

Pesticidforurening

– status, ny forskning og handlemuligheder

IBC Innovationsfabrikken, Kolding, 29. marts 2022

Muligheder for rensning af vandet når skaden er sket - og andre perspektiver

Hans-Jørgen Albrechtsen

Professor, DTU Miljø

.... når skaden er sket ...

- 2021, Vandforsyninger: fund: 51,0%, 14,6% >Kravværdi
- 2018, DMS, fund: 32,8%, 8,8% >Kravværdi (2020) Forbudt 2007
- 2018, DPC fund: 25,5 %, 6,9% > Kravværdi (2020) Forbudt 1996
- 2020, TFA
- 2021, Miljøstyrelsens massescreening (GRUMO-boringer):
 - LM5, fund: 6,4%, 2,8% > Kravværdi
 - LM6, fund: 7,2%, 4,4% > Kravværdi
 - Terbuthylazin Solgt til 2008
- ~1500 metabolitter – hvor mange kan analyseres?
- 2021, PFAS fund: 23,7,2%, 4,0% > Kravværdi

Grundvandet er forurenet

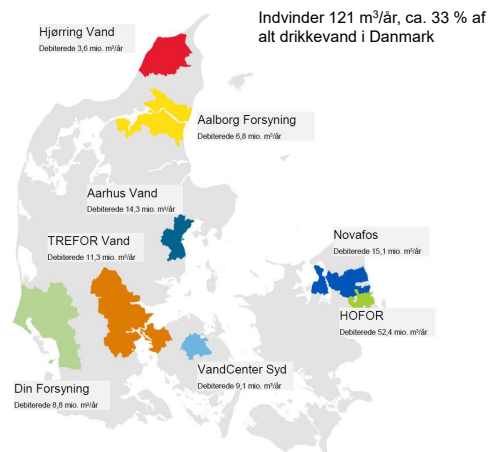
- Drikkevandet er påvirket af spor af miljøfremmede stoffer

Pesticid-belastning	Novafos	HOFOR	Trefor	Aarhus Vand	VCS
Samlet udpumpning (mio. m ³ /år)	16,9	54,8	11,1	13,8	9,2
Boringer med pesticider antal/%	72 56 %	310 69 %	13 18 %	31 36 %	31 65 %
Udpumpet vand med spor af pesticider	52 %	94 %	34 %	24 %	94 %

April 2021

InSa-Drikkevand

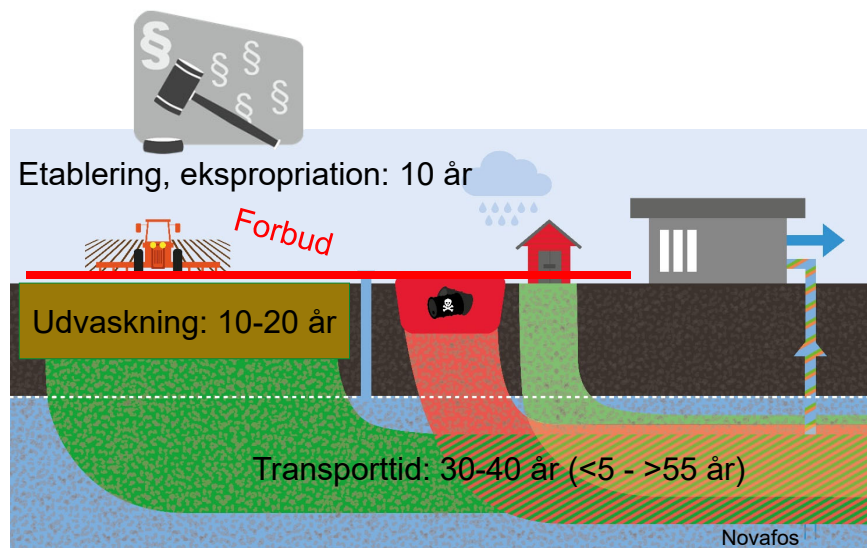
Innovationssamarbejde til sikring af *rent drikkevand* – fokus på pesticider



Er BNBO og grundvandsparker løsningen?

- 2022 0 år
- 2032 10 år
- 2062 40 år
- 2077 55 år

Hvad gør vi, mens vi venter....?



