

# Biologisk nedbrydning af miljøfremmede stoffer i spildevand

Nedbrydning af miljøfremmede stoffer i spildevand undersøges ved optimeringsforsøg i et biologisk pilotrenseanlæg på renseanlægget Lynetten. Formålet er at kortlægge de styrende procesmekanismer mhp. at optimere den biologiske nedbrydning af miljøfremmede stoffer

Af ph.d.-studerende Kåre Press-Kristensen, Miljø & Ressourcer, DTU og projektkoordinator Carsten Thirsing, Lynettefællesskabet I/S

Spildevand fra moderne bysamfund er en kompleks cocktail af miljøfremmede stoffer. Anvendelsen af hygiejneprodukter, farmaceutiske stoffer, rengøringsmidler og kemikalier i industrien, husholdningerne og på hospitalerne er væsentlige kilder. Men også forurenede regn bidrager med miljøfremmede stoffer.

Der eksisterer intet samlet overblik over miljøfremmede stoffers skæbne i renseanlæggene, men en lang række af stofferne passerer renseanlæggene og genfindes i vandmiljøet, hvor kønsforstyrrede fisk er en velkendt forureningseffekt. Stofferne udgør en trussel for drikkevandsforsyningen i lande, der udnytter overfladevand til drikkevand, og mange forureningseffekter er endnu ukendte. Miljøfremmede stoffer skal derfor fjernes bedre i renseanlæggene. I den forbindelse spiller den biologiske nedbrydning en væsentlig rolle, men vores viden herom er yderst begrænset.

## Miljøfremmede stoffer i spildevand

Ud fra deklARATIONEN på almindelige hygiejne- og rengø-

ningsprodukter er det estimeret, at gråt spildevand (husholdningsspildevand uden toiletspildevand) fra en typisk dansk husholdning indeholder mere end 900 forskellige miljøfremmede stoffer [1]. I Holland anvendes desuden omkring 850 aktivstoffer i de registrerede medikamenter, der via urin og fækalier kan havne i toiletspildevandet [2]. En litteraturgennemgang viser, at mindst 640 miljøfremmede stoffer kan forventes i regnvand [3]. Dertil kommer de 100.000 kemikalier, der er registreret i ESIS (European chemical Substances Information System) og ukendte stoffer og nedbrydningsprodukter. Samlet anslås det, at almindeligt byspildevand indeholder titusinder af forskellige miljøfremmede stoffer ved indløbet til renseanlæggene.

## Nuværende fjernelse i renseanlæg

Selvom nuværende renseanlæg ikke er designet til at fjerne miljøfremmede stoffer, så har flere anlæg en forholdsvis høj renseseffekt via kemisk eller biologisk nedbrydning, stripping



Ph.d.-studerende Kåre Press-Kristensen foran SRO-anlægget, der muliggør en nøje styring af det fuldautomatiske pilot-renseanlæg.

Flow	10 m <sup>3</sup> /d	
Slamalder	20 døgn	
Hydraulisk opholdstid	1,5 døgn	
Volumen	Bio-P tank	1,7 m <sup>3</sup>
	Luftningstank 1	5,1 m <sup>3</sup>
	Luftningstank 2	5,1 m <sup>3</sup>
	Efterklaringsstank	3,7 m <sup>3</sup>
	Total	15,6 m <sup>3</sup>

Anlægsdata for pilotanlægget.

(aktiv fordampning) og sorption til slammet. Sidstnævnte er årsagen til, at meget spildevandsslam ikke længere kan anvendes i landbruget og i stedet må brændes eller deponeres.

Erfaringer med biologisk nedbrydning viser, at øget hydraulisk opholdstid og øget slamalder fremmer nedbrydningen af miljøfremmede stoffer. Der mangler dog fortsat systematiske og detaljerede undersøgelser, der kan bruges som grundlag for optimering af nedbrydningen.

#### Effekter i det akvatiske miljø

Den generelle erfaring viser, at fortynding, udjævning og fjernelse i kloaker, renseanlægget og recipienten reducerer koncentrationen af miljøfremmede stoffer til omkring eller under et mikrogram pr. liter i det akvatiske miljø. Lokale industrier kan naturligvis øge niveauet betydeligt. Den største miljørisiko er derfor forbundet med miljøfremmede stoffer, der har effekter under et mikrogram pr. liter. Det gælder primært stoffer med en specifik økotoksikologisk virkning, f.eks. hormonforstyrrende stoffer som østrogen og visse phenoler og phthalater.

