

NATURVIDENSKAB OG TEKNOLOGI
DIREKTE FRA FORSKNINGSVERDENEN

AKTUEL *natur* VIDENSKAB

KØD UDEN KØD ELLER DYR



Verdens mest effektfulde accelerator
Delphini-1 – en ny dansk satellit
Historien om nul

NR.1 - 2019 MARTS: 50 KR.

Virkelighedstjek i forskningen

Biologisk forskning påviser tusindvis af nye mekanismer og sammenhænge på molekylært, biokemisk og fysiologisk niveau hvert eneste år. Til gengæld kniber det med at teste deres betydning i virkelighedens verden.

Der sker fortsat en stigende specialisering af biologisk forskning i disse år. Hermed svækkes forbindelsen endnu mere mellem forskningen i molekyler på den fine skala og forskning i mennesket og Kloden på den overordnede skala. Det rejser problemer. Nok kan påviste sammenhænge i en petriskål være interessante i sig selv, men de er først rigtig interessante, når man kan påvise deres overordnede relevans for organismene. På den anden side skal forståelse af mekanismer ofte hentes på et underliggende niveau. En alvorlig sygdom kan eksempelvis udløses af en enkelt gendefekt. Fuglenes orientering efter magnetfeltet skal åbenbart forstås med kvantemekaniske egenskaber ved proteinet cryptochrome i fugløjets nethinde. Derfor er det så vigtigt, at niveauer så vidt muligt kan kobles sammen ved opskalering og nedskalering af analyserne og samtidig kan levere et virkelighedstjek på både forskningens relevans og den dybere forståelse.

Når fokus bliver for snævert

Som eksempel kan jeg nævne et forskningsfelt, som har min særlige interesse, nemlig vandplanters udnyttelse af uorganisk kulstof til fotosyntesen. Baggrunden er, at vandplanter sammenlignet med landplanter er særlig udfordret af at skulle skaffe sig tilstrækkeligt med uorganisk kulstof til fotosyntese og vækst. Det skyldes, at diffusionshastigheden af CO_2 er 10.000 gange lavere i vand end i luft, og udnyttelse af opløst bikarbonat kræver investering i stof og energi og også begrænses af langsom diffusion. I næsten alle tilfælde finder man derfor, at vandplanters fotosyntese under gode lysforhold begrænses af tilførslen af uorganisk kulstof ved naturlige koncentrationer. Evnen til at skaffe sig ekstra uorganisk kulstof ved at udnytte bikarbonat er da også udviklet uafhængigt af hinanden under evolutionen hos de fleste typer af alger og planter i vand,



Kaj Sand-Jensen er professor ved Sektion for Ferskvandsbiologi, Biologisk Institut, Københavns Universitet
ksandjensen@bio.ku.dk

hvilket taler for, at evnen er afgørende for arternes trivsel. Frem til 1980 havde de fleste fysiologiske studier af kulstofudnyttelsen øje for mekanismernes økologiske betydning. Men i de seneste 40 år har de membranfysiologiske studier mistet denne opkobling til forholdene i naturen. Detailstudierne er blevet selvkørende og selvbekræftende. Der forskes derfor mere i at forstå de indviklede mekanismer bag udnyttelse af uorganisk kulstof end i at belyse deres betydning for vandplanterne i naturen. Lige nu er der behov for at vende blikket opad og vurdere, om planter, som kan udnytte bikarbonat, nu også opnår bedre vækst og større hyppighed i vandområder verden over, hvor bikarbonatkoncentrationerne er høje.

Når fokus bliver for bredt

Et andet eksempel er biodiversitet, som er et højaktuelt forskningsfelt. Det studeres på både lokalt, regionalt og globalt plan. Endvidere studeres biodiversitetens forhistoriske udvikling, og den fremtidige udvikling søges forudsagt med modeller. Så her er alting vel på plads med både stort og småt,

før og efter? Desværre er vurdering af den talmæssige udvikling af antal arter og deres hyppighed på det overordnede plan ikke tilstrækkelig. For der er typer af arter, som har en særlig risiko for at uddø såsom orkidéer i Europas fede landskaber. Her er det grundlæggende karaktertræk i arternes biologi, som afgør arternes fremtidige skæbne. Både for den biologiske forståelse af udviklingen og den folkelige appel er det afgørende, at forskningen i biodiversitet ikke udelukker ender med tal, men der også bliver sat navn og karaktertræk på arterne. At studere biologi i bred forstand hos mange arter er imidlertid en tung arbejdsopgave, som involverer langvarige eksperimenter og derfor halter efter de overordnede talanalyser af eksisterende data.

Traditioner må brydes

Sker der ikke automatisk en optimering af forskningen, så blikket rettes mod de lidt oversete men påkrævede områder, kan man spørge? Nej, det gør der ikke nødvendigvis! Traditionen og belønningssystemet medvirker til at forhindre det. Forskere har ofte udviklet indsigt og metoder til at forske med fokus på enten molekyler eller Kloden for nu at nævne yderpunkterne. Alle deler måske heller ikke ideen om behovet for virkelighedstjek af deres egen forskning og fokus på andre niveauer, som jeg her plæderer for.

Som belønningssystemet i forskningsverdenen er skruet sammen i dag, kræver det både mod, mental fleksibilitet og sikkerhed i ansættelsen, hvis forskere ønsker at flytte fokus enten til finere eller overordnede skalaer. Men efter min mening er det nødvendigt med både opskalering og nedskalering af fokus i forskningsemnerne, så ingen niveauer får lov til at vokse uhæmmet, mens andre bliver overset. Erfaringen viser heldigvis, at banebrydende forskning netop opstår, når fokus flyttes til oversete områder. ■

indhold



Flere og flere erstatter kød med produkter baseret på planteprotein. Ved en særlig proces kaldet ekstrudering kan planteproteinet komme til at minde om kød i struktur og konsistens.

8



Delphini-1 er en studenterbygget satellit, og de studerende skal også stå for kontrollen, mens den er i kredsløb i godt et år.

12



Isbjerge, der brækker af gletsjere, kan medbringe store mængder sediment, som dermed kan ende på bunden af verdenshavene – langt fra kilden. For at få en bedre ide om betydningen af denne materialetransport har forskere været på togt i Østgrønland på jagt efter kalvis.

18



For at kunne producere neutroner til brug i den kommende forskningsfacilitet European Spallation Source i Sverige er det nødvendigt at bygge verdens mest effektfulde accelerator.

22

FORSKNING OG NYHEDER

- 4 Kort Nyt
- 8 Kød uden kød eller dyr – hvordan det?
- 12 Delphini-1 – Aarhus Universitets første satellit
- 18 På kalvisfangst i Østgrønland
- 22 Kunsten at bygge verdens mest effektfulde accelerator
- 29 Digitale bier kan afsløre uønskede effekter af sprøjtegift
- 32 Kunstig intelligens hjælper ordblinde med at læse

PERSPEKTIV - DEBAT

- 2 SYNSPUNKT: Virkelighedstjek i forskningen
- 34 Forstår du ingenting? Historien om nul
- 37 Service
- 40 BAGSIDEN: Mysteriet om den overkørte ræv

AKTUEL NATURVIDENSKAB

Udgiver

Aarhus Universitet, Science & Technology, i samarbejde med:

- Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet
- Det Naturvidenskabelige Fakultet og Det Tekniske Fakultet, Syddansk Universitet
- Det Ingeniør- og Naturvidenskabelige Fakultet og Det Tekniske Fakultet for IT og Design, Aalborg Universitet
- Roskilde Universitet