Handlemuligheder

Tage forurenede borerer ud af drift og finde nye kildepladser

- Det er ikke realistisk fremover

Tilpasse indvindingen så kvalitetskravet overholdes (Blande-strategi)

- Det gøres, hvor det er muligt, men det begrænser vores produktion

Søge dispensation for en kortere eller længere periode

- Kun som absolut nødløsning

Rense vandet

- Der skal findes en metode til DMS (og NN)



Aktivt kul filtrering – GAC

- Sorption af pesticider på overfladen
- Regenerering (i Belgien)
- Eksempler: Hvidovre Vandværk
Bagsværd Vandværk
Hjørring Vandværk
Marstal vandværk
- BAM, Chlorerede alifater
- DMS?

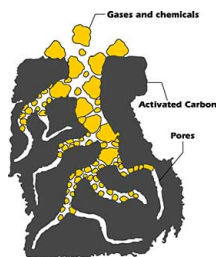
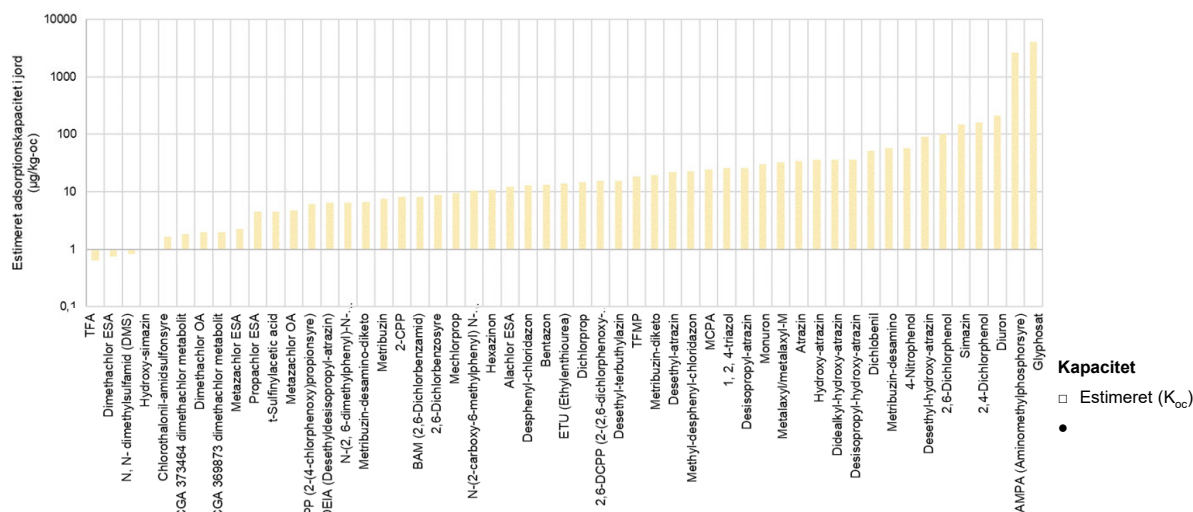


Photo: H.-J. Albrechtsen



Kan stofferne fjernes med aktivt kul?



