

Aktuel NATURVIDENSKAB

4 | SEPTEMBER | 2013

FORSKNING • ERKENDELSE • TEKNOLOGI

Pris kr. 50,00

Hvem dræber honningbierne?

Solsejl sætter kurs mod stjernerne

Affald i fremtidens byggematerialer

Rodforskning: Plantens liv under jorden

En ringe havudsigt

– sløret af den danske havstrategi

Forudsætningen for et godt havmiljø er, at vi får bugt med eutrofiering og overfiskeri. Havstrategiloven er i den sammenhæng desværre en ringe hjælp.



Af Michael Olesen
Seniorkonsulent ved Ram-
bøll og lektor emeritus,
Københavns Universitet
E-mail: mco@ramboll.dk

Uden rigtigt at have gjort os det klart, har vi ændret havets økologi. Årtiers udledning af næringsstoffer og miljøfremmede stoffer kombineret med overfiskeri og anden fysisk påvirkning har ødelagt en række oprindelige økologiske strukturer, og skabt plads for nye økologiske konstellationer. Opbygning og nedbrydning fungerer som altid i et gensidigt afhængighedsforhold, men foregår i dag på baggrund af en ringere mangfoldighed og færre trofiske niveauer (fødekædeled).

De nye økologiske strukturer har gjort det vanskeligt umiddelbart at vende tilbage til en mere oprindelig tilstand, selv om vi skruer ned for vore uheldige påvirkninger. Systemet vil for en stund eller måske i uoverskuelig tid være låst i dets øjeblikkelige struktur, og vil derfor ikke umiddelbart respondere synligt på en reduceret påvirkning. Det er antageligvis grunden til, at vi ikke ser de forventede forbedringer af tilstanden selv efter en halvering af de danske udledninger af næringsstoffer.

Synderne

De grundlæggende hindringer for, at vi kan opnå en god havnatur, er den fortsatte store udledning af næringsstoffer og miljøfremmede stoffer samt et stort ikke-bæredygtigt fiskeri. Vi kender udmærket til de generelle problemer ved eutrofiering, fordi vi har haft et årtier langt storskala forsøg kørende med massiv udledning af næringsstoffer til havet. Siden 1950 og frem til 1980'erne steg udledningen af kvælstofsalte til de indre danske farvande fra især landbruget med mere end en faktor 5 til over 100.000 ton kvælstof pr. år. Dette niveau holdt sig gennem 1990'erne, hvorefter det takket være vandmiljøplanerne faldt støt med godt 50 % frem til i dag. I samme periode har primærproduktionen rimelig slavisk fulgt samme mønster som udtryk for den tætte afhængighed, der eksisterer mellem algetilvækst og kvælstofudledning. Da algevækst og iltforbrug er to sider af samme sag, ser vi samme tætte kobling mellem kvælstof og bundens iltforhold.

For fiskeriet har vi tilsvarende klare indikationer for dets betydning for havmiljøet. Dette ses især, når man sammenligner områder med forskelligt fiskeritryk, men hvor forholdene i øvrigt er ens. Således findes i Øresund et langt rigere fiske- og bunddyrliv end i det overfiskede Kattegat takket været et 80 år gammelt trawlingforbud i Øresund.

En række miljøfremmede stoffer vides at være særdeles skadelige på enkeltarter med misvækst og død. De synlige virkninger vil imidlertid ofte være indikationer på mere graverende effekter, der desværre er langt vanskeligere at erkende, nemlig den, der sker på økosy-

stemniveau. Hvad der vil forekomme som ubetydelige forandringer på individniveau, kan have afgørende betydning for organismernes funktionsdygtighed i økosystemet. Stofferne er måske ikke direkte dødelige, men gør nogle organismer mere sårbare i konkurrencen med andre. Det vil forrykke balancen og i sidste ende forandre økosystemerne. Det igen vil ændre på fødebetingelserne, fx for en given fiskeart – så selv om en fiskebestand ikke påvirkes direkte af et miljøfremmed stof, vil den indirekte virkning være lige så fatal.

Grib fat om nældens rod

I dag er vi lige akkurat i stand til at gennemskue den tilstand, vore handlinger i havet har medført, men vi er milevidt fra at kunne afdække de bagvedliggende specifikke årsager og præcise sammenhænge. Fx forstår vi ikke, hvorfor ålegræsset er i fortsat tilbagegang på trods af den reducerede næringssaltudledning. Alligevel baserer forvaltningen af havet sig på en forestilling om, at vi besidder en sådan detaljeret forståelse af de marine økosystemer. Den seneste lovgivning på havmiljøområdet, havstrategiloven, foregiver således, at vi kan opnå en god økologisk tilstand i havet ved at detailregulere vor gøren og laden. Men det vil få karakter af symptombehandling, da det forudsætter en faglig forståelse for havets økosystemer, som vi dybest set ikke har. I Havstrategiloven peges på en række skadeforvoldende aktiviteter, uden det ringeste kendskab til deres præcise effekter på økosystemerne. Selv om denne liste over problematiske aktiviteter til havs ser overbevisende ud, får vi ikke et godt havmiljø tilbage ved at detailregulere disse aktiviteter. I bedste fald vil det have en skadebegrænsende – og måske lindrende funktion.

Det, der skal til for at genoprette de marine økosystemer, ligger derimod stort set uden for Havstrategilovens beføjelser, nemlig ophør af eutrofiering, forbud mod udledning af miljøfremmede stoffer og indførsel af bæredygtigt fiskeri. Men det er det, vi burde koncentrere os om, hvis vi vil skabe forudsætningen for en god havnatur.

Udledningen af næringsstoffer og miljøfremmede stoffer til havet skal tilbage til de forhold, der gjorde sig gældende indtil for 50 år siden. Fiskeriet kan og skal gøres bæredygtigt, således at det på lang sigt atter kan blive givtigt uden at skade havmiljøet. Det meste trawlfiskeri bør indstilles til fordel for mere passive fangstredskaber som moderne specialfremstillede garn, ruser, tejner og langliner. Dette vil ikke kun hindre overfiskeri, men også være med til at beskytte havbunden på en måde så fødeforholdene for fisk i form af store bunddyr ikke sættes over styr. ■



10

Hvem dræber honningbierne?

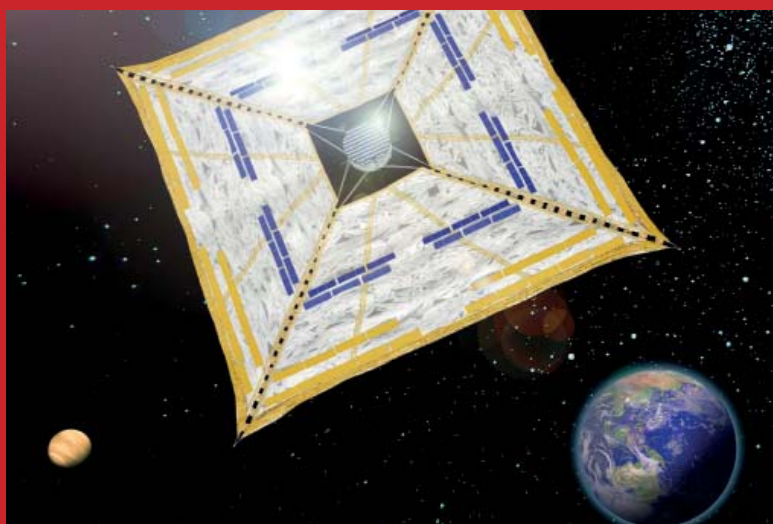
Over hele verden er bestanden af honningbier faldet dramatisk de seneste tiår. Som forklaring på biernes krise har mistanken specielt samlet sig om brugen af en gruppe pesticider kaldet neonicotinoider. Men flere faktorer spiller en rolle.

14

En gigantisk isterning

– lysglimt fra Antarktis' dyb fortæller om kosmos

Forskere har omdannet dele af den antarktiske is til et kæmpemæssigt laboratorium for måling af neutrinoer fra verdensrummet. Og et endnu større er på vej.



Indhold

FORSKNING OG NYHEDER

Kort nyt.....	4
Hvem dræber honningbierne?	10
En gigantisk isterning – lysglimt fra Antarktis' dyb fortæller om kosmos	14
Planktonøkologi i ørkenen.....	18
Fra skrot til slot - affald i fremtidens byggematerialer	24
Jagten på en ny membranmodel	28
Sæt sejl mod stjernerne	34
Plantens liv under jorden.....	38

PERSPEKTIV, DEBAT OG SERVICE

Synspunkt: En ringe havudsigt – sløret af den danske havstrategi.....	2
Fysik i olympiadeklassen.....	44
Replik: Tang med omtanke	48
Service	50
Bagsiden: Luftrenser med atmosfære	52

34

Sæt sejl mod stjernerne

I en ikke alt for fjern fremtid vil rumfartøjer med gigantiske ultratynde sejl måske kunne bruges til rejser i Solsystemet – ja, endog til de nærmeste stjerner.

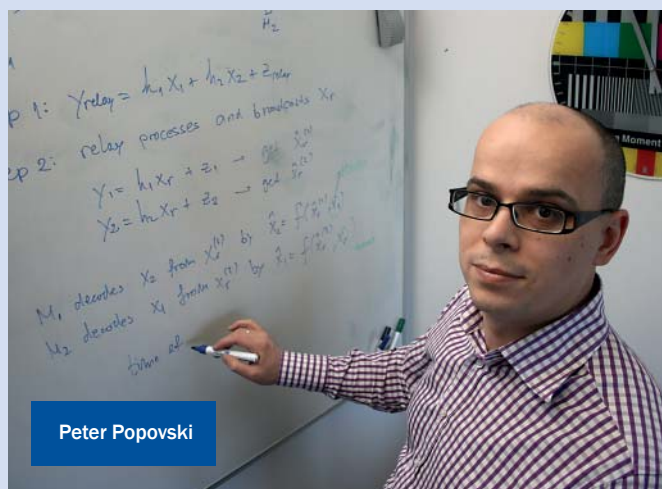
På vej mod 5G

Brugerne kan glæde sig til nye muligheder overalt, men teknikken kommer på prøve, når næste generation af mobil og trådløs kommunikation, 5G, rammer markedet. Et vigtigt skridt på vejen er nu taget med en kortlægning af krav og udfordringer til det fremtidige 5G. Kortlægningen er sket som en del af METIS-projektet – et stort EU-forskningsprojekt, der samler omkring 30 producenter, teleoperatører, akademiske institutioner, industrivirksomheder og forskningscentre.

Antallet af smartphone-abonnementer ventes at vokse fra 1,2 milliarder i 2012 til 4,5 milliarder i 2018, og det medfører en tilsvarende kraftig vækst i den mobile datatrafik. Den blev fordoblet fra 1. kvartal 2012 til 1. kvartal 2013, og ved udgangen af 2018 forventer METIS-projektet, at den vil være 12 gange så stor, som den var i slutningen af 2012.

»5G vil skulle tilbyde meget højere datahastighed sammenlignet med 3G og 4G. Men der er to andre krav, som stikker ud. Det ene er behovet for at understøtte et massivt antal maskine-til-maskine forbindelser (M2M). Det andet krav er at garantere en minimumskvalitet i den trådløse adgang praktisk talt over alt og altid. Sådan er det ikke i dag, hvor vores wifi- og 3G-forbindelser ofte bliver afbrudt«, fortæller professor Petar Popovski fra Institut for Elektroniske Systemer ved Aalborg Universitet, der deltager i projektet.

METIS-projektet er en af de største internationale forskningsaktiviteter inden for 5G, og deltagerne prøver at forudse alle de situationer,



Peter Popovski

som vil kræve trådløs netværksforbindelse i 2020. Projektet har opstillet fem 5G-scenarier, som blandt andet fokuserer på højere dataarter, god service selv i tætbefolkede og stuvende fulde omgivelser samt apparater i massevis, der kommunikerer indbyrdes.

Forskerne i METIS-projektet vil de kommende måneder fortsætte med at udvikle og integrere de vigtigste teknologiske komponenter til 5G.

Carsten Nielsen, Aalborg Universitet, Læs mere på www.metis2020.com.

Kemikere hjælper læger med diagnoser

Når læger leder efter sygdom, kigger stadig flere af dem på vævsprøver i mikroskop. Men de billeddannende teknikker kræver, at man indfarver sine prøver med selvlysende farvestoffer. De gængse farver er dyre og svære at arbejde med og egentlig ikke særligt gode.

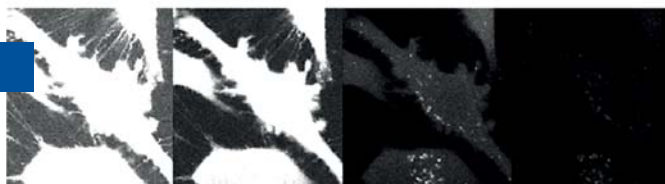
Nu har kemikerne Bo Wegge Laursen og Thomas Just Sørensen fra Københavns Universitet opfundet et nyt farvestof, som er ti gange bedre, langt billigere og meget nemmere at bruge, end dem lægerne har til rådighed i dag.

Det hidtidige farvestof, som man indfarver vævsprøver med for at lave billeddiagnoser, virker på samme måde som urvisere, der kan ses i mørke. Det bliver selvlysende, når man har lyst på det. Det bliver vævet desværre også, og det giver problemer med "lys-støj". Lyset fra væv klinger af 10 nanosekunder efter, at man har sendt lys ind på det. Tiden,

Nyt farvestof: Triangulenium, som holder længere:



Nuværende farvestof:



der går, før de almindelige farvestoffer holder op med at lyse, er også 10 nanosekunder. Derfor er det meget svært at skelne lyset fra en indfarvet kræftcelle og det omgivende raske væv.

Laursens og Sørensens nye farvestoffer lyser til sammenligning videre i hele 100 nanosekunder.

De 90 ekstra nanosekunder med lys betyder, at man kan optage billeder helt uden baggrunds-

støj. Og så betyder den ekstra tid, at man kan begynde at optage levende billeder af processer inde i celler. Det kan blive afgørende for at forstå, hvordan nye lægemidler virker. For eksempel for at se, hvordan medicinen bevæger sig inde i cellen.

Jes Andersen,

Kilde: Københavns Universitet.

Robot mod ukrudt

At luge ukrudt i marken har alle dage været et stort og energikrævende arbejde. I dag foregår det typisk med en radrenser spændt efter en traktor, men nu vil landmanden kunne erstatte denne energikrævende metode med en mere intelligent løsning.

Et samarbejde mellem private virksomheder og forskere ved Det Tekniske Fakultet, Syddansk Universitet har nu resulteret i en radrenserrobot, som kan klare sagen. På robotten findes både styring, trækraft og værktøj til ukrudtsbekæmpelse samlet på ét og samme køretøj, hvilket gør den mere energioekonomisk.

Robotten kan arbejde med en hastighed af fem til ti kilometer i timen, og den nuværende model op til 2,5 time på en fuld opladning. Det betyder, at landmændene kan indstille hastigheden af redskabets arbejde til det, som giver mening ude i marken. Sam-



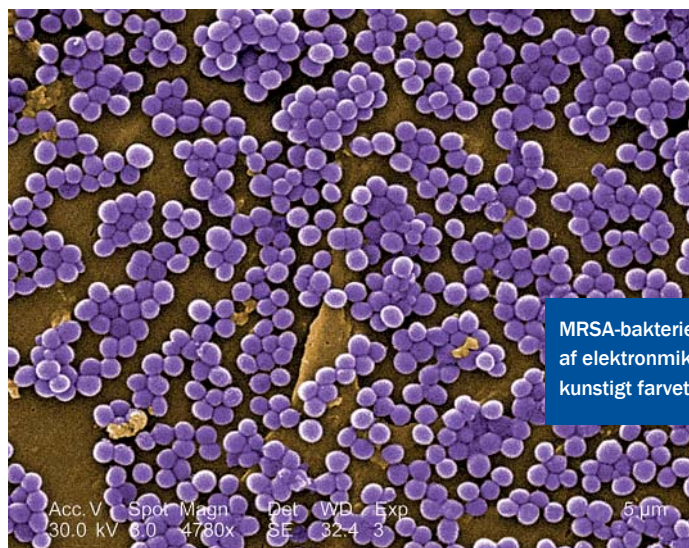
Her er den så: Robotten der selv klarer ukrudtet i marken, udviklet i et samarbejde mellem forskere ved SDU og virksomhederne Kongs-kilde Industries A/S og Kompleks Innovation.

tidig kan robotten køre på de tidspunkter, hvor det passer bedst – uanset om det er nat eller dag.

Mette Christina Møller Andersen, SDU TEK

Foto: Ingeniøruddannelserne på SDU

Bakterie sprunget fra køer til mennesker



MRSA-bakterier optaget ved hjælp af elektronmikroskop (billedet er kunstigt farvet).

DTU Fødevareinstituttet og Statens Serum Institut kunnet vise, at en af bakteriestammerne er sprunget fra køer til mennesker i to uafhængige omgange for cirka 40 år siden.

I Danmark har man siden 2007 registreret data og gemt bakterier fra samtlige personer, der er blevet smittet med MRSA. Det er det eneste sted i verden, man har det totale overblik, og det danske bidrag har derfor været af afgørende betydning for, at man for første gang kan dokumentere oprindelsen i køer. Det er en vigtig opdagelse, der giver biologisk forståelse af, hvordan bakterier kan sprede sig, så man på sigt kan forebygge og bekæmpe udbredelsen af MRSA.

Den bakteriestamme, forskerne har sporet hedder CC97. Den er en af cirka 10 store, verdensomspændende stammer af CA-MRSA, som smitter ellers raske mennesker uden kontakt til hospitalsmiljøet. I Danmark er CC97 ikke blandt de hyppigste MRSA, men flere og flere bliver smittet. Den blev første gang set i Danmark i 2007 med to smittede – i 2012 var det 30.

Helle Falborg Pedersen, SSI, Kilde: <http://mbio.asm.org/content/4/4/e00356-13>

MRSA er en type af stafylokokbakterier, der er blevet resistente overfor penicilliner og lignende antibiotika. MRSA har været kendt i mange år, men indtil for cirka 10 år siden, var MRSA næsten udelukkende et problem på hospitaler, hvor det ramte i forvejen syge mennesker. De seneste ti år er der imidlertid over hele verden sket en stigning i antallet af smittede, der ikke har været i forbindelse med hospitaler. Den type såkaldt "samfundserhvervede MRSA-tilfælde"

har været med andre stammer af MRSA, som er endnu mere virulente, fordi de har været i stand til at smitte mennesker, der ikke var svækkede af andre sygdomme.

Indtil nu har man ikke kunne dokumentere, hvor de samfundserhvervede MRSA typer stammede fra. Men ved at undersøge gener fra stafylokokker fra køer og mennesker fra fire kontinenter, har forskere fra bl.a. University of Edinburgh,

Vandlopper og skovsvampe gi'r ny energi

Et dansk-tysk forskerhold har udviklet en ny type genmodificerede gær-celler, der kan gøre produktionen af bioethanol langt mere effektiv – og ikke mindst billigere – end det hidtil har været muligt. Ved at forsyne gær-cellerne med gener fra henholdsvis vandlopper og skovsvampe er det lykkedes at få dem til at omdanne alger og planteaffald direkte til ethanol, uden at materialet har skullet igennem en dyr forarbejdning først. Hidtil har det været nødvendigt at bearbejde alger og planteaffald med høje temperaturer, højt tryk eller dyre enzymer for at "lukke cellulosen op", så gær-cellerne kunne få adgang til sukkerstof-fet omdanne det til alkohol.

Forskere på universiteterne i Aarhus og Mün-ster har studeret, hvordan vandlopper fordøjer alger, og isoleret to vandlopperegener, der koder for enzymer til at nedbryde cellulose. Dem har de klonet og indsat i gær-celler, som derefter kunne nedbryde cellulose fra alger uden tilfø-rel af energi eller enzymer.



Lektor John Nieland fra Aarhus Universitet står i spidsen for forskningsprojektet med genmodificerede gær-celler til produktion af bioethanol.

Vandlopperegener er dog ikke nok til at få has på cellulosen i planteaffald, som på grund af det høje indhold af lignin i cellevæggene er endnu mere genstridig. For at knække dén nød har forskerne isoleret de gener, som sætter en sjæl-den estisk skovsvamp i stand til at omdanne lignin til energi, og puttet dem i nogle andre gær-celler. Ved at blande de to typer af gen-modificerede gær-celler i den samme fermen-

teringsproces er det ind til videre lykkedes at producere næsten tre gange så meget etha-nol per gram alge- eller plantemateriale, som det ellers er muligt i selv de mest avancerede industrielle processer.

Peter Gammelby. Kilde: Nyhedsbrevet RØMER, 26. aug. 2013.

Foto: Henrik Olsen

Bakteriekonsortier stjæler havets næring

På bunden af det østlige Stillehav ud for Mexico lever en af verdens største bakterier, Thioploca. Den er så stor, at den kan ses med det blotte øje, og den lever side om side med artsfæl-ler i bundter af lange bløde, hvide celletråde, der ligner kinesiske nudler. Thioploca lever af nitrat, som den optager fra vandet, og når den har høstet en portion nitrat, trækker den sig flere cm ned i havbunden. Dette foregår gen-nem en såkaldt skede – et op til 20 cm langt hylster, som den igen kravler igennem, når den skal op og hente mere nitrat.

»Vi har længe syntes, at der forsvandt over-raskende meget nitrat her. Da vi undersøgte

sagen, så vi, at det ikke er Thioploca alene, der står for al nitratfjernelsen. Inde i skederne fandt vi nogle mindre celler, såkaldte anammox-bakterier, der stjæler nitrat fra Thioploca, når den trækker sig tilbage gennem skeden med sin høst«, forklarer Bo Thamdrup, biogeokemi-ker ved Nordic Center for Earth Evolution, Syd-dansk Universitet.

Sammen med amerikanske kolleger fra bl.a. Pomona College i Californien beskriver han den nyopdagede symbiose i tidsskriftet *Nature*. Opdagelsen er nu med til at forklare, hvorfor der i nogle egne af verdenshavene forsvinder store mængder næring.

»De nyopdagede symbiotiske bakteriers akti-vitet øger kvælstofomsætningen i havet. Det fører til færre alger i vandet og dermed til min-dre føde for havets smådyr. Konsekvensen er, at der ikke er noget føde til fiskene«, forklarer Bo Thamdrup.

Ofte er det øget og ikke formindsket alge-vækst, der bekymrer havbiologerne, fordi eks-

trem algevækst kan føre til dårlige og poten-tielt dødbringende forhold for fisk og andre dyr. Men visse steder i verden – som i det område, Bo Thamdrup og hans kolleger har undersøgt – er det altså formindsket algevækst, der for-ringer fiskenes levestandard.

Forskerholdet studerede havbunden ud for Mexico, hvor et stort havområde er ekstremt iltfattigt. Her kan kun leve bakterier, som lever af nitrat i stedet for ilt.

»Vi har hidtil troet, at kvælstofomsætningen stort set kun foregik ude til havs og i selve vand-søjlen fremfor ved bunden. Men hvis iltsvinds-områderne og Thioploca og anammox-bakteri-erne breder sig langs havbunden nær kysterne, kan det få følger for fiskelivet og dermed fiske-riet«, forklarer Bo Thamdrup.

Birgitte Svennevig, Syddansk Universitet
Kilde: *Nature* 500, 194–198. doi:10.1038/nature12365

Foto: Loreto De Brabrandere

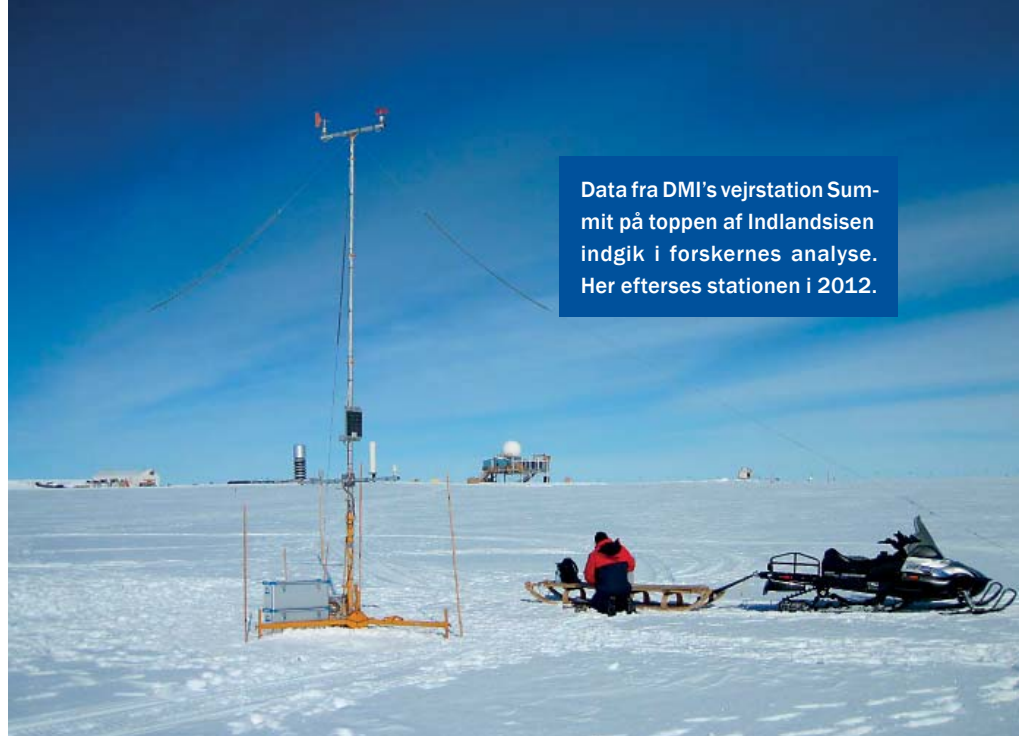


Kæmpebakterien Thioploca fra forskernes undersøgelse.

Ekstrem smeltning forklaret

Grønlands indlandsis rekordsmeltede i sommeren 2012. Ny forskning viser, at usædvanlige ændringer i atmosfærens cirkulation var årsagen. I juli 2012 meddelte NASA, at de havde observeret rekord-afsmeltning fra indlandsisen i Grønland. Nu har et team ledet af professor Edward Hanna fra University of Sheffield undersøgt, hvilke forhold der bidrog til den ekstraordinære smeltning blandt andet på baggrund af DMI's lange dataserier fra øen.

I 2012 dominerede et højtrykssystem i den midterste troposfære over Grønland, som gjorde vejsituationen stabil i lang tid. Det har været tilfælde i de seneste varme somre siden 2007. Vejrsystemet var forbundet med den negative fase af den såkaldte NAO (Nordatlantisk oscillation). Når NAO er negativ, føres varm luft fra syd op langs Grønlands vestlige kyst. Det betød, at der så at sige blev dannet en "varmekuppel" over Grønland, som igen medførte den udbredte overfladesmeltning.