Ansvarshavende

Søren Rud Keiding, prodekan, Science & Technology, Aarhus Universitet

Redaktion

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

E-post: red@aktuelnaturvidenskab.dk

Hjemmeside: aktuelnaturvidenskab.dk



AALBORG UNIVERSITY
AALBORG ESBJERG COPENHAGEN



AARHUS
UNIVERSITET



KØBENHAVNS UNIVERSITET
DET NATUR- OG BIOVIDENSKABELIGE FAKULTET



DET NATURVIDENSKABELIGE
FAKULTET



DET TEKNISKE
FAKULTET



Roskilde Universitet

SPONSOR-
ABONNENTER



Kaos i kroppen tuner dit immunsystem

Normalt siger man, at det er nødvendigt at bringe orden i kaos for at få tingene til at fungere. Men nu har forskere på Niels Bohr Institutet på Københavns Universitet publiceret gjort en opdagelse, som vender tingene lidt på hovedet. De har fundet ud af, at "kaos i kroppens genregulering" kan tune og optimere vores immunforsvarssystem. Og det er vigtigt i forbindelse med alvorlige sygdomme som kræft og diabetes. De to forskere, ph.d. Mathias Heltberg og professor Mogens Høgh Jensen fra Niels Bohr Institutet, har undersøgt, hvordan det særlige protein NF-kB, som dannes inde i cellerne, stimulerer vores gener. Dette protein er blandt andet vigtigt for at opretholde kroppens immunforsvar og dermed helt afgørende for, at kroppen kan bekæmpe sygdomme. Forskerne har påvist, at kaotiske udsving i proteinets koncentration – det man i matematikken kender som kaotisk dynamik – kan øge aktiveringen af en række gener, som ofte ellers ikke aktiveres. Det vil altså sige, at når NF-kB-proteinet befinder sig i en kaotisk tilstand, aktiverer det generne mest effektivt og tuner dermed immunsystemet optimalt.



Ph.d. Mathias Heltberg og professor Mogens Høgh Jensen fra Niels Bohr Institutet. Foto: Ola Jakup Joensen

»Resultaterne kan få stor indflydelse på vores viden om, hvordan vores immunforsvar fungerer, og hvordan udbrud af de mest alvorlige sygdomme som cancer fungerer. Hvis man får cancer, ved vi, at det er relateret til fejl i kroppens signalering. Så hvis man vil undgå cancer, er det afgørende at have den

rette dynamik i kroppens celler,« understreger professor Mogens Høgh Jensen.

De nye resultater er publiceret i tidsskriftet *Nature Communications*.

Maria Hornbek, Københavns Universitet.

Vulkaners klimaeffekt

Nogle store vulkanudbrud udsender store mængder svovlholdig damp i atmosfæren. I atmosfæren kan svovlet danne partikler, som reflekterer sollys og dermed medfører en afkølede effekt på Jorden nedenunder. Hidtil har forskere generelt ment, at denne slags vulkanudbrud har den største effekt på klimaet, hvis de forekommer i troperne, fordi cirkulationen i atmosfæren nemt kan sprede partikler fra tropiske vulkanudbrud. Men nyere forskning har antydnet, at vulkanudbrud langt nord såvel som syd for troperne også kan have stor effekt på klimaet. Blandt andet blev den mest ekstreme kuldeperiode på den nordlige



Ny forskning tyder på, at vulkaner beliggende udenfor troperne (som Mount St Helens på fotoet) kan have relativt større effekt på klimaet end tropiske vulkaner. Foto: USGS.

halvkugle i årene efter 536 formentlig udløst af en endnu ukendt vulkan beliggende udenfor troperne.

Matthew Toohey fra GEOMAR Helmholtz Center for Havforskning i Kiel, Tyskland og kolleger har nu analyseret træringe fra perioden år 750 til 2000 for at identificere kuldeperioder på den nordlige halvkugle i dette tidsrum og sammenlignet med niveauer af svovl i atmosfæren udledt af data fra iskerner. Forskernes modelberegninger viser, at i forhold til den anslåede mængde svovl, de enkelte udbrud har udsendt i atmosfæren, har vulkanudbrud udenfor troperne udløst relativt mere afkøling af Jorden end tropiske udbrud. Altså stik imod, hvad man hidtil har regnet med.

CRK, Kilde: *Nature Geoscience*, vol. 12, pp 100–107

Metangas fra grønlandske gletsjere

Det er en kendt sag, at der i den arktiske permafrost findes et betydeligt kulstof-lager, som vil kunne omsættes og havne i atmosfæren som drivhusgasser, hvis permafrosten tør. Specielt har der været fokus på metan, idet gassen som drivhusgas er cirka 20-25 gange så effektiv som CO₂ og derfor en væsentlig medspiller i forhold til det globale drivhusgas-budget. For nylig har to forskere fra Københavns Universitet og Aarhus Universitet gjort en opdagelse, som kan ændre billedet af det samlede regnskab med metan-udledning i de arktiske egne. De har fundet ud af, at det ikke kun er fra tundraen med optøede områder, at metangassen siver ud i atmosfæren, men også fra miljøet under de grønlandske gletsjere.



Jesper Riis Hansen i færd med at måle metan fra en grønlandsk gletsjer sommeren 2018. Foto: Christian Juncher Jørgensen

Det var under feltarbejde ved Kangerlussuaq (Søndre Strømfjord), at de to forskere, Jesper Riis Christiansen fra Københavns Universitet og Christian Juncher Jørgensen fra Aarhus

Universitet, opdagede fænomenet. De antager, at metanen er opløst i smeltevandet fra gletsjerne dybt inde under indlandsisen under et ekstremt højt tryk. Og når smeltevandet løber mod kanten af gletsjeren, kommer det under mindre tryk og bliver frigivet til luften. Ligesom når man åbner en dåse-sodavand. Ifølge forskerne stammer metangassen sandsynligvis fra mikrober, der lever af organisk materiale under isen. Foran dem ligger nu et større stykke arbejde med at finde ud af, om det er generelt for de grønlandske gletsjere, at de sender metangas ud til omgivelserne på samme måde. De to forskeres opsigtsvækkende opdagelse er blevet offentliggjort i tidskriftet *Scientific Reports*.

Svend Thaning, Københavns Universitet.

Forsuring af havet kan give flere giftige alger

Hvis koncentrationen af kuldioxid i atmosfæren og dermed i havet fortsætter med at stige, kan det stimulere en gigantisk produktion af giftige alger, som kan få vidtrækkende konsekvenser for dyrelivet i havet. Det er konklusionen, efter at et internationalt forskerhold ledet af GEOMAR Helmholtz Center for Ocean Research i Kiel og med deltagelse af Carolin R. Löscher fra Syddansk Universitet har udført et langsigtet biologisk eksperiment ved De Kanariske Øer. Resultaterne er for nylig offentliggjort i tidskriftet *Nature Climate Change*.



Udstyr til undersøgelserne gøres klar i havet ud for De Kanariske Øer. Foto: Ulf Riebesell/GEOMAR

En konsekvens af den stigende mængde CO₂ i atmosfæren er, at der også optages mere CO₂ af havet. I havvandet udløser gassen kemiske reaktioner, der øger vandets surhed. Denne proces kaldes forsuring, og den påvirker livet i havet. Konsekvenserne for havets økosystemer kan være ret komplekse, og forskere er stadig i gang med at forstå det fulde omfang.

ud for De Kanariske Øer har en international gruppe forskere afdækket en mulig konsekvens af forsuring, som kan påvirke havets liv massivt: Udbredelsen af den giftige alge *Vicicitus globosus* stiger markant, når CO₂-koncentrationerne når over 600 ppm (dele per million), og når koncentrationerne når over 800 ppm, sker der en decideret masseproduktion.

test-økosystemer i vandet ud for de Kanariske Øer. De består hver især af en ramme på havoverfladen, der holder et 15 meter langt plastrør, som indeholder 35 kubikmeter havvand, inklusive det naturlige planktonmiljø. Rørenes indhold blev beriget til at repræsentere forskellige CO₂-scenarier. Over 57 dage fulgte forskerne udviklingen af plankton i test-økosystemerne.