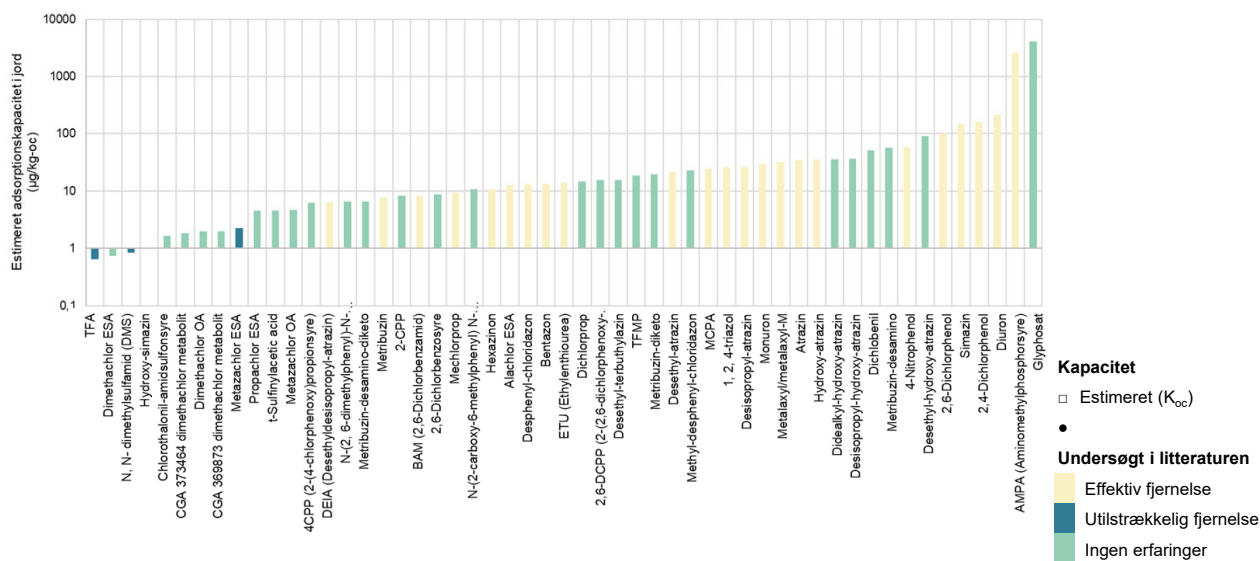
Marts 2022

Albrechtsen: Muligheder for rensning af vandet når skaden er sket og andre perspektiver

Thomsen, Kisbye-Bovin, Truelsen, Baun & Albrechtsen, 2021: Rensningsmuligheder for pesticider - med fokus på aktivt kul og membraner. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 53



Kan stofferne fjernes med aktivt kul?

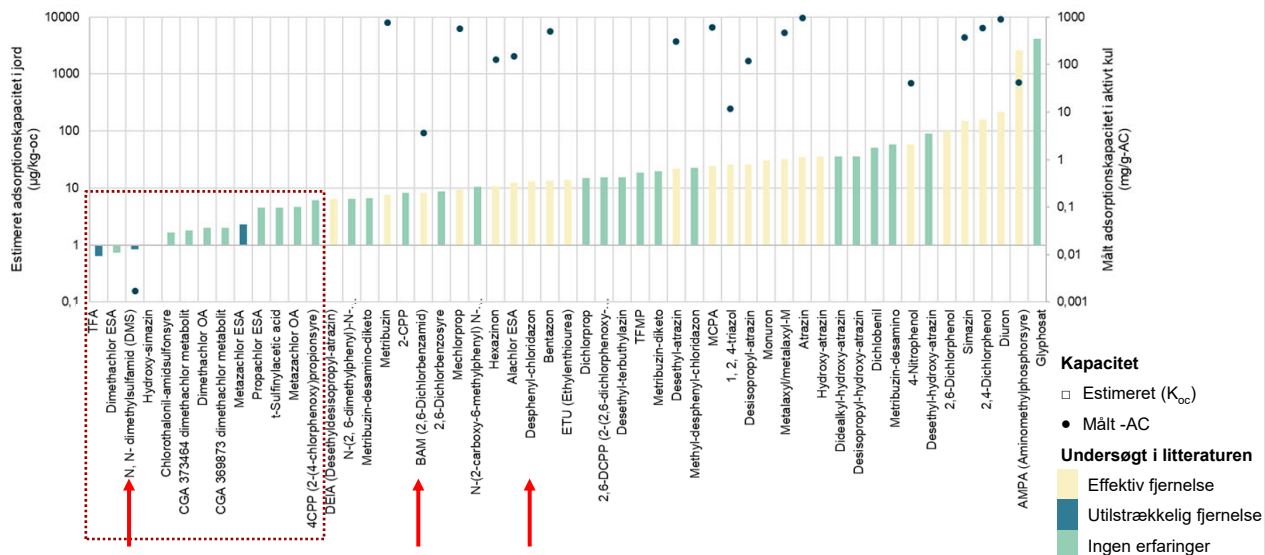


Marts 2022

Albrechtsen: Muligheder for rensning af vandet når skaden er sket og andre perspektiver

Thomsen, Kisbye-Bovin, Truelsen, Baun & Albrechtsen, 2021: Rensningsmuligheder for pesticider - med fokus på aktivt kul og membraner. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 53

Kan stofferne fjernes med aktivt kul?



