




Et MBBR og ozon baseret pilotrenseanlæg til behandling af hospitalsspildevand i Skejby




Henrik R. Andersen
Lektor
Water Technologies
Institut for Vand og Miljøteknologi (DTU Miljø)




Formål med MERMIS

- Behov for en miljø- og energieffektiv teknologi til rensning af hospitalsspildevand
- Effektiv fjernelse af lægemidler fra hospitalsspildevand med minimale omkostninger
- Udvikling af rensekoncept med både biologisk rensning og kemisk oxidation
- En effektiv biologisk rensning giver store besparelser på efterpolering



Det Nye Universitetshospital



Danmarks Tekniske Universitet

MERMIS DTU

Baggrund

Ca. 5 % af alt medicin forbruges på hospitaler i Danmark, resten indtages i eget hjem*

Liste med de uønskede lægemidler som ønskes begrænset i spildevandet. Tidligere omtalt som 33+3 listen

Tvivl om **hvilken teknologi** og **hvilke spildevandsstrømme** der skulle behandles (første projekt i 2013)

* Mose Pedersen et al., 2007
Danmarks Tekniske Universitet

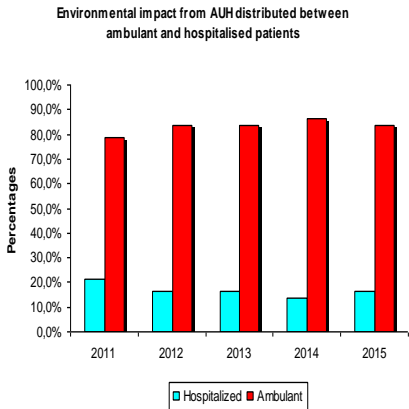


MERMIS DTU

Kortlægning af lægemiddelforbruget

- Kortlægningen er baseret på EPJ som er sammenholdt med AUHs apotekersalg (fra 2011-2015).
Beregnet miljømæssig påvirkning
 - > Primær sektor
 - > Sekundær sektor
- 6 lægemidler har den største miljømæssige indvirkning (98% af det samlede påvirkning): Mycophenolsyre (71% alene), clarithromycin, sulfamethoxazol, sertralin, ciprofloxazin og capecitabin.

Environmental impact from AUH distributed between ambulant and hospitalised patients



Year	Hospitalized (%)	Ambulant (%)
2011	21.0%	79.0%
2012	17.0%	83.0%
2013	17.0%	83.0%
2014	14.0%	86.0%
2015	17.0%	83.0%

Danmarks Tekniske Universitet

Hospitalsspildevand internationalt

Internationalt kommer der mange artikler om hospitalsspildevand:

- Hospitalsspildevand er giftigt, men ingen anbefaler delstrømsrensning.
- Næsten alle demonstrationsprojekter anvender MBR med polering af ozon/aktivt kul/klor/UV.

Problemstilling: Hvor skal der renses?

- 1) Delstrømsrensning. Lille pilotanlæg på Kommunehospitalet, Nørregade, Århus. [Dansk Vand, 2015]
- 2) Total rensning af hospitalsspildevand på DNU, Skejby. [Denne præsentation]
- 3) Efterpolering (Viby) eller opgrader kommunalt renseanlæg (Herning). [Måske Dansk Vand, 2017]

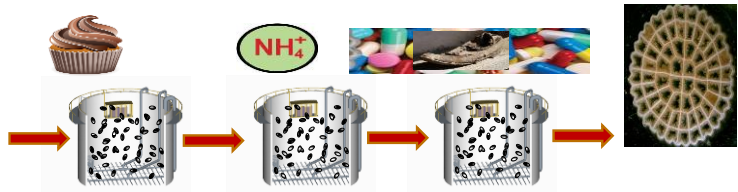
Danmarks Tekniske Universitet

Et MBBR og ozon baseret pilotrenseanlæg til behandling af hospitalsspildevand i Skejby

MERMIS DTU

MERMIS #1: Optimeret biologisk rensning

- Flertrins "Moving Bed Biofilm Reactor" (MBBR)



