

NY BIOTEKNOLOGI SKAL FJERNE PESTICIDER FRA DRIKKEVAND

Forfatterne



Henrik Tækker Madsen er adjunkt. Sektion for Bæredygtig bioteknologi, Institut for Kemi og Biovidenskab, Aalborg Universitet.
htm@bio.aau.dk



Jens Muff er lektor. Sektion for Kemiteknologi, Institut for Kemi og Biovidenskab, Aalborg Universitet.
jm@bio.aau.dk



Lea Ellegaard-Jensen er forsker. Sektion for Mikrobiel økologi og bioteknologi, Institut for Miljøvidenskab, Aarhus Universitet.
leael@envs.au.dk

Et nyt forskningsprojekt skal kombinere særlige membraner og pesticidædende bakterier, så man derved kan rense drikkevand, der er forurenet med pesticider. Denne teknologi kan for eksempel blive et vigtigt værktøj i områder, hvor det er meget svært at finde nye, pesticidfrie drikkevandsressourcer.

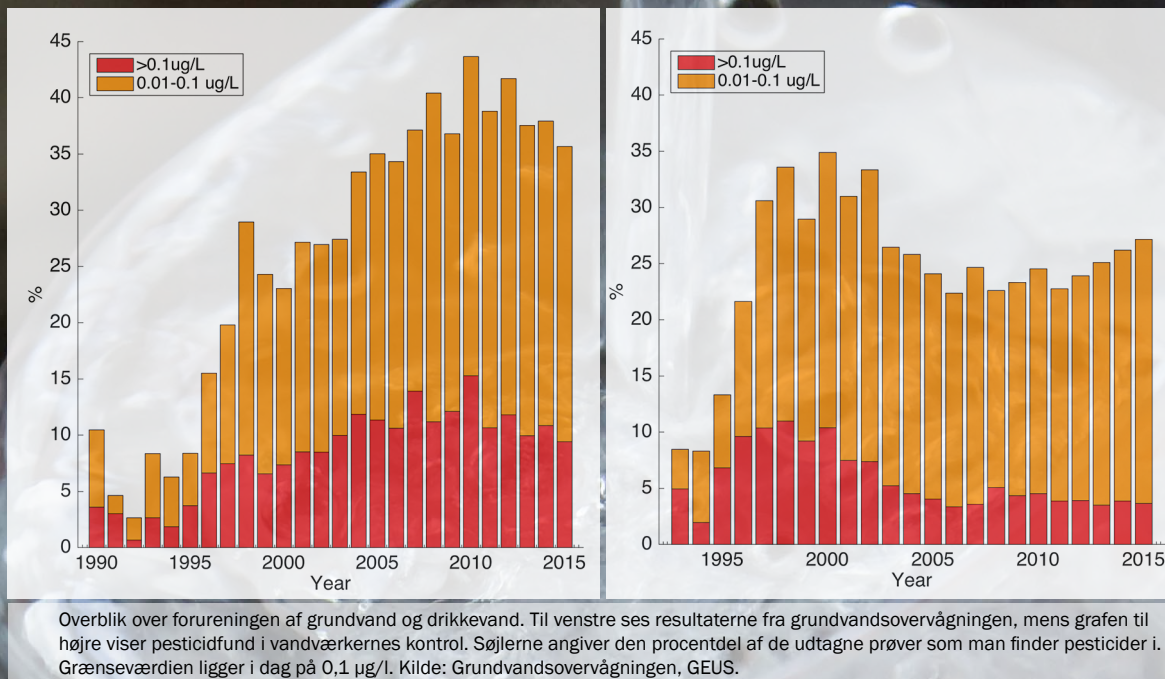
På globalt plan er adgang til rent vand en af de helt store udfordringer nu og i fremtiden. Men der er store forskelle i de udfordringer, vi står med forskellige steder i verden. Hvor man i mindre udviklede lande kæmper med problemer som sundhedsskadelige bakterier i vandet eller ren og skær mangel på vand, har vi i Danmark været vant til at kunne pumpe næsten drikkeklart vand direkte op af undergrunden. Dette koncept er dog udfordret af,

at man i flere og flere grundvandsmagasiner finder spor af sprøjtegifte (pesticider) og deres omdannelsesprodukter.