For hovedparten af de farmaceutiske stoffer er miljøeffekten ukendt. Stofferne er designet, så de har en specifik biologisk virkning og er ekstremt potente i meget lave koncentrationer. Mange er bioakkumulerende, og der må derfor forventes toksiske effekter i det akvatiske miljø. Men man ved ikke, hvilke miljøeffekter f.eks. blodtryksdæmpende midler eller epilepsimedicin har på naturens millioner af forskellige arter, så forskerne er fortsat på bar bund. Vi ved ikke, hvilke miljøeffekter der skal overvåges i vandmiljøet, eller hvilke laboratorieforsøg, der kan afsløre stoffernes specifikke giftvirkning.

For at understrege vigtigheden af at tage højde for de farmaceutiske stoffers specifikke giftvirkning kan nævnes, at hvis p-pille-østrogens specifikke virkning i form af hormonforstyrrende effekt udelades fra risikovurderingen, vil man undervurdere toksiciteten for fisk omkring en million gange.

#### Grænseværdier

Der eksisterer ingen grænseværdier for udledning af miljøfremmede stoffer fra kommunale renseanlæg, selvom miljøeffekterne af forureningen har været kendt i årtier. Det skal sandsynligvis tilskrives, at der ikke er en gennemarbejdet dansk eller international strategi for fjernelse af miljøfremmede stoffer i renseanlæg. Renseteknikkerne er dårlig belyst, og der mangler en samlet belastningsanalyse med fokus på renseanlæggenes belastning af recipienterne. ▶

Det drejer sig om mennesker

## Vi hjælper naturen med miljøvenlige gasser

Jord, vand og luft er forurenet. Strandmøllens miljøløsninger hjælper naturen. Vi har stor erfaring i udvikling af individuelle gasløsninger i tæt samarbejde med kunder inden for miljøsektoren.

**Eksempel på samarbejde med kunderne:**

- Etablering af dialog
- Afdekning af indsatsområde(r)
- Indikation af løsningsforslag
- Forsøgsrække og løsningsstilpasning
- Evaluering
- Implementering af gasløsning

**Eksempler på brug af gasser til miljøopgaver:**

**Oxygen**    Itring af søer, dambrug, spildevand og affaldsforbrænding

**CO<sub>2</sub>**      pH-regulering af drikkevand og badevand i svømmehaller

**Ozon**        Nedsættelse af klorforbrug, Konditionering af spildevand i biologiske rensningsanlæg, Rensning af jord forurenet med olie eller kemikalier

**Nitrogen**    Dækning af oxiderbare eller flygtige kemikalier

Strandmøllen lægger vægt på at løse opgaver til kundens tilfredshed, derfor følger vi kunden i opstartsfasen og sikrer, at den endelige løsning også bliver den optimale.

Tag os med på råd.  
Ring til os og få en snak om miljøgasser

**STRANDMØLLEN INDUSTRIGAS A/S**

T 45 80 30 05 • F 45 80 30 17 • [www.strandmollen.dk](http://www.strandmollen.dk) • [info@strandmollen.dk](mailto:info@strandmollen.dk)



Projektkoordinator Carsten Thirsing (Lynettefællesskabet I/S) og i baggrunden ph.d.-studerende Kåre Press-Kristensen ved den automatiske prøveudtager.

**Fakta om pilotanlægget**

Pilotanlægget (forhold 1:14.700) er en kopi af Lynettens fuldskalaanlæg efter primær bundfældning.