Data fra DMI's vejrstation Summit på toppen af Indlandsisen indgik i forskernes analyse. Her efterses stationen i 2012.

Cirkulationsmønsteret koblet til den negative NAO var også ansvarligt for sommeren 2012's ustadige og våde vejr i Danmark. Forskernes analyse viser desuden, at havtemperaturer og havisdækket spillede en minimal rolle i rekordsmeltningen.

Situationen i 2012 er ikke umiddelbart klimatisk repræsentativ for fremtidens "gennemsnit-

lige" somre i Grønland. Klimamodeller indikerer nemlig ikke, at det usædvanlige cirkulationsmønster og dermed ekstreme somre bliver mere almindelige senere i dette århundrede. De næste fem til ti år vil løfte sløret mere for, om denne påstand holder.

Niels Hansen, DMI. Kilde: *Int. J. Climatol.* doi: 10.1002/joc.3743. Foto: DMI

Blåhvaler forstyrres af sonar

Sonarudstyr brugt af militæret (i mellemfrekvensområdet 1-10kHz) er tidligere blevet forbundet med episoder af massestrandinger af tandhvaler, der jager på stor dybde. Effekten af denne form for sonar på truede arter af bardehvaler har hidtil været ukendt, men nu har en gruppe amerikanske forskere undersøgt sagen.

Forskerne hæftede sensorer på 17 blåhvaler i deres fødeområder i den californiske bugt, og fulgte hvalernes adfærd før, under og efter, at de blev udsat for lyde svarende til militær sonar afspillet fra forskernes skib.

Studiet, som for nylig er publiceret i *Proceedings of the Royal Society B*, viste, at hvaler ved overfladen typisk ikke reagerede på lydene, mens hvaler på større dybde ofte ændrede adfærd ved fx at stoppe med at æde på stor dybde eller ændre retning væk fra lydkilden.

Forskerne mener, at sonar-udløste forstyrrelse af bardehvaler kan have betydelige og



Blåhvalens fødesøgning på stor dybde kan forstyrres af sonar, har ny forskning vist.

hidtil udokumenterede konsekvenser for hvalernes fødesøgning og dermed på sundhedstilstanden af hvalbestanden.

CRK, Proc. R. Soc. B 280, 20130657 (2013)

Foto: Michael L. Baird, flickr.bairdphotos.com

Sandstormens dynamik

Vil en sandstorm blive kraftigere, hvis sandkornene ikke kolliderede med hinanden i luften? Det spørgsmål har gennem tiden optaget både teoretikere og praktikere. Nu har en gruppe internationale forskere ved hjælp af computersimulationer givet det overraskende svar, at kollisioner mellem sandkorn i luften ikke mindsker mængden af sand i luften, men tværtimod øger den.

Sandkorn kommer op i luften under en storm ved en proces kaldet saltation. Tæt ved jordoverfladen skaber stormen et få centimeter tykt lag af sand, hvor sandkornene blot flyder eller hopper langs overfladen. Nogle sandkorn kommer højere op i luften, hvor vindhastighederne er større, og dermed accelereres de så meget, at de kan skabe et "sandsprøjt" af andre sandkorn, når de ramler ned i jorden igen. Herefter kommer flere sandkorn i bevægelse. Afgørende for mængden af sand i bevægelse er altså antallet af "saltoner" – dvs. sandkorn, der kommer over den kritiske grænse, hvor de får energi nok til at kunne producere et sandsprøjt. Og her spiller kollisioner i luften mellem de hoppende sandkorn en overraskende stor rolle ifølge Marcus Carneiro og Hans Herrmann fra den tekniske højskole i Zürich og deres kolleger. De har med computersimulationer vist, at kollisionerne kan fordoble fluxen af sand – dvs. den mængde af sand, der til enhver tid strømmer igennem et givet område i luften.



En massiv sandstorm nærmer sig en amerikansk militærlejr i Irak i 2005. Ny forskning viser, at kollisioner mellem sandkorn i en sandstorm har en forstærkende effekt på stormen.

For at forklare mekanismen peger forskerne på "hoppere" – dvs. sandkorn, der hvirvles op ved sandsprøjt, men ikke højt nok til, at de selv bliver saltoner. Når to hoppende sandkorn kolliderer, kan det ene slynges højere op i luften, hvor det kan kolliderer med endnu et sandkorn og derved slynges endnu højere op. Til sidst kan

den nå højt nok op til at blive klassificeret som en saltion. En sådan tilsyneladende usandsynlig sekvens af sammenstød viser sig at være en almindelig hændelse i en sandstorm, fordi tætheden af sandkorn er så stor.

CRK, Kilde: *Phys. Rev. Lett.* 111, 058001 (2013)

Foto: Alicia M. Garcia, U.S. Marine Corps.

Hukommelsesprotein svinder med alderen

Hvis nogen skulle have glemt det, så bliver det generelt sværere at huske med alderen! Forskere har længe diskuteret, om den gradvise forringelse af hukommelsen, som mange oplever fra 30-årsalderen og fremad, er en selvstændig neurologisk proces eller i virkeligheden en slags forstadium til Alzheimers sygdom. Ved at studere hjernevæv fra afdøde personer, har en gruppe forskere ved Columbia University nu identificeret et protein, som tilsyneladende kan adskille almindelig aldersbaseret glemsomhed fra Alzheimers.

Forskerne koncentrerede deres undersøgelser om den dentate gyrus – et område i hjernens hippocampus, som man mener spiller en vigtig rolle for hukommelsen, og som man også mener, bliver påvirket af aldring. Forskerne undersøgte, hvilke gener, der blev udtrykt i

denne del af hjerne (dvs. hvilke proteiner, der var til stede), og de sammenlignede med en nærliggende region af hjernen kaldet den entohinale cortex, som vides at være et af de første steder, Alzheimers sygdom rammer. Undersøgelserne viste, at der var 17 gener, der udviste en aldersbetinget aktivitet i den dentate gyrus sammenlignet med i den entohinale cortex. Særligt ét gen ændrede markant aktivitet, idet aktiviteten af det faldt med 50 % med alderen. Dette gen koder for et protein kaldet RbAp48, som er involveret i reguleringen af gener i den dentate gyrus.

For at teste, om dette gen kunne være ansvarlig for aldersbetinget hukommelsestab, vendte forskerne deres interesse mod mus, og her fandt de den samme aldersbetingede forskel, idet gamle mus havde mindre RbAp48 i den

dentate gyrus end unge mus. Næste skridt var at frembringe en genmanipuleret mus, der ikke producerede RbAp48. Forskerne kunne her vise, at unge individer af disse mus udviste den samme type hippocampus-betingede "hukommelsesdefekter", som ses i ældre i form af besvær med at genkende nye objekter og at finde vej.

Endelig kunne forskerne vise, at ved at øge niveauet af RbAp48, kunne hukommelsesfunktionen i gamle mus genoprettes til niveauer, der svarede til hos unge mus.

Ifølge forskerne kan RbAp48 og det tilhørende gen være et muligt fremtidigt mål for medicin mod aldersbetinget hukommelsestab.

CRK, Kilde: *Sci. Transl. Med.* 5, 200ra115 (2013).

FLYT VERDEN FRA TEORI TIL TEKNOLOGI

LÆS FYSIK OG NANOTEKNOLOGI

Fysik og Nanoteknologi handler om, hvordan verden er skruet sammen. Du zoomer ind på grundlæggende problemstillinger og sætter fokus på moderne forskning og teknologi. Fordyber dig, eksperimenterer og ser tingene i et større perspektiv. Konstruerer nye materialer med unikke egenskaber i nanoskala. Du forandrer verden.

Du skaber overblikket og vælger retningen på

WWW.FLYTVERDEN.DK



AALBORG UNIVERSITET
AALBORG · ESBJERG · KØBENHAVN

Hvem dræber honningbierne?

Over hele verden er bestanden af honningbier faldet dramatisk de seneste tiår. Som forklaring på biernes krise har mistanken specielt samlet sig om brugen af en gruppe pesticider kaldet neonicotinoider. Men flere faktorer spiller formentlig en rolle.

Forfatter



Christa Escasain Berg
Studerende
ved Det Bio-
videnskabelig Fakultet,
Københavns Universitet
christaescasainberg@
gmail.com

Har skrevet bachelor-
projekt om honningbier
og neonicotinoider

Det er ikke nogen overdrivelse at påstå, at verdens fødevareproduktion er afhængig af honningbier. 90 procent af afgrøderne i landbruget på verdensplan bestøves således af honningbier – det gælder bærbuske, frugttræer og afgrøder som raps. Derfor er det et meget stort problem, at der er sket et alarmerende fald i bestanden af honningbier på verdensplan. Krisen går under betegnelsen “Colony Collapse Disorder”, idet hele bikolonien kollapseder, ved at alle bierne af endnu ukendte årsager forlader kolonien (se boks).

Sammenbruddet i bikolonierne blev først observeret i USA, hvor antallet af honningbier er mere end halveret siden 1971. Og det har forvoldt enorme økonomiske tab for både landmænd, frugtavlere og biavlere. Fænomenet er nu også ved at få et foruroligende omfang i Europa, hvor antallet af kolonier er faldet med 26 procent siden 1970. I Danmark er vi også hårdt ramt, idet bestanden af honningbier er reduceret med omkring 40 %.

En fortsat tilbagegang af honningbier på verdensplan kan få katastrofale følger for landbruget. Det vil betyde lavere udbytte af afgrøder, der er afhængige af honningbier til bestøvning og dermed stigende priser. Det vil også kunne betyde, at der vil være færre plantesorter til rådighed, da landmænd kan blive tvunget til at skifte fra dyrkning af insektbestøvede planter til et begrænset udvalg af selvbestøvende arter.

Honningbiernes tilbagegang har ikke kun betydning for landbruget, men også for biodiversiteten, da bierne er vigtige bestøvere for en lang række planter i naturen.

Pesticid under mistanke

Som nævnt kender man ikke den præcise årsag til, at honningbierne forsvinder, men mange fakto-

rer er under mistanke. I den globale debat om honningbiernes krise har interessen de seneste år samlet sig om en gruppe pesticider kaldet neonicotinoider. Disse stoffer er mere og mere under mistanke for at have en væsentlig rolle i misæren. Mange biavlere og forskere verden over mener således, at det er den udbredte brug af neonicotinoider, der er årsagen til de nuværende tab af kolonier af honningbier.

Neonicotinoiderne blev introduceret i 1990'erne, og er i dag blandt de mest udbredte pesticider i verden. Disse pesticider er afledte af nikotin, og de fungerer som nervegift for insekter ved at angribe centralnervesystemet.

Neonicotinoider er systemiske, hvilket betyder at de absorberes af planten gennem rødder eller blade og transporteres til, og indarbejdes i, alle dele af plantevævet: stængler, blomster (også nektar og pollen), blade og endda frugter. Det giver beskyttelse mod insekter, der lever af planterne – men det påvirker desværre også organismer, der ikke er mål for pesticidet, som honningbierne.

Den systemiske egenskab ved neonicotinoiderne gør dem i stand til at forblive i jord og i de behandlede planter over længere tid – helt op til 3 år. Det betyder, at ubehandlede planter kan absorbere neonicotinoider, der stadig er tilbage i jorden efter tidligere behandlinger.

Skadelige effekter

Neonicotinoiderne påføres plantefrøene, inden de sås. Det betyder, at den lille plante er giftig for skadelige insekter lige fra første spire. Men når planten nogle uger senere kommer i blomst, indeholder blomstens pollen og nektar små mængder gift. Honningbierne kan derfor komme i kontakt med disse giftstoffer, når de leder efter føde. Derudover er honningbierne udsat for neonicotinoider fra

Foto: Colourbox



den pollen eller nektar, de oplagrer i deres bister, og disse lagre er således en permanent kilde til påvirkning af bierne med giftige stoffer. Det er især et problem, hvis honningbierne overvintrer på føde forgiftet med neonicotinoider, da det øger risikoen for, at hele familien dør.

Neonikotinoiderne virker anderledes på honningbierne end typiske pesticider. Hvor pesticider giver bierne en øjeblikkelig forgiftning, er neonikotinoiderne mere langsomt virkende og dræber generelt ikke bierne øjeblikkeligt (medmindre der er tale om høje doser), men har ikke desto mindre alvorlige konsekvenser for bierne over tid.

Adskillige studier udført af blandt andet det nationale forskningscenter for fødevarer og landbrug i Frankrig har vist, at honningbier udsat for ikke-dødelige mængder af neonikotinoider udviser unormal adfærd: De bliver desorienterede, så de ikke kan finde hjem til deres bistade, og deres immunforsvar svækkes, så de bliver mere sårbare overfor infektioner. Derudover får honningbierne problemer med at flyve, mister orienteringsevnen, reduceret smagsfølsomhed og langsommere indlæring af nye opgaver – alt sammen noget, der svækker biernes evne til at søge føde. De fleste af disse undersøgelser er blevet udført i laboratorium, men der er dog også forsøg udført i felten.

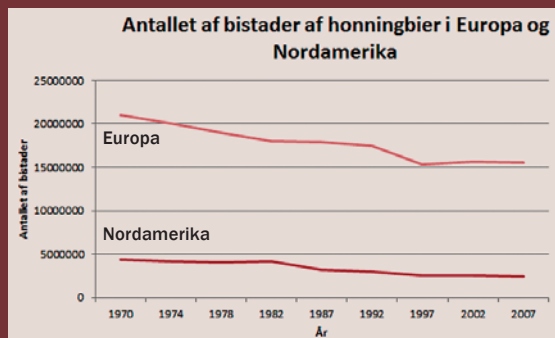
Uenighed om neonikotinoidernes rolle

Det er først for relativt nylig, at man er blevet klar over, at neonikotinoiderne kan have disse effekter på honningbierne i "ikke-dødelige" doser. Og på den baggrund er det rimeligt at antage, at disse skadevirkninger kan svække kolonier af honningbier og dermed øge tab i bistaderne. Men et godt spørgsmål er, hvor stort problemet er. Der er en række andre kendte faktorer (som sygdomme), der stresser bierne (se boks), og vekselvirkninger mel-



For at gøre opmærksom på problematikken omkring biernes tilbagegang, fjernede den amerikanske supermarkeds kæde Whole Foods Market alle "bi-afhængige" produkter fra grøntafdelingen i en af deres butikker.

Foto: Whole Foods Market



Nedgangen i antallet af bistader i hhv. USA og Europa, ifølge tal fra FAO. Bemærk, at grafen kun går til 2008, men den negative udvikling er siden fortsat.

Colony Collapse Disorder

Betegnelsen *Colony Collapse Disorder* (CCD) refererer til nedgangen af honningbier i bistaderne.

Symptomerne på CCD inkluderer:

- Alle voksne flyvedygtige bier forsvinder fra boet.
- De ikke-flyvedygtige bier vil forsvinde efterhånden, som de kan flyve.
- Der er masser af mad og honning i boet, men ingen arbejdsbier til at passe dronningens æg.
- Dronningen forsvinder senere.
- Der er ingen tegn på angreb af fjendtlige bier eller skadedyr.
- Der ses ingen eller meget få døde bier ved bistadet.



Biavlerne kæmper for at redde bierne i disse år.

Foto: Colourbox

lem disse kendte faktorer kan også spille ind. Fx har man med forsøg vist, at honningbier dør, når de udsættes for neonicotinoider mens de samtidig er smittet med den encellede parasit *nosema*.

Der er stor uenighed blandt forskere om neonikotinoidernes rolle i nedgangen af honningbier. Der er

studier, der påviser, at der ikke findes en klar sammenhæng mellem nedgangen af honningbier og den udbredte brug af neonicotinoider. Et eksempel på dette er forskere fra virksomheden Bayer, producenten af neonicotinoider, der konkluderer, at afgrøder dyrket på frø bejdset med neonicotinoider ikke udgør nogen væsentlige risici for bier. I under-

Trusler mod bierne

Udover brugen af pesticider kan en række faktorer medvirke til biernes tilbagegang.

Bipest

Der findes to former for bipest: Europæisk bipest og Ondartet bipest. Europæisk bipest er en meget smitsom tarmsygdom hos honningbiernes larver, som forårsages af bakterien *Melissococcus pluton*. Europæisk bipest er ofte forbundet med stress forårsaget af mangel på mad, vand, plads eller angreb af en anden sygdom eller skadedyr. *Melissococcus pluton* producerer ikke sporer, men honningtavler forurenet med bakterier kan re-inficere honningbier i de efterfølgende år. Den europæiske bipest er generelt ikke så alvorlig som den ondartede, men kan være årsag til store tab af larver og bifamilier.

Ondartet bipest er en af de mest alvorlige sygdomme, som rammer larverne. Den forårsages af den encellede bakterie

Paenibacillus larvae. Bakterien danner sporer, og disse sporer er meget modstandsdygtige overfor ydre påvirkninger som varme og tørke. Ondartet bipest er ikke kun meget smitsom, men spredt sig derudover meget hurtigt og uden vanskeligheder i en koloni, blandt kolonier i en bigård og mellem bigårde.

Nosema

Den encellede organisme *nosema* giver bierne en tarmsygdom og medfører en generel svækkelse af immunforsvaret, som gør bierne mere modtagelige overfor andre sygdomme. I stærkt angrebne familier af honningbier vil familien være svækket, og den kan derfor ikke udvikle sig normalt.

Varroa

Varroa er en parasit, der lever på honningbier, hvor den lever af blod fra både voksne bier og larver. Kraftige *varroa*-angreb

søgelsen kunne der ikke iagttages nogen forhøjet dødelighed hos honningbierne under realistiske koncentrationer af neonicotinoiderne.

Andre undersøgelser viser derimod, at neonicotinoiderne har en tydelig effekt på honningbier. Forskeren James Cresswell udførte en metaanalyse (en sammenfatning af et større antal tidligere udførte studier) og denne viste, at honningbier under påvirkning af disse pesticider reducerede deres forventede præstation mellem 6 og 20 %. Studiet fastslog, at selvom behandlede afgrøder ikke er dødelige for honningbier, så har de ikke-dødelige effekter.

En væsentlig grund til uenigheden skyldes forsøgsopsætningerne, som kan have væsentlige indvirkninger på resultaterne. Nogle forsøg foregår således i laboratoriet, mens andre er markforsøg, nogle forsøg kan have udgangspunkt i monokulturer, og der kan være forskel på den tidslængde, man observerer i. Det kan give forskellige konklusioner, da man jo i sidste ende skal tolke resultaterne i forhold til, hvordan det ser ud i virkelighedens komplekse verden.

På trods af uenigheden har EU-Kommissionen vedtaget et toårigt forbud mod brugen af bestemte neonicotinoider fra 1. december 2012. Forbuddet bygger på vurderinger af det europæiskeagentur for fødevarer og sikkerhed, der konkluderer, at neonicotinoider er skadelige for honningbier. Dette forbud indebærer, at pesticiderne kun må bruges om vinteren, men eftersom neonicotinoiderne stadig kan være til stede både i plantevæv og i jorden, kan honningbierne stadig blive påvirket af dem.

En faktor vi kan kontrollere

Status i dag er altså, at laboratorieforsøg har vist, at neonicotinoider kan have skadelige effekter på honningbier selv i ikke-dødelige koncentrationer, men forskningen har ikke endegyldigt kunne påvise en årsagssammenhæng mellem brugen af neonicotinoider og nedgangen af honningbier.

Der er forskere, der mener, at selvom neonicotinoiderne skulle spille en rolle, så er den meget lille, og disse forskere placerer derfor disse pesticider langt nede på listen over trusler mod bier.

Til dette kan man sige, at neonicotinoiderne kan være en af de faktorer, der gør, at en honningbifamilie lige netop ikke kan overleve. Og i modsætning til nogle af de andre faktorer, der kan være involveret, er brugen af neonicotinoider noget vi kan kontrollere. Af hensyn til honningbiernes chance for at overleve den udbredte bidød, bør vi give dem al den hjælp, vi kan.



på honningbiernes larver medfører deformiteter (på vinger og bagkrop), og kan i værste fald tage livet af larverne. Adfærden hos inficerede honningbier ændres, og arbejdsopgaverne forsømmes, fx pleje af larverne. Derudover forsømmes opgaven som vagtbí, hvorved stærkt angrebne bifamilier bliver lette ofre for røveri fra andre bier. Desuden forringes honningbiernes orienteringsevne, således at bierne ikke vender hjem til staden, når de har været ude at samle føde. En stærkt angrebet koloni vil til sidst gå til grunde.

Udover at påføre honningbierne skade og derved svække dem, er parasitten også bærer af forskellige vira, som kan angribe honningbierne. Mange af de skader, som forekommer i forbindelse med varroa-angreb, kan tilskrives virus sygdomme. Når varroa-parasitten suger blod fra en virusinficeret honningbí, bliver den inficeret med virus. Varroa parasittens spytkirtler indeholder herefter viruspartikler. Dette virus kan

overføres til honningbier og deres larver, når parasitten stikker hul for at suge blod.

Mangel på føde

De store arealer med monokulturer i vort moderne landbrug betyder mangel på et varieret fødegrundlag for honningbierne. Honningbier, der lever af en varieret kost, har et sundere og mere robust immunforsvar, mens honningbier, der kun har én type pollen som fødekilde, kan udvikle visse ernæringsmæssige mangeltilstande.

Videre læsning

Blacqui re, T.; Smagghe, G.; van Gestel, C. A. M. & Mommaerts, V. 2012: Neonicotinoids in bees: a review on concentrations, side-effects and risk assessment. *Ecotoxicology*. Vol. 21, pp. 973 – 992.

Grimm, M.; Sedy, K.; S ssenbacher & Riss, A., 2012: *Existing Scientific Evidence of the Effects on Neonicotinoid Pesticides on Bees*. Policy Department, European Parliament, Brussels.

Hopwood, J.; Vaughan, M.; Shepherd, M.; Biddinger, D.; Mader, E., Black, S. H. & Mazzacano, C. 2012: *Are neonicotinoids killing bees? A review....* The Xerxes Society for Invertebrate Conservation, Portland.

Kluser, S.; Neumann, P.; Chauzat, M.P. & Pettis, J. S. 2010: *Global Honeybee Colony Disorder and Other Threats to Insect Pollinators*. United Nations Environment Programme, Kenya.

www.zenstotten.org

Et sorgeligt syn:

En bikoloni er kollapsede, og har efterladt en tom bikube.

En gigantisk isterning

– lysglimt fra Antarktis' dyb fortæller om kosmos

Forskere har omdannet dele af den antarktiske is til et kæmpemæssigt laboratorium for måling af neutrinoer fra verdensrummet. Og et endnu større er på vej.

Forfattere



Rune Elgaard Mikkelsen er cand. scient og er nu

ph.d.-studerende
rune@phys.au.dk



Ulrik Ingerslev Uggerhøj er lektor,

ulrik@phys.au.dk

Begge ved Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet.

Hvert sekund rammes jorden af millionvis af partikler fra det ydre rum. Disse meget energirige partikler bevæger sig med næsten lysets hastighed, og har på deres vej passeret fjerne egne af universet. I marts 2013 blev det endelig vist, at de fleste kosmiske partikler skabes i galaktiske supernovaer, hvor en stjernes endeligt resulterer i en kæmpe eksplosion. I denne proces udsendes energirige partikler i alle retninger, og det omkringliggende kosmos fyldes med elektroner, protoner og tunge ioner som fx jern – de kosmiske partikler.

Men det er ikke hele historien. Endnu længere væk fra jorden, i centrum af ekstremt aktive galakser og steder hvor sorte huller kolliderer med hinanden, skabes kosmiske partikler med ultrahøj energi. Deres energi er så stor, at de har en milliard gange mere energi end de partikler, som kolliderer i eksperimenterne i verdens største accelerator, Large Hadron Collider ved CERN. Det er kun i sjældne tilfælde, at disse partikler med ekstrem energi udsendes. Her på Jorden kan man således kun måle én ultrahøjenergi-partikel pr. 10 år – og vel at mærke kun, hvis ens detektor er 100 km² stor.

Lige siden den første meget energirige kosmiske partikel blev målt i 1962, har man været interesseret i, hvordan disse partikler opnår deres energi, og hvor de kommer fra. Det har været meget vanskeligt at finde ud af, da partiklerne på deres vej mod jorden passerer igennem svage magnetfelter som fx det, der findes overalt i Mælkevejen. Da alle de kosmiske partikler er elektrisk ladede betyder det nemlig, at deres bevægelsesretning afbøjes i magnetfelterne. Når de rammer Jorden kan man altså ikke forvente, at deres ankomstretning peger tilbage i retning af, hvor partiklerne oprindeligt blev skabt.

Observatorium under is

Allerede i starten af 1970'erne fandt man en mulig løsning på dette problem. Det er nemlig sådan, at når kosmiske partikler bliver skabt, udsender de

neutrinoer langs deres bevægelsesretning. Da disse elementarpartikler er næsten masseløse og elektrisk neutrale, bevæger de sig langs rette linjer gennem universet. Neutrinoerne kan derfor bruges til at pejle sig tilbage til det sted, hvor de kosmiske partikler blev skabt.

Det var dog først ved udgangen af år 2010, at det blev muligt at udnytte denne erkendelse i praksis. Her stod verdens største neutrino-observatorium endelig færdigbygget efter knap 40 år med forarbejde og teknologisk udvikling. Den samlede konstruktion består af 5.160 detektor-moduler, som er koblet sammen i ét stort netværk. For at optimere observatoriets synsfelt er det placeret på Sydpolen, hvor det konstant er dækket af is. Observatoriet har derfor fået navnet IceCube. De 5.160 detektor-moduler er samlet på 86 lange kabler, som ved hjælp af kogende vand og glohede metalbor er sænket ned i 1,5-2,5 km's dybde. Her er isen så ren, at lys kan ses på flere hundrede meters afstand. Det er denne egenskab, der gør de ufremkommelige omgivelser på Antarktis til et perfekt sted at placere et neutrino-observatorie.

Støj-neutrinoer er en udfordring

Fordelen ved den iskolde placering af observatoriet er, at man ikke behøver måle neutrinoerne direkte. I stedet bruger man netværket af detektor-moduler til at måle det lys, neutrinoer medvirker til at producere, når de bevæger sig gennem isen. For at det kan lade sig gøre, har man måttet løse en lang række udfordringer af både teknisk og fysisk karakter. Fx skaber atmosfæren en hel del støj, som må sorteres fra i den endelige databehandling. Hver gang der måles en million signaler er der blot et af dem, som stammer fra en neutrino. De resterende signaler kommer fra partikler skabt i atmosfæren, som udsender lys, når de indfanges i den arktiske is. For at afskærme dette signal måler man kun efter neutrinoer, der kommer ind i detektoren nedefra – støj fra den nordlige del af atmosfæren kan nemlig ikke trænge hele vejen igennem Jorden.