I Danmark overvåges tilstanden af grund- og drikkevand af GEUS (De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland), og her finder man typisk pesticider i omkring 40 % af grundvandsindtagene samt omkring 25 % af prøverne fra vandværkerne. Overvågningen begyndte i starten af 90'erne, og

siden har man observeret en stigende forurening af grundvandet. Denne stigning skyldes dog ikke, at vandet er blevet mere forurenet, men snarere, at man har målt for et øget antal af forskellige pesticider. I de seneste år har antallet af fund af pesticider stabiliseret sig, men nylige fund af stoffet desphenyl-chloridazon illustrerer, at der stadig kan gemme sig pesticider, som vi ikke har opdaget endnu.

I Danmark har vi principielt en



Fotos: Colourbox

nultolerance politik overfor indhold af pesticider i drikkevand, og derfor vælger man ved fund af pesticider typisk at lukke vandboringer og finde egnet grundvand andre steder.

Det er dog ikke alle steder muligt at finde pesticidfrit grundvand i nærområdet, og særligt i hovedstadsområdet er det svært at finde nye, pesticidfrie drikkevandsressourcer. Derfor har man blandt andet i Hvidovre og på Frederiksberg måtte ty til kulfiltrering for at fjerne pesticiderne. Kulfiltrering er i dag den mest anvendte teknologi til at fjerne pesticider fra vand, men den er ikke altid effektiv overfor særlige typer af små kemiske forbindelser. Det er et problem, da mange af pesticiderne omdannes til sådanne stoffer under transporten gennem undergrunden ned til de vandførende lag, der udgør

grundvandsmagasinerne. Derfor er der behov for nye teknologier.

Nanofiltre og pesticidædende bakterier

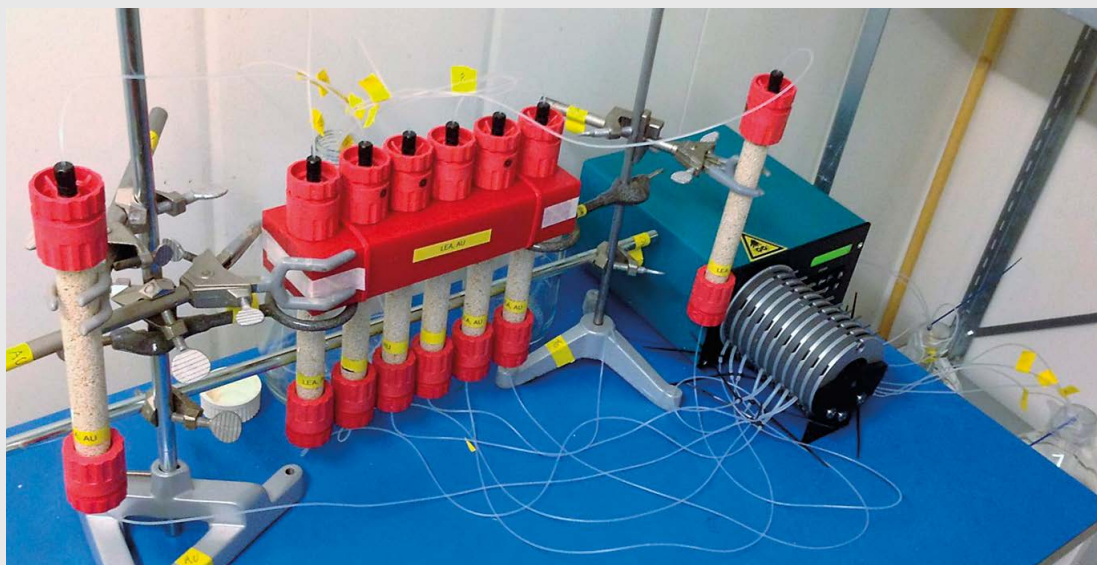
Igennem de seneste år har forskere fra Aalborg Universitet og GEUS arbejdet på to alternative metoder til at rense grundvandet for pesticider. På Aalborg Universitet har man arbejdet med at bruge membraner til at filtrere pesticider ud af vandet og herefter nedbryde dem med avancerede oxidationsprocesser.

Membranerne er filtre med meget små porer, der har en diameter på cirka 1 nanometer, og da pesticidmolekylerne er større end dette, kan de tilbageholdes af membranen, mens kun vandmolekyler fortsætter igennem. Det efterlader pesticiderne i en koncentreret restfraktion eller "affaldsvand", som man herefter behandler med

