



**AALBORG UNIVERSITY**  
DENMARK

**Aalborg Universitet**

## **Våde regnvandsbassiner**

Vollertsen, Jes; Nielsen, Asbjørn Haaning; Rasmussen, Michael R.; Hvitved-Jacobsen, Thorkild

*Published in:*  
Mikroben

*Publication date:*  
2006

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

### *Citation for published version (APA):*

Vollertsen, J., Nielsen, A. H., Rasmussen, M. R., & Hvitved-Jacobsen, T. (2006). Våde regnvandsbassiner. *Mikroben*, 14(34), 4-9.

### **General rights**

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- ? Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- ? You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- ? You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

### **Take down policy**

If you believe that this document breaches copyright please contact us at [vbn@aub.aau.dk](mailto:vbn@aub.aau.dk) providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

## Den gamle dame SFFA fylder 20 år

Kan det være rigtigt, at tiden er gået så hurtigt tænker nok de fleste. Det er dog ikke til at komme udenom, men heldigvis holder hun sig stadig ung og frisk, og har oven i købet skiftet navn undervejs. Nu hedder hun ikke SFFA men SFØ, og er glad ved sit nye navn, og virker gladere og mere livskraftig end nogensinde, og er klar til at se fremtiden i møde med nye udfordringer.

I bestyrelsen har vi naturligvis tænkt os at fejre dagen med manér.

Festen løber af stabelen den 15. september, hvor vi starter med spildevandstræf på Mølleåværket, Renseanlæg Lundtofte i Lyngby-Taarbæk Kommune fra kl. 9.00 om morgenen. Træffet slutter ved 15-tiden.

Efter kl. 15 holdes åbent hus på renseanlægget i foreningens telt til kl. 18.

Aftenfesten starter kl. 18, på et endnu ukendt sted i nærheden.

Alle vore medlemmer, kolleger og forretningsforbindelser vil høre nærmere om festen, når vi nærmer os dagen. Men sæt allerede nu dagen af til en festlig aften med ægtefæller og kærester.

Bestyrelsen  
SFØ



## Våde regnvandsbassiner

Af Jes Vollertsen, Asbjørn Haaning Nielsen, Michael Rasmussen og Thorkild Hvitved-Jacobsen  
Aalborg Universitet, Sohngaardsholmsvej 57, 9000 Aalborg

Det separate regnvand betragtes i stigende grad som et forureningsmæssigt problem, idet udledning af separat, urensset regnvand for en række recipienter betyder, at der ikke kan opretholdes en god økologisk kvalitet i recipienten. Om 9 år, i 2015, skal EU's vandrammedirektiv være implementeret, og det må forventes, at direktivet får betydning for kommunernes håndtering af de vandige recipienter.

I dag har vi kun en usikker fornemmelse af, hvordan vandrammedirektivet kommer til at

påvirke håndteringen af byens vand og dermed kommunerne, men kernen i direktivet er, at den naturmæssige og økologiske kvalitet af det samlede vandkredsløb ikke må forringes. Kommunerne kommer efter alt at dømme til at sikre, at byens udledning af regnvand ikke forringer de økologiske og naturmæssige værdier i vandmiljøet.

Det ville være utopisk at forestille sig egentlige udlederkrav til separate regnvandsudledninger, idet overholdelsen heraf i praksis ikke kan kontrolleres. I stedet må man forvente krav til

anvendelse af den bedst tilgængelige teknologi, der kan leve op til direktivets intentioner. Myndighederne har endnu ikke meldt konkret ud med hvilke teknologier, man mener, er bedst egnede til rensning af byernes separate regnvand. Erfaringer fra udlandet viser da også, at flere forskellige teknologier kan komme på tale (FHWA, 1996).