Den mest opsigtsvækkende reaktion var en hurtig stigning af *Vicicitus globosus*' udbredelse ved CO₂-koncentrationer over 600 ppm – en koncentration, som kan blive virkelighed i løbet af de næste tre til fire

årtier, hvis udledningerne af CO₂ ikke falder drastisk.

Det er uvist, hvad der præcist udløser *Vicicitus globosus*' succes, når CO₂ koncentrationerne stiger. Enten øges dens fotosyntese, eller også bliver den mere giftig og dermed ikke ædt af andre i samme grad som før, spekulerer forskerne.

Under et to måneder langt eksperiment

Til eksperimentet havde holdet skabt ni

Birgitte Svennevig, SDU.

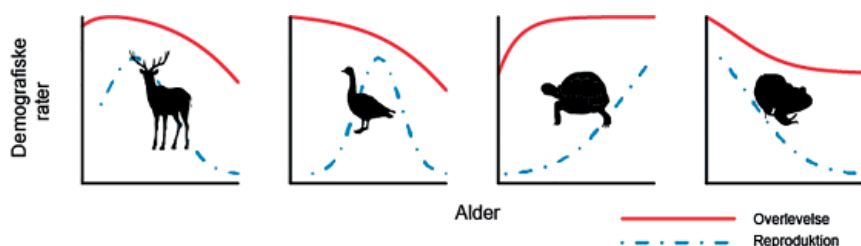
Truede dyr får hjælp fra model

Hvad har blåhvalen til fælles med den bengalske tiger og grønne havskildpadder? De deler risikoen for udryddelse og klassificeres som truede arter. Der er flere årsager til, at arter dør ud, og klimaændringer er blandt hovedårsagerne. Risikoen for udryddelse varierer fra art til art, afhængigt af hvordan populationens individer reproducerer, og hvor længe hvert dyr overlever. At forstå dynamikken i overlevelse og reproduktion kan understøtte tiltag for at forbedre en dyrearts chancer for at overleve.

Matematiske og statistiske modeller er blevet kraftfulde værktøjer til at hjælpe med at forklare disse dynamikker. Kvaliteten af de oplysninger, vi bruger til at konstruere sådanne modeller, er imidlertid afgørende for at forbedre vores chancer for nøjagtigt at forudsige skæbne for populationer i naturen.

»En model, der overforenkler overlevelse og reproduktion kan give illusionen om, at en population blomstrer, når den i virkeligheden vil uddø«, siger lektor Fernando Colchero, som netop har publiceret i det videnskabelige tidsskrift *Ecology Letters*.

Colcheros forskning fokuserer på matematisk genskabelse af populationsdynamikken



Demografiske rater for overlevelse og reproduktion (y-aksen) er forskellig over tid (x-aksen) for forskellige arter. Illustration: Fernando Colchero.

ved bedre at forstå artens demografi. Han arbejder med at konstruere og udforske stokastiske populationsmodeller, der forudsiger, hvordan en bestemt population (for eksempel en truet dyreart) vil ændre sig over tid.

Disse modeller bruger matematiske faktorer til at beskrive, hvordan artens miljø, overlevelseshastighed og reproduktion bestemmer populationens størrelse og vækst. Af praktiske grunde er visse antagelser nødvendige.

To almindelige antagelser er, at overlevelse og reproduktion ikke ændres med alderen, og at høj overlevelse hos arten går hånd i hånd med reproduktion på tværs af alle aldersgrupper inden for en art. Colchero udfordrede disse antagelser ved at bruge aldersspecifik overlevelse og reproduktion samt inkludere samspil mellem overlevelse

og reproduktion. Sådant et samspil tager højde for, at nogle betingelser favoriserer overlevelse, mens de vil være ugunstige for reproduktion, og omvendt.

Til sit arbejde brugte Colchero statistikker, matematiske udregninger og computersimulationer med data fra vilde populationer af 24 oprindelige hvirveldyr. Resultatet var en signifikant forbedret model, der mere præcist forudsagde en arts vækst.

Trods den tekniske karakter af Fernandos arbejde kan denne type model have meget praktiske konsekvenser, da den giver kvalificerede bud på de underliggende årsager til udryddelsen. Dette kan bidrage til at forhindre udryddelse af truede arter.

Majken B. E. Christensen, SDU.

Stjerne med et gran salt

Almindeligt bordsalt er ikke nogen almindelig forbindelse i universet. Således har astronomer hidtil kun gjort få observationer af forbindelser som natriumchlorid (NaCl) og kaliumchlorid (KCl) og altid i forbindelse med døende stjerner, som har afstødt deres yderste lag.

Nu har Adam Ginsberg fra US National Radio Astronomy Observatory i New Mexico og kolleger observeret en ung stjerne, som er omgivet af en utydelig, men bred ring der til forskernes overraskelse indeholdt den tydelige signatur af både natriumchlorid og kaliumchlorid. Stjernen befinder sig cirka 1500 lysår Jorden, og ringen har en diameter, der nogenlunde svarer til størrelsen på vores Solsystem. Forskerne mener, at saltet



er produceret i den skive af gas og støv ud fra hvilken stjernen oprindelig er blevet dannet ved nedbrydning af støvpartikler til deres bestanddele. Ifølge forskerne er salt, fordi det er så sjældne molekyler i universet, potentielt unikke værktøjer til at undersøge dynamikken af sådanne støv og gasskiver omkring unge stjerner.

CRK, *The Astrophysical Journal*, Volume 872, Number 1

Billede fra ALMA-teleskopet (indsat) af den saltholdige skive, der omkranser en ung, massiv stjerne. Skiven befinder sig i en kæmpe molekylesky (Orion A), der er en region i Universet, hvor der dannes nye stjerner. Billede: ALMA (NRAO/ESO/NAOJ); NRAO/AUI/NSF; Gemini Observatory/AURA

DNA-spor på blomster afslører insekt-besøg

Ved hjælp af såkaldt miljø-DNA (eDNA) kan man få et overblik over alle de DNA-sekvenser, der findes i for eksempel en vand- eller jordprøve. På den måde har forskere eksempelvis fundet DNA-spor fra blandt andet insekter, padder, fisk og hvaler i prøver fra søer og havområder. Blomsterrige naturtyper som enge og overdrev besøges typisk af hundredevis af insektarter som bier, sommerfugle, fluer og biller, der søger føde i blomsterne. Og det er et ganske uoverskueligt arbejde at holde styr på hvilke insektarter, der besøger hvilke blomster.



Fluen Blåvinget pragtsnylteflue (*Phasia hemiptera*) i færd med at afsætte sit DNA på en plante. Foto: Ole Martin.

se, forskerne for nylig har publiceret i tidsskriftet *Ecology and Evolution*.

Metoden åbner helt nye muligheder for at studere interaktioner mellem specifikke planter og insekter. En nyttig viden, der kan anvendes i mange forskningsgrene, herunder anvendt forskning indenfor skadedyrsbekæmpelse. Og den nye metode åbner også store perspektiver i forvaltningen af truede arter som vilde bestøvere. En opgave, der haster, da mange grupper af blomstersøgende insekter er truede. Flere vilde bier og sommerfugle er gået markant tilbage gennem de seneste årtier, og flere arter er nu lokalt helt uddøde.

Men nu har lektor Philip Francis Thomsen og postdoc Eva Egelyng Sigsgaard fra Institut for Bioscience, Aarhus Universitet lavet eDNA-analyser på 50 blomster fra syv forskellige plantearter.

»Jeg har arbejdet med DNA fra vand- og jordprøver i flere år og har tit tænkt, at DNA nok er meget mere udbredt i miljøet, end vi egentlig går og tror. Med dette studie ville vi teste, om eDNA fra blomster kan afsløre hvilke insekter, blomsterne har haft besøg af«,

forklarer Philip Francis Thomsen, der leder en forskningsgruppe med fokus på netop eDNA.