Et typisk signal stammer fra en neutrino, der er udsendt af en døende stjerne et sted i verdensrummet, der flyver direkte igennem Danmark og ind i Jordens indre for til sidst at blive detekteret af IceCube på sydpolen. Neutrinoernes evne til ufortrødent at passere igennem en hel planet er årsagen til, at det har taget lang tid at udvikle en detektor, som effektivt kan måle dem.

I sommeren 2012 blev de første målinger offentliggjort, og lige siden har forskere været i gang med at fortolke dem. Det er endnu uklart, hvor de kosmiske partikler med ultrahøj energi kommer fra, men hver dag, hvor detektoren optager data, kommer vi et svar nærmere.

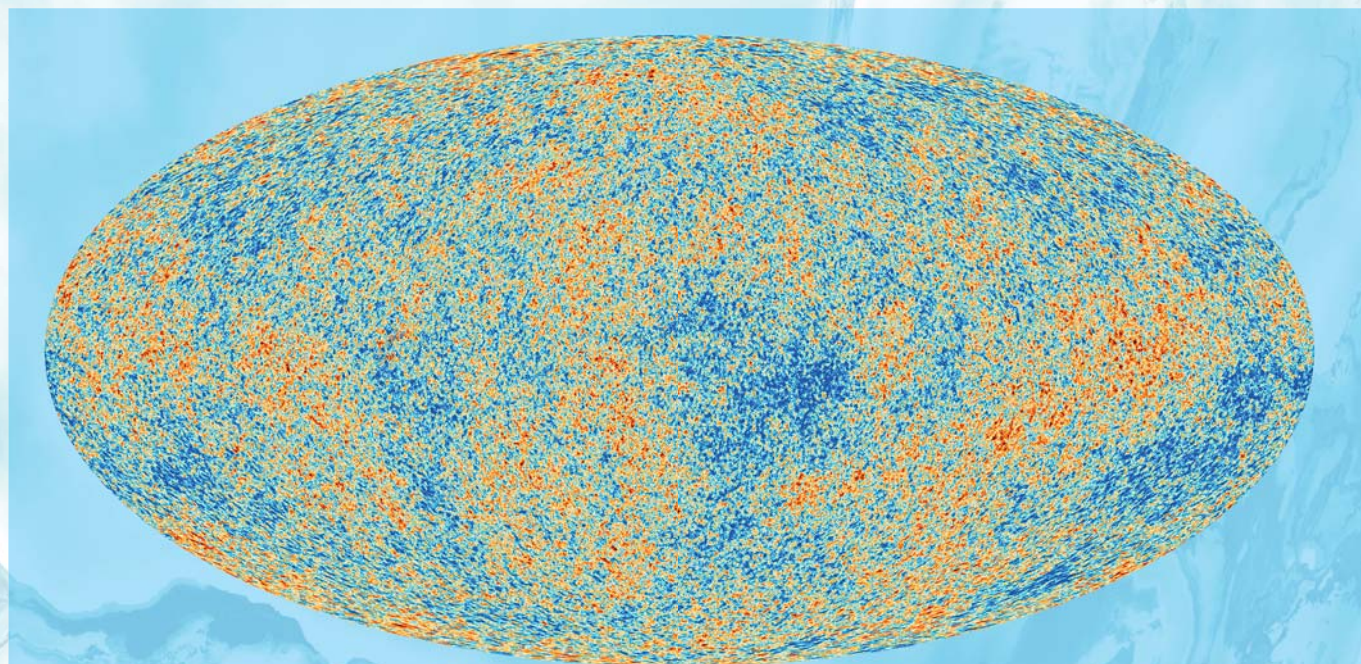
Intentionen med IceCube har været at kunne måle så mange kosmiske neutrinoer som muligt, og det er primært derfor, at detektoren er så stor, som den er. Det gør imidlertid, at den har svært ved at måle neutrinoer med lav energi, som ikke producerer særligt meget lys. Derfor har man i centrum af IceCube en separat detektor kaldet DeepCore, der består af 6 tætpackede strenge monteret med meget

sensitive detektorer, som kan måle helt ned til én foton ad gangen. Herfra kan man med resten af IceCube som afskærmning foretage præcisionsmålinger af neutrinoer og deres egenskaber.

Nyt kæmpeobservatorium på vej

Som en udbygning af IceCube og DeepCore planlægger man nu at bygge et nyt observatorium kaldet Precision IceCube Next Generation Update (PINGU). Dette observatorium skal være væsentligt mindre, og derfor kunne måle med meget højere præcision. PINGU vil kunne fortsætte DeepCores arbejde, og det vil være muligt at studere mange forskellige fænomener indenfor partikelfysik og helt andre videnskabelige discipliner. Fx vil man kunne lave et slags neutrino-røntgenbillede af Jorden, og på den måde bestemme densiteten af elektroner, protoner og neutroner helt ind til Jordens indre. Sådanne resultater vil kunne give geologerne helt nye muligheder for at vurdere egenskaberne af Jordens kerne.

Imens vi venter på afgørende resultater fra IceCube, DeepCore og PINGU, planlægges det næste store neutrino-observatorium. Det skal bygge på IceCu-



Kosmiske mikrobølger

Dette nye billede af den kosmiske mikrobølgebaggrundsstråling blev målt af PLANCK-satellitten, og er blevet offentliggjort i 2013. Man har målt temperaturen af det meget svage lys, som er tilbage fra universets tidlige alder; på figuren er vist temperaturudsving på plus/minus 200 mikroKelvin, hvor blå farve er kold og rød er varm. Lyset kommer fra en meget vigtig overgangsfase i universets udvikling. Før dette tidspunkt var universet så tæt med materiale, at lys ikke kunne bevæge sig, i lighed med, at det lys, der produceres i Solens centrum, aldrig kommer ned til Jorden. Men ligesom den lavere tæthed af materiale på Solens overflade tillader lyset at rejse væk, så har universet siden det var 370.000 år gammelt været "tyndt" nok til, at lys kan rejse frit. Der-

for er temperaturfordelingen af den kosmiske mikrobølgebaggrundsstråling et billede på tætheden af materialet, da lyset blev frigivet. I denne artikel har vi set, at neutrinoer rejser næsten uhindret igennem stof. Det betyder, at man forventer, at der findes en tilsvarende kosmisk neutrino-baggrund stammende fra et endnu tidligere tidspunkt i universets historie. Mere præcist forventer man, at neutrinoerne slap fri, da universet var blot 2 sekunder gammelt. Men disse neutrinoer har en meget lav energi – cirka 10^{20} gange lavere end, hvad ARIANNA skal måle efter. Man regner derfor ikke med, at vi kommer til at kunne måle denne neutrino-stråling.

Credit: ESA and the Planck collaboration

To forskere er her ved at installere en af teststationerne til ARIANNA - ca 500 km fra den geografiske sydpol hvor IceCube er placeret.

Foto: Spencer Klein



bes virke og måle kosmogeniske neutrinoer, en speciel kategori af kosmiske partikler, der er så sjælden, at observatoriet skal være kæmpestort: Det nuværende designforslag er på 900 km². Selve eksperimentet kaldes Antarctic Ross Ice-Shelf ANtenna Neutrino Array (ARIANNA) og kan være fuldt funktionsdygtigt indenfor få år. De kosmogeniske neutrinoer er altså endnu ikke blevet målt, men de forskellige teoretiske beregninger forudsiger, at man med ARIANNA skal kunne måle mellem 3 og 51 neutrinoer om året.

Neutrinoerne der bliver nødt til at være der

I de mange år, hvor man har målt kosmiske partikler, har man spekuleret over, hvor de stammer fra. Der har gennem tiden været mange bud, som har kunnet udelukkes på baggrund af forskellige typer af observationer. I dag er der stadig en række potentielle kilder tilbage, som man håber at detektore med de store neutrino-observatorier. Under et kalder man disse neutrinoer for kosmiske neutrinoer. Hvis IceCube ikke måler kosmiske neutrinoer fra de kilder, man forventer, må man genoverveje teorierne om, hvor de kosmiske partikler bliver skabt. I modsætning til de kosmiske neutrinoer har man de kosmogeniske neutrinoer, som vi nævnte før. De skabes ikke ved kilden, men i løbet af de kosmiske partiklers rejse gennem universet. Der er to eksperimentelle grunde til, at man er meget sikker på, at de kosmogeniske neutrinoer findes: 1) Man har allerede gennem mange år målt de kosmiske partikler med ultrahøj energi. 2) Vi ved, at universet er fyldt af fotoner fra den kosmiske mikrobølgebaggrundsstråling (se boks). Kombinationen af disse to observationer gør, at man forventer at kunne måle kosmogeniske neutrinoer.

Det skyldes, at de kosmiske partikler på grund af deres høje energi vil mærke baggrundstrålingen som meget energirig, og når de kolliderer med denne, udsendes der kosmogeniske neutroner. Og disse kan måles med ARIANNA. I princippet

kan de kosmogeniske neutrinoer også måles med IceCube, men det observatorium er bare ikke stort nok til at kunne måle ret mange.

En væsentlig grund til, at man gerne vil måle de kosmogeniske neutrinoer er, at deres eksistens er nødvendig, hvis vores forståelse af universets udvikling er korrekt.

Danske overvejelser

Som det er fremgået, er der fuld fart på den eksperimentelle neutrinoastronomi. Allerede på nuværende tidspunkt har vi fået meget viden ud af de store observatorier, både om neutrinoer, kosmiske partikler, Sydpolens is og meget andet.

Desværre har man endnu ikke været i stand til med sikkerhed at sige, hvor de kosmiske partikler opnår deres ultrahøje energi. Men IceCube-forskerne konkluderede i 2012, at det er usandsynligt, at energiuudvekslingen sker i de kataklysmiske gamma-glimt, der ellers længe har været en førende kandidat. De fleste forskere hælder derfor nu til, at de mest energirige kosmiske partikler bliver accelereret i aktive galaksekerner.

En af os (Rune) har bidraget til IceCube-projektet med en analyse af de herskende forklaringer på, hvordan de kosmiske partikler med ultra-høj energi bliver skabt. I lighed med IceCube-kollaborationens egen analyse viser vore resultater, at de fleste modeller forudsiger langt flere neutrinoer end IceCube indtil videre har målt. Dermed kan adskillige af disse modeller erklæres usandsynlige.

Når det forhåbentlig indenfor en årrække bliver muligt at måle de kosmogeniske neutrinoer med ARIANNA, vil de to eksperimenter IceCube og ARIANNA kunne understøtte hinanden. Men derudover har de vidt forskellige opdagelsespotentialer, så en succesfuld opførsel af ARIANNA vil kunne give mange spændende opdagelser indenfor astrofysik og elementær partikelfysik.

Derfor er det for tiden under overvejelse, hvorvidt Danmark skal tilslutte sig dette forskningsarbejde fra 2015 og frem. Forskere og studerende fra Aarhus og Københavns Universitet vil kunne bidrage med hardware-udvikling, software-programmering, installation af detektorer, analyse-arbejde og teoretiske beregninger.

Allerede nu er vi på Aarhus Universitet i gang med at lave målinger, som kan forbedre forståelsen af signalet i IceCube. Vi ser for tiden på, hvor meget lys en partikel laver, når den passerer igennem en uniaxial krystal, og hvordan det afhænger af partiklens bevægelsesretning gennem denne. Det kan have betydning for IceCube, da isen i 2,5 km's dybde kan være presset sammen til makroskopiske krystaller. ■

Læs mere

Steen Hannestad: Universet - fra superstrengte til stjerner. Aarhus Universitetsforlag.

Tina Ibsen: Gåden om kosmiske strålers oprindelse måske løst. videnskab.dk.

ARIANNA

Ved en partikelbølge gennem isen dannes der radiobølger. Radiobølgerne udsendes i form af en kegle, der peger i samme retning som den, neutrinoerne var på vej i.

Ross Ice Shelf er ideel til detektion af radiobølger, da vandet under isen reflekterer dem tilbage mod detektoren.

De fleste neutrinoer passerer gennem isen uden at vekselvirke med atomerne.

Målet for Arianna er et felt på 960 målestationer

GPS

Kommunikationsdisk

Solpaneler på 4 sider

Elektronisk boks

8 antenner i isen

ISFLAGE

Emissionen passerer gennem isen og opfanges i en målestation, som transmitterer niveauet af neutrinoer ud fra mængden af de indsamlede partikler.

HAV

ARIANNA er det seneste forslag til en udbygget kosmisk neutrino-detektor. Den skal bestå af 900 enkelte målestationer spredt ud over 200 km² på Antarktis. Teststationer er allerede installeret og dataopsamlingen har indtil videre været succesfuld. Stationerne består primært af en 1 meter lang antenne gravet ned i 2 meters dybde. Herfra kan antennerne måle nedad mod den vandrette is-vand overflade 500 m nede, der er karakteristisk for hele den 800 km store flydende isflage, som ARIANNA skal ligge på. Neutrinoer med ultrahøj energi, som reagerer i atmosfæren, kan skabe en kæmpe lavine af partikler og radiobølger. Hvis disse radiobølger bevæger sig ned gennem isfla-

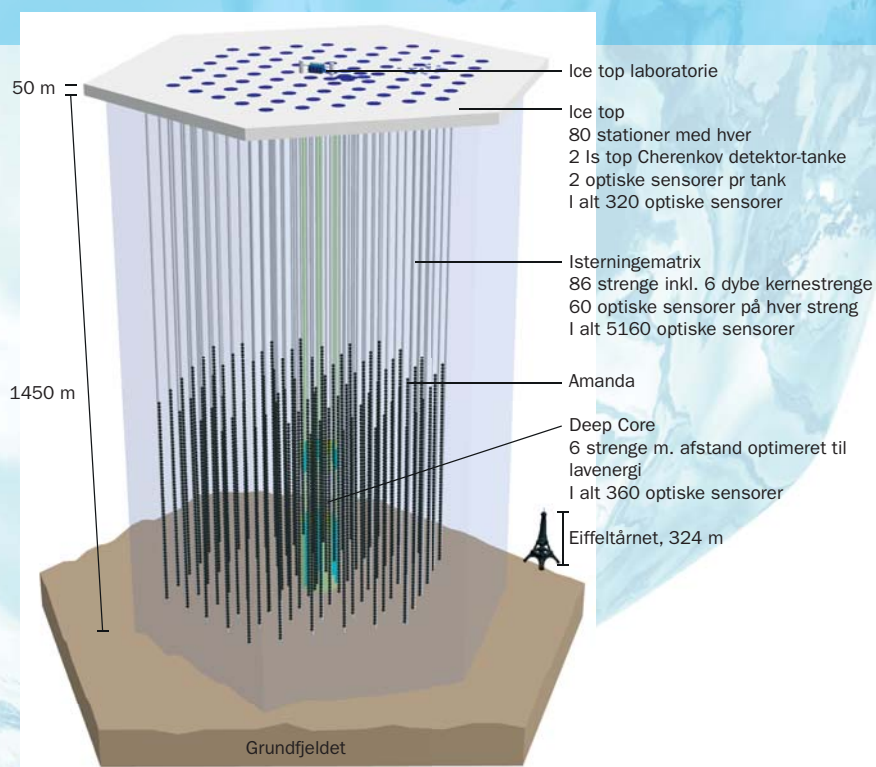
gen, vil de reflekteres på dens underside, og sendes direkte tilbage op mod ARIANNA. Ved hjælp af denne refleksionsteknik kan man med relativt få målestationer overvåge et meget stort areal for neutrinoer. Der er dog mange praktiske problemer knyttet til at tapesere den antarktiske is med spredte målestationer. For eksempel skal de hver især stå for deres egen forsyning af strøm, hvilket man har valgt at klare med solpaneler. Men med et betragteligt årligt snefald er det en stor udfordring at få solpanelerne til at virke, ligesom et andet pudsigt problem er, at man ikke kan få elektrisk "jord" til målestationerne.

IceCube måler neutriner døgnet rundt

Placeret ved den geografiske sydpol måler IceCube neutrinoer døgnet rundt. Detektoren er bygget rundt om den gamle detektor, AMANDA, og indeholder i midten en specialdetektor kaldet DeepCore.

Det har været en stor teknologisk udfordring at bygge IceCube, og der er blevet brugt mange mandetimer på først at udvikle teknikken og nu på en stadig udvikling af analyse-software. Resultatet er et kæmpemæssigt laboratorium, som kan teste fysiske teorier ligeså de helt små partikelfysiske størrelser og op til de allerstørste kosmologiske skalaer. Man kan fx måle neutrinoernes masse og deres oscillation, svagt vekselvirkende massive partikler (såkaldte WIMP's), der er fanget i Solens og Jupiters tyngdefelt, magnetiske monopoler, stjerneudvikling og neutrinoindsendelse ved supernovaer og mange andre interessante fænomener.

Credit: IceCube Science team.



Planktonøkologi i ørke

Som nogle af de første har vi fået mulighed for at undersøge planktonlivet i Rødehavet ved Saudi Arabien, hvor ørkenen strækker sig uendeligt på land og hvor havet omkring fremstår som en ubeskrevet gigant. Opholdet gav samtidigt et spændende indblik i mulighederne ved et universitet, hvor *money is not an issue*.

Forfattere



Søren Enghoff-Poulsen, speciale-studerende, BioAqua, Københavns Universitet. Studerer til cand.polyt. i Aquatic Science and Technology (DTU/KU) s.enghoff.poulsen@gmail.com



Torkel Gissel Nielsen, dr. scient og professor DTU AQUA tgjin@aqua.dtu.dk

King Abdullah University of Science and Technology (KAUST) i Saudi Arabien er et progressivt universitet, som ligger lige ud til Rødehavet. Med kun små 4 år på bagen er det knapt nok startet, men alligevel har mange forskere udenfor Saudi hørt om universitetet, der poppede op af ørkensandet på 1000 dage og 1000 nætter. Dét var den nu 89 år gamle kong Abdullahs ønske, da hans vision om et internationalt top-universitet blev præsenteret. Med visionen om at rykke nationens olie-baserede økonomi imod en vidensbaseret økonomi fulgte der en bevilling på 10 mia. dollars, svarende til 57 mia. danske kroner. Ambitionsniveauet er ikke til at tage fejl af: KAUST rekrutterer højt profilerede internationale forskere inden for specielt vand, energi, fødevarer og miljø og har som officielt mål at være et top-10 universitet i verden i 2020.

Vi fik en invitation fra KAUST til at undersøge det planktoniske samfund i det enorme uudforskede område af Rødehavet, som er i Saudisk farvand. Grundet landets historie med lukkede grænser har der aldrig været lavet grundlæggende undersøgelser

af planktodynamikken i den saudiske del af Rødehavet. Når man får en invitation til at lave forskning i Saudi, er der netop derfor mange tanker, der melder sig hvad angår historie, kultur og forskning.

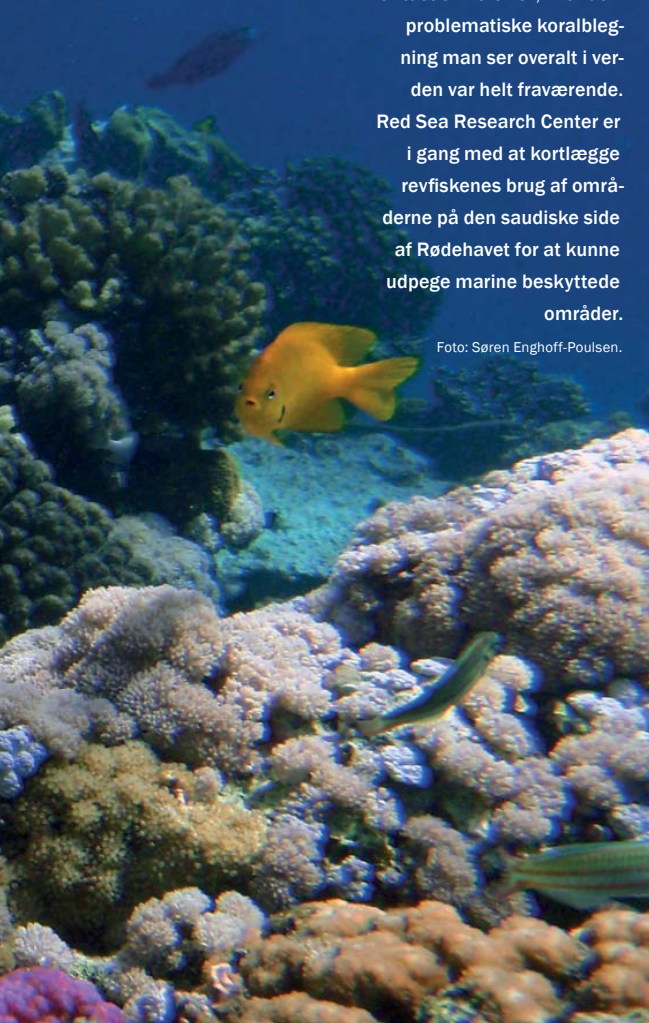
Et lukket land åbner sig op

»KAUST has captured the imagination«, udtalte universitets præsident Choon Fong Shih til tidskriftet *Nature*, umiddelbart inden kongen åbnede universitetet. Og netop den massive økonomiske støtte kan sikkert få mange forskere til at fantasere om mulighederne på kongens universitet. I dag bruger man som forsker i Danmark generelt meget tid på at søge forskningsmidler. Til stor frustration for de fleste, som hellere vil bruge tiden på at, ja: forske. Så når der opstår et universitet i Saudi, som før var et meget lukket land, men nu pludseligt er indbydende og ligefrem opsøger international ekspertise – og når man tager i betragtning, at landet sidder på knap en femtedel af verdens kendte oliereserver – så begynder folk at drømme om, hvad man mon kan bedrive dernede i ørkensandet. Samtidig vil mange nok være lidt bekymrede for, hvor

nen

Programmet var tæt pakket, men vi tillod os en eftermiddag med snorkling på et fantastisk koralrev, hvor den problematiske koralblegning man ser overalt i verden var helt fraværende. Red Sea Research Center er i gang med at kortlægge revfiskenes brug af områderne på den saudiske side af Rødehavet for at kunne udpege marine beskyttede områder.

Foto: Søren Enghoff-Poulsen.



uafhængig forskningen kan være i Saudi. Den diskussion foregår også i internationale forskerkredse, men vort besøg afkræftede spekulationer om kongens indblanding i forskningen.

Kong Abdullah har de facto regeret siden 1995 og officielt siden 2005, og har visioner om at åbne det ellers lukkede land meget mere op for omverdenen trods modstand i mere konservative kredse. Det manifesterer sig fx ved KAUST's internationale profil, men også ved, at der stille og roligt åbnes op for turisme, og at der er et program for at få flere kvinder ind på arbejdsmarkedet efter endt uddannelse.

Overdådig campus

I november 2012 fløj vi så til Jeddah og blev hentet i lufthavnen efter at have fået lavet de nødvendige irisscan og afgivet fingeraftryk. Vi var syv danske, en svensk og to amerikanske forskere, som var sat i stævne til workshop på KAUST, inviteret af den norske professor Stein Kaartvedt, som har været med til at starte Red Sea Research Center. Årstiden

viste sig at være helt perfekt med ca. 27 °C og så tilsmilede heldet os med urimeligt stille vejr, som altid er en fordel, når man arbejder med havforskning. Første indtryk af KAUST: Wow! Et kæmpestort, arkitektonisk gennemført byggeri holdt i sandfarvede sten, glas og metal. Store flotte bygninger, overdækkede gangarealer, der beskytter mod den stærke ørkensol, små vandmiljøer og planter alle vegne. Hvad der før var en decideret ørken er nu en frodig prestigecampus, som snart vil have plads til 20.000 logerende, med golfbaner, ishockeyhal, stort træningscenter med svømmepøl, stor havn, Yachtklub og plantede palmer overalt. For at illustrere den økonomiske ballast, så taler vi om tusindvis af palmer til en stykpris på 10.000 dollars. Og i den brændende ørken er der naturligvis vandingsanlæg ved hver lille busk, blomst eller palme.

Forandringens vinde

Vores indlogering i lejligheder på 150 m² gjorde ikke vores fascination mindre. Da kongen indviede universitetet stod alt dog ikke helt klart, og der blev derfor fokuseret på det umiddelbare, ydre udseende. I mange bygninger blev isoleringen fx først installeret senere. Denne lidt sjuskede konstruktionsstilgang åbenbarede sig fx i form af skæve fliser på badeværelset, når man så det hele lidt bedre efter i sømmene. Skønhedsfejlene er dog til at overse, når det overordnede indtryk er så imponerende. Det hele bærer præg af en vis form for overdrevenhed. Hvor forskere primært fristes af de store forskningsbudgetter, gode lønninger og state-of-the-art udstyr, så lokkes kandidatstuderende til med fri bolig (i kønsopdelte kollegier), betalt uddannelsesafgift og 20-30.000 dollars om året. Derudover betaler man ikke skat.

Saudi Arabien er et traditionelt monarki og ikke kendt for demokrati og menneskerettigheder. Kvinder undertrykkes, man må ikke bære andre religiøse symboler end islamiske, og man kan stadigvæk blive dømt til døden ved offentlig stening. Men for-



Foto: Maria Lund Paulsen.

Red Sea Research Center er placeret med fantastisk udsigt lige ned til havnen, som pt. er ved at blive gravet dybere, så man kan få endnu større forskningsskibe ind i havnen. I dette efterår venter første opgradering med et 35 meter langt skib (3-4 gange større end det vi brugte). Til højre ses nogle af de store laboratorie- og kontorbygninger, til venstre studenterboligerne og bagerst den store moske.

andringens vinde blæser måske op indefra KAUST's palmealléer: KAUST adskiller sig væsentligt fra det resterende Saudi Arabien ved, at mænd og kvinder studerer sammen, kvinder må køre bil indenfor universitetets rammer og behøver ikke at bære særlig beklædning. Der opfordres til kulturel forståelse og almindelig respekt i forhold til beklædning, men hvad man almindeligvis ville have på en sommerdag på et vestligt universitet, er helt accepteret.

Kultursammenstødet er dog åbenlyst, når Saudi-mændene kommer gående i deres smukke, hvide, traditionelle, løse klæder (thobe) med hovedtørklædet (ghutra) løst flagrende efter sig, og kvinderne står i kø i kantinen og repræsenterer alle former for muslimske klædedragter.