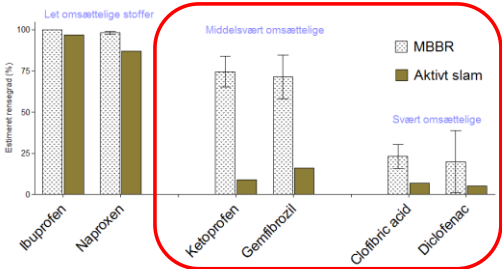
Biomasse i trin: Flere forskellige biomasser med forskellige men relativt konstante substrat giver meget stor variabilitet i funktionelle enzymer.

Biofilm: Biofilm giver større redox stratificering i biomassen, hvilket yderligere fremmer diversitet i biomassen og fremmer biologisk dehalogeneringsreaktioner (fjernelse af klor, brom og iodid fra molekyler).

Danmarks Tekniske Universitet

MERMIS DTU

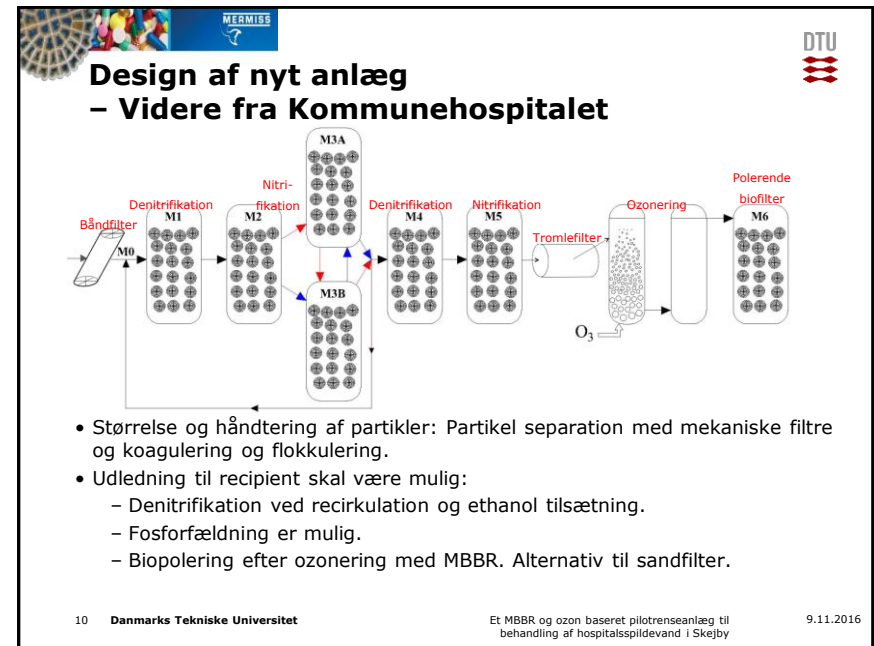
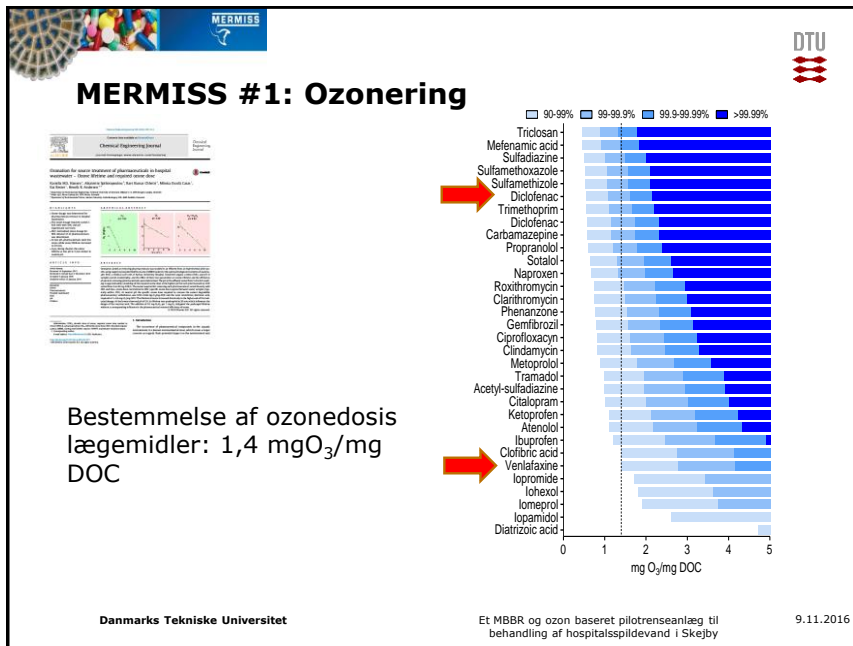
MERMIS #1: Bionedbrydning af lægemidler og opløst organisk materiale