Og forskerne var overraskede over analyserne, der afslørede, at blomsterne havde haft besøg af mindst 135 arter af leddyr – eksempelvis dagsommerfugle, natsværmere, bier, fluer, myg, biller, bladlus, blomstertæger og edderkopper. Blomsterne fungerer altså som passive DNA-opsamlere, der lagrer data om hvert enkelt blomstersøgende insekt – en opdagel-

»eDNA-metoden kan måske give et samlet overblik over de insekter, der er involveret i bestøvningen af forskellige planter. Her har man tidligere haft fokus på bier, sommerfugle og svirrefluer, men vi finder DNA fra en lang række andre insekter, som faktisk potentielt kan være vigtige bestøvere – eksempelvis natsværmere og biller,« fortæller Philip Francis Thomsen.

Peter Bondo Christensen, Aarhus Universitet

Stor pris til nanoforsker

Danmarks største forskerpris - Villum Kann Rasmussens Årslegat til Teknisk og Naturvidenskabelig Forskning på 5 millioner kroner – er for nylig blevet tildelt professor Sergey I. Bozhevolnyi, som er leder af Center for Nano Optik under Mads Clausen Institutet på Syddansk Universitet. Bozhevolnyi er født i Rusland i 1955 og kom til Danmark i 1991, hvor han siden har etableret sig som en af verdens førende forskere indenfor nanooptik, som er den gren af nanovidenskaben, der beskæftiger sig med at designe og kontrollere optiske felter på en skala mindre end lysets bølgelængde.

Han har i høj grad været med til at forme det nanooptiske forskningsfelt via en række banebrydende artikler, og han optræder for andet år i træk på Clarivate Analytics liste over verdens mest citerede forskere. Sammen med sit forskerhold på SDU Nano Optik arbejder Sergey I. Bozhevolnyi blandt andet



Sergey I. Bozhevolnyi. Foto: Simon Knudsen.

på at bruge metaller til at omdanne lys til elektricitet med ekstremt lille spild. Den nye teknik åbner muligheden for en helt ny måde at producere solceller på.

Forskerne har desuden opnået gennembrud i at kunne styre lys i kredsløb på nanoskala, som kan blive en grundsten til fremtidens

kvantecomputere. Når information går fra at blive ledet af hurtigt lys til at blive bearbejdet af langsomme elektriske kredsløb opstår der en flaskehalseffekt, som Bozhevolnyi og kolleger er ved at eliminere.

Bozhevolnyis forskning har også vist, at man i stedet for at bruge farvestoffer kan få en overflade til at skifte farve gennem en lys-spredningseffekt ved at ændre overfladens nanostruktur. I naturen ser man en lignende effekt på blandt andet sommerfuglevinger og påfuglehaler, og vi kender det også fra farvede vinduer i kirker. I forhold til almindelig maling har teknikken en utrolig holdbarhed, og farven blegner for eksempel ikke, selvom den står i solen i hundreder af år. Vi snakker her om en opløsning på over 100.000 punkter per tomme, og derfor åbner teknikken blandt andet op for, at man kan lagre store mængder information på et meget lille område.

CRK, Kilde: Det Tekniske Fakultet, SDU.



Foto: Shutterstock

KØD UDEN KØD ELLER DYR

– hvordan det?

Om forfatterne



Bjørn Petrat-Melin er ph.d. i fødevarevidenskab, forsker i fødevarekvalitet, og underviser på Erhvervsakademi Aarhus' uddannelser inden for fødevareteknologi.
bmel@eaaa.dk.



Aaron M. Saunders er ph.d. i mikrobiologi, forsker i fødevaremikrobiologi, og underviser på Erhvervsakademi Aarhus' laborantuddannelse.
amsa@eaaa.dk

Flere og flere erstatter kød med produkter baseret på planteprotein. Ved en særlig proces kaldet ekstrudering kan planteproteinet komme til at minde om kød i struktur og konsistens.

I gennemsnit spiser hver dansker mere end sin egen kropsvægt i kød hvert år! Det skyldes blandt andet, at Danmark historisk set er et landbrugsland, med en høj tilgængelighed af protein af en høj kvalitet fra kød og mejeriprodukter. Det har gjort, at disse fødevarer traditionelt har været en fast bestanddel af de fleste danskeres kost, men sådan er det ikke nødvendigvis længere. Stadig flere vælger at skære ned på kødindtaget, og mange vælger endda helt at fjerne kød fra et eller flere af deres ugentlige hovedmåltider.

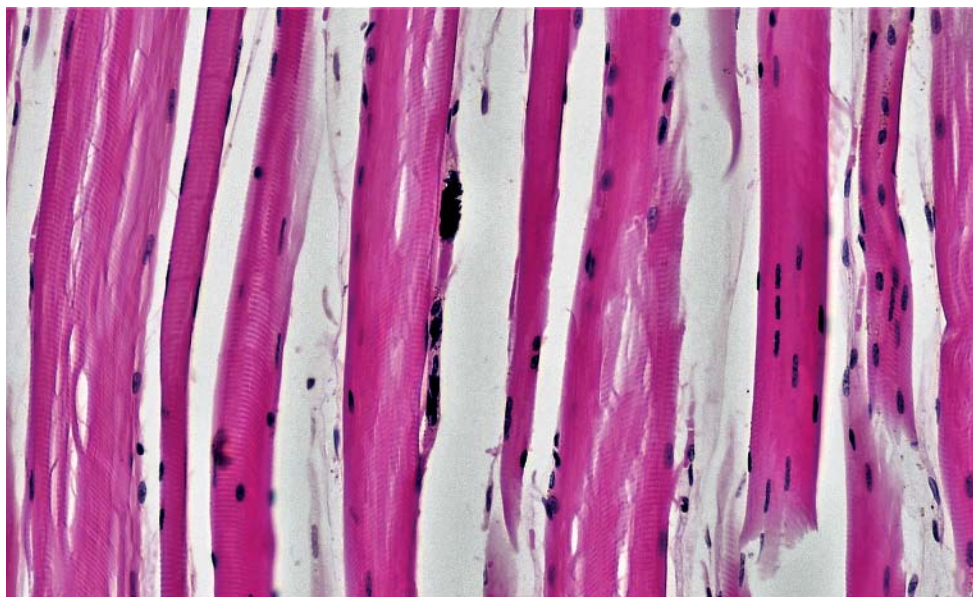
Denne gruppe af forbrugere kaldes flexitarer. Desuden er gruppen af forbrugere, der betragter sig selv som enten vegetarer eller veganere, og altså slet ikke spiser kød, også voksende. Forbrugeranalyser foretaget blandt kunder i en kæde af danske dagligvarebutikker har vist, at i årene fra 2010 til 2017 er andelen af forbrugere, der vælger at have én eller flere kødfri dage om ugen, steget fra 17% til 28%. Beregner man det samlede antal kødfri dage, som danske forbrugere har, svarer det til, at hver eneste dansker spiser kødfrit hver niende dag.

Der er mange årsager til, at folk fravælger kød, hvor den mest tungtvejende er opfattelsen af, at det er sundere. For en stor dels vedkommende er overvejelser omkring bæredygtighed og dyrevelfærd dog også afgørende for valget. Det er for rigtig mange ikke nødvendigvis en manglende lyst til at spise kød, der er det væsentligste argument, og disse forbrugere søger typisk alternative produkter, der kan udfylde kødets rolle i måltidet. Nogle af kødets vigtigste egenskaber er at være en kilde til det protein, som kroppen skal bruge til at vedligehol-

de sig selv, såvel som at bidrage til spiseoplevelsen gennem struktur og tekstur. Kan man opnå dette med et produkt baseret på plante-protein, vil overgangen fra at spise kød til at spise kødfrit for mange være væsentligt lettere. Det betyder at nogenlunde de samme madvarer kan bevares, når det er muligt at lave de retter man kender og er vant til. Disse forhold har gjort, at der inden for de seneste få år er kommet en række nye produkter på det danske marked, som er plante-baserede og sigter mod at erstatte noget af det kød, forbrugerne ellers ville have anvendt i deres kost.

