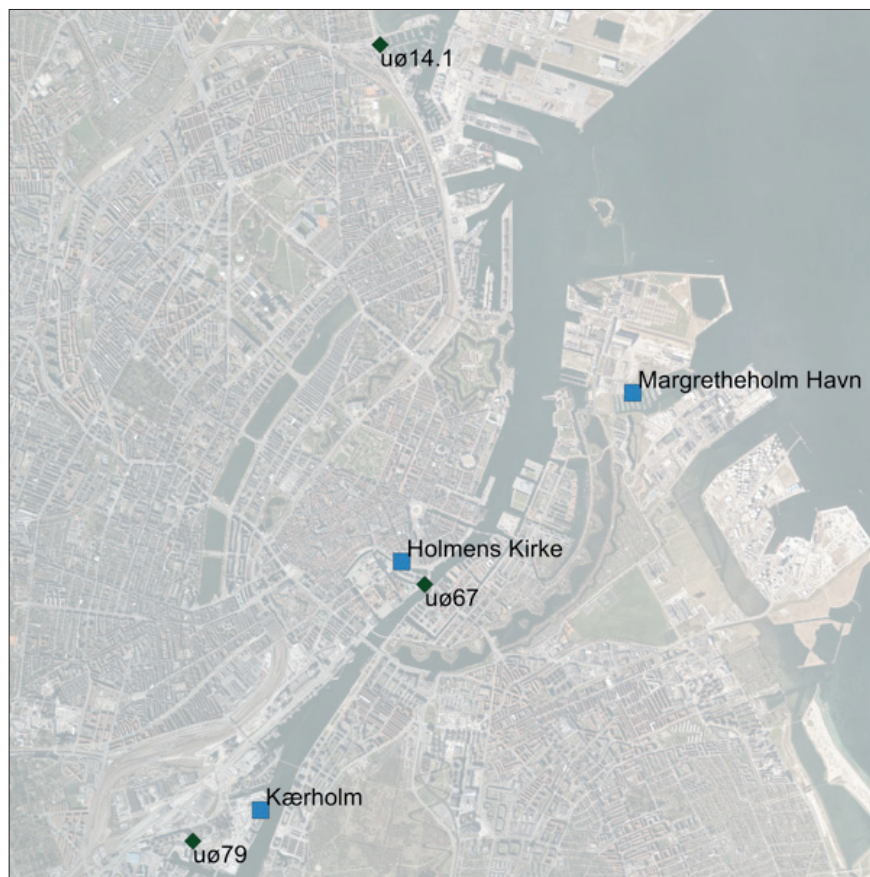
Vejledningerne, som udledningstilladelserne forvaltes efter i dansk kontekst, er midlertidig ikke entydig når det kommer til regnafstrømning [1]. I en vejledende udtalelse fra 2011 skriver Naturstyrelsen, at myndigheden kun kan stille funktionskrav til rensenheden om at leve op til BAT og BEP, og ikke i forhold til emissionsgrænser for udledte koncentrationer [2]. BAT er endvidere i flere afgørelser fra Miljø- og Fødevarerklagenævnet siden blevet sidestillet med et vådt regnvandsbassin af specifikke dimensioner [3].

Udover at praksis ikke er helt i tråd med

lovgivningen, har det også betydet, at den faglige argumentation ved implementering af alternative renseløsninger, som f.eks. optager mindre overjordisk plads end våde regnvandsbassiner, ofte baseres på, at løsningen skal kunne rense tilsvarende rensegraderne for et vådt regnvandsbassin. Denne tilgang er problematisk, da rensegrader afhænger af varierende parametre, såsom indløbskoncentration, opholdstid og driftshyppighed og ikke nødvendigvis sikrer, at recipientens miljøkvalitetskrav imødekommes.

## Nyt forslag til fremtidig praksis

Med udgangspunkt i en undersøgelse [4] af muligheden for at stille vilkår på baggrund af en indledende screening, illustreret i figur 1, præsenterer denne artikel de vigtigste pointer



Figur 2 Kort over cases. De vejledende emissionsgrænser for udløbene (UØ79, UØ67 og UØ14.1) fra Københavns Kommunes sårbarhedsskema sammenlignes i undersøgelsen med udløbskoncentrationerne fra de 3 cases (Margretheholm Havn, Holmens Kirke og Kærholm).

i forhold til ovenstående problematikker og kommer med forslag til en fremtidig praksis med hensyn til miljøkvalitetskravene i recipienten, samt åbner op for anvendelsen af alternative renseløsninger.