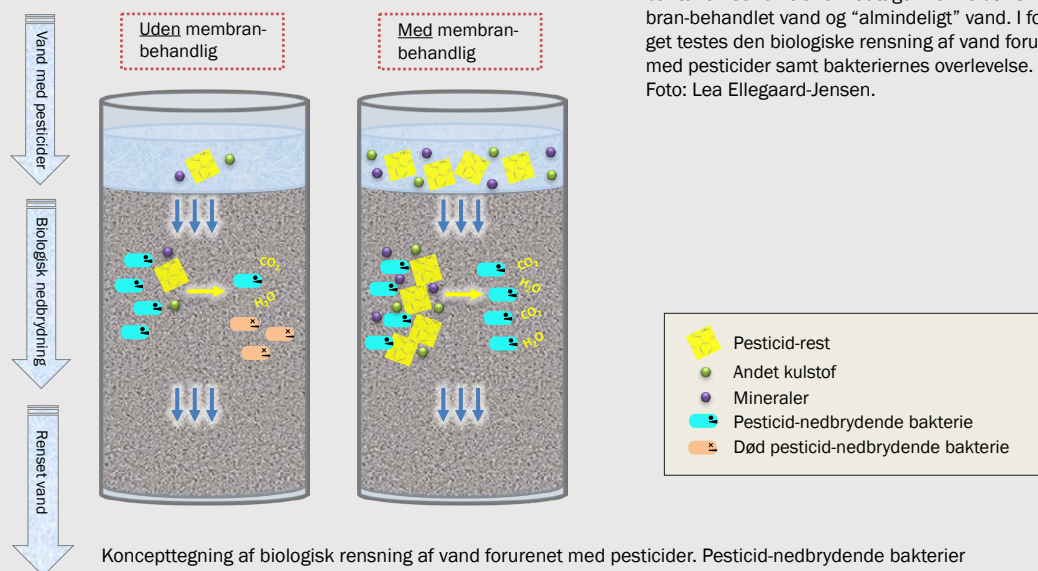
en avanceret oxidationsproces.

Her lader man i praksis strøm løbe igennem det pesticidholdige vand, og herved nedbrydes pesticiderne ved elektrolyse. Brug af elektricitet kræver dog en del energi, og nogle gange kan der dannes uønskede biprodukter fra pesticiderne.

På GEUS har man fundet naturligt forekommende bakterier fra områder, der er stærkt forurenet med pesticider. Her har bakterierne via naturlig selektion udviklet evnen til at bruge pesticiderne som næringskilde, så de bliver i stand til at omdanne dem fuldstændigt til vand og CO₂. Disse bakterier har man indsat i vandværkers sandfiltre, så pesticiderne nedbrydes ved hjælp af den allerede eksisterende vandbehandling. Man har fundet, at disse pesticidædende bakterier effektivt kan fjerne pesticiderne, men desværre har det indtil nu ikke



Biologisk rensning



↑ Forsøgsopstilling med mini-sandfiltre i laboratoriet. De små sandfiltre er tilsat pesticid-nedbrydende bakterier. Sandfiltrene modtager henholdsvis membran-behandlet vand og "almindeligt" vand. I forsøget testes den biologiske rensning af vand forurenet med pesticider samt bakteriernes overlevelse. Foto: Lea Ellegaard-Jensen.

Koncepttegning af biologisk rensning af vand forurenet med pesticider. Pesticid-nedbrydende bakterier tilsættes sandfiltre på vandværker. Sandfiltre, der modtager membran-behandlet vand, indeholder mere næring til at opretholde bakteriernes antal. Illustration: Lea Ellegaard-Jensen.

været muligt at holde bakterierne i live over længere tid. Der er simpelt hen ikke tilstrækkeligt med næring i vandet til disse bakterier, som også må konkurrere med eksisterende bakterier og andre mikroorganismer i sandfiltrene.

Kombineret biomembranproces

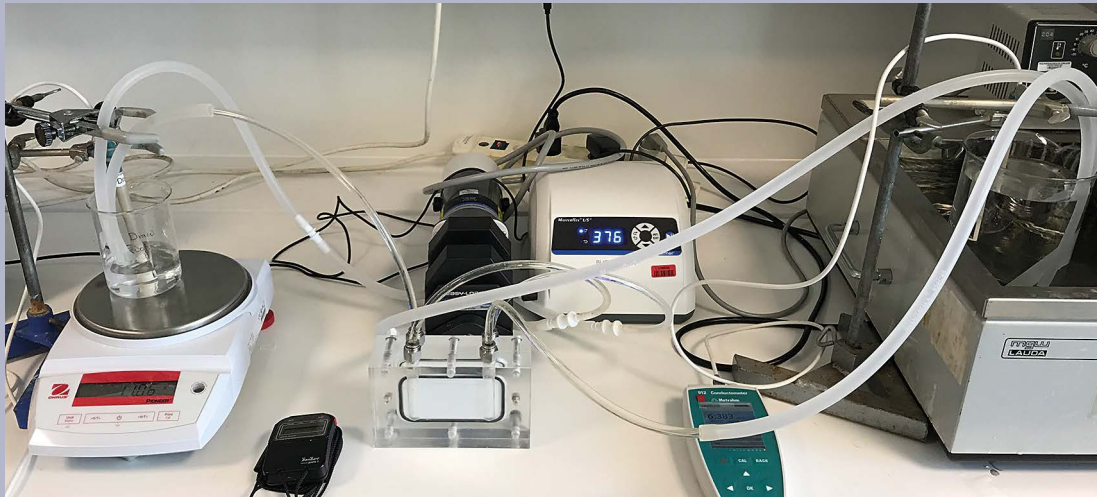
For at overkomme begrænsningerne for de to metoder er Aalborg Universitet, Aarhus Universitet, GEUS og en række industrielle part-