Kødets struktur

Det, vi kalder kød, har på et tidspunkt været musklerne på et dyr. Det gør det til en særdeles god proteinkilde, da dets sammensætning af aminosyrer, som er de molekyler der sættes sammen til proteiner, svarer rigtig godt til, præcis de behov menneskekroppen har. Desuden indeholder kød også vigtige vitaminer og mineraler, såsom vitamin B12 og jern, som vi mennesker har brug for at få tilført gennem kosten. Derudover spiller kød også en vigtig rolle i forhold til den sensoriske oplevelse af mange måltider, altså hvordan ser maden ud, hvordan dufter og smager den, men ikke mindst hvordan føles det, når vi tygger på den. Sidstnævnte har at gøre med den molekulære struktur, der er i kødet, som er bestemmende for den oplevede konsistens, eller tekstur, når vi tygger på det. Når muskelfæve dannes, sker det ved, at et antal stamceller til muskelcellerne, såkaldte myoblaste, fusionerer og danner nogle langstrakte strukturer kaldet myorør. Disse myorør er forstadier til egentlige muskelceller (muskelfibre), som, når de er færdigudviklede, strækker sig fra den ene ende af musklen til den anden. Samtidig dannes inde i muskelfibrene de proteiner, der gør det muligt for musklen at trække sig sammen. Disse proteinstrukturer kaldes myofilamenter; de er langstrakte, ligger parallelt med muskelfiberens længderetning og bidrager således til den fibrøse struktur af musklen eller kø-



Billedet viser et tværsnit af en muskel fra skeletmuskulatur. De langstrakte muskelfibre ses tydeligt og er farvet røde. De sorte pletter er cellekernerne fra de oprindelige myoblastceller. Foto: Berkshire Community College Bioscience Image Library

det, som vi kan mærke, når vi tygger på det. Det er denne fibrøse struktur, som man nødvendigvis må imitere, hvis man vil lave et plantebaseret produkt med en tekstur, der minder om kød. Det kan lade sig gøre gennem en proces kaldet ekstrudering (se boks næste side).

Sådan laver man kødstruktur af planteprotein

I første omgang har man brug for mere eller mindre isoleret planteprotein til processen. Dette proteinpulver blandes med vand og bliver til en opløsning med en relativt høj viskositet, en slags dej. Det er også her, man kan tilsætte smagsgivere eller andre ønskede ingredienser, der skal bidrage til duft, smag og mundfornemmelse. Derefter fødes proteindejen ind i en ekstruder, hvor den bliver udsat for høj varme, det kan være fra omkring 100 °C op til omkring 200 °C, og samtidig kommer under tryk og oplever kraftige friktionskræfter. Alt dette resulterer i, at proteinernes molekulære struktur ændres, de "strækkes" ud og ender med at ligge i et mere langstrakt netværk, som stabiliseres af nydannede interaktioner, eller bindingskræfter, mellem de enkelte proteinmolekyler. Det kan så undersøges, hvorvidt den ønskede struktur er opnået, hvilket kan gøres ved

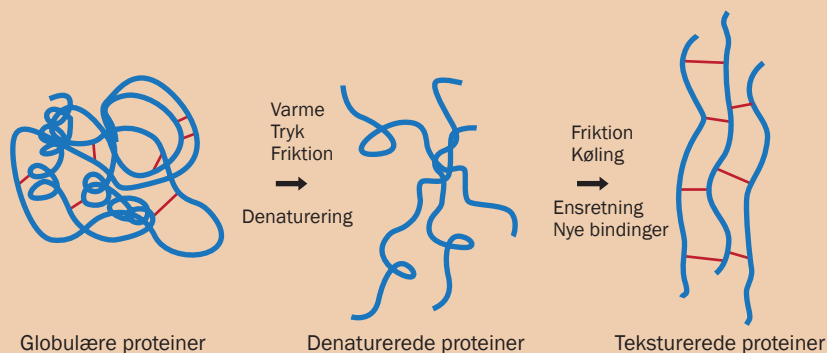
brug af forskellige metoder, alt efter formål og tilgængelighed. Det kan være en analyse af mikrostrukturen ved hjælp af mikroskopiteknikker som elektronmikroskopi, der tillader adskillige tusinde ganges forstørrelse. Det kan også undersøges ved en sensorisk analyse med et professionelt smagspanel, eller ved at måle den kraft, der skal til for at bryde strukturen med en probe, der efterligner menneskers fortænder. Sidstnævnte kaldes teksturanalyse, og hvis brudstyrken måles både på tværs af og parallelt med ekstruderingsretningen, indikerer en eventuel forskel i brudstyrken på de to, at der er dannet en kød-lignende struktur. Det svarer til, når eksempelvis en oksesteg er skåret ud i den "forkerte" retning (parallelt med muskelfibrene) sammenlignet med den "rigtige" retning (på tværs af muskelfibrene).

Hvilke planter, hvorfor og kan de holde?

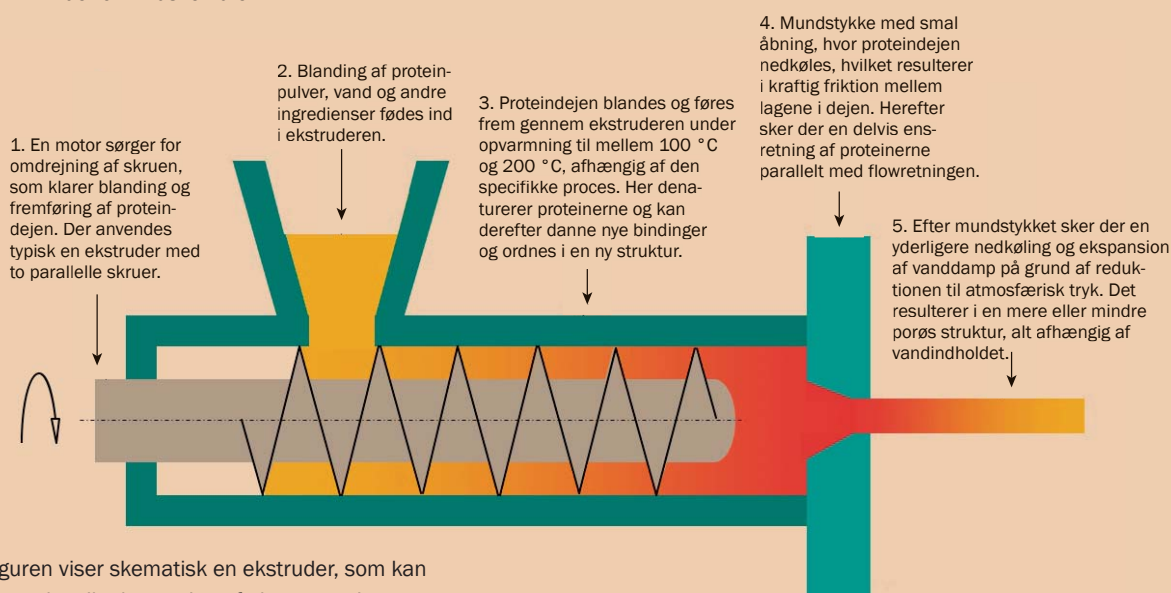
Udviklingen af tekstureret planteprotein startede i 1960'erne med produkter baseret på sojaprotein udvundet fra affedtet sojamel. At anvende soja er dog forbundet med visse udfordringer, idet det eksempelvis skal transporteres over lange afstande og kan være svært at garantere fri for GMO, hvilket

Ændringer i proteins struktur under ekstrudering

Proteiner er opbygget af lange kæder af aminosyrer, der sidder sammen som perler på en snor. De er typisk foldet sammen i en kuglelignende struktur, der kan minde om et garnnøgle, som stabiliseres af flere typer af elektrostatiske tiltrækning mellem proteinkædens forskellige områder. Disse stabiliserende interaktioner brydes under ekstrudering på grund af varmen, trykket og friktionskræfterne, som proteinerne udsættes for på deres vej gennem ekstruderen. Når interaktionerne er brudt, kan proteinerne foldes ud, man siger at de denaturerer, og strækkes ud og rettes ind i den fibrøse struktur, som minder om muskelfibre.