Undersøgelsen [4] tog udgangspunkt i 5 forskellige typer af renseløsninger, hvoraf en eller flere af samme type var installeret i 7 forskellige cases.

I denne artikel er 3 ud af de 7 cases [4] udvalgt (se figur 2 og tabel 1) til at illustrere de vigtigste resultater og pointer. Det drejer sig om Margretheholm Havn, Holmens Kirke og Kærholm ved Enghave Brygge.

### Forventet indhold af forurenende stoffer i regnafstrømning

Indholdet af forurenende stoffer i regnafstrømning er variabelt og afhænger bl.a. af oplandet, herunder kontakt med overflader, som kan afgive stoffer (f.eks. zinknedløb). Mængden af stoffer som frigives, afhænger af forskellige parametre, såsom regnintensiteten, hvornår overfladen sidst er "skyllet ren", samt eventuelle enkeltstående hændelser (f.eks. sæbe fra bilvask) eller periodisk anvendelse af ukrudtsmiddel. Disse parametre gør det svært at forudse forureningsprofilen og hvad en

renseløsning dermed skal kunne rense for.

Fælles for de 7 cases [4] er, at der findes data for indløbs- og udløbskoncentrationerne fra renseløsningerne for en række stoffer. Da disse prøver er udtaget ved forskellige metoder og under forskellige regnhændelser er det forbundet med usikkerhed, når vi i det følgende (tabel 1) sætter lighedstegn mellem stofkoncentration og oplandets karakteristik. For at kunne vurdere, om stofkoncentrationerne i data er repræsentative for oplandet, er indløbskoncentrationerne til rensenhederne i denne undersøgelse sammenlignet med afstrømningskoncentrationerne fra RegnKvalitets-databasen. RegnKvalitets-databasen [5] indeholder måleprogrammer, hvor stofkoncentrationer i regnafstrømning er målt og inddelt i forskellige typologier, der repræsenterer oplandets overflader (byzone, villa-kvarter, industri mm.)

### Målopfyldelse i recipienterne

De udledte stoffers betydning varierer fra recipient til recipient og afhænger bl.a. af, hvor fortyndet stofkoncentrationerne bliver og den forekommende tilstand i recipienten. Fælles for de målsatte recipienter er, at de skal opnå god tilstand, før miljømålet fra EU's vandram-

medirektiv er imødekommet. God tilstand i recipienten vurderes ud fra en række økologiske indeks og miljøkvalitetskrav gennem kemiske generelle og maksimale koncentrationer for en række stoffer i recipienten.

Som værktøj, der omsætter miljøkvalitetskravene til praksis, har Københavns Kommune beregnet vejledende emissionsgrænser for et udvalg af kommunens recipienter i et 'Sårbarhedsskema'. Emissionsgrænserne anvendes vejledende i Københavns Kommune under de indledende screeninger forud for en udledningstilladelse [6]. I undersøgelsen [4] er udløbskoncentrationerne fra renseløsningerne sammenlignet med disse vejledende emissionsgrænser for et enten nærtliggende eller sammenligneligt udløb (se figur 2).

Det er gjort for at illustrere forslaget til fremtidig praksis, som indeholder anvendelse af lignende værktøjer til screeninger, der skal sikre overholdelse af miljøkvalitetskravene. Det er i denne forbindelse værd at bemærke, at det i praksis vil være nødvendigt at beregne emissionsgrænser for de konkrete cases, som er tilpasset den konkrete udledning med hensyntagen til forventet fortynding, udledte vandmængder og recipientens tilstand.