På ukendt vand – planktonworkshop i Rødehavet

På trods af, at tropiske have udgør 42 % af jordens samlede haves overflade, er forskning i plankton-dynamikken i den tropiske del af verdenshavene stærkt underrepræsenteret i litteraturen. De tropiske planktoniske systemer er meget stabile grundet den kontinuerede solindstråling tæt på ækvator. Det medvirker, at der er en nogenlunde ens fordeling af de forskellige organismer året rundt. Jo længere væk man bevæger sig fra ækvator, jo større sæsonmæssige udsving afspejles i planktonsamfundene.

På vores feltarbejde i området indsamlede vi prøver syv gange på vores målestation, som lå lige nøjagtig så langt ude, at man kunne ane land i det fjerne. Et par km fra stationen lå desuden en ø ejet af en af landets tusindvis af prinser med et prangende hus på. Vi kom typisk tilbage fra havet kl. 16, og var ofte først færdige i laboratoriet kl. 21-22 kun afbrudt af aftensmad.

Udover en kaptajn og to hjælpere, havde vi på skibet også assistance af to teknikere fra KAUST til at hejse det tunge udstyr ud og ind af båden. Her kommer vandhenteren op på dækket.

Foto: Maria Lund Paulsen.



Vandet var som typisk tropisk hav kraftigt lagdelt med et meget varmt (28,5 °C) og salt (knap 40 promille) overfladelag 50-100 meter dybt. Lagodelingen er permanent i troperne, så der skal virkelig kraftige storme til at blande overfladevandet med lagene dybere nede. Lagdelingen gør det umuligt for næringsalte fra bundlaget at komme op til overfladelaget, hvor lyset tillader primærproducenterne (planktonalgerne) at lave fotosyntese. Vandet er derfor ekstremt næringsfattigt (oligotroft) og i sådanne miljøer er det typisk de allermindste alger, picoplanktonen (0,2-2 µm), som dominerer. De har en meget stor overflade i forhold til volumen, og derfor optager de nærings-saltene effektivt, og behøver ikke store nærings-saltskoncentrationer for at vokse. De kan dermed hurtigt formere sig, når næringen frigives fra de mikrobielle processer.

I perspektivet af klimaforandring er det ikke kun af ren nørdet interesse at tage til troperne og lave disse typer undersøgelser. Det bidrager samtidigt til forståelsen af den dynamik, man vil kunne forvente længere væk fra ækvator med et varmere klima, som vil skubbe på en udvikling mod en højere grad af lagdeling af vandet. Derudover har det også en stor relevans at undersøge planktonsamfundene i de mest ekstreme miljøer – polarområder med vandtemperaturer under frysepunktet og troper med høj temperatur og saltholdighed – for at forstå planktonsystemerne i de globale klimatiske ekstremer.

Fremtidens fiskeriressourcer

Vores resultater illustrerer et typisk tropisk planktonsamfund med klart, varmt, næringsfattigt vand med lidt planteplankton (også kendt som planktonalger). Det større zooplankton er domineret af vandlopper og halesøpunge. Halesøpungenes effektive filtrering af vandet og evne til at græsse de helt små partikler gør dem til den vigtigste omsætter af planteplankton-produktionen.

En af de helt konkrete ting, som vi gerne ville forstå bedre, var fødegrundlaget for de mesopelagiske fisk – dvs. fisk, der lever i 200-1000 meters dybde. De mesopelagiske fisk i Rødehavet udgør en central gruppe i økosystemet, men deres biologi er dårligt kendt. Professor Stein Kartvedt forsker bl.a. i de mesopelagiske lysprikkfisk (Myctophidae spp.), som er den mest vidt udbredte og talrige fiskegruppe i verden. Mesopelagiske fisk er på verdensplan en kæmpe uudnyttet fiskeriressource, som anslås til en milliard ton per år – betydeligt mere end den samlede nuværende fiskerifangst. Selvom fiskene lever i de dybere, mørke vandlag, kommer de op til overfladen om natten for at æde, hvor Steins gruppe allerede har vist, at lysprikkfiskene bl.a. spiser halesøpunge. Vores resultater viser, at netop halesøpungene kan være en vigtig fødekilde for lysprikkfiskene i Rødehavet.



Halesøpungen (*Oikopleura labradoriensis*). Det lille billede viser kroppen markeret med rød og halen med orange i midten af slimhuset. På det store billede ser man på hver side af kroppen de store filtre (maskerne er 13-300 μm afhængig af husstørrelse), hvor vandet suges ind, med store rødfarvede alger, som dyret ikke kan håndtere. Små farvede alger ses i de store, fin-maskede filtre (maskerne er 0,15-0,24 μm) i bunden af huset. På bagsiden af huset anes vandudførslen mellem filtrene nederst. Den mindste forstyrrelse får dyret til at forlade sit hus, så man ser normalt kun de "hjemløse" dyr.

Foto: Arctic Exploration 2002, Per Flood, NOAA/OER

Halesøpunge

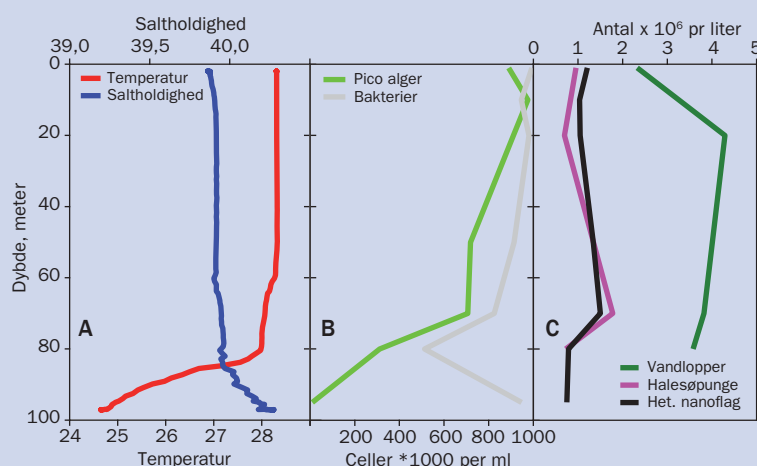
Halesøpunge udgør en lille marin dyregruppe med ca. 70 arter, som har stor betydning for planktondynamikken i havet. På grund af deres skrøbelighed ødelægges de ofte under indsamlingen og deres betydning bliver derfor ofte undervurderet samt helt overset i mange studier.

Halesøpunge lever kun op til få dage, men har den hurtigste vækstrate af alle dyreplankton. De fleste kan ikke ses uden forstyrrelse, men som voksne bliver de normalt op til få mm i kropsstørrelse. En enkelt slægt (*Bathochordaeus*) bliver dog op til 25 mm. Halesøpunge producerer et slimhus rundt om deres krop, som kan være op til 5-7 cm i de store arter, men hos de to kendte arter i *Bathochordaeus*-slægten bliver huset helt op til 1 meter i diameter. Halesøpungenes hus er udrustet med utroligt finmaskede filtre, som filtrerer havvandet ligesom en stor bardehval. Hvor hvalerne blot åbner munden, så driver halesøpunge en strøm af vand gennem filtrene i huset vha. deres lange hale. Ved at slå med halen drives der vand ind i huset, som puster sig op som en lunge. Via et sofistikeret system føres vandet igennem finere og finere filtre, så kun de mindste planktonformer på 0,2-8 μm tilbageholdes. Via en omvendt vandstrøm pustes vandet ud igen som en lunge, der udånder, og herved skylles store partikler ud af huset igen. Vandet er nu fuldstændigt rensat for små partikler. Når et hus tilstoppes af større partikler og ikke længere kan renses, smider dyret det og et nyt produceres. Op til 12 nye huse produceres i døgnnet.

Se også video på <http://youtu.be/6mQ9KJA5miU>

Video af Thomas Kjørboe.

Dybdeprofiler



A) Dybdefordelingen af vandets temperatur og saltholdighed. Springlaget ses omkring 80-90 m. Max vanddybde var omkring 120 m.

B) Gennemsnitlig koncentration over fem dage af bakterier $\times 10^3$, og picoalger $\times 10^2$ (den mindste algetype). Algerne har et maksimum ved ca. 10 m, hvilket skyldes at UV-lyset tættest på overfladen skader dem. Koncentrationen af både bakterier og alger falder gradvist mod springlaget. En indikation på halesøpungenes effektive græsning i denne dybde, men for algerne også et resultat af den lavere lymængde. Bakterierne øges i de bundnære lag, hvor halesøpungene formentligt er i fåtal, men forøgelsen skyldes også alt det døde materiale, som bundfælder og udgør en væsentlig fødekilde for bakterierne.

C) Gennemsnitlig koncentration over fem dage af halesøpunge, vandlopper og heterotrofe nanoflagellater (HNF) $\times 10^6$. Vandlopperne har nogle lysbeskyttende pigmenter, som farver dem helt azurblå under den stærke sol og dermed beskytter dem mod UV-skader, når de er tæt ved overfladen. Det ses tydeligt, at halesøpunge og HNF begge foretrækker de samme dybder. Bemærk, at halesøpunge både æder picoplankton (ligesom HNF) og nanoplankton (som inkluderer HNF). Vandlopperne er både i antal og størrelse dominerende i ft. halesøpungene, men kan i modsætning til halesøpungene ikke æde de små alger direkte.

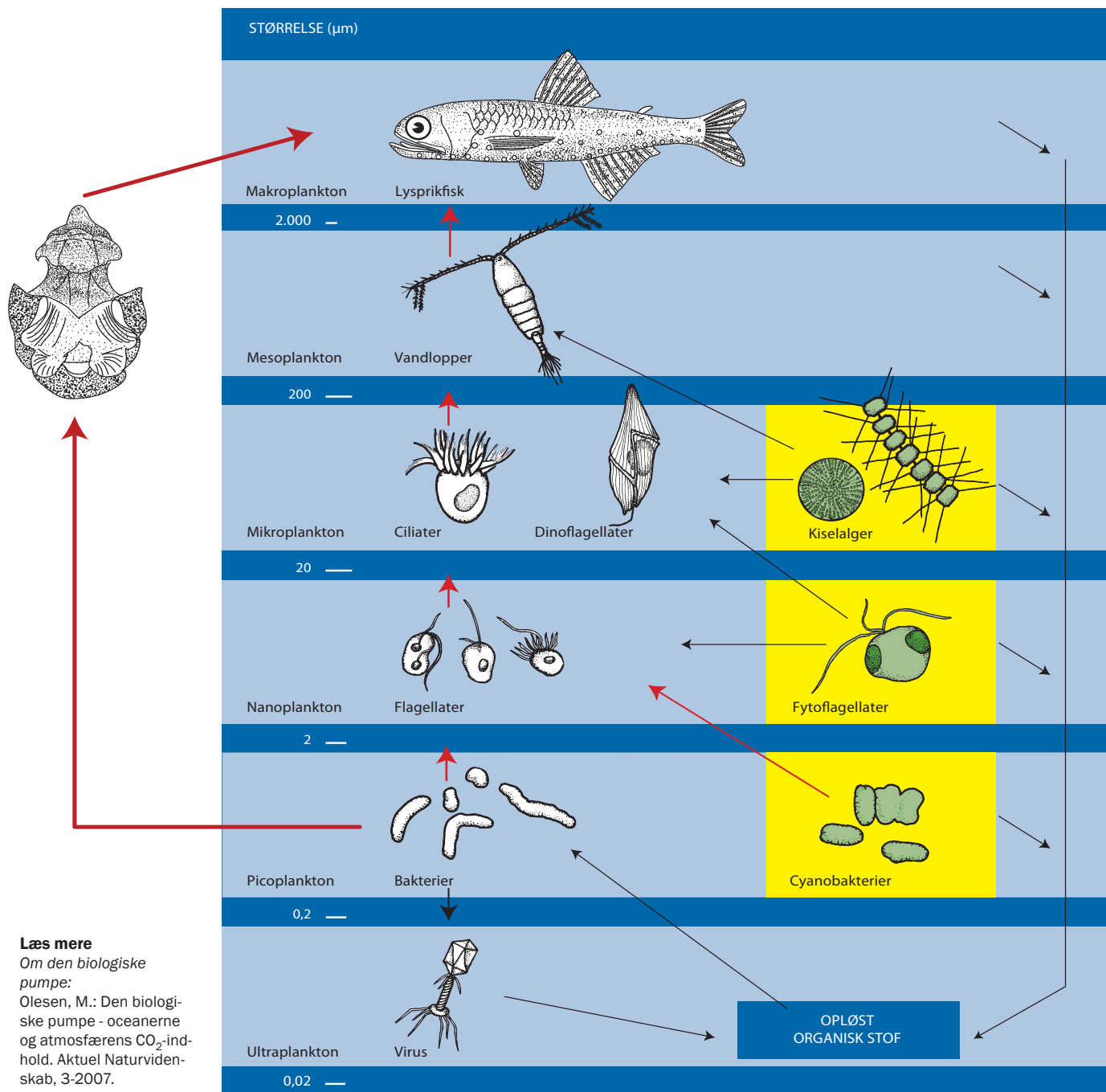


Sortering, måling og tælling i mikroskop er en stor del af arbejdet med dyreplankton. Hvor boligene muligvis er bygget lidt sjusket her og der, så er laboratoriefaciliteterne state of the art. Udstyret er af højeste kvalitet, og man får indtrykket af, at der ingen øvre grænse har været på de første indkøb af materiel. Eksempelvis stod der i ét rum hele fire nye konfokal-mikroskoper, som har et prisstik på minimum en million kroner pr. stk.

Foto: Søren Enghoff-Poulsen.

Halesøpungene optrådte i så store mængder, at deres afstødte huse og fækalier må være helt centrale for, hvor meget organisk materiale, der bundfældes. De bidrager dermed også til den biologiske pumpe, som er med til at trække CO₂ ud af atmosfæren. Også via deres direkte græsning på de små planteplankton-arter bidrager de til et øget nettooptag af CO₂ i hele det pelagiske system, hvor

lysprikfiskene om natten kommer op og æder og trækker CO₂'en med sig ned i dybet i form af forbrænding, biomasse og fækalier. Den sæsonmæssige betydning af halesøpunge er ikke undersøgt, men vores studie dokumenterer halesøpungenes afgørende rolle i Rødehavet, og understreger at de bør indgå centralt i fremtidige studier, hvis vi vil forstå funktionen af dette fascinerende økosystem. ■



Læs mere

Om den biologiske pumpe:

Olesen, M.: Den biologiske pumpe - oceanerne og atmosfærens CO₂-indhold. *Aktuel Naturvidenskab*, 3-2007.

Paulsen, M. L. m.fl.:

Havets plankton bremser klimaaendringer. *Aktuel Naturvidenskab*, 6-2012.

Om picoplankton:

Mousing, E. A. & Sørensen, N.: På jagt efter de mindste alger i Grønlandshavet. *Aktuel Naturvidenskab*, 2-2013.

En genvej i fødekæden

I de fleste studier af planktondynamikken har man fokuseret på vandloppernes rolle, når energioverførslen fra primærproduktionen videre op i fødekæden undersøges. I de tropiske, næringsbegrænsede have består planteplanktonnet af meget små former (80 % er < 2 µm), som er tilpasset de lave koncentrationer af næringssalte. De er for små til, at vandlopperne direkte kan græsse på dem. Vandlopper er derfor afhængige af den mikrobielle del af fødekæden, som flytter energien op til større og større organismer, indtil de kan håndtere og æde dem. Halesøpunge kan derimod græsse direkte på de små planteplankton-former og springer dermed to led i fødekæden over i forhold til vandlopper. Der går således ikke så meget energi til spilde i de mellemliggende fødekædedele, hvilket øger økosystemets effektivitet.



TIVOLI
.....

LÆRINGSKURVE PÅ

50

Som noget nyt i
efteråret 2013
tilbyder vi Faglige Dage
for både mellemtrin
og udskoling

FAGLIGE DAGE I TIVOLI GIVER STEJL LÆRINGSKURVE HOS DINE ELEVER

Hvad sker der med din puls, når du suser 63 meter ned i det Gyldne Tårn? Vejer du det samme på vej op i Ballongyngen, som du vejer på vej ned? Hvor hurtigt svømmer fiskene og hvor meget energi bruger forlystelserne?

Dét og meget andet skal dine elever udforske, måle sig til og gøre rede for til Faglige Dage i Tivoli. Opgaverne lever op til Undervisningsministeriets Fælles Mål. Faglige Dage i Tivoli bliver til i samarbejde med Skoletjenesten.

PRIS 50 KR. PR. ELEV INKL. ENTRÉ OG TURPAS
TILMELD DIN KLASSE OG LÆS MERE PÅ WWW.TIVOLI.DK/SKOLER



Fra skrot til slot

- affald i fremtidens byggematerialer

Affald fra industrien som fx aske eller forskellige organiske fibre kan bruges som bestanddel af nye innovative og bæredygtige byggematerialer. Ved DTU arbejder forskere i et tværfagligt udviklingsprojekt på at teste og kortlægge egenskaberne af forskellige affaldstyper, så de kan skifte status fra affald til attraktive ressourcer.

Forfatterne



Lisbeth M. Ottosen er lektor
lo@byg.dtu.dk



Pernille E. Jensen, forsker
pej@byg.dtu.dk



Gunvor M. Kirkelund, forsker
gunki@byg.dtu.dk

Alle ved DTU Byg

Hver eneste dag produceres der store mængder affald som restprodukter fra industriel produktion eller fra forbrænding i kraftværker. Stigende mængder af dette affald udgør i dag et alvorligt samfundsproblem, og gør det nødvendigt at gentænke måden, vi forvalter vore ressourcer. Det betyder, at vi i langt højere grad end vi gør i dag bør genbruge affaldet.

En del af affaldet anvendes allerede i dag til forskellige formål i industriel produktion. Men affald er ikke en ressource, før det finder en egnet anvendelse, og der er stadigvæk mange typer affald, der ikke anvendes. Nogle af disse affaldstyper består grundlæggende af partikler og produceres i store mængder – det gælder fx forskellige asker (fra forbrænding af spildevandsslam, halm eller træ samt affald), havnesedimenter og forurenede jord.

I forskningsgruppen ZeroWaste Byg ved DTU Byg har vi sat os for at undersøge, hvordan disse potentielle sekundære ressourcer kan anvendes inden for byggeteknologi og dermed gøre affald og biprodukter mere værdifulde. Vi betragter derfor affald som et muligt råstof, som kan bruges til at re-designe byggematerialer. Det kan både give adgang til at

producere bæredygtige byggematerialer med kendte egenskaber og give inspiration til design af helt nye materialetyper, der kan møde fremtidens krav.

Erfaringer med affald som ressource

Byggeindustrien er storforbruger af råstoffer og står alene for 40–50 % af verdens ressourceforbrug (på volumenbasis). Byggeindustrien er derfor en vægtig samfundsmæssig medspiller i bestræbelserne på at reducere mængden af affald. Presset på byggeindustrien for at aftage flere sekundære ressourcer forventes at stige pga. af det øgede politiske fokus på anvendelsen af disse ressourcer.

Ideen om at anvende affald som ressource i byggematerialer er ikke en ny tanke. I beton har man i en årrække anvendt forskellige restprodukter som tilslag (dvs. den del, der ikke er cement og vand). Det gælder flyveaske fra kulforbrænding, mikrosilika (et biprodukt fra fremstillingen af legeringsmetallet ferrosilicium) og stenmel (fra knusning af granit). Gevinsten er en tættere og stærkere beton. Oprindeligt blev disse materialer betragtet som affald, men nu er de eksempler på, at sekundære ressourcer kan forbedre materialeegenskaberne i byggematerialer.

Elektrodialytisk separation



Ressourcer til kemisk industri fx fosfor og kobber



Partikulær ressourcer til byggematerialer



Toksiske forbindelser uden industriell anvendelse

Med den elektrodialytiske separationsmetode kan partikulære affaldsprodukter som aske eller spildevandsslam omdannes til værdifulde ressourcer. Fotoet af den røde aske viser slammaske og den sorte er bundaske fra samfyring med halm/træ. Billedet med den grønne jord viser forurening med kobber fra træimpregnering.

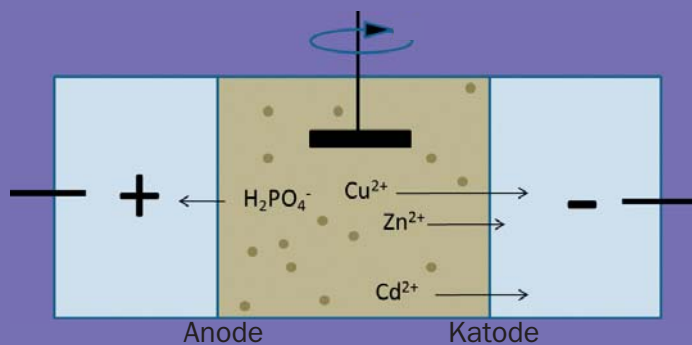
Man har også forsøgt at anvende flere andre affaldsprodukter direkte som fx cementerstatning i beton, men med varierende succes. Nogle af materialerne indeholder kemiske stoffer, som hindrer anvendelsen. Det kan fx være klorid, der forårsager korrosion af armeringsstål i armeret beton, eller det kan være høj koncentration af opløselige salte, som vil give problemer med saltudblomstring på både tegl og beton. Andre materialer indeholder toksiske elementer som tungmetaller eller organiske forbindelser, som gør det vanskeligt at anvende dem, da de kan udvaskes fra byggematerialet til miljøet eller afgase. Under produktionen af byggematerialet kan nogle af materialerne forårsage allergi, hvis de fx indeholder krom eller nikkel. Og hvis der findes toksiske elementer i materialerne, når de ender som affald, er der problemer med håndtering og destruktion af affaldet.

Forbedring af affaldets kvalitet

Forskningen i ZeroWaste Byg-projektet er både rettet mod direkte anvendelse af sekundære ressourcer i byggematerialer og mod opgradering af det affald, som ikke umiddelbart kan anvendes i den form, det har. Opgraderingen kan være en forholdsvis simpel proces, fx formaling af aske til fint pulver. Vi har vist

eksperimentelt, at en formaling af slammaske til finere partikelstørrelse betyder, at slammasken kan anvendes som delvis cementerstatning i beton, uden at dette forringer trykstyrken. Formalingen betyder en øget trykstyrke af betonen på 7-10 % i forhold til trykstyrken for tilsvarende beton, hvor der er tilsat slammaske uden formaling. Andre asker, fx flyveaske fra samfyring af træ og halm, består af en høj procentdel af vandopløselige salte (typisk 50-75 %), og disse salte skal fjernes, inden asken kan anvendes. Det kan gøres ved en simpel opslæmning i vand efterfulgt af filtrering. Efter en sådan vask er det eksperimentelt vist, at det er muligt at anvende asken som delvis cementerstatning, uden at det forringe trykstyrken.

Hvis en potentiel sekundær ressource indeholder toksiske elementer, skal disse miljøfarlige elementer fjernes, inden materialet kan anvendes. Forskere med tilknytning til ZeroWaste Byg har gennem en årrække udviklet en elektrokemisk metode til at fjerne tungmetaller fra partikulære materialer. Metoden kaldes elektrodialytisk separation, og den går ud på at opslæmme det partikulære materiale i vand og påtrykke et elektrisk felt. Med ionbyttermembraner adskilles suspensionen fra væsker, som pum-



Elektrodialytisk separation

Princippet i den elektrodialytiske separationsmetode illustreret ved en laboratoriecelle. Det materiale, som skal opgraderes, opslæmmes i vand i det midterste kammer, og når det elektriske felt påtrykkes, frigives og fjernes tungmetallerne (her kobber, zink og cadmium) mod den negative elektrode. Negative ioner som klorid og fosfat transporteres mod den positive elektrode. Fra væskerne ved elektroderne kan ressourcerne indvindes, og det opgraderede materiale kan anvendes i byggematerialer.

Beton

Beton er det mest anvendte konstruktionsmateriale i verden. De primære bestanddele er cement, sand, sten og vand. Når cementen hærder ved reaktion med vand, bindes sand og sten (som i beton kaldes "tilslagene") sammen. Betons store popularitet skyldes, at den er formbar, når den er frisk, og meget stærk og holdbar, når den er hærdet. Desuden er det en fordel, at der kan bruges lokale ressourcer til produktionen. Beton kan have meget forskellige egenskaber alt efter hvilken blanderecept, som er fulgt. I visse tilfælde anvendes tilsætningsstoffer for at opnå særlige egenskaber fx holdbarhed i aggressivt miljø eller formbarhed under støbning.



pes omkring elektroderne. Ved den negative elektrode placeres en membran, som kun tillader passage af positive ioner og ved den positive elektrode tillader membranen kun passage af negative ioner. Under påtrykning af det elektriske felt frigives tungmetaller til ionform og simultant tømmes væsken for ioner. De positive ioner – fx de fleste tungmetaller – transporteres til den negative elektrode, og de negative ioner, som fx klorid, transporteres til den positive elektrode. Elektrodialytisk separation er en robust metode, idet den har vist sig egnet til at fjerne tungmetaller fra alle de materialer, den er testet på, fx jord, havnesedimenter og en række forskellige asker.

Mange af de potentielle sekundære ressourcer indeholder andre kemiske elementer i varierende koncentrationer, hvis effekt på byggematerialerne, man ikke kender. Vi vil i vores forskning forsøge at kortlægge disse effekter, så det bliver muligt at optimere opgraderingen af materialerne – bl.a. den elektrodialytiske separations-metode. Vores vision er at udvikle en ny palet af opgraderede sekundære råstoffer, som kan anvendes i byggematerialer.

Fuld udnyttelse af ressourcer

Partikulære affaldsprodukter kan også indeholde værdifulde grundstoffer, som kan udvindes og bru-

ges til andre formål end byggematerialer. Det gælder fx fosfor i slamaske og kobber i flyveaske fra affaldsforbrænding. Affald kan således populært sagt udgøre "miner", som vi har tilgængelige lige uden for døren. Man kalder da også denne form for genanvendelse af knappe ressourcer for "urban mining".

Vores metode med elektrodialytisk separation kan også anvendes til at udvinde grundstoffer, enten alene eller i kombination med andre teknikker. Ved at justere procesparametrene i forbindelse med elektrodialytisk separation er det muligt at koncentrere de knappe ressourcer i procesvæskerne ved elektroderne, og derfra kan de indvindes.

I procesvæskerne vil der også være toksiske elementer, som typisk har for lav koncentration til, at det er rentabelt at indvinde dem, eller som har en meget begrænset industriel anvendelse (det gælder fx kadmium). Men da disse tungmetaller udgør et meget lille volumen i forhold til hele affaldsproduktet, er det muligt at deponere dem forsvarligt. Den resterende partikulære fraktion anvendes i byggematerialer.

Med elektrodialytisk separation er det altså muligt at opnå en fuld udnyttelse af ressourcerne samt en

Gratis science camp på SDU

Faaborg Gymnasium besøgte Ingeniør-uddannelserne på SDU i forbindelse med et science camp-ophold på *Universe* (tidligere Danfoss Universe). Fokus var idéudvikling, forsøg med materialer og databehandling.