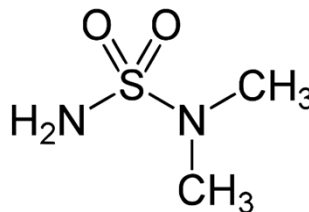
Marts 2022

Albrechtsen: Muligheder for rensning af vandet når skaden er sket og andre perspektiver

Thomsen, Kisbye-Bovin, Truelsen, Baun & Albrechtsen, 2021: Rensningsmuligheder for pesticider - med fokus på aktivt kul og membraner. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 53

Resiner

- DMS er polær
- Syntetiske sorbenter
- Fx Ionbytter
- Nogen effekt
- Produktion af resin stoppet



Hofor

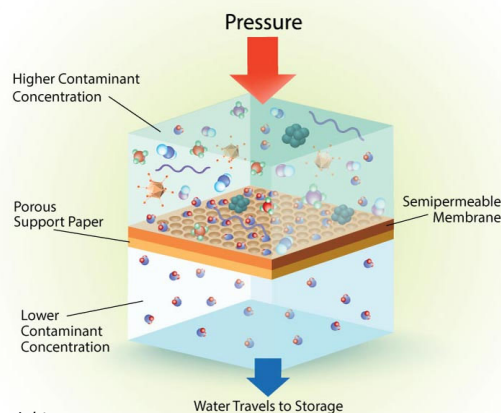
Marts 2022

Albrechtsen: Muligheder for rensning af vandet når skaden er sket og andre perspektiver

10

Membranbehandling - RO

- Højt energiforbrug (tryk)
- Kemikalieforbrug (antiscalents, CIP)
- Rejectvand (koncentrat)
- Vandspild (>10%)
- Kombineret løsning til flere problemer
 - Nikkel, arsen
 - Chlorerede opløsningsmidler
 - Nitrat
 - Hårdt vand
 - Pesticider
- Kan DMS fjernes?
 - små molekyler kan gå gennem RO

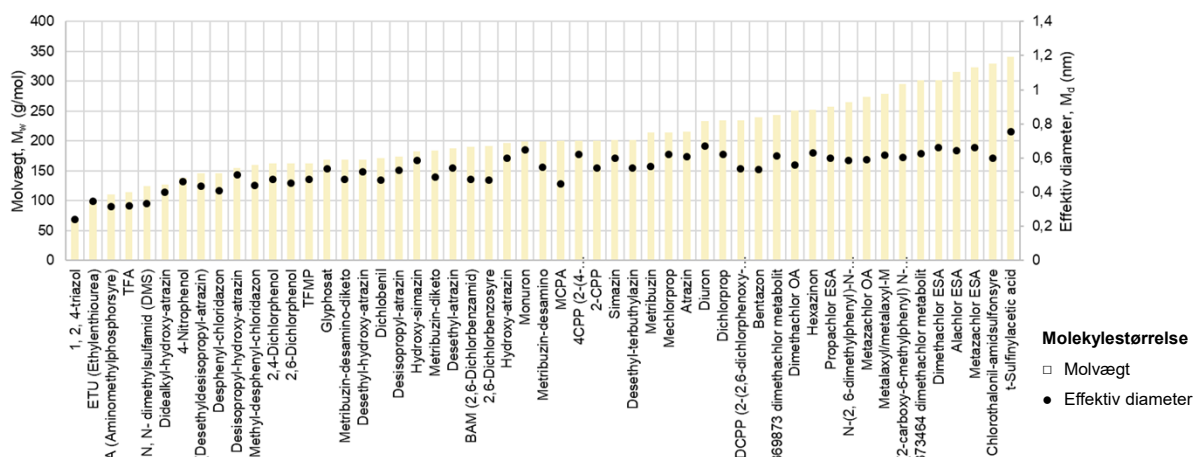


www.water-rightgroup.com

Marts 2022

Albrechtsen: Muligheder for rensning af vandet når skaden er sket og andre perspektiver

Kan stofferne fjernes med membraner?