nere gået sammen i et nyt projekt, MEM2BIO, hvor vi kombinerer de to teknologier. Det pesticidforurenede vand filtreres med membraner, hvilket resulterer i en lille affaldsstrøm af koncentreret pesticider samt en strøm af rent vand. Det pesticid-koncentrerede vand sendes til et specialdesignet sandfilter, hvor de pesticidnedbrydende bakterier er placeret. Disse nyder nu godt af de højere koncentrationer i det mere næringsrige vand og nedbryder pesticiderne til vand og CO_2 . Til sidst

doseres det pesticidfrie koncentrat tilbage i det rene vand, så det endelige drikkevand får den ønskede mineralsammensætning.

Der vil være en række teknologiske udfordringer, som projektet skal løse.

For membranerne handler det om, hvordan grundvandet kan koncentreres tilstrækkeligt uden at tungt opløselige forbindelser som kalk udfældes på membranerne, samt hvordan membranen og



Direkte osmose i laboratoriet. Vandmolekylerne trækkes ud af fødestrømmen (beholder i vandbadet til højre), og vandtransport igennem membranen måles ved at monitorere vægtforøgelsen i "draw"-opløsningen (beholder på vægten til venstre). Saltkoncentrationerne følges ved at monitorere opløsningernes ledningsevne. Foto: Mahdi Nikbakht Fini.

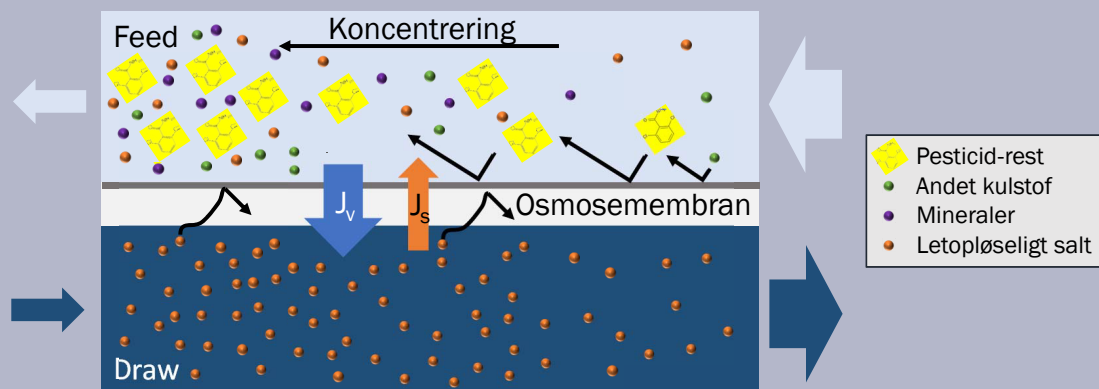


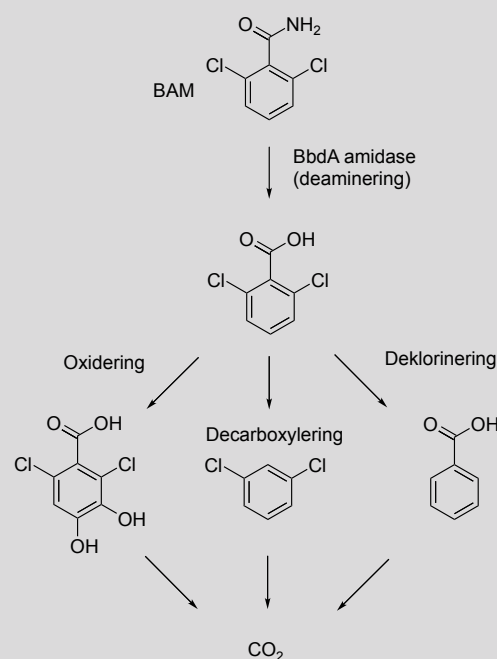
Illustration af direkte osmose til koncentrering af pesticider. Vand (J_v) trækkes ud af den forurenede opløsning ("feed") ved brug af en koncentreret saltopløsning ("draw"), hvorved pesticiderne koncentrerer i fødestrømmen. Ioner fra draw-opløsningen kan diffundere modsat vej (J_s) over osmosemembranen. Illustration: Jens Muff & Henrik Tækker Madsen.