### Udfordringer ved anvendelse af rensegrader, som forudsætning for målopfyldelse

Med udgangspunkt i tabel 1, er de tre cases fra figur 2 diskuteret i det følgende. I denne fremstilling er fokusparametrene kobber og suspenderet stof valgt, da kobberindholdet i afstrømningsvandet fra de 3 cases forventes i høje koncentrationer grundet materialerne i oplandet (tombakbeklædning, kobbertag og kobberholdig bundmaling til skibe). Suspenderet stof er valgt, da dette dels kan udgøre en risiko for tilklogning af filteret [7] og derudover i tidligere undersøgelser har vist at sorbere og dermed bære mellem 50-70% af kobberindholdet i regnafstrømning fra byer [8]. En reduktion af suspenderet stof kan dermed bidrage til en væsentlig reduktion af forurenende indhold i regnafstrømning og forlænge filtrenes levetid.

### HMR Class 1 ved Margretheholm Havn

Ved casen 'Margretheholm Havn' er der implementeret et HMR class 1 sorptionsfilter (se tabel 1). Renseenheden modtager afstrømning fra sejlkubbens spuleplads, hvor bådene rengøres, når spulepladsen er aktiv. Udløbet er dermed ikke regnbetinget og systemet anlagt til at håndtere mindre, periodevis afstrømninger. Casen er alligevel taget med, da filteret også kan anvendes ved regnbetingede udløb og bidrage til at undersøge hvorledes

Tabel 1 Samlet overblik over resultater fra analyse af udvalgte cases [4]

Produkt	Vådt regnvands-bassin (BAT)			HydroFilter 1000			HydroFilter 1500			HydroFilter 1500			HydroFilter 1500			HMR filter class 1			
Teknologi	Sedimentation			Sorptionsfilter			Sorptionsfilter			Sorptionsfilter			Sorptionsfilter			Sorptionsfilter			
Case	[10]			Holmens Kirke			Kærholm, Øst			Kærholm, Syd			Kærholm, Nord			Margrethesholm Havn			
Antal prøver i måle-kampagnen	-			9			14			14			13			1			
Supplerende rensning	Forbassin			Sandfang			Sandfang			Sandfang			Sandfang			2 bundfældningstanke og 1 sandfilter			
Oplands typologi	-			Tagvand			Tagvand, befæstelse og grønt område			Tagvand og befæstelse			Tagvand og befæstelse			Spuleplads for lystbåde			
Sammenligning med RegnKvalitets-databasen	-			Tilsvarende			Tilsvarende			Tilsvarende			Tilsvarende			-			
		Indløb konc.	Udløb konc.	Reduktion i %	Indløb konc.	Udløb konc.	Reduktion i %	Indløb konc.	Udløb konc.	Reduktion i %	Indløb konc.	Udløb konc.	Reduktion i %	Indløb konc.	Udløb konc.	Reduktion i %	Indløb konc.	Udløb konc.	Reduktion i %
Middel stofreduktion (Cases)	Suspenderet stof, mg/l	90	12	80	6	2	64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	430	17	96
		(30-300)	(5-20)	(70-90)	(2-19)	(1-7)	(24-87)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total Kobber (Cu), µg/l	15	5	75	1354	37	97	26	21	15	72	39	46	25	12	43	33000	2300	93
	(5-100)	(2-8)	(60-80)	(790-1900)	(15-74)	(95-99)	(8-62)	(6-49)	(-18-55)	(44-150)	(16-87)	(-40-79)	(5-53)	(3-37)	(-85-88)	-	-	-	
Sammenligning med vejledende emissionsgrænse	-			Marin (U067)			Marin (U079)			Marin (U079)			Marin (U079)			Marin (U014.1)			
Suspenderet stof, mg/l	-			40			40			40			40			40			
Opløst Kobber (Cu), µg/l	-			79			39			39			39			86			

I tabellen er middelværdien for ind- og udløbs koncentrationer samt stofreduktion angivet øverst. Under dette er minimum og maksimum værdien under målekampagnen angivet med grå (min.-max.)

Farverne illustrer følgende ved 'sammenligning med RegnKvalitets-databasen': Grøn=alle indløbskoncentrationer er inden for intervallet af afstrømningskoncentrationer fra lignende oplandstypologi i databasen. "-=Indløbskoncentrationerne er ikke sammenlignet med afstrømningskoncentrationer fra databasen.