### Teknologier til rensning af separat regnvand

Den teknologiske udfordring ved rensning af separat regnvand ligger dels i, at regn optræder sporadisk og med store



forskelle i intensitet, og dels i, at vandet er ganske fortyndet. I Danmark regner det kun cirka 5% af tiden, og der kan forekomme langvarige tørvejrperioder. De anvendte renseteknologier skal kunne håndtere såvel disse tørvejrperioder som den efterfølgende regn, der ofte er høj-intens (tordenskylle). Anlæggene skal kunne fungere over et stort spænd af vandføringer, idet de, ud over de kortvarige, høj-intense regn, også skal kunne håndtere langvarige, lav-intense regn.

Vandet der skal renses er relativt rent - i alt fald sammenlignet med spildevand fra byens kloakker (Tabel 1). Den samlede mængde af afstrømmende regnvand er dog stor, og samlet set er forureningsbelastningen fra separate regnvandsudledninger betragtelig. Renseteknologisk set er det en udfordring at opnå høje rensegrader ved rensning af vand med lave koncentrationer af forurenende stoffer.

**Tabel 1. Typiske koncentrationsniveauer for udvalgte stoffer i afstrømmende regnvand i Danmark (PH-Consult, 1989).**

Stof	Koncentration
TSS [mg/l]	30-100
COD [mg/l]	40-60
BOD5 [mg/l]	5
Total N [mg/l]	2
Total P [mg/l]	0,5
Bly [ $\mu$ g/l]	50-150*
Zink [ $\mu$ g/l]	300-500
Kobber [ $\mu$ g/l]	5-40
Cadmium [ $\mu$ g/l]	0,5-4
E. coli (pr 100 ml)	1.000-10.000

\* målinger gennemført før virkning af reduceret blyindhold i benzin viste markant effekt. I dag er koncentrationsintervallet snarere 20-40  $\mu$ g/l.



Figur 1. Et vådt regnvandsbassin indpasset i et vejanlæg. Billede udlånt af Statsbygg, Oslo, Norge.

På grund af de store vandføringer der forekommer, er et tredje og ikke uvæsentligt hensyn ved valg af teknologi til rensning af separat regnvand, at anlæggene skal placeres decentralt, og at der derfor skal etableres mange anlæg. Det enkelte anlæg skal følgelig være robust og driften skal være simpel og billig.

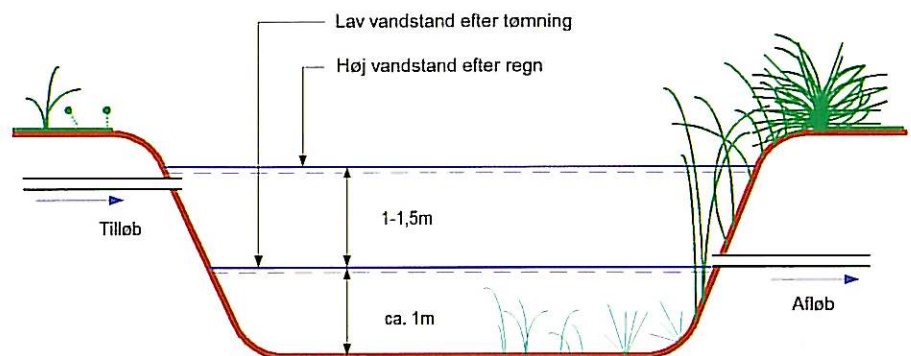
Der har gennem tiderne været anvendt en række teknologier til at rense separat regnvand: Tørre bassiner, våde bassiner, konstruerede vådområder, infiltrationsbassiner, infiltrationsgrøfter og permeable belægninger er nogle af de mest almindelige og effek-

tive (FHWA, 1996). Af disse har især de våde bassiner vundet udbredelse i USA, Canada og visse europæiske lande, idet de har vist sig at være driftsikre og effektive overfor en lang række miljøbelastende stoffer.

### Våde regnvandsbassiner

Et vådt regnvandsbassin skal kunne rense regnvandet via de naturligt forløbende processer i "søen". Dette krav skal dog ikke forhindre, at systemet indpasses æstetisk og rekreativt i bymiljøet og bliver en aktiv del af byarkitekturen (Figur 1). Ud over ingeniørens medvirken bliver der derfor også behov for både landskabsarkitekter og borgerinddragelse.