Substance	Category	MBBR (%)	Aktivt slam (%)
Ibuprofen	Let omsættelige stoffer	~95	~90
Naproxen	Let omsættelige stoffer	~95	~85
Ketoprofen	Middelsvært omsættelige	~75	~15
Gemfibrozil	Middelsvært omsættelige	~70	~25
Clofibrate acid	Svært omsættelige	~25	~10
Diclofenac	Svært omsættelige	~20	~10

MBBR kan nedbryde svært nedbrydelige kemiske forbindelser som diklofenak og røntgenkontrastmidler. Desuden fjernes opløst organisk stof (DOC) i højere grad end ved behandling med aktivt slam.

Danmarks Tekniske Universitet



Design af anlæg – MBBR ikke MBR

- Anlægsomkostninger. Membraner dyrere end biocarriers.
- Energifodaftryk. Tommelfingerregel siger 2x energi til luft i MBR ift. suspenderet biomasse.
- Flertrins MBBR giver lavere opløst organisk stof end MBR (og aktivt slam).
- Uden aktivt kul. Fordi det har større energifodaftryk end ozon.
 - Pulverkul kan anvendes uden ombygning.
- Bioaktivt sandfilter til polering erstattet med MBBR. Energi til pumpning.

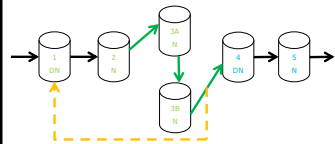
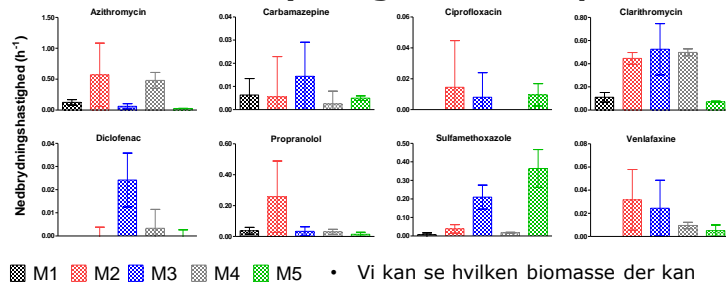
11 Danmarks Tekniske Universitet Et MBBR og ozon baseret pilotrenseanlæg til behandling af hospitalsspildevand i Skejby 9.11.2016

Bionedbrydning af lægemidler: -Ændring i koncentrationer med behandlingen

- Alle udvalgte stoffer reduceres over behandlingen
- Dannelse fra metabolitter forklarer stigende koncentrationer i nogle trin.

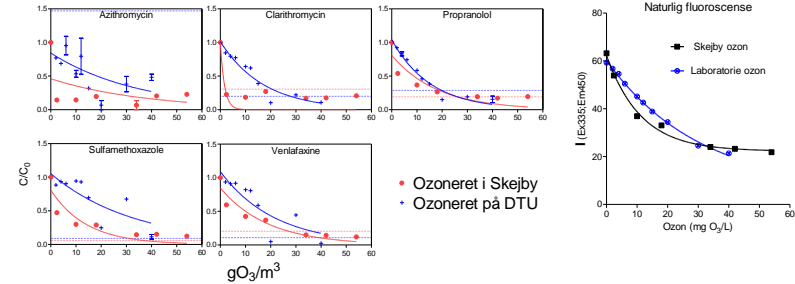
12 Danmarks Tekniske Universitet Et MBBR og ozon baseret pilotrenseanlæg til behandling af hospitalsspildevand i Skejby 9.11.2016