Molekylestørrelse

□ Molvægt

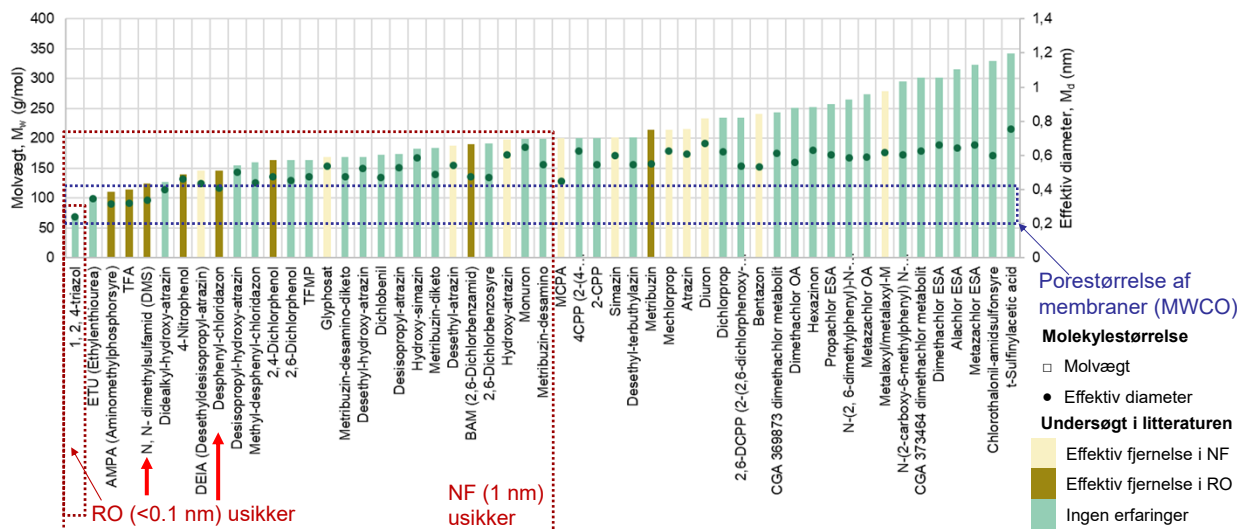
● Effektiv diameter

Marts 2022

Albrechtsen: Muligheder for rensning af vandet når skaden er sket og andre perspektiver

Thomsen, Kisbye-Bovin, Truelsen, Baun & Albrechtsen, 2021: Rensningsmuligheder for pesticider - med fokus på aktivt kul og membraner. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 53

Kan stofferne fjernes med membraner?

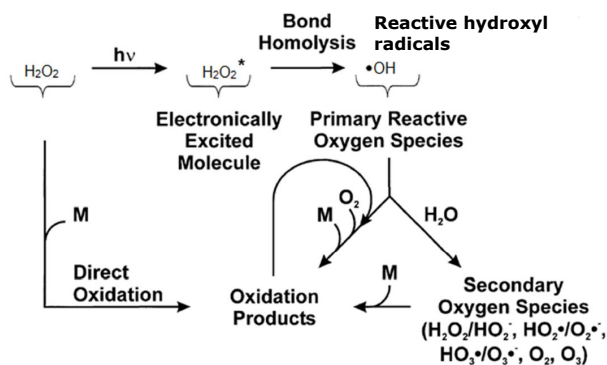


Marts 2022

Albrechtsen: Muligheder for rensning af vandet når skaden er sket og andre perspektiver

Thomsen, Kisbye-Bovin, Truelsen, Baun & Albrechtsen, 2021: Rensningsmuligheder for pesticider - med fokus på aktivt kul og membraner. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 53

Advanced Oxidation Process AOP UV-H₂O₂



Idetaliseret skema af en photo-initieret oxidations reaktion
M repræsenterer reaktant molekyle. Modificeret figur fra (Oppenländer, 2003)

- Ozone: O₃ Direct oxidation
- Eller: O₃ + HO⁻ → HO[•]
- Fenton: Fe²⁺ + H₂O₂ → Fe³⁺ + HO[•]
- UV + H₂O₂ → HO[•]
- Vacuum-UV → UV + H₂O₂ → HO[•]
- Titanium-oxid +UV + H₂O → HO[•]
-
-

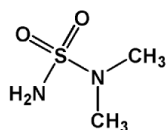
Marts 2022

Albrechtsen: Muligheder for rensning af vandet når skaden er sket og andre perspektiver

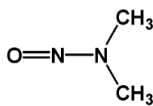
AOP – ozonering

Risiko for dannelse af bromat

Risiko for dannelse af NDMA (carcinogent)

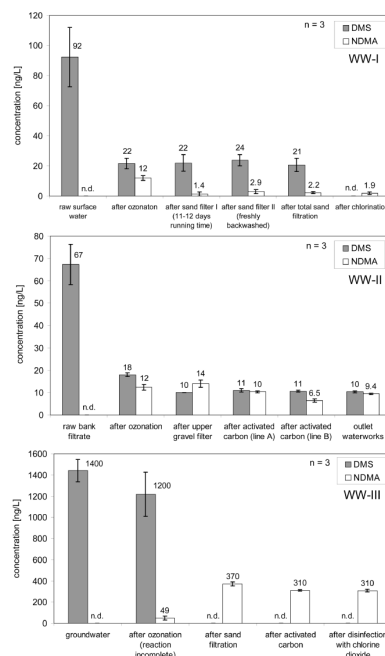


N,N-dimethylsulfamide
(DMS)