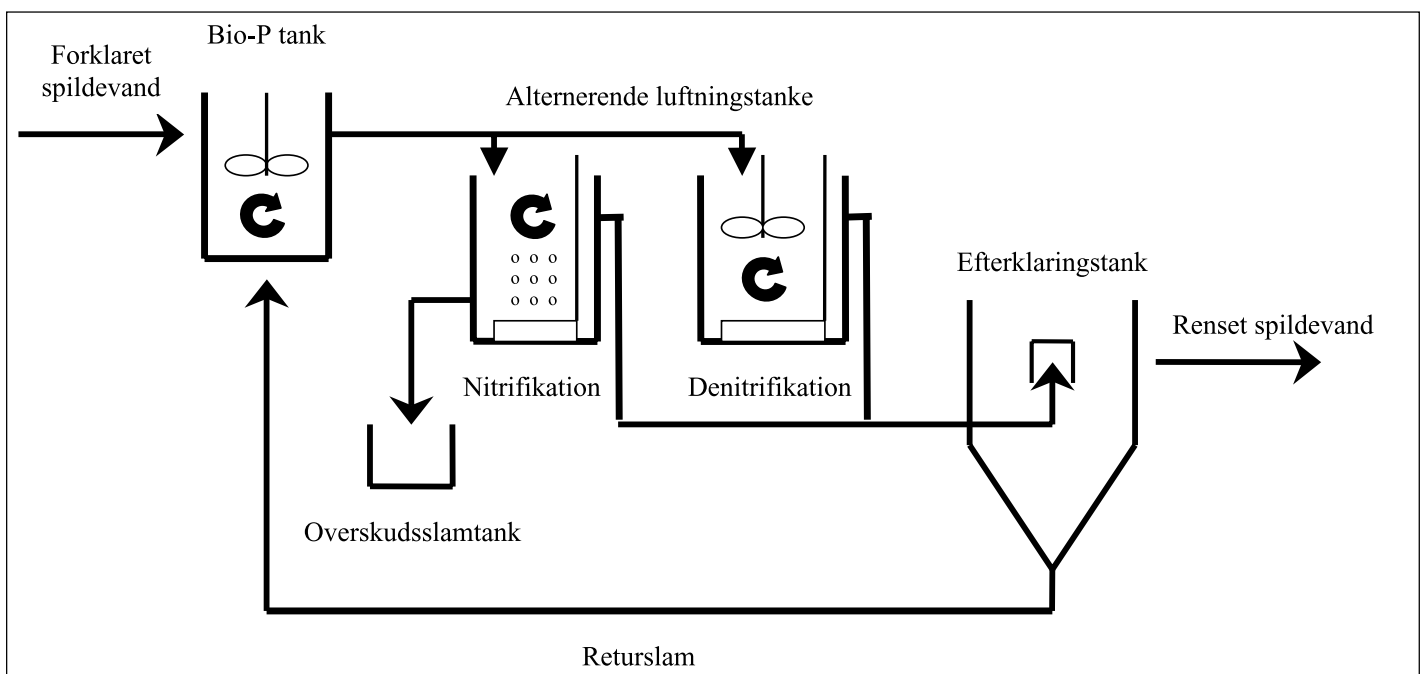
Tilløbet til anlægget er derfor forklaret spildevand fra fuldskalaanlægget, og pilotanlægget indeholder følgende hovedenheder: Bio-P-tank, to luftningstanke og en efterklaringstank. Bio-P-tanken er inddelt i fem mindre tanke mhp. fordenitrifikation, biomasse-selektion og egentlige Bio-P-processer. Anlægget drives efter Bio-Deniphospho-princippet.

I Bio-P-tanken blandes det forklarede spildevand med returslam fra efterklaringstanken under anaerobe forhold, hvilket er første skridt i den biologiske P-fjernelse. Derfra strømmes spildevandet videre ind i luftningstankene, der drives alternerende,

dvs. skiftevis aerobe faser (nitrifikation) og anoxiske faser (denitrifikation). Samtidig mineraliseres organisk stof, slammet optager store mængder phosphor, og de fleste patogener udkonkurreres af spildevandsbakterierne.

I efterklaringstanken bundfælder slammet og returneres til Bio-P-tanken. Det rensede vand udtages via et overløb. Overskudsslam udtages automatisk fra den ene luftningstank via en overskudsslamtank.

Procesovervågningen og processtyringen foretages af et centralt opstillet SRO-anlæg af typen TAC 2000. Derved kan mængden af udtaget overskudsslam nøje defineres, og slamalderen kan ændres til det ønskede. Ligeledes kan redoxforholdene reguleres ved at ændre på luftindblæsningen og på længden



Principskitse af pilotanlægget.

af faserne i luftningstankene eller ved at afkoble Bio-P-tanken fra anlægget.

### Udvalgte modelstoffer

Stofferne udvælges ud fra tre hovedkriterier: De måles hyppigt i udløbet fra renselanlæg i hele verden, de målte udløbskoncentrationer udgør en trussel for miljøet eller drikkevandsressourcerne, og stofferne forventes at være biologisk nedbrydelige i renselanlæg. Dertil kommer underkriterier som analysemuligheder, ekstrapolationsmuligheder og andre praktiske forhold.