Bionedbrydning af lægemidler: Evne til nedbrydning i batch eksperiment

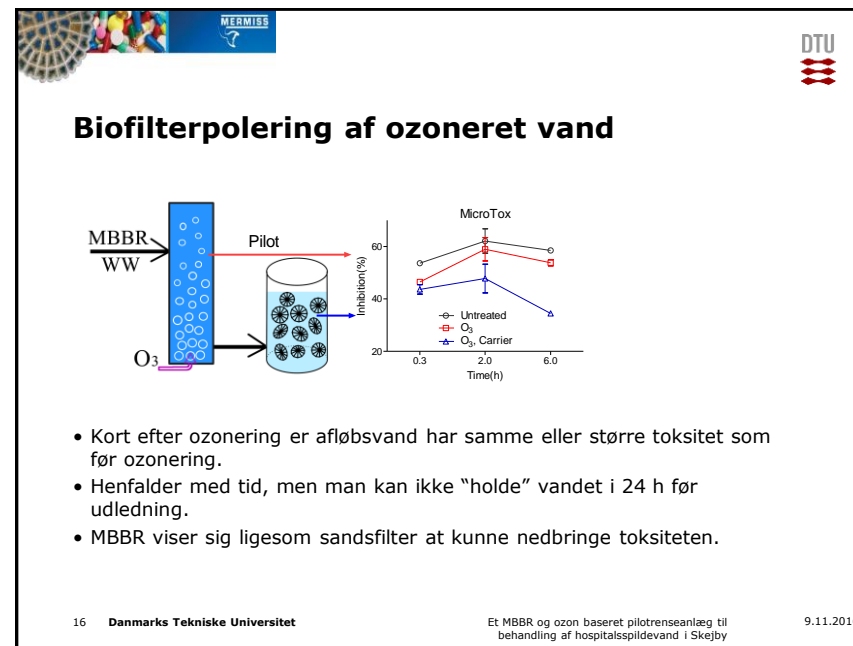
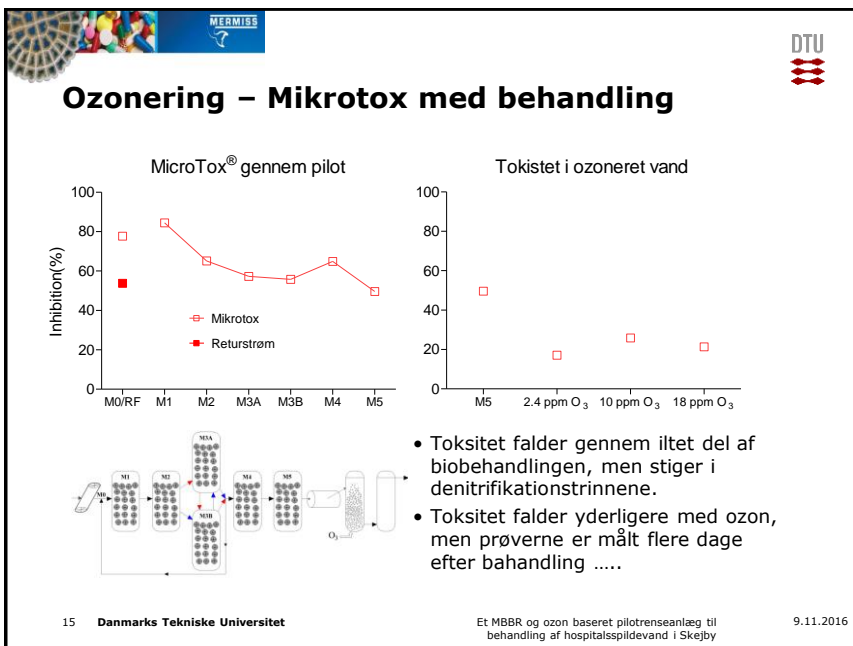




- Vi kan se hvilken biomasse der kan nedbryde.
- Diklofenac, Sulfamethoxazole med lav-substrat biofilm (sultet biofilm).
- Azithromycin, Propranol nedbrydes sammen med BOD.