En naturvidenskabelig 2.g-klasse fra Faaborg Gymnasium greb chancen for en gratis todages science camp i det sønderjyske. Her deltog de i et velfærdsteknologi-projekt på SDU, besøgte Danfoss, overnattede i lejrskolen på *Universe* og hyggede sig i oplevelsesparken.

Lærerig leg med materialer

Da eleverne besøgte SDU, fik de koblet faglige øvelser med et konkret forskningsprojekt, der skal hjælpe diabetespatienter med deres ben-lidelser.

"Ved at bruge materialer som fx latex-strømper, tapetklister, mel og vandboller lavede eleverne forskellige former for simuleringer af hævelser på mannequinben. Først skulle de dog igennem en idé-genereringsproces, hvilket medførte

opfindsomme, men også realistiske forslag," siger forskeren Fei Yu, der står bag projektet.

Viderebehandling af resultater

En af grupperne arbejdede med at hælde mel ned i en ballon og derefter ned i sokken, som sad på benet. Hævelserne simulerede de ved at øge mængden af den masse, der skulle udgøre hævelsen – fx vand eller mel. Gradvist øgede eleverne mængden samtidig med, at de målte fødderne. Derefter lagde de resultaterne i Excel og lavede grafer, som Fei Yu efterfølgende kan bruge i sin forskning.

Projektet skal munde ud i et mekatronisk system, der kan overvåge patienter med ben-lidelser, så patient og læge kan holde øje med, hvordan hævelserne udvikler sig.

Vil I også prøve et camp-ophold? Kontakt Lise Kanstrup på lise@mci.sdu.dk / 6550 1651.

Vi kommer også gerne ud til jer med MCI Science Show, læs mere på www.sdu.dk/scienceshow.

Idéudvikling, mekatronik og forsøg med mannequinben. Vil du også prøve et gratis camp-ophold? Kontakt Lise på 6560 1651



INGENIØRUDDANNELSERNE PÅ
SYDDANSKUNIVERSITET.DK

sikker håndtering af de toksiske grundstoffer, der ikke kan anvendes.

Udviklingen af innovative byggematerialer

At re-designe byggematerialer med nye råstoffer er en opgave, der kræver mange forskellige ekspertiser. I forskningsgruppen ZeroWaste Byg er vi en grundstamme af 12 forskere og 3 ph.d.-studerende fra forskellige fagområder, som forsøger at løse denne udfordring gennem faglig nytænkning og utraditionelt samarbejde på tværs af instituttets konventionelle fag- og sektionsopdelte forskning.

I første omgang fokuserer vi forskningen på tegl og beton, men efterhånden vil vi inkludere flere materialer. Vi arbejder både på mikroskalaniveau fx med de enkelte grundstoffers direkte effekt på materialeegenskaber, og på den store skala med tekniske løsninger på, hvordan man kan anvende det re-designede materiale i konstruktionen. Vi undersøger også effekten af de nye materialer på indeklimaet for at sikre, at der ikke sker afgang af materialer, som kan give et dårligt indeklima. Men også med det konstruktive formål at forbedre indeklimaet ved at bruge nye materialer, der fx kan holde en rumfugtighed, hvor mennesker har den bedste kom-

fort, eller materialerne kan adsorbere gasser fra elektronisk udstyr.

Det er et vigtigt udgangspunkt for forskningen, at der ikke bliver gået på kompromis med materialernes holdbarhed. Udover at afdække den fysiske og kemiske holdbarhed af materialerne undersøger vi også, hvordan materialet ældes og patinerer, idet dette selvfølgelig er væsentligt, hvis materialerne skal anvendes i arkitekturen. Desuden beskæftiger vi os også med, hvorledes de nye materialer kan anvendes i vejbelægninger.

Mange gevinster ved at anvende affald

Som beskrevet kan man ved at anvende sekundære ressourcer i produktionen af byggematerialer transformere affald til værdifulde ressourcer. Men der er også andre direkte gevinster. Cementproduktion står i dag for ca. 5 % af den menneskeskabte CO₂-udledning. Ved at erstatte en del af cementen i beton med sekundære ressourcer, vil udledningen af CO₂ blive mindsket tilsvarende. Der kan være en økonomisk gevinst ved cementerstatning i beton, da cementen er den dyreste delkomponent. Desuden vil det lette presset på vores naturressourcer og dermed også reducere de miljøproblemer, der stammer fra indvindingen af disse naturressourcer.

Videre læsning:
www.zerowaste.byg.dtu.dk

Jagten på en ny memb

Med nye mikroskopiteknikker, der kan optage flere tusinde billeder pr. sekund, kan forskerne følge molekylernes bevægelser i cellemembranen. Dette giver et utroligt detaljeniveau, men det er en udfordring at undgå, at de anvendte teknikker påvirker resultatet.

Forfattere



Mathias Porsmose Clausen, ph.d., postdoc, Weatherall Institute of Molecular Medicine, University of Oxford.
mpclausen@memphys.sdu.dk



Lars Onslev, cand. mag, Institut for Fysik, Kemi og Farmaci, Syddansk Universitet.
onslev@sdu.dk

Et billede siger mere end 1.000 ord. Med en videosekvens kan man derfor fortælle en hel del. Dette gør sig også gældende indenfor forskningen i cellemembraner. Her har de seneste 10-15 års udvikling indenfor nye computer- og mikroskopiteknikker muliggjort brugen af videomikroskopi og ført helt ny viden med sig. Traditionelt indeholder en video ca. 25 billeder pr. sekund, men man kan i dag med højhastighedskameraer komme helt op på 50.000 billeder pr. sekund. Disse kameraer har længe været brugt indenfor forskning i turbulens – den store udfordring har været at knytte teknologien sammen med moderne mikroskoper, hvor der kigges på meget små størrelser.

En af de forskere, der har spillet en meget væsentlig rolle og drevet denne udvikling fremad, er japaneren Akihiro Kusumi. Han fik i begyndelsen af 90'erne samlet et team på over 20 forskere indenfor computerteknologi, fysik, biologi samt optik. Målet var at blive "seende i tid" på nanoskala-niveau. Den teknologi, Kusumi og hans team havde i tankerne, skulle kunne optage sekvenser langt hurtigere end grænserne for almindelig lysmikroskopi – i så lang tid som muligt og så hurtigt som muligt.

Kusumi-teamets banebrydende arbejde med helt nye teknologier har givet resultat og skabt helt nye indsigter og synsvinkler på forskningen i cellemembraner, og har ført en række nye forskningsprojekter med sig. Et af dem finder sted på Memphys – Center for biomembranfysik ved Syddansk Universitet i Odense. Men lad os inden vi når dertil tegne et kort billede af forskningen i cellemembraner.

Cellemembraner i dag

Biologiske membraner udviser, selvom de blot er to molekyler tykke, en helt utrolig kompleksitet – både i sammensætningen og i måden, de organiserer sig på.

Cellemembraner er opbygget af fedtstoffer (lipider), som har vandelskende hoveder og vandskyende haler. Lipiderne organiserer sig i et dobbeltlag, så de vender de vandskyende haler ind mod centrum og de vandelskende hoveder mod cellens indre og ydre.

Membranen indeholder mange forskellige lipider og desuden en masse proteiner, og det er ikke tilfældigt, at vi bruger det ubestemte "mange", for ingen ved præcist hvor mange. Det er en af membranens mange uløste gåder. Vi ved ikke, hvorfor der er så stor en diversitet af lipider og proteiner, og hvad det betyder. Samtidig ved vi heller ikke, hvordan membranens lipider og proteiner (samlet molekyler) fordeles sig i membranen. Men det er det, vi forsøger at finde ud af, da det er afgørende for at forstå de biokemiske processer, der er knyttet til cellen som fx transport af energi og materiale til cellen og nerveaktivitet.

Membranen definerer cellens afgrænsning og kontrollerer al udveksling af stof og al kommunikation mellem cellens indre og dens ydre omgivelser. Der er tale om en yderst dynamisk struktur. Molekylerne er i konstant bevægelse. Det er således ikke et forskningsobjekt for "fastholdere", da man skal tage højde for denne dynamik.

Traditionelt mente man, at proteinerne kunne bevæge sig frit rundt i lipidmiljøet, der har en viskositet, der er ca. 100 gange tykkere end vand sådan ca. som olivenolie eller som væsken i en lavalampe.

Den frie tilfældige bevægelse af molekylerne opstår på grund af termisk energi, dvs. Brownske bevægelser (se box næste side). Men allerede i 70'erne og 80'erne vidste man godt, at frie Brownske bevægelser og billedet af cellemembranen som et ensartet hav med frit flydende proteiner ikke var dækkende. Foruden strukturer er der heller inden koordination, så hvordan skulle cellen kunne kommunikere med omverden uden at give modstridende signaler? Spørgsmålet er nu, hvordan samles de nødvendige proteiner til disse processer, og hvilke kræfter ligger der bag denne selektive dynamik? Ved hjælp af bl.a. atomar kraftmikroskopi og fluorescensmikroskopi har man fundet meget små domæner med en anden viskositet end den typiske i cellemembranen. Domænerne har et forhøjet indhold af kolesterol og andre lipider, og er dermed lidt tykkere end resten af cellemembranen.

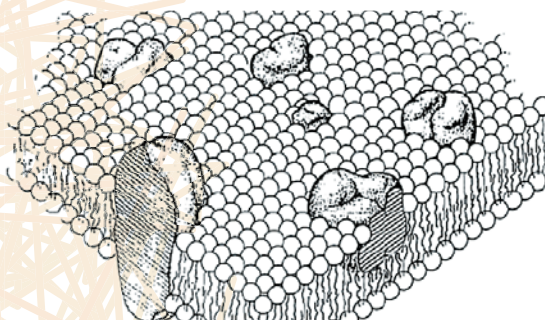
ranmodel

Meget kort fortalt mener man, at disse domæner tiltrækker den rette sammensætning af membranproteiner, som igen muliggør de mange forskellige processer, hvor cellerne modtager signaler og koordinerer deres kommunikation og respons mellem det interne og eksterne miljø. Det betyder, at vi ikke blot har almindelig Brownsk diffusion, men flere forskellige typer af diffusionsmønstre.

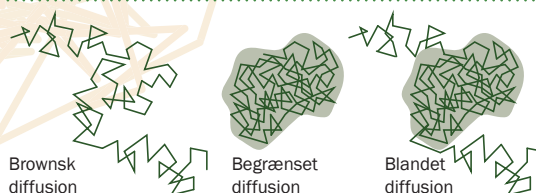
Der er forskellige bud på domænernes størrelse og varighed, men i et studie fra 2009 publiceret i *Nature*, taler forskerne om domæner med en størrelse på 20 nanometer, hvor membranproteinerne opholder sig i omtrent 10-20 millisekunder.

Hopdiffusion

Op nu kan vi så vende tilbage til Kusumi og hans 50.000 billeder i sekundet. Med adgang til disse



Den Singer-Nicholsonske membranmodel fra 1972. Plasmamembranens lipider og proteiner flyder frit mellem hinanden uden nogen overordnede strukturer.



Plasmamembranens molekyler kan diffundere forskelligt afhængigt af membranens struktur. I Brownsk diffusion diffunderer molekylerne tilfældigt uden at være påvirket af nogen membranstruktur. I begrænset diffusion er molekylernes bevægelse afgrænset til en del af membranen (det mørke område). I blandet diffusion diffunderer molekylerne frit i nogle områder, mens det i andre områder er midlertidigt begrænset.

Brownske bevægelser

Molekyler i en vandig opløsning bevæger sig passivt rundt i alle retninger som en dans helt uden regler eller rytme. De skubbes af de omgivende molekyler. Disse bevægelser ses i form af et zig-zag-mønster, som skyldes vandets termiske bevægelser. Her ved skubber vandmolekylerne til de observerede molekyler, og de mange sammenstød resulterer i dette bevægelsesmønster, også kaldet Brownske bevægelser.

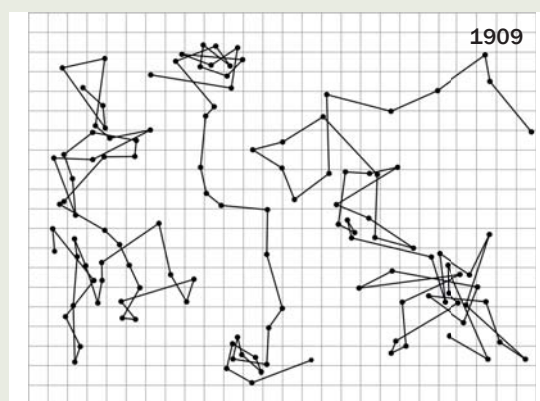
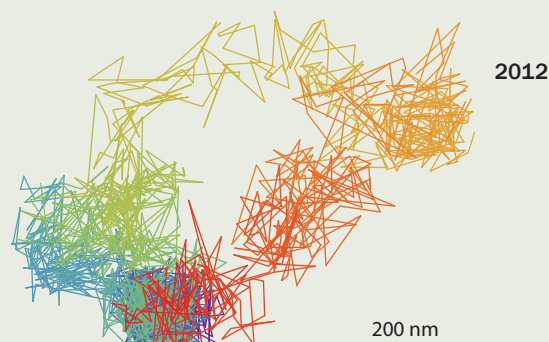
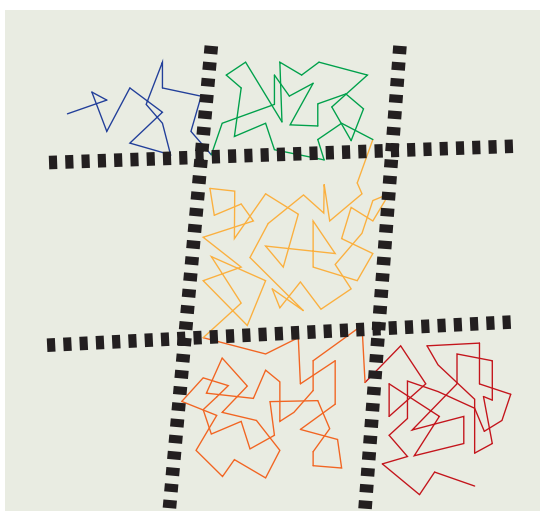


Illustration fra Jean Baptiste Perrin, *Les Atomes*. Molekyler er fulgt under mikroskopet og deres positioner er markeret hvert 30. sekund og føjet sammen med enkle linjer. Perrins måde at repræsentere Brownske bevægelser var blot én af mange, men det var det den mest brugbare og blev anvendt i stort set alle grene af naturvidenskaben, og den anvendes stadigvæk.



Her ses banebevægelsen for et enkelt molekyle i plasmamembranen af en levende celle. Banen er optaget over cirka 1,5 sekunder og indeholder knap 3.000 bestemmelser af molekylets placering. Farven indikerer tiden og går fra violet til rød. Som det ses, dannes der områder af samme farve, hvilket svarer til tider, hvor molekylet er indhegnet i et begrænset område. Der er med andre ord tale om hopdiffusion.

(Fra Mathias P. Clausen og Christoffer Lagerholm, *NanoLetters*, 2013)



Hopdiffusion

Cellemembranen er ifølge Kusumi opdelt i indhegninger, som begrænser bevægelsesmønstrene. Navnet hopdiffusion kommer af, at proteinerne nu og da "hopper" gennem indhegningerne.

nye og ekstreme tidlige opløsninger, opdagede Kusumis team helt nye og ukendte diffusionsmønstre og konkluderede, at molekylerne i cellemembranen generelt bevæger sig på en helt anden måde end hidtil antaget. Det betød også, at domæner af kolesterol og andre lipider ikke nødvendigvis er svaret på, hvordan cellen skaber proteinstrukturer. I hvert fald ikke den eneste.

Cytoskelettet danner ifølge Kusumi ganske små indhegninger i cellemembranen, der kan forklare hopdiffusion.

De proteiner og lipider, Kusumi undersøgte, var nemlig alle altid kortvarigt begrænsede i deres bevægelser til meget små områder. De kunne dog undslippe disse indhegninger, men blot for at blive

begrænset i en ny tilsvarende indhegning. Ifølge Kusumi undslap molekylerne enten ved at springe over forhindringen eller gennem kortvarige åbninger. Vi kan derfor føje et nyt diffusionsmønster til de allerede kendte, nemlig såkaldt hopdiffusion.

Når ingen har opdaget hopdiffusion i cellemembranen før Kusumi, skyldes det, at man med almindelige videooptagelser højst har kunnet tids- og stedfæste en eller to positioner i hver indhegning. Bevægelsen er dermed kommet til at se mere fri ud end den egentlig er, når man har undersøgt et større område pga. statistikens udjævning. Kusumis indhegninger er nemlig ekstremt små og molekylerne er der kun i kort tid, og som han smilende siger, så kan der ske rigtig meget på 10 millisekunder – især i den molekylære verden.

Hvad skaber så denne hopdiffusion? Kusumis videooptagelser og hans fortolkning af dem er, at domænerne opstår på grund af cellens cytoskelet. Cytoskelettet er et netværk af fibre, der understøtter membranen indefra og giver cellen dens facon. Cytoskelettets opbygning og struktur svarer størrelsesmæssigt til de indhegninger, der blev fundet i Kusumis forsøg.

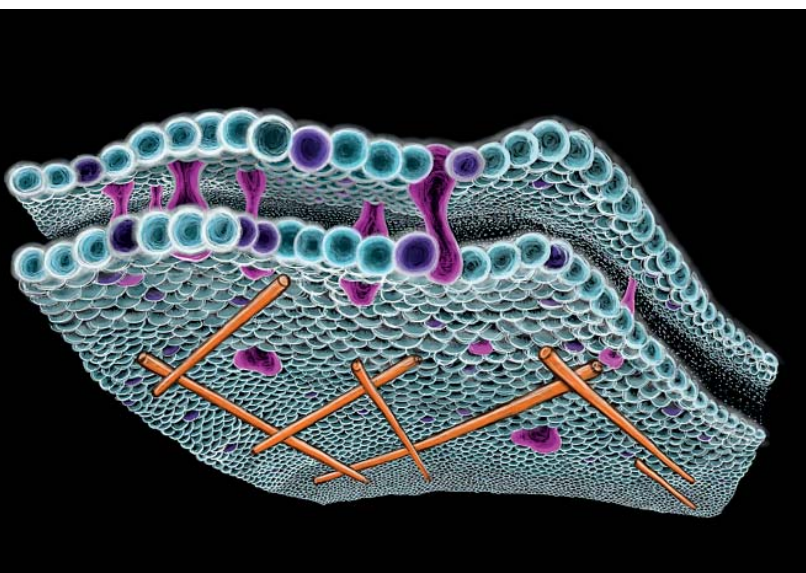
Forskning på kanten af det mulige

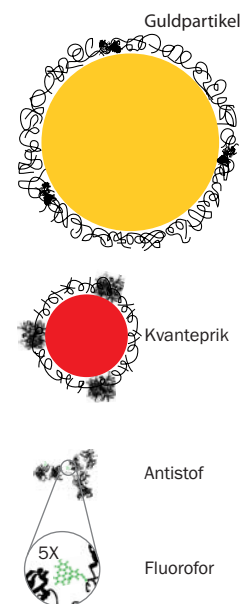
Kusumis hopdiffusion er blot en af mange nye hypoteser, som har sin rod i tre afgørende forhold:

- 1) Vi kan mærke enkelte molekyler med forskellige farvestoffer og bruge dem som visuelle prober, og på den måde følge deres dans gennem cellemembranen.
- 2) Vi har de nødvendige fintfølende optiske instrumenter, som gør det muligt at følge de mærkede molekyler i ekstremt høje rumlige og tidlige opløsninger.
- 3) Vi har fået sofistikeret software, som gør det muligt at behandle de enorme datamængder og repræsentere dem visuelt overskueligt og dermed fortolke dem.

Men den hastige udvikling betyder også, at det er nødvendigt at øge fokus på metoderne og samarbejdsformerne. Der bliver forsket på kanten af det mulige. Både rumlige og tidlige forhold udsættes for høj grad af fortolkninger på grund af måleinstrumenterne, proberne, optikken og softwaren.

Vi påvirker et miljø, cellemembranen, i en grad så det sandsynligvis har en stor indflydelse på det målte: Hvordan ser vi – hvad er virkeligt og hvad er såkaldte artefakter, og repræsenterer vi det, vi ser, rigtigt med vores software?

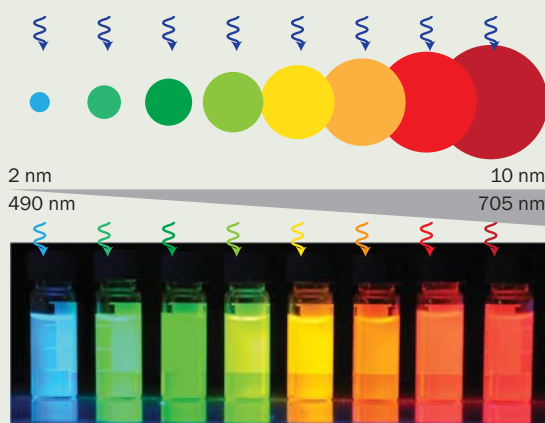




Relative størrelsesforskelle mellem de forskellige typer prober anvendt i Kusumis forsøg og forsøgene ved Memphys.

Mathias forklarer fotografen om hopdiffusion og STED-mikroskopi.

Kvanteprikker afslører bevægelse



Teknikken Single Particle Tracking går ud på, at man gør partikler (i dette tilfælde i cellemembranen) selvlysende og derefter følger deres bevægelser gennem et særligt mikroskop. Der findes flere måder at mærke cellerne på. På Memphys har forskerne brugt kvanteprikker (på engelsk: quantum dots), som er nanokrystaller, der kan fluorescere – altså udsende lys. Man kan sætte kvanteprikkerne fast på enkelte lipider

eller proteiner i membranen, og på den måde kan man følge molekylerne i et mikroskop.

For at få det fluorescerende farvestof til at lyse, skyder man energi ind i kvanteprikkernes elektroner. Man kalder det at excitere dem, og det gøres ved at lyse på dem med blåt lys fra en kviksløv-lampe eller laser. Når elektronerne exciteres, kommer de op på et højere energiniveau i forhold til deres grundtilstand, men her bliver de ikke længe. Snart falder elektronerne tilbage til grundtilstanden, og når de gør det, udsender de et fluorescerende lys. Med et fluorescensmikroskop kan man opfange lyset, og på den måde kan man følge kvanteprikkernes bevægelser i cellemembranen.

En stor fordel ved at bruge disse kvanteprik-prober er muligheden for at lave multifarveeksperiment, hvor man kan følge forskellige typer af molekyler simultant, idet de mærkes med signifikant forskellige farver. Multifarveeksperiment er vigtige, fordi lipiderne og proteinerne danser i mange forskellige tempi i cellemembranen, og påvirker hinanden konstant. Jo flere molekyler, vi kan følge, jo mere indsigt får vi i de forskellige bevægelsesmønstre.

Læs mere

Ole Mouritsen: Model answers to lipid membrane questions, Cold Spring Harbor Perspectives in Biology, 2011 (frit download her: <http://csh-perspectives.cshlp.org/content/3/9/a004622.full.pdf>).

Alison Abbott: Hopping fences, Nature, vol. 433, 17. feb. 2005, s. 680-682.

Akahiri Kusumi: A Slide Show on the Membrane Skeleton Fence Structure and Function in the Plasma Membrane, <http://www.nanobio.frontier.kyoto-u.ac.jp/lab/slides/1/index.html>.

Mathias P. Clausen og B. Christoffer Lagerholm: Visualization of Plasma Membrane Compartmentalization by High-Speed Quantum Dot Tracking, NanoLetters, 2013, 13(6), s. 2332-2337.

Kvanteprikkerne på Memphys

Her kommer forskerholdet fra Memphys på Syd-dansk Universitet ind i billedet. Kusumis forskning er utrolig spændende, men rejser også en del spørgsmål, især på grund af metoderne.

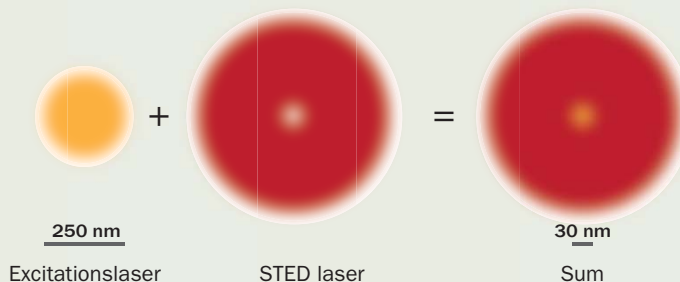
For at kunne opnå den store opløsning og de mange billeder pr. sekund, har Kusumi benyttet fotostabile guldpartikler med en størrelse på ca. 50 nanometer. Det er en del større end de prober, man normalt bruger, som er nærmere 10-20 nanometer. Spørgsmålet er derfor, om observationen af hopdiffusion i virkeligheden skyldes guldpartiklernes vekselvirkning med membranens egne molekyler.

For at svare på det spørgsmål, har forskerne på Memphys benyttet små fluorescerende nanokry-staller (såkaldte kvanteprikker), der i sig selv ikke er mere end 2-10 nanometer store, afhængig af den farve de udsender. Men for at få dem til at virke hensigtsmæssigt i biologiske omgivelser er de dog beklædt med yderligere lag, så de er blevet 10-20 nanometer store. Håbet er selvfølgelig, at de ikke påvirker miljøet og molekylerne i samme grad som Kusumis guldpartikler. Prisen er her, at der ikke kan optages 50.000 billeder pr. sekund, men det er lykkedes forskerne at stedfæste de mærkede molekyler knap 2.000 gange i sekundet, hvilket er en kraftig forbedring i forhold til tidligere optagelser med lignende prober.

Resultaterne viste, at også med disse mindre prober finder der hopdiffusion sted, omend studiet også understreger, at der ved nogle af Kusumis målinger er introduceret fejl. Blandt andet overvurderer Kusumi hastigheden af membranens molekyler pga. de store guldpartikler. Ikke desto mindre ser det altså ud til, at membranens molekyler hopper deres vej gennem membranen. Samtidig giver begge studier ophav til nye spørgsmål. Hvordan kan det fx være, at både proteiner og lipider, der er placeret sådan i cellemembranen, at de ikke kommer i kontakt med cytoskelettet, fordi de befinder sig på ydersiden af cellemembranen, også hopper? Måske er cytoskelettet som direkte fysisk barriere ikke hele forklaringen på hopdiffusion. Andre aspekter som cellens 3-dimensionelle topografi og molekyllære bindinger spiller nok også en stor rolle, og må undersøges nærmere.