Nedbrydningsforsøgene på pilotanlægget udføres 2005-06 med fem udvalgte miljøfremmede stoffer som modelstoffer. To industrikemikalier (nonylphenol og bisphenol-A), 17 $\alpha$ -ethinyløstradiol (p-pille-østrogen) og to endnu ikke udvalgte farmaceutiske stoffer f.eks. aktivstofferne i blodtryksdæmpende præparater, lykkepiller, antibiotikum, epilepsimedicin eller smertestillende medicin.

Nonylphenol bruges som rent stof i visse industrier, men er primært et nedbrydningsprodukt fra non-ioniske detergenter, der fortsat findes i mange vaske- og rengøringsmidler. Bisphenol-A er primært et mellemprodukt ved industriel fremstilling af polycarbonat, men frigives fra urenheder i færdigvarer, der bl.a. omfatter den indvendige overflade af konservesdåser, sutteflasker og andre plastprodukter.

17 $\alpha$ -ethinyløstradiol stammer hovedsagelig fra p-piller og udskilles primært gennem urinen.

Alle tre stoffer anses for hormonforstyrrende og belastningen fra renselanlæg anses for medvirkende til kønsforstyrrelser hos hanfisk og andre akvatiske organismer. Udløbskoncentrationer

fra renselanlæg er typisk et par mikrogram pr. liter for nonylphenol og bisphenol-A, mens 17 $\alpha$ -ethinyløstradiol ofte måles i udløbskoncentrationer nede omkring et par nanogram pr. liter. Til gengæld anses hormonvirkningen af 17 $\alpha$ -ethinyløstradiol for 1.000-10.000 gange så kraftig som virkningen af de to industrikemikalier.

### Forsøgene på pilotanlægget

Modelstoffernes nedbrydning undersøges ved kontrollerede forsøg i pilotrenselanlægget.

Hypotesen er, at nedbrydningen af miljøfremmede stoffer kan fremmes ved at stimulere de eksisterende blandingskulturer af mikroorganismer via optimale fysisk-kemiske forhold.

Som referencescenarium undersøges den biologiske nedbrydning af modelstofferne under driftsforhold svarende til fuldskalaanlægget. Dernæst undersøges øget hydraulisk opholdstid (længere reaktionstid) i anlægget som helhed og i udvalgte delprocesser samt effekten af at øge slamalderen for at skabe en optimal koncentration og sammensætning af biomasse. Desuden eksperimenteres der med redoxforhold og tilsætning af biomasse tilpasset til nedbrydning af modelstofferne. Endelig undersøges forskellige kombinationer af ovenstående forhold.

Parallelt med nedbrydningsforsøgene udføres der forsøg for at kvantificere abiotiske fjernelsesmekanismer, primært sorption, stripping og kemisk nedbrydning. Effekten på de traditionelle renseparametre følges, så renseseffekten for organisk stof og næringsstoffer ikke forringes. De ydre forhold overvåges (f.eks. regn og spildevandets temperatur) sideløbende med forsøgene.

Naturligvis vil resultaterne kun være valide for de undersøgte ►

# PÅLIDELIGE GAS MÅLINGER

## Photoacoustic Field Gas-Monitor 1412



Nyt brugervenligt måleinstrument baseret på PAS måleteknologi med mange fremragende egenskaber:

- Måler de fleste organiske og uorganiske gasser fra ppb til % niveau
- Måler 5 gasser og vanddamp
- Kompenserer for kendte interferenser og vand
- Kalibrering kun 1 - 2 gange om året

Det nye måleinstrument giver hurtige og pålidelige målinger ved anvendelse i en lang række applikationer - eksempelvis:

- Procesovervågning
- Kvalitetskontrol
- Arbejds miljø
- Ventilation og luftkvalitet
- Måling af drivhusgasser
- Forskningsopgaver

# NEW



Innova AirTech Instruments A/S  
Energivej 30 · DK-2750 Ballerup  
Denmark

Tel.: +45 44 20 01 00  
Fax.: +45 44 20 01 01  
innova@innova.dk

[www.innova.dk](http://www.innova.dk)



Ph.d.-studerende Kåre Press-Kristensen tager manuelt prøver direkte gennem dækslet øverst i de enkelte tanke. I baggrunden ses tre projektstuderende fra DTU.

modelstoffer, men ved at ekstrapolere til andre stofgrupper og udføre lignende forsøg, fås den anvendelsesorienterede og fremadrettede viden, der er nødvendig for at stoppe den kemiske forurening af det akvatiske miljø.