Et vådt bassin er designet til at opsamle regnvand og langsomt dræne det videre til recipienten. Herved opnås dels en hydraulisk beskyttelse af recipienten, og dels en rensning af vandet. Ved at sikre opholdstider på adskillige dage foregår rensprocesser, der er sammenlignelige med de processer, der sker i en lille og lavvandet sø, nemlig biologisk nedbrydning, optag af forurenende stoffer i planter og akkumulering af forurenende



Figur 2. Principskitse af et vådt regnvandsbassin. Det nederste vandvolumen er bassinets permanente volumen og det øverste vandvolumen er bassinets magasin volumen.





stoffer i bundsedimentet (Figur 2). Som navnet siger skal et vådt regnvandsbassin være "vådt". Dvs. det skal have et permanent vandspejl hele året rundt. Får bassinet lov at tørre ud om sommeren, vil der ske erosion af bundsedimentet og dermed frigivelse af forurenende stoffer når der igen kommer regn, og bassinets renseseffektivitet vil falde.

De tre vigtigste rensprocesser i et vådt regnvandsbassin er:

- \* Sedimentation af partikulært stof med efterfølgende ophobning i bundsedimentet.
- \* Optag af forurenende stoffer i plantebiomassen og efterfølgende ophobning i bundsedimentet.
- \* Adsorption af stof på faste overflader (bassinets bund og planters overflader).

En stor andel af det forurenende stof indeholdt i afstrømmende regnvand er knyttet til partikler, og især sedimentation er derfor af stor betydning for rensning i et vådt regnvandsbassin. Et korrekt udformet bassin opnår dog også høje fjernelsesgrader af ikke-bundfældeligt stof (opløst stof og kolloider), idet en del af disse bliver optaget af planter, der igen henfalder og bliver en del af bundsedimentet, og fordi en del af de opløste og kolloide stoffer adsorberes til overflader i bassinet.

Betragtes renseseffekten for den enkelte regnhændelse, ses et ret broget billede. For nogle regnhændelser er renseseffektiviteten meget høj, mens den for andre er lav. Det kan være svært at pege på, hvad der konkret gør disse udsving, men erfaringen viser, at variationerne udjævnes over

året. Heldigvis spiller det ingen praktisk rolle, at der forekommer udsving i renseseffektiviteten, idet de forurenende stoffers skadevirkning sker som akkumuleret effekt, og ikke som akut effekt. Med andre ord, det er den samlede belastning over en længere periode, der er af betydning, ikke den akutte koncentration i den enkelte hændelse. Tabel 2 giver et fingerpeg om rensesgrader der kan opnås ved et veludført regnvandsbassin.

**Tabel 2. Typiske årsmiddelværdier for rensesgrader for udvalgte stoffer i et veldimensioneret og veldesignet vådt regnvandsbassin (FHWA, 1996; Petterson et al, 1999; Åstebøl and Hvitved-Jacobsen, 2002).**

Stof	Rensegrad (%)
TSS	70-80
Total P	55-65
Total N	30-35
Bly	65-75
Zink	45-55

#### Dimensionering af et vådt regnvandsbassin

Vandets opholdstid er en grundlæggende parameter for design af et vådt regnvandsbassin. Opholdstiden bestemmes af det permanente volumen og magasinvolumenet (Figur 2), og begge volumener bidrager til rensning af vandet. Der findes såvel meget simple som mere komplekse og datakrævende dimensioneringsmetoder, og metoderne kan fx opdeles i 4 forskellige tilgange:

- \* Arealforhold. Princippet i denne dimensioneringsmetode er simpelt, idet metoden baserer sig på empirisk viden om en fornuftig arealbelastning, formuleret som bassin-

areal i forhold til oplandsareal (Petterson et al., 1999).