Uvurderlig indsigt

Jagten på en ny membranmodel er fascinerende at følge med i, og med den enorme hastighed i udviklingen af nye billeddannende teknikker og dygtige forskeres fokus på området, er vi formentlig tæt på et meget mere nuanceret billede af den måde, cellerne kommunikerer med omverdenen på. Det er en indsigt, der er helt uvurderlig inden for fx udviklingen af biomedicinske præparater, hvor det er en nødvendighed, at medikamenterne enten virker direkte på cellemembranen eller krydser den for at virke inde i cellen. ■

STED - fremtidig forskning

I den fortsatte jagt på at bestemme cellemembranens organisering anvender forskerne ved Memphys sig nu af en nyligt udviklet teknik kaldet STED-mikroskopi. STED-mikroskopi er en elegant og smart måde at omgå lysets diffraktionsgrænse på. Diffraktionsgrænsen medfører, at strukturer på under ca. 250 nanometer ikke kan opløses.

Med STED-mikroskopi kan man tage billeder af strukturer med en opløsning helt ned til 20 nanometer og dermed se udsnit af cellemembranen i endnu større detalje end tidligere. Det har man ganske vist kunnet i mange år med elektronmikroskopi, men her kan man kun kunnet kigge på døde præparater – ikke levende celler.

Som i alle andre former for fluorescerende mikroskopi exciteres molekylerne med laserlys. Men problemet ved almindelig mikroskopi er, at laserlyset exciterer for mange molekyler til, at vi kan se enkelte molekyler. Derfor anvender man i STED-mikroskopi endnu en laser, der de-exciterer molekylerne i en donut-formet struktur. Kun de udvalgte molekyler i midten af donuten forbliver exciteret, og opløsningen er derfor meget bedre. Ved at kombinere STED-mikroskopi med såkaldt FCS (Fluorescence Correlation Spectroscopy), kan man samtidig måle dynamikken af membranmolekylernes bevægelse med en nøjagtighed på under et millisekund. Foreløbige resultater giver yderligere bevis for, at membranmolekyler er kortvarigt begrænsede pga. cellens cytoskelett.

FÅ HJÆLP TIL DET EKSPERIMENTELLE ARBEJDE I DIN SRP!



Foto: Henrik Olsen

Ann og Azadeh arbejder med mitralklappen fra en gris og måler, hvordan det påvirker kraftbalancen i hjertet.



Sæt sejl



I en ikke alt for fjern fremtid vil rumfartøjer med gigantiske ultratynde sejl måske kunne bruges til rejser i Solsystemet – ja, endog til de nærmeste stjerner.

En kunstners opfattelse af IKAROS på vej fra Jorden til Venus.

Figur: JAXA

Forfatter



Michael Linden-Vørnle, astrofysiker og chefkonsulent,

DTU Space
mykal@space.dtu.dk

Kometers haler vender altid væk fra Solen. Det Kinspirerede for omkring 400 år siden matematikeren og astronomen Johannes Kepler til at foreslå, at den vind, der øjensynligt blæser komethalerne væk fra Solen, også kan bruges til at drive fartøjer med sejl af sted gennem rummet. Mange år senere – i 1924 – beskrev den visionære lettiske forsker og raket-ingeniør Fridrikh A. Tsander for første gang konceptet “solsejl”, og i vore dage er rumfartøjer drevet på denne måde ikke længere blot en strøtanke. De er på dagsordenen som et seriøst alternativ til konventionelle raketter, når vi taler om rejser i Solsystemet og måske den eneste rentable mulighed for at rejse til de nærmeste stjerner – i hvert fald inden for en overskuelig tidshorison.

Raketter med akilleshæl

Problemet med nutidens rumfartøjer er, at de alle er født med en akilleshæl, der er umulig at komme udenom: de medbringer selv deres brændstof. For at rejse langt på en overskuelig mængde tid skal rumskibet hurtigt have en så høj hastighed som overhovedet muligt. Den nødvendige acceleration koster dyrt i brændstof, også selvom vi udstyrer rumskibet med en mere effektiv motortype end den kemiske raket.

Mere fart kræver mere brændstof, så der kan accelereres i længere tid. Ved at hælde mere brændstof på bliver rumskibet imidlertid tungere og dermed vanskeligere at accelerere. Den eneste kur er at tanke

mod stjernerne

endnu mere brændstof, men det løser jo ikke problemet – tværtimod. Kuren og ikke sygdommen ender med at tage livet af patienten. Problemet er i virkeligheden større end som så. Det er nemlig ikke nok at kunne accelerere til en høj hastighed. Der skal også være brændstof til at bremse rumskibet ved ankomsten til rejsemålet samt til hjemrejsens acceleration og opbremsning.

Det “raketløse rumskib”

Rumskibe, der slæber rundt på deres eget brændstof, er derfor som udgangspunkt ikke et godt koncept til interplanetariske rejser – for slet ikke at tale om rejser til stjernerne. Det er netop her solsejlene kommer ind i billedet som det “raketløse rumskib”. Her er det ikke den kemiske energi bundet i raketbrændstoffet, der giver fremdriften, men derimod en ydre kilde, som vi alle jævnligt føler på vores egen krop – Solens lys.

I Jordens afstand fra Solen, altså ca. 150 millioner km, påvirker sollyset med en kraft på 9 Newton pr. kvadratkilometer. Tættere på Solen vil påvirkningen være større, mens den falder med en stigende afstand fra vor stjerne. Det er således ikke – som mange fejlagtigt tror – solvinden, der kan fylde et solsejl. Denne konstante strøm af elektrisk ladede partikler fra Solen er så tynd, at den i sammenligning med sollyset kun er årsag til en meget beskedne kraftpåvirkning på ca. 0,1 %. Ønskes en større kraftpåvirkning end den Solens lys kvit og frit leverer, så kan laserlys eller mikrobølgestråling fx afsendt her fra Jorden eller fra en rumbaseret platform også skubbe på.

Solsejlet er en realitet

Store sejl i rummet, der skubbes af sted af Solens lys, og en laser på Jorden eller i rummet lyder i de flestes ører måske mest som science fiction. Ikke desto mindre så vi i 2010 det første solsejl på rejse i

rummet – nærmere bestemt på fra Jorden til Venus. Sejlet var et japansk projekt ved navn IKAROS, der er en forkortelse for Interplanetary Kite-craft Accelerated by Radiation Of the Sun.

IKAROS blev sendt ud i rummet den 20. maj 2010 sammen med venussonden Akatsuki. Den 3. juni begyndte det japanske rumagentur (JAXA) den trinvis udfoldning af sejlet og den 10. juni blev det bekræftet, at udfoldningen var forløbet efter planen. Sejlet var ca. 14 meter på hver led og kun 0,0075 mm tykt, hvilket er tyndere end et menneskehår. Solceller placeret på sejlet leverede strøm til IKAROS.

Målinger viste, at sejlets hastighed langsomt blev øget, pga. det pres som sollyset laver. Fremdriften svarede nøje til den forventede værdi. Japanerne har også succesfuldt gennemført manøvrer med sejlet ved at ændre sejlets vinkel i forhold til det indkommende sollys.

Næste solsejl på vej

Selvom IKAROS således har banet vejen for at bruge solsejl som fremdriftsmiddel i rummet, er der helt klart brug for flere konkrete erfaringer med konceptet for at gøre solsejlet til en anvendelig teknologi. Heldigvis er næste solsejlsmission lige om hjørnet i form af NASA's Sunjammer-projekt. Sunjammer bliver det hidtil største solsejl i rummet med en sidelængde på 38 meter og et samlet areal 1208 kvadratmeter – ca. syv gange større end IKAROS' effektive areal.

Sunjammer skal på samme måde som IKAROS demonstrere udfoldning, fremdrift og navigation. Målet er en position ca. 1,8 millioner km fra Jorden, hvor Sunjammer skal holde øje med rumvejret, der skabes af Solens aktivitet. Den primære funktion er dog selve afprøvningen af solsejls-konceptet. Sunjammer skal efter planen sendes ud i rummet i november næste år.

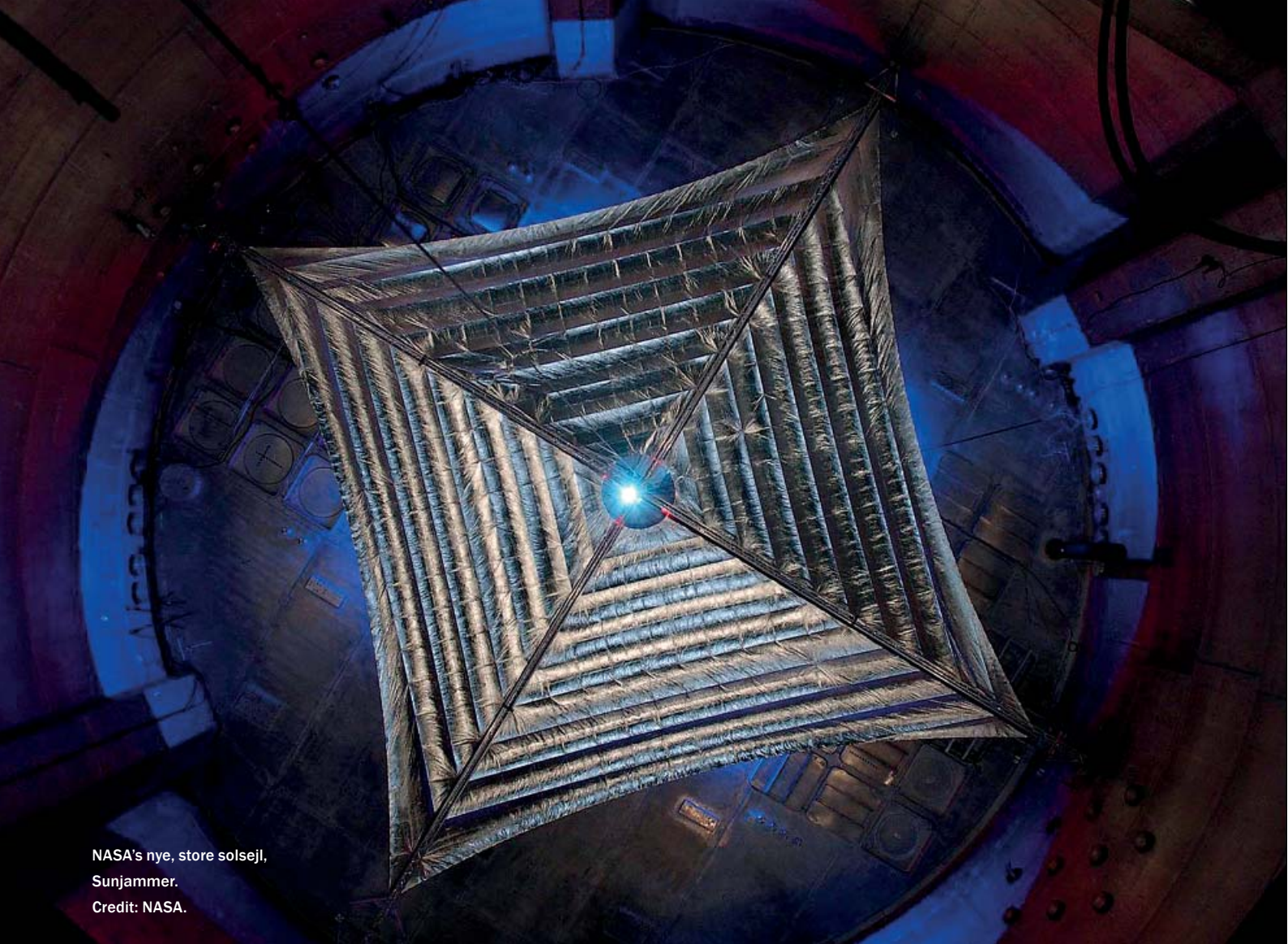
Mislykket forsøg

Det første forsøg på at få et fritflyvende solsejl ud i rummet blev gjort i juni 2005, men slog fejl. Her blev solsejlsmissionen Cosmos 1 opsendt med et ombygget atommissil fra en neddykket russisk ubåd. Problemer med raketten førte dog til, at Cosmos 1 gik tabt. Cosmos 1 var et privat projekt ledet af interesseorganisation The Planetary Society. Organisation har dog ikke opgivet at sejle med Solens lys og er nu i gang med et nyt solsejlsprojekt ved navn LightSail-1.

Lille sejl til rumskrot

I november 2010 sendte NASA et lille eksperimentelt solsejl ved navn NanoSail-D i kredsløb om Jorden. Sejlet, der foldede sig ud i januar 2011, kredsede om Jorden i 240 dage inden det brændte op i atmosfæren.

NanoSail-D var en demonstration af, at solsejl kan anvendes til at bremse udtjente satellitter, så de kan brænde op i Jordens atmosfære.



NASA's nye, store solsejl,
Sunjammer.
Credit: NASA.

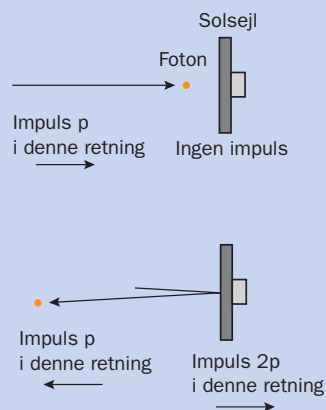
Solsejl – lidt grundlæggende teori

Lyspartikler (fotoner) har ingen masse, men hvordan kan de så skubbe til et solsejl? Det kan de, fordi de har impuls, p , der afhænger af deres energi:

$$p = \frac{E}{c},$$

hvor c er lysets hastighed ($3,0 \cdot 10^8$ m/s) og E er energien. For fotoner med en frekvens, f , er energien givet ved $E = h \cdot f$, hvor h er Plancks konstant ($6,63 \cdot 10^{-34}$ J·s).

Når fotoner rammer et solsejl og bliver reflekteret, har vi følgende situation:



Før refleksionen har fotonerne impulsen p , men bagefter har de impulsen $-p$. På grund af impulsbevarelse vil sejlet efter refleksionen have impulsen $2 \cdot p$. Her antager vi, at sejlet er et perfekt spejl med 100% refleksion.

Fra Newtons 2. lov har vi, at kraft, F , er ændringen af impuls pr. tidsenhed. Da ændringen i energi pr. tidsenhed er effekt, P , kan vi skrive:

$$F = 2 \cdot \left(\frac{I}{c}\right) \cdot A,$$

hvor $I = \frac{P}{A}$ er intensiteten af strålingen i W/m². Da tryk er kraft pr. areal er trykket fra strålingen altså $2 \cdot \left(\frac{I}{c}\right)$.

I Jordens afstand fra Solen er intensiteten af sollyset ca. 1360 W/m². Det giver en påvirkning på 9,1 μN/m² eller godt 9 newton pr. km².

For at beregne tidsforbruget for at accelerere et solsejl til en given hastighed skal der dog tages højde for 1) at sollysets intensitet aftager med afstanden fra Solen og 2) at der kan være andre kræfter, som virker på sejlet – fx tyngdekraften fra Jorden, hvis rejsen starter i lav jordbane. Netop for at modvirke sollysets aftagende intensitet kan en kraftig laser hjælpe med at skubbe til sejlet.

Hertil kommer, at sejlet næppe vil være 100% reflekterende og sollyset måske ikke rammer vinkelret ind mod sejlet. En mere generel formulering af kraftpåvirkningen på sejlet er derfor:

$$F = (I/c) \cdot A \cdot (1 + r) \cdot \cos \nu,$$

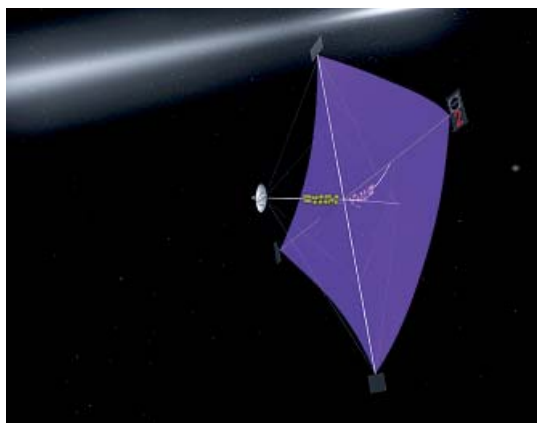
hvor r er sejlets refleksionsevne (hvor $r = 1$ er et perfekt spejl med 100 % refleksion), mens ν er indfaldsvinklen af strålingen (hvor $\nu = 0$ er vinkelret ind mod sejlets overflade).

Ud af Solsystemet

Men hvad er så fremtidsperspektiverne for solsejl? Efter de indledende øvelser kan den første anvendelse være en rumsonde, der hurtigt kan bevæge sig ud af Solsystemet. På NASA's Marshall Space Flight Center i Huntsville i staten Alabama har forskerne i samarbejde med bl.a. NASA's Jet Propulsion Laboratory i Californien skitseret en rummission, hvor et 0,25 kvadratkilometer stort solsejl sender en ubemandet sonde af sted ud i rummet.

Sollyset vil accelerere sonden til en fart på 90 km/s – betydeligt hurtigere end det i dag er muligt med en konventionel raket. Med den fart vil sonden hurtigt kunne overhale den hidtil fjerneste menneskeskabte udsending, Voyager 1, der forlod Jorden i 1977. Hvis denne solsejlssonde var blevet afsendt i 2010, ville den allerede i 2018 overhale Voyager 1. Den ville således kun have brugt otte år på at tilbagelægge samme afstand som Voyager 1 skulle bruge 41 år på.

Med et meget større sejl og ekstra skub fra en uhyre kraftig laser vil en sonde kunne opnå en langt større hastighed – fx 30.000 km/s eller 10 % af lysets hastighed. Med den fart vil sonden i løbet af 43 år kunne flyve til den nærmeste stjerne, Proxima Centauri, der ligger i en afstand på 4,3 lysår. Herefter vil sondens billeder og målinger sendt som radiosignaler være 4,3 år om at nå tilbage til Jorden.



NASA overvejer at anvende solsejl til at sende en rumsonde ud af Solsystemet. Med et sejl af ultratynd kulfiber, der er ca. en halv kilometer stort på hver led, vil sonden få en hastighed på 90 km/s. Med denne fart vil sonden i løbet af nogle få år kunne overhale den hidtil fjerneste menneskeskabte ting: rumsonden Voyager 1.

Credit: NASA / Marshall Space Flight Center

Et langt mere interessant rejsemål er den sol-lignende stjerne Epsilon Eridani, der ligger i en afstand på 10,8 lysår og som omkredsnes af mindst én planet. For at gennemføre rejsen på ca. samme tid som turen til Proxima Centauri, skal sejlet igen være større, og der skal skubbes betydeligt mere med laseren, så sonden kommer op på ca. 30 % af lysets hastighed. Det giver en rejsetid på 36 år samt 11 år for at få billeder og målinger sendt hjem.

Selvom interstellare rejser med solsejl stadig er science fiction, så er missioner som IKAROS og Sunjammer helt konkrete aktiviteter, der hjælper os med at gøre solsejl til science fact. ■

Videre læsning:

IKAROS:
www.jaxa.jp/projects/sat/ikaros/index_e.html

Sunjammer:
www.nasa.gov/mission_pages/tdm/solarsail/solarsail_overview.html

www.sunjammermission.com



Få en

naturvidenskabelig uddannelse,
der er lige så unik, som du er!

Se hvordan på
ruc.dk/studievaelger

Åbent Hus 2014
27. februar og 8. maj

ruc.dk/besog

Plantens liv under jorden

Plantens rødder er helt centrale, når jordens begrænsede ressourcer skal udnyttes optimalt. Derfor studerer forskere ivrigt rodsystemerne på vigtige afgrøder for at udvikle sorter og dyrkningssystemer, som effektivt kan optage vand og de næringsstoffer, der er til rådighed.

Foto: Lennart Søgård-Høyer

Forfatterne



Dorte Bodin
Dresbøll er
forsker
dbdr@life.
ku.dk



Rikke Pape
Thomsen
er
kommunikationsmedarbejder
rpt@plen.ku.dk

Begge ved Institut for
Plante- og Miljøviden-
skab, KU-SCIENCE

På en frodig knaldgul dansk rapsmark eller en tør, afrikansk mark, der langt fra bugner af biomasse, er planternes rødder helt centrale for det resultat, landmanden opnår, når han dyrker jorden. Planternes rødder støvsuger nemlig store dele af den jord, de er i kontakt med, for at få livsvigtige næringsstoffer og vand til vækst og frøsætning.

I Danmark er der rigeligt med næringsstoffer, fordi landmanden gøder jorden, og derfor vil den næring, rødderne ikke når at optage, bevæge sig ned gennem jorden med vandet. Her er der en risiko for, at næringen udvasker og belaster den omgivende natur.

På den afrikanske mark er problemet omvendt, at der ofte ikke er næringsstof og vand nok. I begge scenarier er det altså i landmandens interesse, at planternes rødder fanger så meget næringsstof som overhovedet muligt.

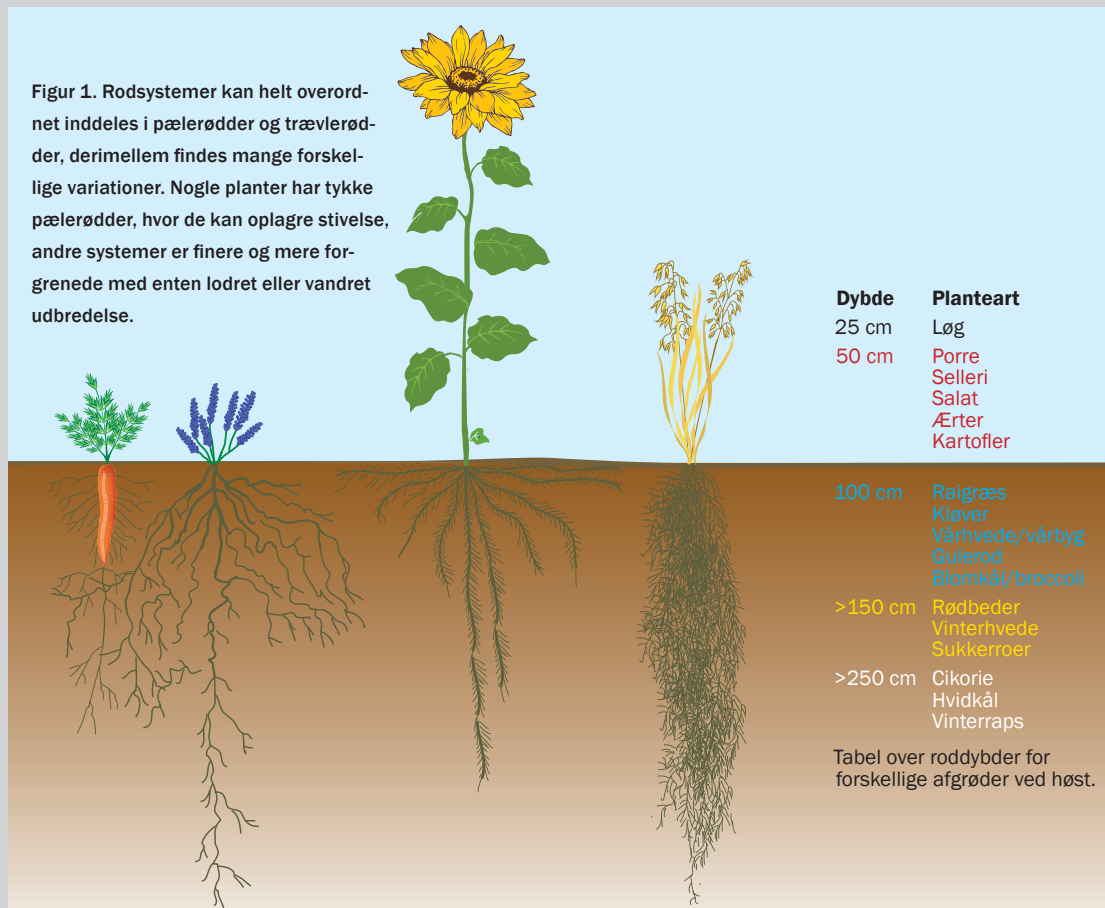
Rodarkitekturen varierer enormt

På Institut for Plante- og Miljøvidenskab på KU-SCIENCE arbejder en række forskere med rødder – på afgrøder som hvede, byg, raps, løg og salat. Vi undersøger røddernes arkitektur, dvs. deres evne til at forgrene sig og nå bredt og dybt ned i jorden (Figur 1), og hvor effektive rødderne er til at udnytte især kvælstof (N) i jorden.

Tror man, at plantens overjordiske dele afspejler, hvad der gemmer sig under jorden, kan man godt tro om igen. Sammenligner man fx to almindelige grøntsager som salat og hvidkål, så har hvidkål rødder helt ned i 2,5 meters dybde, mens salat typisk kun har rødder ned til 0,75 meters dybde.

Det er ikke kun imellem plantearterne, der findes forskelle i roddybder. Sorter af den samme plantearart kan også variere meget. Ny forskning viser fx, at der er stor forskel selv på de gængse hvedesorters rodsy-

Figur 1. Rodsystemer kan helt overordnet inddeles i pælerødder og trævlerødder, derimellem findes mange forskellige variationer. Nogle planter har tykke pælerødder, hvor de kan oplagre stivelse, andre systemer er finere og mere forgrenede med enten lodret eller vandret udbredelse.



Afgrøderotation

År 1		År 2		År 3	
September	Marts	August	April	August	April
Vinterhvede		Efterafgrøde (ex. Olieræddike)		Vårbyg	Havre
				Undersået græs	
					

Figur 2. Afgrøderotation på én mark i et dansk dyrkningssystem over flere sæsoner. Vinterhvede (hovedafgrøde) sås i efteråret og høstes den efterfølgende sommer. Lige før høst eller straks efter sås en efterafgrøde. Den pløjes ned i jorden i det sene efterår eller tidlige forår og frigiver kvælstof til vårbbyggen (hovedafgrøde), der sås i foråret og høstes den efterfølgende sommer. Vårbyggen er her sået sammen med en græs, der vokser videre efter høst af vårbbyggen og fungerer som efterafgrøde. Græsset pløjes ned i jorden i foråret, inden havre (hovedafgrøde) sås.