Figuren viser skematisk udfoldning/denaturering og teksturering af globulære proteiner, der udsættes for ekstrudering. De blå streger er aminosyrekæden, der udgør proteinerne, og de røde linjer indikerer de elektrostatiske interaktioner mellem proteinernes forskellige områder. De fysiske betingelser under ekstruderingen fører til denaturering og derefter delvis ensretning af proteinerne med dannelse af nye interaktioner på tværs af aminosyrekæder.



Figuren viser skematisk en ekstruder, som kan anvendes til teksturering af planteprotein.

forbrugere efterspørger i stadig højere grad. Derfor er man nu begyndt at udvikle produkter baseret på protein fra ærter. Andre bælgplanter som hestebønner kunne også potentielt være anvendelige, idet de fleste bælgplanter typisk har et relativt højt proteinindhold. En anden fordel ved nogle af disse andre arter af bælgplanter er, at de kan dyrkes i Danmark, hvilket reducerer transportomkostninger markant, både i forhold til klimabelastning, tid og økonomi, og desuden er det muligt at have mere kontrol over

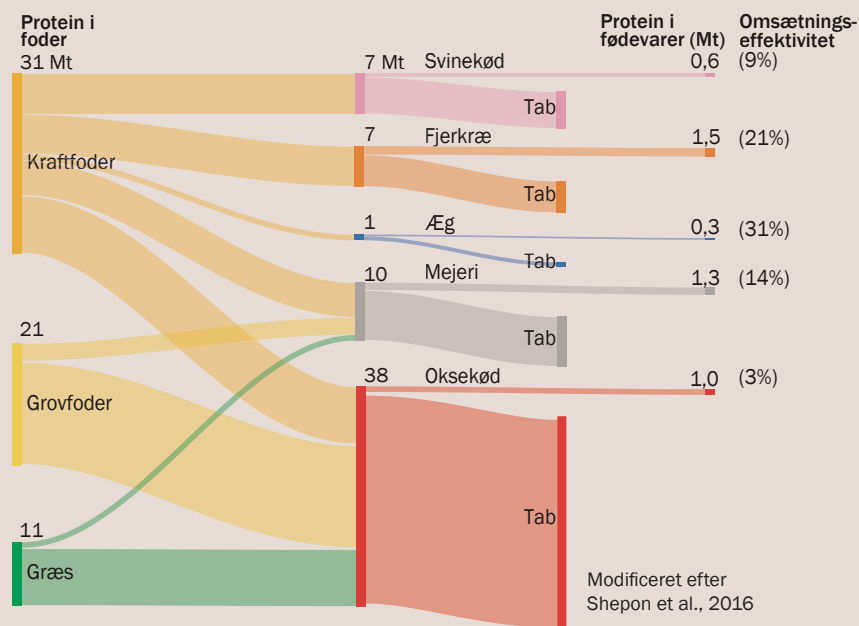
produktionsforholdene. Endvidere har bælgplanter den egenskab, at de indgår i symbiose med bestemte jordbakterier omkring deres rodnet, som gør dem i stand til at fiksere nitrogen (kvælstof) fra atmosfæren (gælder også for sojabønner). Dette vil i sidste ende reducere nødvendigheden af at tilsætte nitrogen gennem kunstgødning, hvorved udvaskning til søer og vandløb undgås.

I forhold til mikrobiologien er en stor forskel på plantebaserede produkter og kødprodukter, at der

typisk er en væsentlig forskel i bakteriesammensætningen. Dette udmønter sig i en længere holdbarhed af de plantebaserede produkter på grund af lavere forekomst af sygdomsfremkaldende og fordærvelsesrelaterede bakterier, som i kød ofte stammer fra dyrenes hud eller afføring. Der kan dog være forskellige typer af jordbakterier og/eller mælkesyrebakterier til stede i de plantebaserede produkter, som påvirker holdbarheden her, men dette er ikke så velbeskrevet som mikrobiologien i kødprodukter. Vi

Klimabelastning ved produktion af animalsk protein

Det anslås, at mere end en fjerdedel af den globale udledning af drivhusgasser stammer fra fødevarereproduktion. Heraf stammer op til 80 % fra husdyrproduktion. Derudover er det langt mere ressourcerekrævende at producere protein i form af kød sammenlignet med at producere samme mængde protein i form af planter, idet effektiviteten for omsætning af foderprotein til fødevarerprotein er forholdsvis ringe (se figur). Derfor kræves også langt større mængder vand og landarealer til produktion af foder til husdyr, end det ville kræve at producere samme mængde protein direkte til fødevarer i form af planter. Det skal dog tilføjes, at der findes områder, der er uegnede til agerbrug, som til gengæld godt kan anvendes til græsningsarealer for husdyr. Figuren viser strømmen af protein fra foder (venstre) til animalske proteinholdige fødevarer (højre) i USA udtrykt i megaton (1 Mt = 1



milliard kg). Tallene til venstre er den samlede mængde fra hver af tre typer foder. I parentes til højre vises omsætnings effektiviteten for protein i procent, det vil sige hvor

stor en andel af proteinet fra foderet, der ender i det færdige animalske produkt. Samlet set indeholder de endelige fødevarer blot 7,5 % af proteinet fra det oprindelige foder.

har derfor i vores laboratorium arbejdet på at etablere en hurtig og effektiv metode til kortlægning af mikrobiologien i plantebaserede produkter, som bygger på anvendelsen af en avanceret DNA-sekventeringsteknik kaldet *Next Generation Sequencing*. Med denne teknik, som kan gennemføres i løbet af 2-3 dage, er det muligt at identificere tusindvis af bakterier i en enkelt analyse. Det er væsentligt hurtigere end traditionelle mikrobiologiske analyser baseret på dyrkning af bakterier i petriskåle, som kan vare op til flere uger.

Insekter, tang og clean meat

Lige nu gøres der også en stor indsats for få bredt anvendelsen af insekter i fødevarer ud på markedet. Hvis man udelukkende er på udkig efter en mere klimavenlig, og måske mere dyreetisk forsvarlig, proteinkilde, kan insekter være et godt alternativ til kødprotein, men vil nok kræve en omfattende samfundsmæssig holdningsændring,

før det bliver normalt. Kort sagt: vi skal nok lige vænne os til, at insekter også kan være en fødevarer. En anden mulig alternativ proteinkilde er alger og tang, som har den fordel, at de ikke skal konkurrere med traditionel landbrug om ressourcer, hverken kød- eller planteproduktion, da det kan foregå i havet eller i tanke. Den helt store ulempe ved de sidstnævnte alternativer er, at de ikke giver den samme smagsoplevelse som kød, hvilket forbrugere typisk ønsker. Oplevelsen skal minde om at spise kød, uden at være behæftet med de samme klima- og dyrevelfærdsmæssige problemstillinger som kød.