### Fremtidens renselanlæg

Ved at gennemføre ovenstående forsøg opnås der ny viden om de procesmekanismer, der er afgørende for at stimulere den biologiske nedbrydning af miljøfremmede stoffer i renselanlæg. Derved kan der opstilles kriterier for den hydrauliske opholdstid, slamalderen og styring af redoxforholdene for at optimere den eksisterende nedbrydning af miljøfremmede stoffer. Kriterierne skal integreres i de anvendte drifts- og dimensioneringsmodeller for nuværende og fremtidige renselanlæg, så modellerne fremover inddrager biologisk nedbrydning af miljøfremmede stoffer.

Biologisk nedbrydning kan imidlertid ikke stå alene. Der er fortsat behov for en effektiv forskning såvel som forbrugerin-

formation og kemikalieindsamling, så antallet og koncentrationen af de miljøfremmede stoffer i spildevandet reduceres og substitueres til letnedbrydelige stoffer.

E-mail-adresse

Kåre Press-Kristensen: kpk@er.dtu.dk

Carsten Thirsing: ct@lyn-is.dk

### Referencer

1. Eriksson E., Auffarth K., Henze H. & Ledin, A. (2002). Characteristics of grey wastewater. *Urban Water 4*, (pp. 85-104).
2. Derksen J.G.M., Rijs G.B.J. & Jongbloed R.H. (2004). Diffuse pollution of surface water by pharmaceutical products. *Water Science and Technology*, (pp. 213-221), Vol. 49, No. 3.
3. Eriksson E., Albrechtsen H.-J., Baun A., Boe-Hansen R., Mikkelsen P.S. & Ledin A (2002). Hazard identification of rainwater collected for non potable reuse in households. Discharged urban waters - Resource or risk? First World Wide Workshop for Junior Environmental Scientists, France.

## EUROPACAT VIII konference til Norden i 2007

Katalyse, der er en af dagens nøgleteknologier, forbinder kemi, fysik og kemiteknik. En katalysator fremskynder en kemisk reaktion uden selv at forbruges. Det var Jöns Jacob Berzelius, der definerede den katalytiske kraft i 1835.

Den store europæiske katalysekonference, EUROPACAT, afholdes hvert andet år. Næste sommer holdes konferencen, der plejer at samle omkring 1000 deltagere, i Sofia, Bulgarien. Det har længe været ønsket at holde konferencen i nordisk regi. Derfor tog Danmark, Finland, Norge og Sverige initiativet og foreslog den europæiske katalyseorganisation, EFCATS at EUROPACAT VIII år 2007 skulle holdes i Norden i Åbo (finsk: Turku), Finland. På sit møde i Berlin besluttede EFCATS at acceptere den fælles nordiske ansøgning med temaet »Katalyse – fra teori til industriel praksis«.

Konferencen vil omfatte alle aspekter af katalyse, lige fra katalytisk materiale, karakteriseringsmetoder og teoretiske beregninger til katalytisk reaktionsteknik. Biokatalyse og polymerisationskatalyse er en del af programmet, og det samme er

katalysens rolle i produktion af rene brændsler, fremstilling af naturgas og »hydrogen society«.

Konferencens videnskabelige komité har følgende medlemmer: Henrik Topsøe (DK), Ib Chorkendorff (DK), Outi Krause (FIN), Dmitry Murzin (FIN), Anders Holmen (N), Unni Olsbye (N), Magali Boutonnet (SE) og Ingemar Odenbrand (SE). Henrik Topsøe er formand for den videnskabelige komité og Tapio Salmi (FI) for organisationskomitéen i Åbo.

Åbo (Turku), der ligger på den finske sydvestkyst, er Finlands ældste by og et af landets centre for kemi- og bioområdet. Den lokale organisator er Processkemiska Centret ved Åbo Akademi, landets svensksprogede universitet. Kemiforskningen i Finland har en lang forhistorie, der startede en gang i fortiden i Åbo, hvor kemikeren Johan Gadolin (Gadolinium, <sup>64</sup>Gd) arbejdede.

Velkommen til Åbo Mässcentrum 26.-31.8.2007.  
www.abo.fi/europacat8.

**Tapio Salmi**