Ozonering Sammenligning af pilotanlæg med kontrolleret behandling på DTU



- Eksperiment på en dag hvor DOC er 30-40 mg/L. Normalt 13 mg/L.
- Pilotanlæggets effektivitet ligner kontrolleret dosering, men nogle lægemidler nedbrydes mere ved lave koncentrationer.
- Naturlig fluorescens passer godt mellem metoderne, men samme tendens til højere effekt af lavt dosisområde genfindes i pilotanlægget.





Sammenligning med Egå renseanlæg og grænseværdier

Lægemidler, µg/L	Egå		Skejby			Grænseværdi (PNEC, 33+3)
	Inløb	Udløb	Inløb	MBBR	Ozon	
Azithromycin	0.26	0.01	1.09	0.52	0.00	0.09
Carbamazepine	0.56	0.56	0.13	0.07	0.04	0.50
Ciprofloxacin	0.51	0.04	2.78	0.97	0.00	0.09
Clarithromycin	0.28	0.01	1.60	0.33	0.06	0.06
Diclofenac	0.53	0.28	0.21	0.02	0.00	0.10
Propranolol	-	-	0.24	0.21	0.05	0.10
Sulfamethoxazole	0.47	0.09	1.83	0.78	0.15	0.12
Venlafaxine	0.52	0.68	2.70	1.40	0.24	0.10

17 Danmarks Tekniske Universitet

Et MBBR og ozon baseret pilotrenseanlæg til behandling af hospitalsspildevand i Skejby

9.11.2016



Konklusion og fortsat arbejde

- ❑ Forhøjede udløbskoncentrationer af problematiske stoffer hos både forsyninger og hospitaler. Stadig ikke klart at meget kan løses med behandling på hospitalet
- ❑ Konceptet kan bruges til:
 - Sidestrøms rensning (Oncology)
 - Fuldstremsrensning fra hospital
 - Rensning på forsyningerne
- ❑ Benchmarking og omkostninger af teknologi koncept.
 - Christina Sund, Kruger, har præsenteret ved flere andre konferencer og møder.
- ❑ Projektet afsluttes i februar 2017. Pilotdrift i Herning er halvt færdig.

18 Technical University of Denmark



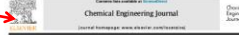
Et MBBR og ozon baseret pilotrenseanlæg til behandling af hospitalsspildevand i Skejby

9.11.2016

Publikationer

- Nationale konferencer: 8+
- Nationale publikationer 4 artikler, en mere på vej. 2 projektrapporter.
- Internationale konferencer: 4+ IWA, 2x Micropol, 2x LET.
- Internationale publikationer: 3, 4 er på vej.

Danmarks Tekniske Universitet

Et MBBR og ozon baseret pilotreanlæg til
behandling af hospitalsspildevand i Skejby

9.11.2016



MERMIS konsortiet



Teknologisk Institut
Caroline Kragelund,
Alice Thoft

Krüger-Veolia
Christina Sund,
Kim Sundmark

Air Liquide
Morten Prühs

Herning Vand
Niels Møller Jensen,
Jeanette Andersen

AARHUS UNIVERSITY
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL SCIENCE



Danmarks Tekniske Universitet
Henrik Andersen, Kai Tang,
Kamilla Kaarsholm, Gordon Ooi

Aarhus Universitet
Kai Bester, Monica Escola

Det Nye Universitetshospital
Thomas Møller

AnoxKaldness
Magnus Christensson

Aarhus Vand
Karen Klarskov Møller

AIR LIQUIDE

midt
regionmidtjylland 2016










Et MBBR og ozon baseret pilotreanlæg til
behandling af hospitalsspildevand i Skejby

9.11.2016