- \* Medianregnsmetoden. Dimensioneringsprincippet hviler på et kendskab til en medianregn i oplandet. Ud fra kendskab til renseseffekter fra andre typer oplande, er det muligt at opstille en empirisk sammenhæng mellem medianregn, bassinvolumen og renseseffekt (USEPA, 1986; Hvitved-Jacobsen et al., 1994).
- \* Tørvejrperiodens varighed. Det er længden af tørvejrperioden mellem regnhændelserne, der er afgørende for vandets opholdstid i bassinet, snarere end længden af regnhændelsen. Ved at analysere regnserier for andre - og væsentligt længere - tørvejrperioder end dem, der er blevet anvendt i traditionel afløbsteknik, er det muligt at bestemme bassinets størrelse (Hvitved-Jacobsen and Yousef, 1988).
- \* Procesdesign. Metoden bygger på, at der opstilles en model for stoffjernelsen i bassinet, der så gennemregnes med historiske regnserier som hydraulisk indgangsparameter. Metoden kræver endvidere et rimeligt kendskab til indløbskoncentrationen for de betragtede stoffer, samt et procesudtryk til beskrivelse af stoffernes fjernelse (Hvitved-Jacobsen et al., 1994).

Anvendelsen af de 4 metoder for bestemmelse af bassinvolumenet vil under danske forhold typisk resultere i et bassin volumen (magasinvolumen) på 180-250 m<sup>3</sup>/red.ha, hvis de i Tabel 2 beskrevne rensesgrader skal opnås. Mindre bassiner vil naturligvis give ringere rensesgrader, mens større bassiner ikke vil give stør-



re rensegrader, idet man støder hovedet mod loftet for denne renseteknologis muligheder.

### Udformning af et vådt regnvandsbassin

Bassinvolumenet er en basal parameter for udformningen af et vådt bassin. Der er dog også en lang række andre parametre, der skal være opfyldt, for at et vådt regnvandsbassin kommer til at fungere hensigtsmæssigt:

- \* Bassinet bør indeholde et sandfang for at mindske tilsandning af selve det våde regnvandsbassin - enten i form af et egentligt sandfang før selve bassinet, eller i form af et lille for-bassin.
- \* Vandybden skal være passende. Ved at vælge en vanddybde af det permanente vandvolumen på omtrent 1 m, sikres at bassinet er tilstrækkeligt

lavvandet til, at planter kan gro, tilstrækkeligt dybt til at bassinet ikke tørrer ud pga. fordampning, samt at der er tilstrækkelig kapacitet til, at kunne opmagasinere slam i bassinet. Bliver det permanente vandspejl meget dybere end 1 m, risikerer man, at der om sommeren opstår iltfri forhold på bunden af "søen", med dertil hørende problemer i form af frigivelse af stof fra bundsedimentet (tungmetaller, fosfor) og dannelse af lugt (svovlbrinte).

- \* Magasinvolumenet skal være passende stort til at kunne forsinke det afstrømmende regnvand, således at der ikke opstår hydraulisk overbelastning af nedstrøms recipienter. Magasinvolumenet sikrer endvidere, at det afstrømmede regnvand får en tilstrækkelig opholdstid

til at kunne renses effektivt.

\* Det skal sikres at hele bassinet udnyttes, det vil sige at der ikke må forekomme døde zoner i bassinet. Dette sikres bl.a. ved at lave bassinet langsgennemstrømmet, enten ved at lave bassinet langt og smalt eller ved at placere dæmninger i bassinet.

\* Skråningerne skal have et passende anlæg, så de er lette at vedligeholde og ikke udgør nogen risiko for publikum.

\* Tilløb og afløb skal konstrueres hensigtsmæssigt, således at erosion (tilløb) og tilstopning (udløb) undgås.

\* Bassinet bør beplantes, dels for at øge stoffjernelsen, og dels af æstetiske hensyn.

\* Bassinet bør udformes så det indgår i omgivelserne som et rekreativt og arkitektonisk element.



## Watergroup

En solid partner

Driftssikre løsninger med de kendte produkter fra:

MEVA  
 DYNASAND®  
 ZICKERT  
 NOXON®  
 NOPON  
 LANDUSTRIE  
 RAUSCHERT

Watergroup-Rauschert a/s

Hovedgaden 25 · 3460 Birkerød · Tlf. 4582 5807 · Fax 4582 5001



I Figur 1 og Figur 3 ses eksempler på, hvordan våde regnvandsbassiner kan indpasses i forskellige typer af by.