Gødningstyper

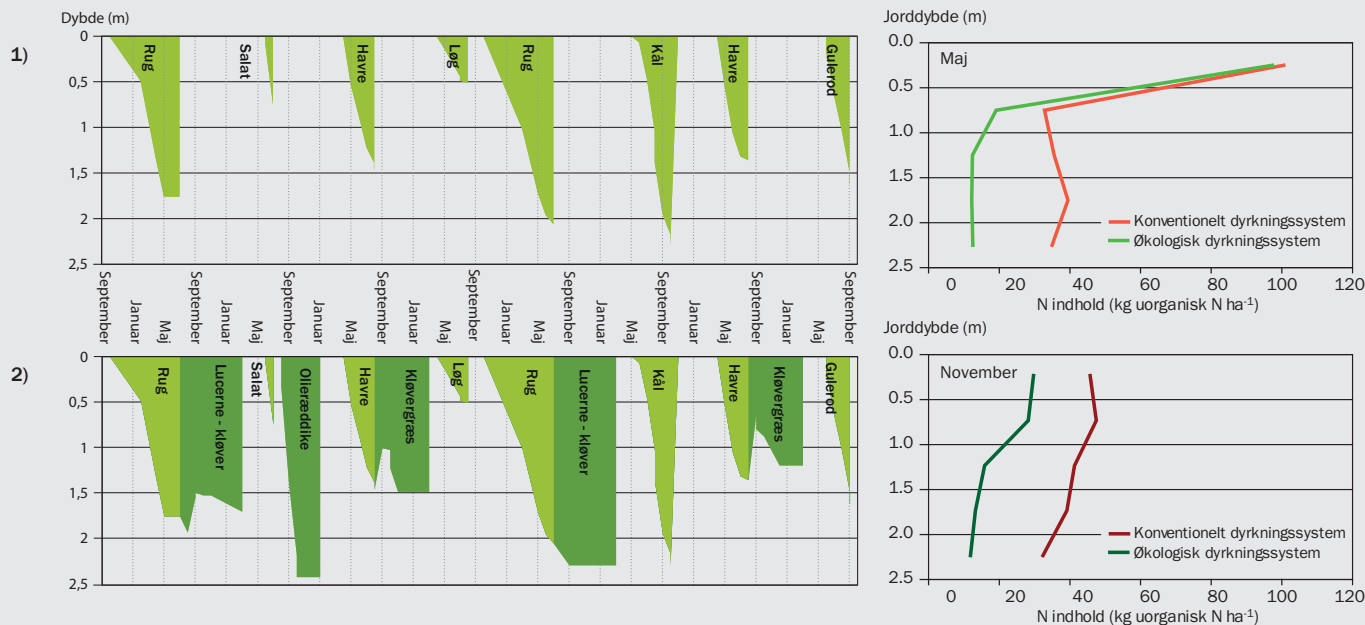
Kvælstof er et makronæringsstof, som afgrøderne typisk skal bruge 100-300 kg af pr. hektar. Bortset fra de kvælstoffikserende bælplanter kan afgrøderne ikke selv producere kvælstof. Landmanden tilfører derfor kvælstof til sin mark på forskellige måder. Han kan:

- bruge kunstgødning fx NPK-gødning, der på en gang tilfører de 3 vigtigste makronæringsstoffer: kvælstof (N), fosfor (P) og kalium (K). Kvælstof i kunstgødning bliver fremstillet ad kemisk vej, hvor kvælstof (N_2) og brint (H_2) under højt tryk (200 atm.) og høj temperatur (500 °C) reagerer og danner

ammoniak (NH_3). Denne proces er meget energikrævende og udgør en stor del af verdens samlede energiforbrug.

- bruge husdyrgødning, som indeholder store mængder organisk kvælstof
- dyrke grøngødninger, som er afgrøder, der tilfører dyrkningssystemet næring. Det kan enten være kvælstoffikserende bælplanter eller efterafgrøder, der "holder" på jordens næringsstoffer og ved nedbrydning frigiver dem igen.

Økologiske landmænd må ikke bruge kunstgødning men kun husdyrgødning, kompost og grøngødning.



♦ Røddernes udnyttelse af jordvolumenet over tid

- 1) Konventionelt dyrkningssystem uden efterafgrøder. Betragter man dette blandede dyrkningssystem over 8 sæsoner vil ca. 22 % af jordvolumen blive udnyttet af rødderne.
- 2) Økologisk dyrkningssystem med efterafgrøder/grøngødning, her udnytter rødderne ca. 38 % af jordvolumenet i det blandede dyrkningssystem. Y-aksen viser roddybder, mens x-aksen angiver 8 sæsoner.

Kvælstofindhold ♦

Kvælstofindhold i hhv. konventionelt og økologisk dyrkningssystem. I foråret (maj) er der i begge dyrkningssystemer meget kvælstof i de øverste jordlag, da landmanden tilfører gødning til marken. I det økologiske system bliver der også frigivet kvælstof fra omsætningen af efterafgrøderne. I efteråret (nov.) er kvælstofmængden reduceret i de øverste jordlag, men de højeste kvælstofværdier er at finde i det konventionelle jordbrug, da der ikke er afgrøder til at optage kvælstof

efter høst. Det kan medføre en større risiko for udvaskning. Det ses desuden, at der er mindre kvælstof i de dybere jordlag i det økologiske system, da efterafgrøderne/grøngødningen er i stand til at optage det meste kvælstof, mens kvælstoffet i det konventionelle system stadig bevæger sig længere ned i jorden.

stemer både mht. roddybde (op til 40 cm forskel på dybeste rod) og udbredelse.

Økosystemer i landbrug og naturen

I naturlige økosystemer er der rødder i en stor del af jorden, og der findes ofte en blanding af både énårige og flerårige planter. Dyrkningssystemerne i landbruget består derimod mest af énårige planter, der kun har en kort vækstsæson. Det betyder, at der en stor del af året er betydelige dele af jorden og dens ressourcer, som ikke bliver udnyttet. Der er derfor en stor risiko for, at ressourcerne bliver tabt ud af systemet, især kvælstof, der er meget mobilt i jorden. Det problem kan til dels løses ved at dyrke efterafgrøder, som er planter, der dyrkes efter hovedafgrøden og inden en forårsafgrøde (Figur 2). Hermed bliver jorden dækket af planter en større del af året, og da mange efterafgrøder har dybe rødder, optager de det kvælstof, der er tilbage

i jorden, og holder altså på næringsstofferne. Når planten bliver pløjet ned i jorden, eller visner hen og dør i løbet af vinteren, nedbryder mikroorganismerne planteresterne i jorden, og på den måde frigives der kvælstof i de øverste jordlag klar til at gøde de kommende afgrøder. Det er altså en effektiv måde at reducere tabet fra systemet og mindske brugen af de dyre gødninger. Forsøg har vist, at efterafgrøder kan mindske udvaskningen af kvælstof med 50-80 %.

Design det bedste dyrkningssystem

Viden om planternes rodsystemer er vigtig for at kunne designe de bedst mulige dyrkningssystemer, hvor jordens ressourcer udnyttes optimalt. Det er ikke kun et spørgsmål om at have et plantedække det meste af året, men også om at vælge de rigtige planter i forhold til deres gødningsbehov og roddybde.

Især er det vigtigt i den økologiske planteproduktion at fokusere på at udnytte ressourcerne optimalt, da næringsstofferne her typisk er mere begrænsede end i konventionelle systemer, hvor man tilfører kunstgødning. I et stort samarbejdsprojekt mellem flere danske universiteter sammenlignede vi et konventionelt dyrkningssystem uden efterafgrøder med et økologisk system med brug af efterafgrøder og grøngødninger. Røddernes dybde blev bestemt flere gange i løbet af dyrkningssæsonen i begge systemer. Hvorvidt systemet indeholdt efterafgrøder/grøngødninger eller ej medførte en stor forskel i udnyttelsen af jorden i både tid og rum (Figur 3). Det økologiske system havde således plantedække det meste af året, og 38 % af jordvolumenet indeholdt rødder mod 22 % i det konventionelle system. Ud over at bestemme rodtybderne over tid, blev kvælstofindholdet i jorden målt ned til en dybde af 2,5 m (Figur 4). I foråret var kvælstofindholdet højt i det øverste jordlag i begge systemer, da der blev tilført gødning og frigivet kvælstof fra de nedpløjede planterester. Længere nede i jorden var der betydeligt mere kvælstof at finde i det konventionelle system, hvor der ikke havde været efterafgrøder til at optage noget af det efterladte kvælstof. I det økologiske system var kvælstofindholdet lavt i hele jordprofilen, mens niveauet var højere i det konventionelle system uden plantedække, hvor der derfor var risiko for udvaskning.

Designet af dyrkningssystemet er altså vigtig, idet jo større et jordvolumen rodsystemerne kan afdække, jo større er mulighederne for, at den næring, der bliver tilført jorden – enten i form af kunstgødning, husdyrgødning eller grøngødning – bliver optaget af planten.

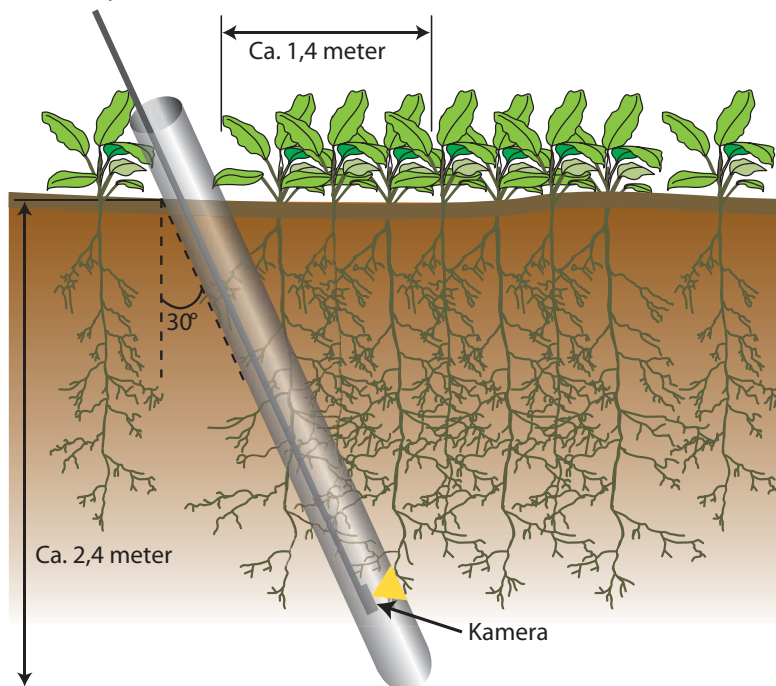
På jagt efter sorter med dybe rødder

En anden mulighed for at mindske brugen af gødning og sikre sig mod tørkeperioder er at udnytte de ressourcer, der allerede ligger i jorden – bare dybere nede end de fleste af vore nuværende afgrøder har rødder. Derfor arbejder vi på at identificere arter og sorter med dybe rødder og undersøge effekten af at så afgrøden tidligere, så rødderne får en længere periode at udvikle sig i. På længere sigt kunne det også være en mulighed at inddrage flerårige planter i dyrkningssystemerne. Mange flerårige planter har mulighed for at sætte dybe rødder alene af den grund, at de har længere tid til det, og er derfor i stand til at udnytte de ressourcer, der findes dybere nede i jorden. Desuden arbejder forskere med at optimere afgrøders rodnet. Fx arbejder en forskergruppe i USA på at optimere majssorter ud fra devisen “steep, cheap and deep”. “Steep” i betydningen at mindske vinklen mellem stængel og rod, så rødderne går mere vertikalt ned i jorden, “cheap” i betydningen at rødderne skal indeholde mere luftfyldt væv (aerenkymvæv), der ikke koster planten så mange



Når minirhizotronerne installeres, bores der først 3 m dybe huller i jorden i en vinkel på 30 grader med et bor monteret på en traktor, herefter kan glasrørene skubbes ned i jorden.

Foto: Irene Skovby Rasmussen



Måling af rodvækst under jorden

Det er en udfordring at forske i rødders vækst, fordi det i sagens natur foregår under jorden. Der findes ingen perfekte metoder til at se på rødder, alle metoder vil på den ene eller anden måde påvirke røddernes vækst. Valg af metode afhænger derfor af, hvad man ønsker at vide om rødderne. Hvis forskerne skal indhente data om rodvækst og udbredelse, der på bedste vis afspejler virkeligheden, ja så skal man kigge på rødderne, når de vokser på marken.

Ved hjælp af 3 m lange gennemsigtige rør, såkaldte minirhizotroner, der sættes dybt ned i jorden, kan forskerne føre et kamera ned i røret og filme rodvæksten, som den foregår i naturlige omgivelser. Med kameraet tages der billeder af de rødder der rammer oversiden af røret. Men de transparente rør bruges også over jorden, hvor de fyldes med jord. Når planternes rødder vokser, kan man se dem indeni røret. På denne måde kan man hurtigere sammenligne rodudviklingen i mange forskellige sorter og udvælge hvilke sorter, der kunne være interessante at se på under markforhold.



FÅ PIRRET DIN NYSGERRIGHED

Besøg de naturvidenskabelige uddannelser
på Københavns Universitet

Du kan afprøve de naturvidenskabelige uddannelser på Københavns Universitet på mange måder. Det er altid en god ide, før du vælger uddannelse. Vi giver dig blandt andet mulighed for at:

- Komme til Åbent Hus
- Blive studerende for en dag
- Gå i studiepraktik
- Få hjælp til dit studieretningsprojekt
- Besøge os med din klasse

Læs meget mere om dine muligheder på science.ku.dk/oplevel-science

Oplev 22 naturvidenskabelige bacheloruddannelser på Københavns Universitet:

Biokemi * Biologi * Biologi-bioteknologi * Datalogi * Forsikringsmatematik * Fysiske fag * Fødevarer og ernæring * Geografi og Geoinformatik * Geologi-geoscience * Have- og parkingeniør * Husdyrvidenskab * Idræt * Jordbrugsøkonomi * Kemi * Landskabsarkitektur * Matematik * Matematik-økonomi * Molekylær biomedicin * Nanoscience * Naturressourcer * Naturvidenskab og It * Skov- og landskabsingeniør





Rødderne på planter dyrket i lange gennem-sigtige rør tælles.

Foto: Lennart Søgaard-Høyer



kulhydrater at opbygge og vedligeholde og “deep” i betydningen lange og dybe rødder.

Bedre udnyttelse af kvælstof i planten

En tredje måde at sikre optimal udnyttelse af kvælstof i jorden er ved at forbedre planternes evne til at udnytte kvælstoffet, dvs. deres evne til at optage det kvælstof, der findes i jorden og bruge og genbruge det effektivt i planten. Det har man gjort ved traditionel forædling, hvor sorter med god evne til at udnytte kvælstof er blevet fremmet. De senere år har genteknologiske metoder vundet frem som en mulig vej til at fremelske planter, der giver mere udbytte og kræver færre ressourcer. Mange enzymer er involverede i kvælstofoptagelse og transport i planten. Man har fx forsøgt at øge plantens evne til at udnytte kvælstof ved at øge planternes produktion af enzymerne nitrat reduktase (NR) og glutamin synthetase (GS), men indtil videre uden stor succes. Begge er vigtige enzymer, der indgår i kvælstofassimileringen i planten, hvor det optagede uorganiske kvælstof bindes i organiske forbindelser. Glutamin synthetase er også involveret i genbrug af ammonium i planten.

Overraskende har alanin aminotransferase (AlaAT), der ellers ikke bliver antaget for at være et af de vigtigste enzymer i planternes omsætning af kvælstof, vist gode resultater. Alanin aminotransferase indgår i dannelsen og nedbrydning af aminosyren alanin. Et højere indhold af AlaAT i ris og raps, opnået ved at indsætte *AlaAT* cDNA fra byg, har vist sig at have en positiv effekt på evnen til at udnytte kvælstof. Ved markforsøg gav risplanterne således et

højere udbytte, og havde et højere indhold af kvælstof, mens rapsplanterne kunne opretholde et stabilt udbytte selv med 40 % mindre kvælstoftilførsel. Der arbejdes nu på at gøre planter med øget AlaAT kommercielt tilgængelige.

Forædling af sorter med stærke rod-egenskaber

De seneste årtier er der rundt omkring i verden blevet arbejdet på at udvikle afgrøder, der klarer sig bedre i ulandenes fosfor-fattige jorde. Fosfor (P) er et immobilt næringsstof, og da det tilføres jorden gennem gødning eller med planterester, vil fosfor især befinde sig i de allerøverste jordlag. Gennem forædling er det lykkedes at skabe bænesorter, der generelt har flere horisontale rødder i de øverste jordlag, og som har længere rodhår. Begge er egenskaber, der gør planten i stand til bedre at optage fosfor. Resultatet har været en stigning i udbytter på 20-40 %.

I planteforædling er det typisk nødvendigt at screene en hel række planter for at undersøge, hvilke linjer der har de ønskede karakterer. Da det er en udfordring at se på rødder i et naturligt miljø, er det stadig svært at forædle for specifikke rod-vækstkarakterer. Der arbejdes derfor fokuseret på at skabe metoder, der gør det muligt at screene et stort antal planter på en realistisk og dog tidseffektiv måde. Udviklingen af nye afgrødesorter og dyrkningssystemer, som kan øge udnyttelsen af jordens ressourcer – vand og næring – er nemlig en vigtig brik i udviklingen af det globale landbrug og skabelsen af en stabil fødevareproduktion. ■

Lav studieretningsprojekt på SCIENCE

Til denne artikel er knyttet en SRP-øvelse:

“Undercover” – planter-nes liv under jorden.

Tjek den ud her:

www.science.ku.dk/oplevelse-science/gymnasiet/studieretningsprojekt/srp-oelvelser/

Læs mere

Thorup-Kristensen K, Dresbøll DB, Kristensen HL. 2012. Crop yield, root growth, and nutrient dynamics in a conventional and three organic cropping systems with different levels of external inputs and N recycling through fertility building crops. *European Journal of Agronomy* 37(1): 66-82.

Lynch JP. 2013. Steep, cheap and deep: an ideotype to optimize water and N acquisition by maize root system. *Ann. of Botany* 112, 347-357.

McAllister CH, Beatty PH, Good AG. 2012. Engineering nitrogen use efficient crop plants: the current status. *Plant Biotechnol J.* 10(9):1011-25.

Fysik i olympiadeklassen

I juli måned mødtes 374 unge fra 83 lande i Danmark for at deltage i den internationale fysikolympiade, der foregik på DTU og Københavns Universitet. Vi bringer her en dagsbogsberetning fra en af de fem danske deltagere.



Forfatter

Frederik Ravn Klausen
Student fra Gammel
Hellerup Gymnasium
sommeren 2013 og er
netop startet på matema-
tikstudiet på Københavns
Universitet.
frk11117@gmail.com

Søndag

Vi ankommer til Danhostel ved Tivoli efter aftensmad. Lige da vi har lagt os til at sove, får vi selskab af vores meget trætte og jetlagramte værelseskammerater fra Taiwan. De har tilsyneladende aldrig set et dynebetræk før. Så vi hjælper dem, selvom det går lidt ud over vores nattesøvn. Taiwan er typisk et af de lande, der klarer sig allerbedst. Vi hører senere fra vores værelseskammerater, at de har vundet 5 ud af 5 guldmedaljer de seneste år. Derfor virker de inden testene også noget anspændte, da vi regner med, at der ligger et stort pres på dem hjemmefra.

Mandag

Selve fysikolympiaden starter med den officielle åbningsceremoni, der bliver afholdt på DTU. Trætheden er til at spore i bussen, men det går meget fint. Til åbningsceremonien, der kan ses på YouTube, ser vi arrangørens udpluk af dansk kultur. Dette suppleres af taler fra de involverede. Herefter kommer ceremoniens højdepunkt, som er præsentationen af de deltagende lande. Til lejligheden har vi fået røde poloer og besked på at tage vores studenterhuer på. Bifaldet kan da også måle sig med de lande, der kun sendte en enkelt deltager (Cuba), og dem der har piger med (Kuwait). Efter åbningen møder vi for første gang pressen. Først og fremmest en kameramand, der konstant vil have os til at svare i hele sætninger, hvilket gav ham tilnavnet Helsætningsmanden. Efter frokost går turen til Dyrehaven, hvor vi skal spille forskellige spil. Det danske hold bryder dog ud og arrangerer en gang rundbold med Korea, Vietnam, Sri Lanka og Indien som medspillere.

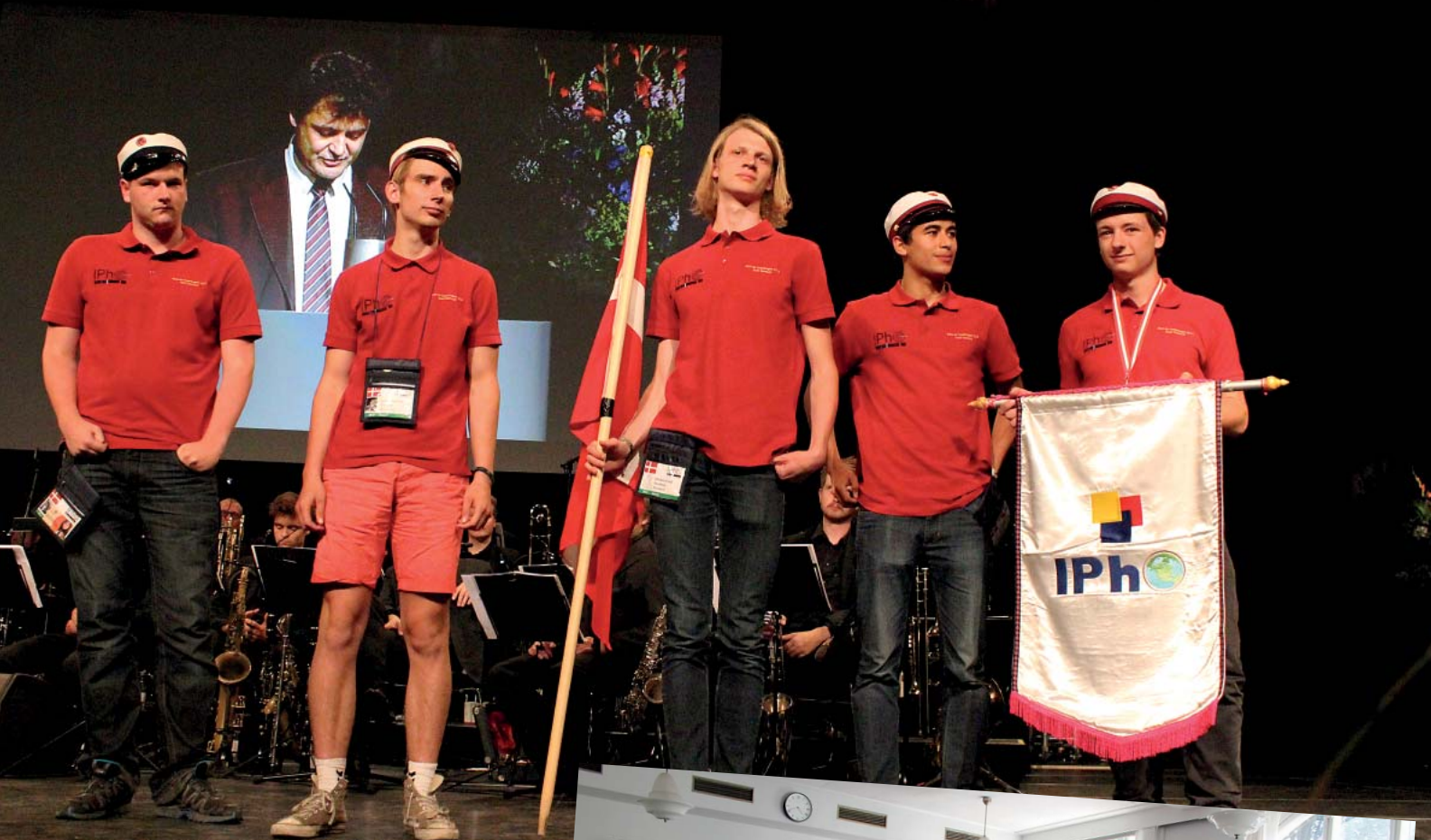
Tirsdag

I dag har vi den teoretiske eksamination, som afholdes på Geocenter Gefion. Efter prøven diskuterer vi den. Flere af de andre fra det danske hold har fået regnet det meste af den første af de tre opgaver, mens jeg har givet mit bud på de fleste del-



Deltagerne regner på livet løs ved små borde på Geocenteret, Københavns Universitet. Foto: Miriam Ortved

opgaver, der dog bliver hæmmet af, at man typisk skal bruge noget, man har fundet ud af tidligere, i de sværeste opgaver. I opgave 2 var den store barriere for at komme rigtigt i gang med opgaven, en smart måde at lægge en gaussflade på. Irriterende nok vidste jeg, at det var det, man skulle, men jeg kunne ikke gennemskue hvordan. Jeg får at vide kort efter prøvens afslutning, at det kan gøres på én linje. Så meget for det, man skulle forestille at være god til! Efter prøven ligger vi på græsset i Østre Anlæg og forsøger at samle kræfter. Vi føler os fuldstændigt tappede for energi, efter 5 timer, hvor man har skullet yde maksimalt. Vi går videre over



De danske deltagere ved afslutningen på DTU. De giver fanen videre til Kasakhstan. Programmet rummede også besøg på Niels Bohr Institutet. Fotos: Miriam Ortwed



Fysikolympiade

Fysikolympiaden har eksisteret siden 1966, og foregik i år i Danmark i anledning af 100-årsjubilæet for Niels Bohrs atommodel. Fysikolympiaden 2013 var arrangeret af Den Danske Fysikolympiadekomité i tæt samarbejde med DTU og Københavns Universitet.

Hver prøve varede fem timer og indeholdt i alt tre teoretiske og to eksperimentelle opgaver. 268 af de 374 deltagere fik medaljer eller hædrende omtale. Tre af de fem danske deltagere kom på podiet: Markus Emil Jacobsen og Michael Blom Hermansen for at modtage hædrende omtale, og Frederik Ravn Klausen for at få en bronzemedalje. For at få medalje skal man ligge i den bedste halvdel, og hædrende omtale får man for at være blandt de ca. 250 bedste. De fleste deltagere var drenge, men der deltog 18 piger. For at komme med til OL har deltagerne skullet bestå en lang række fysikopgaver og prøver i deres hjemlande for at blive blandt deres lands fem repræsentanter. Fysikolympiaden 2014 holdes i Kasakhstan.

Bokstekst: Line Reeh, journalist og kommunikationsmedarbejder ved DTU

og ser Niels Bohr-instituttet, som lader til at være meget kendt i udlandet, idet flere er vilde efter at se det, og spørger om, hvordan der er. Om aftenen hører vi Tomas Bohr og Charles Marcus holde foredrag i et fuldstændigt fyldt Auditorium 1. Man føler sig meget privilegeret, når man kan sidde og se op på de fem bedste fysikelever fra over 80 lande.