En anden spændende udvikling, der foregår lige nu, er arbejdet med at fremstille egentligt kød uden for dyret, såkaldt *clean meat*, som dyrkes i en bioreaktor ud fra muskelceller taget fra et dyr. Muskelceller dyrket sammen med fedtceller på et stillads af eksempelvis kollagen bringes til at danne en struktur,

der minder om den, der findes i dyrenes muskelfæve. Dette kød kaldes *clean meat*, fordi det dyrkes under fuldstændig kontrollerede forhold i stil med brygning af øl eller fremstilling af medicin. Her kan det holdes helt sterilt uden brug af antibiotika, og uden den betragtelige risiko for kontaminering med sygdomsfremkaldende bakterier, der ellers er forbundet med slagtning af dyr. Teknologien er dog ikke moden på nuværende tidspunkt, men aktørerne på området forventer at kunne være på markedet med konkurrencedygtige produkter inden for 5 til 10 år.

Så hvis du sidder lige nu og ønsker at reducere dit kødforbrug, men helst ikke vil gå for meget på kompromis med smags- og teksturoplevelsen, er et godt bud nok at vælge produkter baseret på tekstureret planteprotein. Imens kan vi spændt følge udviklingen inden for andre mulige alternativer til "gammeldags" kød.

Videre læsning

F. Wild, M. Czerny, A. M. Janssen, A. P. W. Kole, M. Zunabovic, and K. J. Domig: The evolution of a plant-based alternative to meat. From niche markets to widely accepted meat alternatives. *Agro Food Industry Hi-Tech*, vol. 25, no. 1, pp. 45–49, 2014.

A. Shepon, G. Eshel, E. Noor, and R. Milo: Energy and protein feed-to-food conversion efficiencies in the US and potential food security gains from dietary changes. *Environ. Res. Lett.*, vol. 11, no. 10, p. 105002, 2016.

S. Bleakley and M. Hayes: Algal Proteins: Extraction, Application, and Challenges Concerning Production. *Foods*, vol. 6, no. 5, Apr. 2017.

inVALUABLE: www.dti.dk/specialists/invaluable/38118

Clean Meat: <https://cleanmeat.org/>



Delphini-1 (den lille kasse øverst i billedet) slippes fri fra Den Internationale Rumstation den 31. januar og sendes i kredsløb omkring Jorden. Foto: NASA og NanoRacks.

Om forfatterne:



Victoria Antoci er adjunkt ved Stellar Astrophysics Centre (SAC), Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet og arbejder med studiet af stjerners indre. I de senere år har hun fortrinsvis arbejdet som ledende forsker og tilrettelægger af Aarhus Universitets nanosatellitprogram og er dybt engageret i udviklingen af en rumstrategi på Universitetet.
antoci@phys.au.dk



Hans Kjeldsen er professor ved Stellar Astrophysics Centre (SAC), Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet og arbejder med stjerner og →

DELPHINI-1

– Aarhus Universitets første satellit

Delphini-1 er en studenterbygget satellit, og de studerende skal også stå for kontrollen, mens den er i kredsløb i godt et år.

Det var et afgørende øjeblik, da en Falcon 9 raket buldrede af sted mod rummet fra Florida den 5. december 2018 med den lille satellit Delphini-1 som en del af lasten. Det næste afgørende øjeblik kom den 31. januar i år, hvor astronauterne ombord på den Den Internationale Rumstation ISS trykkede på en knap, og sendte Delphini-1 ud i sin egen bane omkring Jorden.

Delphini-1 er en såkaldt 1U Cube-Sat – en terning; bare 10 centimeter på hver led, og den vejer godt

et kilo. Ombord har den solcellepåner, batteri, radiosender og -modtager, et kamera og en computer. Delphini-1 er en fuldt fungerende satellit. Formålet med opsendelsen er at træne de studerende i at håndtere og kontrollere noget så specielt og kompliceret som deres egen satellit. Kommer der videnskabelige resultater ud af dette første forsøg, er det rigtig fint – men det er øvelsen, der tæller. Som navnet antyder, planlægger satellitgruppen ved Aarhus Universitet flere af slagsen, og de næste Aarhus-satellitter får så til gengæld opgaver,

som knytter sig til det astronomiske og tekniske forskningsarbejde på universitetet.

Delphini-1 er blot en af de mange rumrelaterede aktiviteter, som er i gang i Danmark. Brugen af data fra rummissioner er bestemt ikke noget nyt. Rumdata er en integreret del af forskning og uddannelse på flere af landets universiteter, og rumbranchen i det private erhvervsliv er i rivende udvikling. På Universiteterne arbejder forskere og studerende med rumdata af Jordens overflade, vejr- og klimadata samt data fra



Så er det lige ved. Studerende og medarbejdere venter på opsendelsen den 5. december 2018 fra Cape Canaveral i Florida. Foto: Andreas N. Rasmussen

rumteleskoper, som blandt andet bruges til studiet af Solen, af stjernerne og i jagten på exoplaneter. Rumdata kombineres med målinger foretaget fra Jordens overflade, og den typiske forsker eller studerende, som deltager i rummissioner, har målinger og data og udvikling af metoder til dataanalyse som det primære mål. De fleste steder stiler man ikke i første række efter at udvikle rumhardware. I universiteternes rumrelaterede projekter bruges som oftest data fra specifikke rumprojekter og bestemte måleapparater, satellitter og rumsonder, og medarbejdere har været med til at planlægge kommende rumprojekter.

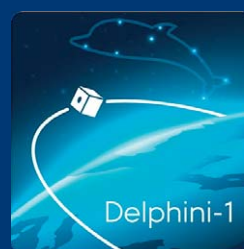
Nanosatellitter åbner for nye muligheder

I de seneste år er det blevet meget mere udbredt, at selv mindre institutioner kan stå for udviklingen af satellitter og rumudstyr. Blandt andet har flere universiteter og virksomheder udviklet små satellitter – for eksempel såkaldte nanosatellitter, som har en størrelse på omkring 10 cm. Brugen af nanosatellitter, også til mere avancerede rumaktiviteter, gør det både billigere og organisatorisk hurtigere og nemmere at være med, og dermed åbnes der nye muligheder for forskning og uddannelse.

Lige fra starten har Delphini-1 projektet været tænkt som et ud-

Hvorfor Delphini?

I det officielle segl for Aarhus Universitet indgår blandt andet to springende delfiner. Desuden hedder et af de mindste, men mest vellignende stjernebilleder på himlen Delphinus. Det er de klareste stjerner fra stjernebilledet, som indgår i bomærket for Delphini-1. Ordet Delphini kan på latin både betyde "fra delfinerne"; altså fra Aarhus Universitet, og "delfiner" i flertal, med håbet om, at der med tiden bliver en hel flok!



Delphini-1 teamet

Delphini-1 projektet er et tværfagligt samarbejde imellem flere afdelinger på Aarhus Universitet, og de omkring 35 studerende er udvalgt fra disse afdelinger. Bag projektet står følgende forskere:

Institut for Fysik og Astronomi:
Adjunkt Victoria Antoci, Professor Hans Kjeldsen, Forskningsassistent Eric Weiss.

Institut for Ingeniørvidenskab: Lektor Rune Hylsberg Jacobsen, Postdoc Néstor J. Hernández Marcano, Postdoc Fadil Inceoglu

Institut for Geoscience: Lektor Christoffer Karoff, Lektor Bo H. Jacobsen

Delphini-1 har modtaget støtte fra Aarhus Universitets Forskningsfond, Danmarks Grundforskningsfond og de tre involverede institutter. Opsendelsen er stillet gratis til rådighed af European Space Agency; ESA via Styrelsen for Forskning og Uddannelse.