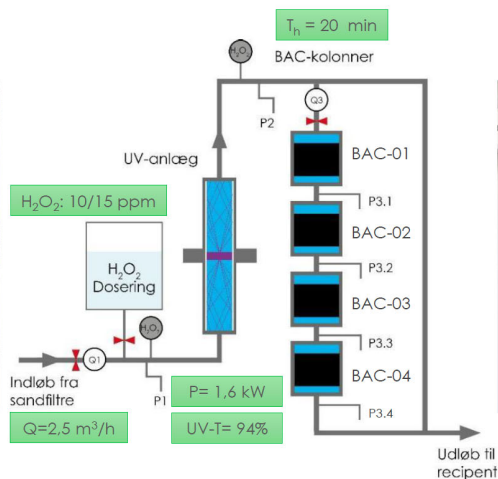


N-nitrosodimethylamine
(NDMA)

(Schmidt & Brauch, 2008)



Advanced Oxidation Process AOP UV-H₂O₂



Insatech - RemUve

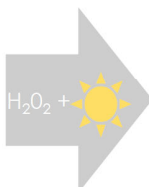
Peter Tüchsen, Novafos, Dansk Vand Konference 2021

Advanced Oxidation Process AOP UV-H₂O₂

Udvalgte parametre i indløb

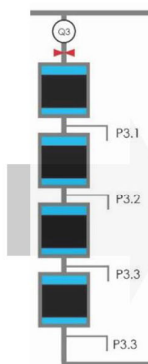
- NVOC (ca. 2 mg/L)
- AOC (ca. 4 µg/L)
 - DMS (ca. 0,06 µg/L)
 - MFS?
 - NOM?

- Uorganiske makro-ioner
- Nitrat (ca. 1,4 mg/L)
 - Nitrit (ca. 2 µg/L)
 - Bromid (ca. 210 µg/L)



Udløb UV

- Fjernes:
- DMS > 60%
 - Ukendte MFS?
 - NOM?
- Dannes:
- AOC (ca. 50 µg/L)
 - Nitrit (0,14 mg/L)
 - Ukendte biprodukter?
- Upåvirket:
- NVOC
 - Nitrat



Udløb BAC

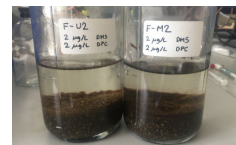
- Fjernes:
- AOC (14 µg/L)
 - Nitrit (<1 µg/L)
 - Ukendte MFS?
 - NOM?
 - Ukendte biprodukter?
- Dannes/udvaskes:
- Ukendte biprodukter?
- Upåvirket:
- NVOC
 - Nitrat

Peter Tüchsen, NovafoS, Dansk Vand Konference 2021

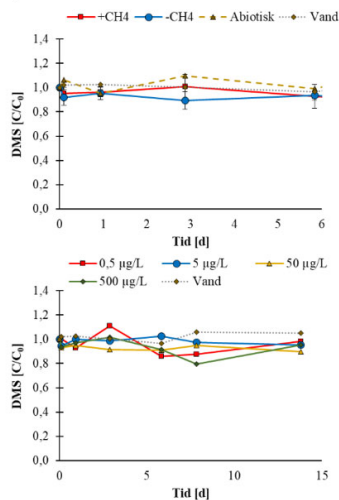
Marts 2022

Albrechtsen: Muligheder for rensning af vandet når skaden er sket og andre perspektiver

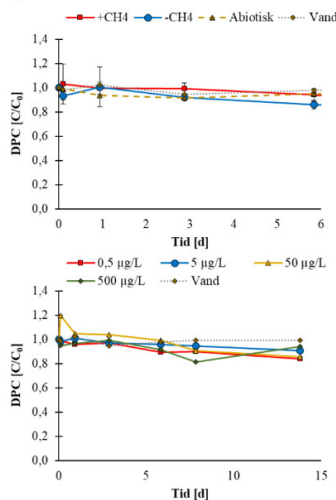
Mikrobiel nedbrydning



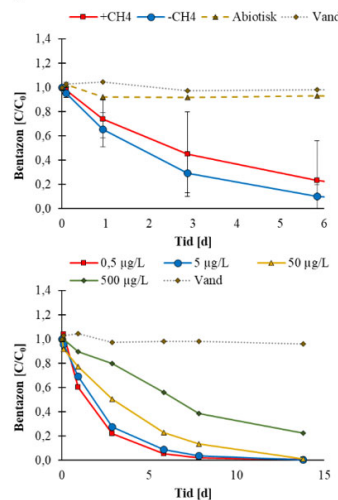
a) DMS



b) DPC



c) Bentazon



Marts 2022

Albrechtsen: Muligheder for rensning af vandet når skaden er sket og andre perspektiver