Farverne illustrer følgende ved 'Sammenligning med vejledende emissionsgrænse': Grøn=Alle udløbskoncentrationer fra renseløsningen er under vejledende emissionsgrænse for sammenlignet recipient. Gul=Enkelte udløbskoncentrationer fra renseløsningen er under vejledende emissionsgrænse for sammenlignet recipient. Rød=Alle udløbskoncentrationer fra renseløsningen er over vejledende emissionsgrænse for sammenlignet recipient.

filterets effekt vil være ved høje stofkoncentrationer. Målekampagnen består her kun af én enkelt stikprøve og prøvetagningsmetoden er ukendt.

Af tabel 1 fremgår det, at indløbskoncentrationerne til renseløsningen er 430 mg/l suspenderet stof og 33.000 µg/l total kobber. Ved en tidligere stikprøve, hvor kun afstrømningskoncentrationerne blev analyseret, viste resultatet 1.200 µg/l total kobber. Det er derfor uvist om de 33.000 µg/l er retvisende for de generelle afstrømningskoncentrationer fra pladsen. Da ingen af RegnKvalitets-databasens referencer stammer fra havnearealer [5] og da vandet er spulevand, er indløbskoncentrationen ikke sammenlignet med afstrømningskoncentrationer fra databasen.

Ved Margrethesholm Havn reducerer renseløsningen kobberkoncentrationerne med 93%, hvilket er højere end den forventede rensesgrad på 60-80% i et vådt regnvandsbassin (tabel 1). På trods af dette, er udløbskoncentrationen på 2.300 µg/l total kobber ikke under den vejledende emissionsgrænse på 86 µg/l opløst kobber for det sammenlignede udløb fra Københavns Kommunes sårbarhedsskema (tabel 1). Det er værd at bemærke, at den opløste kobberkoncentration vil være lavere end totalkoncentrationen, men da mængden af suspenderet stof reduceres helt ned til 17 mg/l i udløbsvandet, må de opløste koncentrationer forventes at udgøre en stor

del af total indholdet. Den vejledende emissionsgrænse på 86 µg/l opløst kobber er beregnet for et overløbsbygværk ved Svanemøllen Havn, som udleder væsentlig større vandmængder. En 1:1 sammenligning er i praksis dermed ikke muligt. Casen er alligevel taget med her, fordi den illustrerer, at anvendelsen af rensegrader tilsvarende et vådt regnvandsbassin i nogle sager, f.eks. ved meget høje stofkoncentrationer i afstrømningen, ikke er meningsfuldt som parameter for tilstrækkelig rensning.

#### HydroFilter ved Kærholm

Ved boligkarréen Kærholm modtager 3 separate udløb ('Øst', 'Syd' og 'Nord') regnafstrømning fra 3 forskellige oplande af varierende typologi (se tabel 1). Forud for hvert af udløbende renses vandet først gennem et sandfang og derefter gennem et HydroFilter.

I undersøgelsen er fundet, at indløbskoncentrationerne til rensenhederne ved Kærholm er på niveau med afstrømningskoncentrationerne fra lignende oplandstypologier i RegnKvalitets-databasen [4].

Ved Kærholm reducerer HydroFilterne kobberkoncentrationerne med en middelværdi på 15% (Østlige brønd), 46% (Sydlige brønd) og 43% (Nordlige brønd), hvilket er lavere end den forventede rensesgrad på 60-80% i et vådt regnvandsbassin (tabel 1).

Det er værd at bemærke, at den samme

type filter har forskellig renseseffekt ved de 3 brønde. Renseeffekten er lavest og mest varierende ved den Østlige brønd, som modtager regnafstrømning fra boligkarréens grønne område. Ved den Sydlige og Nordlige brønd renses filterne med højere effekt.

#### HydroFilter ved Holmens Kirke

Ved Holmens Kirke er der implementeret et lignende HydroFilter (som ved Kærholm) forud for et udløb til Københavns havn. Af tabel 1 fremgår det, at filteret reducerer kobberkoncentrationerne med en middelværdi på 97% og i intervallet 95-99% under hele målekampagnen. Dette er dermed en højere og mere stabil effekt end ved Kærholm.

Forskellen på de to lokationer er bl.a., at der ved Holmens Kirke kun ledes tagvand til filteret og kobberkoncentrationerne i indløbsvandet til renseløsningen er højere, hvorimod der ved Kærholm ledes forskellige mængder af regnafstrømning fra tag, samt befæstede og grønne områder, til filtrene.