Figur 3. Et vådt regnvandsbassin indpasset i et boligområde. Billede udlånt af Statsbyg, Oslo, Norge.

Bassinernes levetid hænger sammen med den mængde suspenderet stof der tilledes bassinet, og kan dermed estimeres ud fra Tabel 1. Den tungere del af det suspendede stof - sandet og gruset - tilbageholdes i sandfanget, mens den lettere del bundfælder i bassinet. Endvidere vil henfald af planter medvirke til dannelsen af bundsediment. Erfaringer for veldimensionerede bassiner viser, at sedimentlaget på bassinets bund øges med cirka 1/2 cm om året.

#### Et eksempel

Det våde regnvandsbassin vist i Figur 4 modtager afstrømmende regnvand fra E6 motorvejen i Oslo. Bassinet er anlagt specielt

med henblik på at blive monitoreret, og er udstyret med vandføningsmålere i indløb såvel som udløb, og der er over en 1-årig periode (maj 2003 - april 2004) kontinuert udtaget vandprøver fra bassinet - der foreligger dermed en usædvanlig grundig dokumentation for bassinets funktion.

Bassinet er opbygget i henhold til vejledninger i USEPA (1986) og Hvitved-Jacobsen et al. (1994). Bassinet har en opholdstid på over 72 timer, ved en gentagelsesperiode for underskridelse af opholdstiden på 3-4 måneder. De opnåede rensegrader er vist i Tabel 3, og ved sammenligning med typiske værdier i Tabel 2

# FR

## FR Kemi ApS

◆ Tåstruphøj 36 ◆ 4300 Holbæk ◆ Tlf. 5943 5503 ◆ Fax 5943 5605 ◆  
◆ www.fr-kemi.dk ◆ fr-kemi@fr-kemi.dk ◆

### FR leverer indenfor følgende områder:

- ◆ Rengøring og vedligeholdelse
- ◆ Opvaskemidler og vaskepulver
- ◆ Rengøringsmidler på flasker
- ◆ Alkalisk affedtning
- ◆ Organiske opløsningsmidler
- ◆ Tilbehør og hjælpemidler
- ◆ Svanemærkede produkter
- ◆ Aerosoler
- ◆ Vinterprodukter
- ◆ Specialprodukter
- ◆ Papirvarer
- ◆ Håndplejemidler
- ◆ Luftrensere
- ◆ Private label

◆◆◆ din leverandør  
til det meste  
og de fleste ◆◆◆



Ønsker du den optimale afvanding af slammet i din Afvander, Sibåndspresser eller Kammerfilterpresser kan du med fordel bruge **Benco Extra/Duge** til af fjerne jern, kalk, fedt, m.m.



**Tabel 3. Årsmiddelværdi af stofkoncentrationer i indløb og udløb samt den resulterende årsmiddelværdi for rensegraden (Åstebøl og Coward, 2004).**

	Indløb	Udløb	Rensegrad
TSS	276 g/m <sup>3</sup>	43 g/m <sup>3</sup>	84 %
Total P	0,674 g/m <sup>3</sup>	0,262 g/m <sup>3</sup>	61 %
Biotilgængelig P	0,388 g/m <sup>3</sup>	0,146 g/m <sup>3</sup>	62 %
Total N	1,49 g/m <sup>3</sup>	1,05 g/m <sup>3</sup>	30 %
Olie & fedt	5,0 g/m <sup>3</sup>	0,9 g/m <sup>3</sup>	82 %
Konduktivitet	39 mS/m	42 mS/m	-
pH	7.39	7.60	-
Total PAH	1,77 mg/m <sup>3</sup>	0,26 mg/m <sup>3</sup>	85%
4-PAH	0,43 mg/m <sup>3</sup>	0,05 mg/m <sup>3</sup>	88%
Bly	17,1 mg/m <sup>3</sup>	4,1 mg/m <sup>3</sup>	76%
Cadmium	0,21 mg/m <sup>3</sup>	0,08 mg/m <sup>3</sup>	62%
Kobber	86 mg/m <sup>3</sup>	36 mg/m <sup>3</sup>	58%
Zink	272 mg/m <sup>3</sup>	78 mg/m <sup>3</sup>	71%

ses, at bassinets renseeffektivitet ligger i den pæne ende af intervallerne.