Onsdag

Onsdag byder på Tivolitur og afslapning. Planen er, at vi skal rundt og lave små eksperimenter. Det virker som en god måde at se forlystelsespar-ken på, som også de andre deltagere er meget begejstrede for. Undervejs følges vi af adskillige medier, særligt helsætningsmanden er meget på banen. Men der er også folk fra TV2, TV-avisen og Radioavisen. Vi er efterhånden ved at lære nogle faste vendinger, så man forhåbentlig ikke kommer til at



En fysikolympiade byder også på mange sociale oplevelser, her f.eks. tovtrækning ved Lejre Museum

sige noget, man fortryder, men som de gerne vil høre. Fx hvordan vi som danskere skulle kunne noget med samarbejde og kreativitet, som kineserne ikke kan. Det spørger journalisterne meget ind til, hvis vi begynder at tale om.

Torsdag

I dag har vi den eksperimentelle prøve. Den viser sig at indeholde opgaver om brydningsindeks og solceller. Her lykkedes det mig rent faktisk at lave en opgave, hvilket er meget positivt. Efter prøven er der rundvisning på DTU, men vi er to fra det danske hold, der i stedet for skal i Aftenshowet og vise noget fra den eksperimentelle prøve. Så kører hele

det ræs, og vi får lov at fortælle om dagens opgave. Vi får også at se, hvordan de sammensætter indslagene i de sidste minutter, inden de bliver sendt. Det må være en stresset tilværelse at være journalist! Da vi kommer tilbage til DTU er der fuld gang i aftenens midtvejsfest. Til vores overraskelse er der ganske meget gang i den på dansegulvet i betragtning af, at vi er til fysikolympiade. Tilsyneladende er det især deltagerne fra de sydamerikanske lande, der sætter gang i festen.

Fredag

Fredag starter på Exsperimentarium. Igen er det sjovt at se, hvordan et sted, man er vant til at komme, kan forandres af en masse fysiknørder. Særligt er det noget snydetovtrækning, hvor kraftmomenter illustreres, og et kar med en ikke angivet væske, der tiltrækker deltagere. Herefter kører vi ind og spiser rådhuspandekager. Pandekagerne, som de fleste af deltagerne ikke kender betydningen af, bliver hypet af de danske guider, som hvert land har fået tilknyttet. Efter Rådhuset er der igen mulighed for at komme i Tivoli; denne gang til fredagsrock. De fleste af deltagerne er dog så trætte efter ugens strabadser, at de vælger at slappe af på hotellet i stedet for.

Lørdag

I dag er der ekskursion til Roskilde og sagnlandet Lejre. I Roskilde får vi domkirken og Vikingeskibsmuseet at se. Herefter bliver vi kørt hjem igen til pizza i Kongens Have. Om aftenen spiller vi bordtennis på hotellet, hvor der allerede går rygter om medaljegrænsen. Det virker urealistisk at få medalje, men muligt at blive i den næstbedste tredjedel. Jeg snakker med en af briterne, der påstår, at det da burde være nemt nok at få medalje, idet man kun skal lave ca. halvdelen rigtigt (hvilket jeg synes er uoverstigeligt!)

Søndag

Nu bliver vi efterhånden spændte på resultatet, der nærmer sig hastigt. Flere af de andre lande har fået deres resultat at vide, men vi på det danske hold venter stadig spændt. Når jeg tager medaljegrænserne i betragtning, håber jeg på at kunne opnå en såkaldt ærefuld omtale, der gives, hvis man ikke er i den dårligste tredjedel. Først skal vi dog lige på kanalfart, som for mig faktisk var overraskende interessant. Efter rundfarten, smutter jeg lige hjem med mine ting, og cykler derefter ud på DTU til medaljeoverrækkelsen. Og her får jeg den gode nyhed: Jeg har fået en bronzemedalje! Da jeg får det at vide, laver jeg et lille glædeshop. Resten af dagen går jeg rundt med et stort smil på. Til afslutningsceremonien hører vi igen musik og ser ballet. Jeg får min medalje under bifald, der næsten kun bliver overgået af den absolutte vinder, den bedste pige og afslutningskoncerten med Safri duo. En herlig kulmination på en spændende uge. ■

Er du i fysikolympiadeklassen?

En del af de teoretiske øvelser ved Fysikolympiaden tog udgangspunkt i Maribo-meteoriten, som sås over Danmark den 17. januar 2009.

Her skulle deltagerne fx løse to opgaver ud fra følgende forudsætninger: Når Maribo falder gennem atmosfæren opvarmes den på grund af friktion. Men opvarmningen sker ikke ensartet, fordi varmen ikke kan blive ledt hurtigt nok ind til midten. Efter at være faldet tiden t i atmosfæren, er en ydre skal af tykkelsen x blevet varmet op til en temperatur, der er betydeligt højere end starttemperaturen. Denne tykkelse kan estimeres ved enhedsanalyse som produktet af potenser af de termodynamiske parametre:

$$x \approx t^\alpha \rho_{\text{sm}}^\beta c_{\text{sm}}^\gamma k_{\text{sm}}^\delta$$

hvor ρ_{sm} , c_{sm} , k_{sm} angiver hhv. densitet, specifik varmekapacitet og varmeledningsevne med værdier:

$$\rho_{\text{sm}} = 3,3 \times 10^3 \text{ Kg m}^{-3}, c_{\text{sm}} = 1,2 \times 10^3 \text{ J Kg}^{-1} \text{ K}^{-1} \\ \text{og } k_{\text{sm}} = 2,0 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$$

1. Bestem ved enhedsanalyse værdien af de fire eksponenter α , β , γ og δ .

2. Beregn tykkelsen x efter faldtiden $t = 5 \text{ s}$ og bestem forholdet x/R_{M}

Link:

Åbningceremonien på Youtube:
www.youtube.com/watch?v=B0qHlmpoJ40

Opgaverne:
www.ipho2013.dk/ipho2013-problems.htm

Og generelt:
www.ipho2013.dk



**Forstå det.
Gør noget
ved det.**

Bliv ingeniør

Kom til Åbent Hus den 7.11.2013 på DTU i Lyngby og Ballerup og se, hvordan ingeniører er med til at løse problemer med viden og kreativitet.

Læs mere på aabenthus.dtu.dk
fra 1.10.2013

Tang med omtanke

Befolkningen bør kende både mulige positive og negative effekter af fødevarer, før de spiser dem. Det mener Jørgen Schlundt, DTU Fødevareinstituttet, med henvisning til Ole G. Mouritsens kritik af instituttets udmeldinger om tang i det seneste nummer af *Aktuel Naturvidenskab*.

Forfatter



Jørgen Schlundt,
Instituttdirektør
DTU Fødevareinstituttet,
jors@food.dtu.dk,
tlf. 23 67 47 48
www.food.dtu.dk

Ole G. Mouritsen rejser i julinummeret (3-2013) en debat om, hvornår forskere bør melde ud om fødevaresikkerhed. Han bruger DTU Fødevareinstituttets udmelding om tang (pressemeddelelse og e-artikel fra DTU-Fødevareinstituttet, nr. 4 2011) som eksempel på en udmelding, han ser som for bastant og skadelig for samfundet.

En af DTU Fødevareinstituttets opgaver er at rådgive myndighederne om mulige risici ved vores fødevarer. Hvis instituttet bliver opmærksom på, at visse fødevarer kan udgøre en risiko for befolkningen, er det instituttets opgave at oplyse om det. Siden 2010 har DTU Fødevareinstituttet udsendt i alt 74 pressemeddelelser, hvor 6 kan ses som advarsler – herunder instituttets udmelding om tang.

I medierne og kokebøger er der fra begyndelsen af 2010 og frem gentagne opfordringer om at spise tang. Meldingen er, at man selv kan plukke tang fra havet, og at al tang kan spises, hvis det bliver plukket i rent vand. Opfordringerne er udelukkende præget af de positive effekter ved tang. Som nævnt både i e-artiklen og af Ole G. Mouritsen er der mange forskellige tangarter. Da tangarter ligesom svampe og planter har forskellige indholdsstoffer, er det ikke alle arter, man kan spise uden risiko. Nogle tangarter skal man holde sig fra, være forsigtig med at spise eller skal håndtere på særlig vis.

Visse tangarter indeholder meget jod og arsen

Som det fremgik af e-artiklen og pressemeddelelsen fra instituttet, kan tang fint indgå som et gavnligt supplement i danskernes kost. Men man skal være forsigtig med at spise de tangarter, der indeholder meget jod. Jod påvirker skjoldbruskkirtlen i for store mængder. Man skal også undgå at spise de arter, der indeholder store mængder af det kræftfremkaldende stof uorganisk arsen.

Selv om instituttet kunne ønske, at der var flere data for indholdet af de stoffer i danske tangarter, er den videnskabelige baggrund for budskaberne solide. De internationale data har blandt andet betydet, at Fødevarestyrelsen i flere år har advaret imod at spise hijikitang, og at japanske forskere advarer imod at spise meget kombutang. Det

undrer mig, at Ole G. Mouritsen alene omtaler tangarten søl og i det hele taget ikke forholder sig til relevansen af at oplyse om jod og arsen.

Mangelfuld viden om kainsyre i søl

I e-artiklen bliver manglen på viden om indholdet af naturlige giftstoffer i flertallet af de danske tangarter også nævnt. Som eksempler på naturlige giftstoffer i tang nævner instituttet domoinsyre og kainsyre, hvoraf sidstnævnte kan findes i den danske tangart søl. E-artiklen beskriver dog, at data mangler for indholdet i søl. Der er få målinger, og indholdet varierer kraftigt. Et studie rapporterede højt indhold af kainsyre i enkelte prøver af søl.

Et af formålene med instituttets udmelding var at motivere til flere undersøgelser af de tangarter, man ønsker at bruge som spisetang, så vi kan få be- eller afkræftet mulige risici. Ole G. Mouritsen har sidenhen bidraget med tre målinger, hvoraf en stammer fra danske farvande. Han når frem til, at man uden risiko kan spise 150 kg frisk søl. Den metode, Ole G. Mouritsen bruger, er dog langt fra de internationalt anerkendte metoder til risikovurdering af sundhedsskadelige stoffer i fødevarer.

Nuanceret oplysning om tang

Når Ole G. Mouritsen nævner, at en medvirkende faktor til instituttets udmelding sikkert er det pres, der ligger på publicering og medieopmærksomhed i kampen om forskningsressourcer, vil jeg understrege, at afdelingen, der står bag e-artiklen, ikke har søgt om ekstern finansiering til projekter om tang. Hvorvidt Ole G. Mouritsen har søgt om finansiering til projekter om tang, ved jeg ikke.

Ole G. Mouritsen skriver desuden, at e-artiklen har været med til at skabe en myte om, at det er farligt at spise tang. Jeg mener ikke, at instituttets afbalancerede e-artikel baseret på den videnskabelige litteratur, kan skræmme befolkningen fra at spise tang. Det er heller ikke erfaringen fra de foredrag, instituttets medarbejdere holder, at folk opfatter alle tangarter som giftige. Jeg er enig i, at det er vanskeligt at korrigere fejlinformation i medierne, men det er der heldigvis ikke tale om i instituttets e-artikel og pressemeddelelse. Instituttet opfordrer derfor fortsat til, at man anvender tang med omtanke. ■

Ole G. Mouritsens indlæg i nr. 3-2013 kan ses her: aktuelnaturvidenskab.dk/nyeste-numre/3-2013/

Væddere og lange horn

En vædders billet til succes i konkurrencen om hunnernes gunst i parringssæsonen er at have så store horn som muligt. Derfor skulle man også tro, at de gener, der ligger bag udviklingen af store horn burde være allestedsnærværende i populationen af får. Men ikke desto mindre finder man væddere med små eller slet ingen horn, hvilket kan synes som et evolutionært paradoks.

Ved at studere får på øen Hirta, 160 km vest for Skotland, har evolutionsbiologen Susan Johnston fra University of Edinburgh i Storbritannien og kolleger kastet lys over sagen. På den lille ø lever en population af primitive får – kaldet Soay-får. Denne type får menes at være efterkommere af de første domesticerede får i Nordeuropa, og på øen lever de vildt.

For to år siden fandt Johnsons gruppe, at et enkelt gen – kaldet RXFP2 – forklarer variationen i hornenes størrelse hos får. En variant af dette gen, Ho^+ , giver store horn, mens en anden, Ho^p , giver små. I det nye studie, der for nylig er publiceret i *Nature*, har forskerne analyseret data fra i alt i 1.750 får indsamlet over en 21 år lang periode, og knyttet fore-

Soay-får fra St. Kilda-øgruppen, som øen Hirta er en del af.



komsten af de to gen-varianter til tre faktorer: hornstørrelse, reproduktiv succes og livslængde. Det viste sig, at væddere med to kopier af Ho^+ -varianten havde de største horn. Og de var ophav til dobbelt så mange lam som væddere med to kopier af Ho^p -varianten. Men hvad angik livslængde, havde væddere med to kopier af den "kort-hornede variant" en fordel, idet sandsynligheden for, at disse væddere overlevede den barske vinter på Hirta var 75 % mod 61 % for væddere med to kopier af Ho^+ -varianten.

Studiet viste også, at væddere, der havde arvet en kopi af begge varianter, havde fået alle fordelene: de havde store horn, var reproduktive og levede længe. Den kort-hornede genvariant er således konkurrencedygtig under de rette omstændigheder, og det forklarer meget enkelt, hvorfor væddere med korte horn bliver med at dukke op i populationen på trods af, at de er dømt til at få stryg af deres langhornede artsfæller.

CRK, *Nature*: doi: 10.1038/nature12489

Foto: arjcahn/flickr

SCIENCE-DAG 2013

INSPIRATIONSDAG FOR GYMNASIELÆRERE

Torsdag den 15. november 2013
Syddansk Universitet
Gratis deltagelse

Få nye impulser og perspektiver på dine fag. Syddansk Universitet inviterer dig til en dag med spændende forskningsoplæg i de faglige naturvidenskabelige miljøer.

Dagen vil også byde på et oplæg af Jørgen Steen Nielsen fra dagbladet Information og forfatter til bogen "Den store omstilling". Han mener, at den nuværende økonomiske krise er en lille del af en stor global systemkrise, hvor finansiell krise, råstofkrise, fødevarekrise og klimakrise spiller sammen og peger i retning af det samme. Nemlig, at den globale økonomi overskrider de naturgivne grænser. Se det fulde program på hjemmesiden.

Tilmeld dig på:
www.sdu.dk/sciencedag
Senest den 1/11

Aktuel NATURVIDENSKAB

Udgiver

Aarhus Universitet, Science & Technology, i samarbejde med:

- Danmarks Tekniske Universitet
- Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet
- Det Naturvidenskabelige Fakultet og Det Tekniske Fakultet, Syddansk Universitet
- Det Teknisk-Naturvidenskabelige Fakultet, Aalborg Universitet
- Roskilde Universitetscenter
- Danmarks Meteorologiske Institut.

Styregruppe

- **Bo T. Andersen**, afdelingsleder, Det Tekniske Fakultet, Syddansk Universitet
- **Joachim Groth**, kommunikationschef, Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet
- **Tine Kjær Hassager**, kommunikationschef, Danmarks Tekniske Universitet
- **Niels Kring**, chefkonsulent, Det Naturvidenskabelige Fakultet, Syddansk Universitet
- **Elin Møller**, kommunikationschef, AU Kommunikation, Science and Technology, Aarhus Universitet
- **Carsten Nielsen**, videnskabsjournalist, Det Teknisk-Naturvidenskabelige Fakultet, Aalborg Universitet

Redaktionsgruppe

- **Mette Christina Møller Andersen**, Det Tekniske Fakultet, Syddansk Universitet
- **Michael Bjerring Christiansen**, Aarhus Statsgymnasium
- **Jørgen Dahlgaard**, Aktuel Naturvidenskab
- **Niels Hansen**, Danmarks Meteorologiske Institut
- **Thomas Johansen**, Københavns Universitet
- **Carsten Rabæk Kjaer**, Aktuel Naturvidenskab
- **Carsten Nielsen**, Aalborg Universitet
- **Hans Ramløv**, Roskilde Universitet
- **Line Reeh**, DTU AQUA, Danmarks Tekniske Universitet
- **Birgitte Svennevig**, Det Naturvidenskabelige Fakultet, Syddansk Universitet

Eftertryk kun efter aftale. Citat kun med tydelig kildeangivelse. Synspunkter, der fremføres i bladet, kan ikke generelt tages som udtryk for redaktionens holdning

Ansvarshavende

Konstitueret kommunikationschef Steffen Longfors

Redaktion

Redaktør Jørgen Dahlgaard og redaktør Carsten Rabæk Kjaer
Tlf.: 87 15 20 94

E-post: red@aktuelnaturvidenskab.dk

Hjemmeside: aktuelnaturvidenskab.dk

Postadresse: Aktuel Naturvidenskab, Ny Munkegade 120, Bygn. 1520, 8000 Århus C

Abonnementspris 2013

294 kr. i DK for 6 numre, inkl. moms og porto.

Abonnementsservice

Portoservice, Postboks 9490, 9490 Pandrup

Telefonnr.: 70 25 55 12

e-post: aktuelnaturvidenskab@abo-service.dk

Eller via hjemmesiden: aktuelnaturvidenskab.dk

Layout og illustration: Jørgen Dahlgaard og Britta Munter

Tryk: Jørn Thomsen/Elbo A/S

ISSN: 1399-2309 (papirudgaven), 1602-3544 (web)

Oplag: 8.900

Omslagsfoto:

Bier og især honningbier har problemer i disse år.

Foto: Colourbox.



Fagpanel

Aktuel Naturvidenskab samarbejder med en bred skare af fagfolk, der stiller deres faglige viden til rådighed for bladet.

- **Flemming Besenbacher**, professor, Interdisciplinært Nanoscience Center (iNANO), Aarhus Universitet
- **Claus Hviid Christensen**, senior manager, Innovationscenter, Dong Energy
- **Jesper Dahlgaard, ph.d.**, Aarhus Universitetshospital og Psykologisk Institut, Aarhus Universitet.
- **Ture Damhus**, Kemiker ved Novozymes samt formand for Kemisk Forenings Nomenklaturudvalg
- **Søren B. F. Dorch**, astrofysiker ph.d., Københavns Universitetsbibliotek, adjungeret lektor ved Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet
- **Michael Drewsen**, professor, Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet
- **Claus Emmeche**, lektor, Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet.
- **Tom Fenchel**, professor emeritus, Marinbiologisk Laboratorium, Københavns Universitet
- **Jens Morten Hansen**, statsgeolog ved GEUS samt adjungeret professor i naturfilosofi ved Københavns Universitet
- **Vagn Lundsgaard Hansen**, professor, Inst. for matematik, Danmarks Tekniske Universitet
- **Peter K.A. Jensen**, adm. overlæge, Klinisk genetisk Afdeling, Aarhus Universitetshospital
- **Mikkel Willum Johansen**, adjunkt i de matematiske fags videnskabsteori, Institut for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet
- **Anne Mette K. Jørgensen**, leder af Danmarks Klimacenter, Danmarks Meteorologiske Institut
- **Peter C. Kjærgaard**, professor, Institut for Kultur og Samfund, Aarhus Universitet
- **Gunnar Larsen**, geolog, NIRAS.
- **Bent Lauge Madsen**, biolog (pensioneret fra Miljøministeriet).
- **Sebastian H. Mernild**, Klima- og Polarforsker, Los Alamos National Laboratory, New Mexico, USA
- **Ole G. Mouritsen**, professor, Institut for Fysik, Syddansk Universitet.
- **Bent Nielsen**, gymnasielektor, Københavns VUC.
- **Jens Olaf Pepke Pedersen**, seniorforsker, DTU Space.
- **Kaj Sand-Jensen**, professor, Sektion for Ferskvandsbiologi, Biologisk Institut, Københavns Universitet.
- **Theresa S. S. Schilhab**, forsker, Forskningscentret Gnosis, Aarhus Universitet
- **Klaus Seiersen**, ph.d., Aarhus Sygehus, Afd. for Medicinsk Fysik.
- **Carl-Erik Sølberg**, civilingeniør, Institut for Fysik, Aalborg Universitet.

GRUNDFOS



Tilbud til gymnasieskolen



Nyt tilbud til gymnasieskolen:

Modtag fx. en pakke med 20 blade til alle interesserede lærere. Pris eksklusiv moms: kun 950 kr. (omfatter 6 numre/udgivelser samt adgang til de nyeste pdf-versioner). Se flere tilbud og bestil via: aktuelnaturvidenskab.dk eller abo@aktuelnaturvidenskab.dk eller på tlf. 70 25 55 12.

Abonnementsservice

Har du fået ny adresse eller ønsker du at bestille abonnement på bladet?

Kontakt abonnementsservice på

Telefon: 70 25 55 12

Mandag-torsdag kl. 8-16, fredag kl. 8-14.

aktuelnaturvidenskab@abo-service.dk

Abonnement kan også bestilles via hjemmesiden: aktuelnaturvidenskab.dk

Husk at melde flytning til ny adresse.

Vi modtager desværre ikke automatisk besked om din nye adresse.

Adgang til pdf-udgave

Som noget helt nyt kan abonnenter nu hente artiklerne som pdf allerede på udgivelsesdagen via hjemmesiden:

Brugernavn: **aktuelt-nr4**

Kodeord: **pox86hfd**

Du logger på via hjemmesiden: aktuelnaturvidenskab.dk hvor du vælger punktet "Nyeste numre" (4-2013). Herefter kan du logge på i højre side.

Ny udstilling



I den barske ødemark i Sibirien findes et veritabelt skatkammer af skeletter fra fortidens megafauna. Et udpluk heraf kan opleves på Zoologisk Museum fra den 4. oktober.

Foto: Kenneth Andersen, Statens Naturhistoriske Museum

Mammutter - kæmper fra Rusland

Den 4. oktober åbner en ny særudstilling på Zoologisk Museum, som handler om fortidens megafauna. En mammutfamilie fra Sevs i Rusland danner kernen i særudstillingen, og den får selskab af kaukasusnæsehornet, hulebjørnen, steppebisonen og andre fortidsdyr, som vandrede på Jorden for tusindvis af år siden. Udover de store skeletter indgår en udstilling af den russiske fotograf Evgenia Arbugaeva, som portrætterer de moderne mammutjægere i Sibiriens ufremkommelige og barske ødemark.

På udstillingen vil man bl.a. for første gang i Danmark kunne se mammut-babyen Dima, som blev fundet af en guldgraver i 1977 nær en biflod til Kolyma i det nordøstlige Sibirien. Her havde den intakte mammut ligget konserveret i den frosne jord siden dens død for omkring 40.000 år siden.

Dima var syv-otte måneder, da hun døde, vejede 90-100 kg og havde en tyk, rødgylden pels. I hendes mave har man fundet planterester efter det sidste måltid, men kroppens øvrige tilstand antyder, at hun døde af sult. Dima er så velbevaret, at hendes proteiner og DNA kan sammenlignes direkte med nulevende elefanter, og hun har givet forskerne et sjældent indblik i de uddøde mammutter og deres levevis.

Udstillingen kan ses frem til 1. august 2014.

CRK, Kilde: <http://zoologi.snm.ku.dk>

Luftrenser med atmosfære

Af Carsten R. Kjaer

Man skal ikke opholde sig ret længe i et lokale med os fra stegt fisk, nymalede overflader eller fugtig kælderlugt, før man får ubændig lyst til at åbne vinduet. Forskellen på den dårlige indeluft og den friske udeluft er nemlig til at tage at føle på, og omkostningerne ved dårligt indeklima kan formentlig gøres op i milliarder (hvis man skulle få lyst til at regne på det). Af samme grund er ventilationssystemer og teknologi til luftrensning i bygninger et evigaktuelt område for forskere og ingeniører.

Men hvorfor er den friske luft udenfor – ja, netop frisk? En del af forklaringen er, at atmosfæren har en yderst praktisk evne til at rense sig selv. Matthew Johnson, der er professor på Kemisk Institut ved Københavns Universitet, har i næsten 20 år forsket i atmosfærens selvrensende processer. Og han har opdaget, at mekanismen faktisk er ret simpel. Når vi sender forurenende gasser ud i atmosfæren, møder disse gasser naturligt forekommende stoffer som ozon, og derved dannes der partikler ved en kemisk proces, som sættes i gang af sollyset. Partiklerne vaskes derefter ud af atmosfæren med regnen, og – voila – så er luften renset for de forurenende gasser (sådan da).

Atmosfæren ned i en kasse

Efter i mange år at være drevet af ren nysgerrighed for at forstå de kemiske processer i atmosfæren, fik Matthew Johnson en idé, der kan komme alverdens lugtplagede mennesker til gode. Ideen var kort og godt at pakke atmosfærens selvrensende effekt ned i en kasse og bruge den som indendørs luftrenser. Det afgørende gennembrud i tankerækken var, da han kom på at erstatte regnen med en ladning statisk elektricitet, så man kan fjerne partiklerne fra luftstrømmen.

Den nu patenterede metode virker kort sagt ved, at forurenede luft strømmer ind i luftrenseren, hvor den blandes med ozon. Med hjælp fra UV-lys dannes radikaler i systemet, som angriber stofferne som lugter grimt. Reaktionen danner nu store molekyler fra de ubehagelige stoffer, og dermed accelereres dannelsen af partikler flere tusind gange. Herefter påføres partiklerne en elektrisk ladning, og de vil derfor sætte sig fast på en flade med modsat ladning – og derfra kan de let fjernes.

Størrelsen af luftrenseren kan skaleres efter, hvor meget luft den skal kunne håndtere. Fx har Matthew Johnson en lille prototype på størrelse med et par kufferter lagt oven på hinanden. Den kan på 20 minutter rense luften i hans laboratorium, hvis en klodset forsker skulle spille ildelugtende kemikalier.



Matthew Johnson med næsen i en prototype på sin luftrenser, der er baseret på atmosfærens selvrensende mekanisme.

Det smarte ved metoden er, at den let kan fjerne forurening i gasfase, som ellers er yderst vanskeligt. Normalt gør man det ved at brænde gasserne af eller filtrere med aktivt kul, som i begge tilfælde er dyre løsninger. Udover gasser kan Matthews metode også fjerne virus og luftbårne partikler som svampesporer og bakterier.

Væk med stanken

For nylig har Matthew Johnson sammen med virksomheden INFUSER A/S demonstreret metodens anvendelighed ved at fjerne den ubehagelige lugt fra firmaet Jysk Miljørens på Aarhus Havn. Firmaet renser bundvand fra skibe, og var tidligere blevet bombarderet med nabo-klager over lugtgener.

Det helt store teknologieventyr kan vente, hvis luftrensningsprincippet slår an som miljøvenligt alternativ til almindelig indendørs luftrensning. En tredjedel af verdens energiforbrug går nemlig til at nedkøle, opvarme og affugte luft i bygninger. Hvis man kan rense den luft, man allerede har i bygningen, i stedet for at trække frisk kold eller varm luft ind udefra, vil der være enorme summer at spare i energiforbrug. ■