Thomsen, Goonesekera, Vesterlund, Boe-Hansen & Albrechtsen, 2022: Undersøgelse af mikrobiologisk nedbrydning af Desphenyl-chloridazon (DPC), og N,N-dimethylsulfamid (DMS) på vandværker – Baseret på metanoxidation. VUDP

Renseteknologier

Renseteknologi		DMS	Alachlor ESA	Alachlor OA	Dimethachlor ESA	Dimethachlor CGA 373464 og CGA 369873	Primære begrænsninger	
Adsorption	AC/GAC	-	++	++	(++)	(++)	Hurtigt gennembrud og udskiftning af kul	
	PAC	-	++	++	(++)	(++)	Kullet kan ikke regenereres	
	Resiner	-	(+)	(+)	(+)	(+)		
Membranfiltrering	NF	+	++	++	(++)	(++)	Vandspild, re-mineralisering, antiscalent	
	RO	++	(++)	(++)	(++)	(++)		
	NF/RO m. bypass	+	(+)	(+)	(+)	(+)	Ved bypass reduceres vandspild undgå re-mineralisering lavere fjernelse (omkring 50 %)	
Kemisk oxidation	H ₂ O ₂ , KnMO ₄ , ClO ₂		-	(-)	(-)	(-)		
	Ozon		++	(++)	(++)	(++)	Biprodukter, kræftfremkaldende N-Nitrosodimethylamin (NDMA) ved DMS, efterbeh. kulfilter	
	AOP	H ₂ O ₂ /UV	++	++	++	(++)	(++)	Biprodukter, nitrit (NO ₂ ⁻) evt. bromat AOC, overskud af H ₂ O ₂ , efterbeh. med kulfilter
		VUV	(++)	(++)	(++)	(++)	(++)	Biprodukter, nitrit (NO ₂ ⁻) evt. bromat AOC, H ₂ O ₂ genereres, ikke overskud, efterbeh. med kulfilter
Biologisk nedbrydning			-	o	o	o		
Elektrokemiske metoder			(++)	(++)	(++)	(++)	Umodne teknologier	

Kombination af teknologier

H ₂ O ₂ /UV efterfulgt af adsorption (BAC)	Adsorption reducerer biprodukter dannet under H ₂ O ₂ /UV, samt overskydende H ₂ O ₂ , og evt. reducerer pesticidrester
PAC efterfulgt af GAC-filter	Højere fjernelse samt forlænger levetiden på GAC-filter (Gustafson <i>et al.</i> , 2003)
LPRO parallelt med GAC-filter	Undgår at re-mineralisere, forlænger levetiden på GAC-filter (Konradt <i>et al.</i> , 2021)
Adsorption til resiner efterfulgt af PAC	Resiner reducerer primært NOM, samt evt. pesticider og PAC virker dermed mere effektivt til adsorption af pesticidrester (Humbert <i>et al.</i> , 2007)

Er der proportionalitet i at rense for DMS?

Bæredygtighed?

- Økonomi
- Energi-forbrug
- Kemikalie-forbrug

- Mulighed for at fastholde bæredygtig vandindvinding

- Kravværdi for ikke-relevante metaboliter

- ~ forebyggende rensning - a la hygiejniske barrierer

Tak

- VUDP
- Trefor
- HOFOR
- Novafos
- InSa-Drikkevand
- Kruger
- Insatech
- M.fl.

Sundhedsmæssigt acceptabelt niveau i drikkevand

	Børn	Voksne
LM5	4 µg/L	24 µg/L
LM6	0,5 µg/L	9 µg/L
Chloridazon (~DPC)	-	240 µg/L
DMS	10 µg/L	60 µg/L

Sundhedsmæssig vurdering af en række pesticid-metabolitter udført for Miljøstyrelsen