### Sammenfatning og diskussion

Separatkloakerede oplande bidrager med en forureningsbelastning af vores recipienter, der i det lange løb må tages hånd om. Tidligere dominerede andre forureningskilder byernes samlede forureningsbelastning: overløb fra fælleskloakerede oplande og udledninger fra byers og industriens renseanlæg. Efterhånden

som disse forureningskilder bliver begrænsede, får de separate regnvandsudledninger relativt set en væsentlig betydning, og vil blive afkrævet en reduktion i miljøbelastning.

Korrekt designede og hensigtsmæssigt udformede våde regnvandsbassiner er en effektiv, driftsikker og økonomisk overkommelig teknologi til rensning af separat regnvand. Våde regnvandsbassiner har dog kun fundet anvendelse i beskedent omfang i Danmark, mens konceptet er udbredt i en række andre lande - ikke mindst USA, hvor denne teknologi allerede i begyndelsen af 80'erne fandt udstrakt anvendelse. Det er også fra USA, at en stor del af driftserfaringerne med våde regnvandsbassiner stammer.

Konceptet kan og bør samtidigt indpasses i byens arkitektur, således at bassinerne indgår som et rekreativt element i bymiljøet, og ikke fremstår som en "teknisk installation". Denne intensi- on falder i tråd med det i dag

udbredte ønske om, at "vand i byen" skal være en del af byarkitekturen.

Ved at etablere tekniske rensinstallationer der ligner naturlige vandmiljøer, kan vi opnå flere gevinster med samme tiltag: Vi arbejder for at opfylde EU's vandrammedirektiv, således at vores recipienter får en "god økologisk tilstand", og samtidigt bidrager vi til et godt bymiljø og en smuk byarkitektur.

### Referencer

- FHWA (1996). Evaluation and management of highway runoff water quality. US Department of Transportation, Federal Highway Administration (FHWA), Washington D.C., USA, FHWA-PD-96-032
- PH-Consult, (1989). Bearbejdning af danske måledata af regn og stoftransport, rapport til Miljøstyrelsen, p. 86.
- Petterson T J R, German J and Svensson G (1999). Pollutant removal efficiency in two stormwater ponds in Sweden. In: Proceedings of the 8th international Conference on Urban Storm Drainage, Sydney, Australia, August 30 - September 3, 1999, 866-873, ISBN 0-85825-718-1.
- USEPA (1986). Methodology for analysis of detention basins for control of urban runoff quality. US Environmental Protection Agency, Office of Nonpoint Source Branch, report no. USEPA 440/5-87-001, Washington D.C., USA, p. 51.
- Hvitved-Jacobsen, T., N.B. Johansen and Y.A. Yousef (1994), Treatment systems for urban and highway run-off in Denmark, The Science of the Total Environment 146/147, 499-506.
- Hvitved-Jacobsen, T. and Y.A. Yousef (1988) Analysis of rainfall series in the design of urban drainage control systems. Water Res., 22, 491-496
- Åstebøl S O, Hvitved-Jacobsen T and Simonsen Ø (2004). Sustainable stormwater management at Fornebu - from an airport to an industrial and residential area of the city of Oslo, Norway. The Science of the Total Environment, vol. 334-335, 239-249.
- Åstebøl, S.O. and J.E. Coward (2004). Overvågning av rensbasseng for overvann fra E6 Skullerudkrysset i Oslo, 2003-2004. Rapport fra Cowi as, Norge, til Statens Vegvesen, Norge. pp 29



*Figur 4. Det våde regnvandsbassin i Skullerud krydset, Oslo, Norge. Billede udlånt af Statsbyg, Oslo, Norge.*