Ifølge Baum [7] er en af sårbarhederne ved sorptionsfiltre, at effekten af disse nedsættes, hvis ikke det partikulære materiale reduceres tilstrækkeligt inden det når filteret. Før filteret kan virke optimalt, kræver det, at regnafstrømningen kommer i kontakt med sorbenten, hvilket forudsætter, at dette ikke er tilklogget. Man bør derfor være særlig opmærksom på at reducere det partikulære materiale i oplande



med grønne områder, befæstelse eller andre overflader, der kan forventes at tilføre store mængder suspenderet stof, før vandet ledes til et sorptionsfilter. Især mindre partikler kan være udfordrende at få reduceret tilstrækkeligt i et sandfang og det er tillige typisk disse små partikler med store overflader som bl.a. tungmetaller sorberer til [8].

Trods den lave og varierende effekt ved Kærholm er middel-udløbskoncentrationerne af total kobber på 21  $\mu\text{g/l}$  (Østlige brønd), 39  $\mu\text{g/l}$  (Sydlige brønd) og 12  $\mu\text{g/l}$  (Nordlige brønd), under den vejledende emissionsgrænse på 39  $\mu\text{g/l}$  opløst kobber for det sammenlignede udløb fra Københavns Kommunes sårbarhedsskema.

## Opsummering

Undersøgelsen har vist, at anvendelsen af rensegrader tilsvarende et vådt regnvandsbassin kan være en blindgyde som argumentation for målopfyldelse. I undersøgelsen anvendte vi i stedet vejledende emissionsgrænser som sammenligningsgrundlag. Ved Margretheholm Havn renser den samlede løsning med højere rensegrad end et vådt regnvandsbassin, men reducerer på trods af dette ikke udløbskoncentrationerne til under den vejledende emissionsgrænse for det sammenlignede udløb. I modsætning til dette har resultaterne fra Kærholm vist, at renseløsningen her reducerer til under den vejledende emissionsgrænse på trods af, at renseløsningen renser med lavere rensegrad end et vådt regnvandsbassin. Ved Holmens Kirke er implementeret et tilsvarende filter som ved Kærholm, men her ses en højere rensegrad, da der i oplandet til Holmens Kirke kun er tagvand og ikke befæstelse og grønne områder, som indeholder mere suspenderet stof, der kan tilklogge filterne, som det forventes at være tilfældet ved Kærholm.

Behovet for rensning og en renseløsnings-effekt afhænger derfor i høj grad af den lokale kontekst (oplandstypologi, samt recipientens målsætning og tilstand), hvorfor disse parametre nødvendigvis må indgå i de indledende screeninger forud for en udledningstilladelse.

## Konklusion og perspektivering

Alternative renseløsninger kan have en ligeså god eller bedre renseseffekt som våde regnvandsbassiner, og bør derfor bringes mere i spil end de er i dag. For at understøtte anvendelsen af disse, kræver det en ny praksis for vores forvaltning af udledningstilladelser, hvor indledende screeninger og vejledende emissionsgrænser udgør fundamentet for de vilkår renseløsningerne skal leve op til. Ved at bevæge os væk fra alene at se på rensegrader

### Forventet indhold af forurenende stoffer i regnafstrømningen:

- Kortforsyningen.dk indeholder kortmateriale fra overflyvninger hvorfra nogle typologier i oplandet kan aflæses
- GIS kan anvendes til at registrere typologierne og beregne afstrømningsarealer
- RegnKvalitet indeholder en database, hvor afstrømningskoncentrationer ved forskellige oplandstypologier kan findes

### Recipientens nuværende tilstand og miljømål:

- PULS indeholder et værktøj, hvor udløbskoncentrationerne fra separate regnvandsudledninger til recipient kan registreres og dermed givet et samlet overblik over summen af de stofkoncentrationer som udledes til de enkelte recipienter
- Vejledende emissionsgrænser baseret på nuværende tilstand og målsætning i recipienten, kan anvendes som pejlemærke for renseløsningen og sikre proportionelle vilkår i udledningstilladelserne

Figur 3 Forslag til anvendte værktøjer i indledende screeninger.

og forståelsen af våde regnvandsbassiner som eneste BAT-mulighed, vil vi bedre kunne finde holdbare løsninger, der kan sikre vores byer mod oversvømmelser i fremtiden og overholdelse af miljøkvalitetskrav i vores recipienter.