Bionedbrydning af BAM

Kemisk set er stoffet BAM opbygget af en aromatisk ring med to typer af funktionelle grupper: to kloratomer og en amidgruppe. Det er amidgruppen, som er nøglen til nedbrydningen af BAM. Amidgrupper er meget stabile og mindre reaktive end carboxylsyrer, og for at gøre BAM tilgængelig for bionedbrydning må amidgruppen omdannes til en carboxylsyregruppe. De BAM-nedbrydende bakterier har et specielt gen, der koder for dannelsen af et enzym kaldet BbdA, som muliggør denne omdannelse.

Herefter fortsætter nedbrydningen via tre processer: oxidering, decarboxylering og deklorinerings, hvorefter den aromatiske ring brydes og omdannes til mindre carboxylsyrer og endeligt til CO_2 .

Kilde: Ellegaard-Jensen, L. et al, DOI 10.1007/s00253-017-8362-x.



membranprocessen kan optimeres for at understøtte den mikrobielle nedbrydningsproces. En af de løsninger, vi arbejder med, er at bruge en ny type af membranfiltre kaldet osmotiske membraner. Normale membraner fungerer ved, at man tryksætter sit vand og på den måde presser det igennem membranen. I osmotiske membranprocesser, bruger man i stedet en koncentrationsgradient. I praksis placerer man en koncentreret opløsning af salt eller sukker på den ene side af membranen, mens det forurenede grundvand placeres på den anden side. På grund af det høje indhold af salt eller sukker, vil vand blive trukket over membranen. Processen er således trykfri, hvilket reducerer risikoen for skadelige udfældninger. En mindre del af salt/sukkeropløsningen vil bevæge sig den anden vej igennem membranen og på den måde have i pesticidkoncentratet. Ved at designe salt/sukkeropløsningen kan denne transport bruges til at forbedre forholdene for de pesticidædende bakterier.

For bakterierne skal det undersøges, hvordan de påvirkes af det membranbehandlede restvand, samt hvordan de kan gøres i stand til at overleve i sandfiltrene. Ideen bag er at få bakterierne til at arbejde for os og fjerne pesticiderne fra vandet. Bakterierne, som vi tilsætter til sandfiltrene, skal kunne tilpasse sig og leve under de særlige forhold, herunder konstant gennemstrømning af koldt vand. Derfor skal bakterierne stimuleres til at fasthæfte sig på sandkornene og danne en hinde af celler (kaldet biofilm) for bedre beskyttelse i vandstrømmen, så de ikke skylles ud af sandfilteret. Restvandet fra membranen vil indeholde mere næring til bakteriernes vækst og dermed stimulere bakteriernes biofilmdannelse og overlevelse.

Potentiale for teknologien

Kan teknologien finde indpas? Det vil tiden vise. I projektets afslutning skal vi bygge et vandværk i pilotskala, som kan bruges til at demonstrere teknologien i større skala. Som

altid vil der være nye problemstillinger, der skal håndteres, men kan dette gøres, åbner teknologikonceptet for en hel ny måde at producere drikkevand på. Her ses membraner ikke længere som blot en vandrensningsproces, men som en booster for bioprocesser. Den mikrobiologiske nedbrydning af pesticider er et eksempel på sådan en proces, men konceptet kan udvides til andre typer af processer. Samlet set giver det mulighed for at anvende teknologier, der ellers ville være for dyre og energikrævende, hvis de skulle behandle alt vandet.

Man kan altså "designe" sit eget koncentrat med en bestemt sammensætning af salte og mineraler og herefter dosere tilbage i det membranfittede vand, indtil man får drikkevand med præcis den sammensætning af salte og mineraler, man ønsker. Det skal sammenholdes med i dag, hvor vores vandkvalitet afhænger af, hvor vi bor, og hvor vi har begrænsede muligheder for at ændre vandets sammensætning. ■

Naturvidenskab på Roskilde Universitet

Kom til åbent hus 21. marts
ruc.dk/naturvidenskabelig-bachelor