Til disse screeninger findes der i dag allerede en række værktøjer, som med fordel kan anvendes (se figur 3):

Valget af renseløsning er en kompleks proces, som ovenstående undersøgelse viser. Et katalog, som kun forholder sig til renseløsninger er derfor næppe vejen frem. Et værktøj, der kan bidrage under valg af en renseløsning bør indeholde viden om forskellige renseløsningers effekt under forskellige forhold (oplandets typologi, samt kobling til andre renseløsninger). Jo mere data en sådan opsamling baseres på, jo større vil vores viden blive og potentialet for vellykkede projekter styrkes. Dette kræver bidrag fra alle parter, herunder de kommuner og forsyninger, som arbejder med implementering af alternative løsninger. Hvordan kommer vi så videre? Skal tovholderen for en sådan vidensopsamling og løbende drift være en af de bredere paraplyorganisationer: Miljøstyrelsen, KL, DANVA, DNNK eller Spildevandskomiteén? Eller skal det gribes an på en helt anden måde?

## Referencer

- [1] D. M. R. Jensen, K. Cederkvist og L. Baaner, »Udledningstilladelser for regnafstrømning baseret på BAT: En halvhjertet implementering af den kombinerede metode og en sovepude for teknologiudvikling« Tidsskrift for Miljø, vol. 2021, no. 2, pp. 53-62, 2021.
- [2] Miljøministeriet Naturstyrelsen, »Vedrørende krav til forurenende stoffer i udledningstilladelser« NST-469-00040, 26 Oktober 2011.
- [3] Natur- og Miljøklagenævnet, »Afgørelse i sag om tiladelse til udledning af overfladevand til vandløbet Byåen« NMK-10-00590, 25 november 2013.
- [4] C. B. Andersen, »Master's thesis 'Conditions for emis-

sions - An examination of the options for accommodating the environmental objectives of the EU's Water Framework Directive through the administration of urban stormwater discharge« Københavns Universitet, København, 2021.

- [5] B. M. Pedersen, »RegnKvalitet\_Vers1.3.« 2018. [Online]. Available: [https://www.regnvandskvalitet.dk/documents/RegnKvalitet\\_Vers1.3.xlsx](https://www.regnvandskvalitet.dk/documents/RegnKvalitet_Vers1.3.xlsx).
- [6] Teknik- og Miljøforvaltningen, »Forklarende notat om Københavns Kommunes sårbarhedsskema« 2017-0016439, 21 december 2017.
- [7] P. Baum, B. Kuch og U. Dittmer, »Adsorption of Metals to Particles in Urban Stormwater Runoff—Does Size Really Matter?« Water 2021, 13, 309, 2021.
- [8] S. T. Ingvertsen, M. B. Jensen og J. Magid, »A minimum data set of water quality parameters to assess and compare treatment efficiency of stormwater facilities« Journal of Environmental Quality, bind 40, nr. 5, pp. 1488-1502, 2011.
- [9] S. Gabriel, T. H. Larsen og J. Vollertsen, »BAT baggrundsrapport - Lokale nedslivningsog renseløsninger« Aalborg Universitet, Danmarks Tekniske Universitet, Teknologisk institut &, 2012.
- [10] J. Vollertsen, T. H. Jacobsen og A. H. Nielsen, »Faktablad om dimensionering af våde regnvandsbassiner« Aalborg Universitet, 2012.

CECILIE BRÆDDER ANDERSEN, Miljømedarbejder i Gentofte kommune. Uddannet Urbanlandskabsingeniør og Naturforvalter fra KU. Nærværende artikel er skrevet på baggrund af resultater fra netop forsvaret specialeafhandling [4]. E-mail: cban@gentofte.dk

PETER ENGELUND HOLM, Professor, Institut for Plante- og Miljøvidenskab, SCIENCE, KU. Underviser og forsker indenfor vand- og miljøvidenskab. E-mail: peho@plen.ku.dk  
KARIN CEDERKVIST, Konsulent ved NIRAS i Allerød. Uddannet Miljøkemiker fra Københavns Universitet. Arbejder til daglig med vandkvalitet i mange kontekster, bl.a. udledning af regnafstrømning. E-mail: kace@niras.dk