Desuden er godt 35 studerende fra Aarhus Universitet blev udvalgt til at arbejde med Delphini-1 som en del af deres studie.

dannelsesprojekt, hvortil studerende fra de tre afdelinger på Aarhus Universitet har været tæt knyttet både med praktisk arbejde og med teoretiske baggrundsstudier. Der blev udbudt et kursusforløb, hvor man skulle begrunde sit ønske om

at være med, og hvor der var en udvælgelsesproces, og i alt har mere end 35 studerende været med. Alle de studerende har lært om de grundlæggende principper i satellitbaner, i dataindsamling og i dataoverførsel og ved styring af

exoplaneter. Han har gennem en årrække arbejdet med udvikling af de videnskabelige programmer bag en række rummissioner og er initiativtageren til udviklingen af rumstrategien ved Aarhus Universitet.
hans@phys.au.dk



Néstor J. Hernández Marcano er forsker indenfor nanosatellit-kommunikation ved Institut for Ingeniørvidenskab på Aarhus Universitet. Han er en af de ledende ingeniører i Delphini-1-missionen og også tæt involveret som samarbejdspartner i Universitetets satellit-program.
nh@eng.au.dk



Ole J. Knudsen er kommunikationsmedarbejder ved Stellar Astrophysics Centre (SAC), Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet. Han formidler naturvidenskab som foredragsholder, forfatter, medvirkende i radio og på TV og rådgiver for pressen.
ojk@phys.au.dk



Antennen samles på taget af Turing-bygningen på Aarhus Universitet. Fotos: OJK/AU.

satellitter. Til det praktiske arbejde blev startgruppen delt i to, hvor et hold samlede antennesystemet og installerede kontroludstyret, og det andet hold samlede selve satellitten i et såkaldt renrum på universitetet. Der har været en helt fantastisk entusiasme og glæde ved kurset. Flere af de studerende har hængt på som frivillige, også efter at selve kursusperioden var godt overstået, og de eftertragtede studiepoint er opnået.

For de studerende har det været en chance for at arbejde med noget helt anderledes, end man plejer, og motivationen for at være med har ikke været mindre af, at mange virksomheder både i Danmark og i udlandet står i kø for at ansætte forskere, som har haft berøring med rumforskning. Det er et område i stærk vækst og med gode fremtidsmuligheder for unge med rumerfaring. Nogle af de studerende er allerede nu i gang med eller på vej til at blive praktikanter hos Den Europæiske Rumfartsstyrelse ESA.

Historien bag Delphini-1

Delphini-1 er udsprunget af et samarbejde på tværs af faggrænser på Aarhus Universitet og med

industrien i Danmark og i udlandet. Målet er at sikre en langt bredere og bedre udnyttelse af de muligheder som rumteknologi og rumforskning giver forskere og studerende ved universitetet. Det overordnede program har fået navnet AUSAT, og her arbejdes der på at udvikle specifikke nanosatellitter, som skal anvendes af forskere og studerende ved Aarhus Universitet. Disse satellitter skal sikre bedre data inden for afgrænsede områder, hvor en lille satellit med et fokuseret instrument kan forbedre målenøjagtigheden, datamængden eller tilgængeligheden mærkbart i forhold til eksisterende målinger eller muligheder. Det er tanken, at Aarhus Universitets rummissioner helt eller delvist skal ledes af forskere og studerende ved universitetet, således at data direkte og hurtigt kan nedtages og analyseres af medarbejdere ved de relevante forskergrupper. Når man har rådighed over sin egen satellit, skal man ikke som ellers "stå i kø" sammen med en række andre partnere for at få observationstid – man kan selv disponere over det hele.

Delphini-1 er ikke designet på Aarhus Universitet, men bygget

og samlet i tæt samarbejde med virksomheden GomSpace i Aalborg. Sammen med GomSpace er der opbygget en UHF-jordstation, som skal anvendes til transmission af data, og på universitetet er der indrettet et kontrolrum, hvorfra satellitten kan styres, og hvor de data, som hentes ned, kan visualiseres.

Kamera og antenne

Delphini-1 har foruden computer, solpaneler og batterier en række spoler med ledninger, som skal anvendes til at dreje satellitten i rummet. Når der sendes strøm gennem spolerne, skabes der omkring satellitten et lille magnetfelt, og ved vekselvirkning med Jordens magnetfelt kan satellitten drejes og ændre sin orientering i den faste bane. De vigtigste instrumenter ombord i Delphini-1 er et digitalt kamera, som kan tage billeder af Jorden og af rummet, og en antenne som kan bruges til at kommunikere med Jorden. Antennen anvender det såkaldte UHF-frekvensområde og fra sin bane godt 400 km over Jorden vil Delphini-1 kunne sende målinger og billeder til Jorden, nærmere bestemt til en af universitetets bygninger på Katrinebjerg i Aarhus.

Teknisk om satellitten Delphini-1

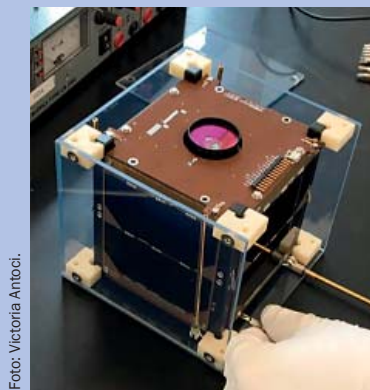
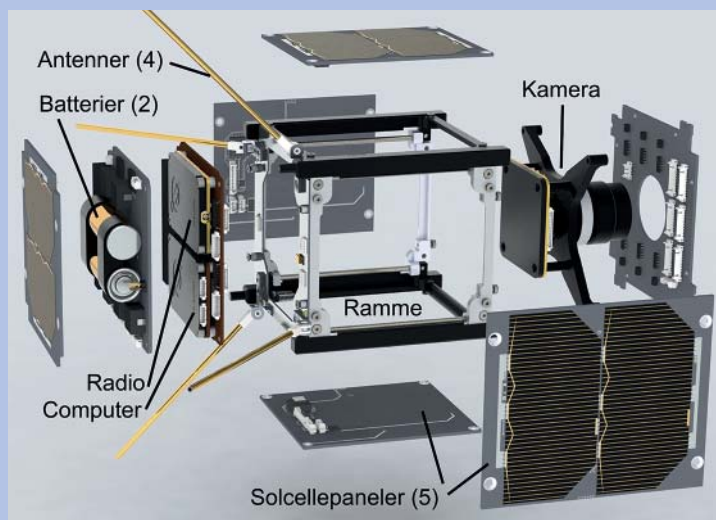


Foto: Victoria Antoci.

↑ For at holde Delphini-1 fri for støv, er den pakket ind i en tæt acrylbox. Kameralinsen kan ses i midten.

Indmaden i Delphini-1. →



Grafik: Gømspace og Ole J. Knudsen.

Den lille 10 x 10 x 10 cm NanoCam C1U satellit er bygget over et aluminiumsskelet med plads til "hylder", hvor de elektroniske dele er monteret. Udvendig er satellitten på de 5 sider beklædt med solpaneler, som giver op til 30 W energi, og på den

sjette side sidder kameralinsen. Om bord er strømforsyning, computer, radioer til styring og til telemetri i UHF-området og ADCS-systemet, som holder satellitten stabil i sin bane.

Linsen til kameraet er en hyldevare

med en brændvidde på 35 mm, og en sensor, som kan give en opløsning i et farvebillede på omkring 30 m pr pixel på jordoverfladen. Billedlageret kan indeholde op til 2GB, og billederne lagres i de almindelige jpg, bmp eller RAW-formater.



Foto: V. Antoci.

↑ Der testes komponenter. Studentergruppen i fuld gang med afprøvningen. Billedet er taget med et kamera magen til det, som er ombord i Delphini-1.

Alle dele til Delphini-1 ankom som et samlesæt, og satellitten blev samlet i et såkaldt renrum, hvor mængden af støv er meget lav. Det sikrer, at der ikke er urenheder på eller i satellitten. →



Foto: Ole J. Knudsen.

Herfra videretransmitteres data til kontrolrummet på Institut for Fysik og Astronomi.

Fra dette kontrolrum skal hele missionen kontrolleres, og herfra skal de studerende arbejde med kontakten med Delphini-1, når den passerer over Aarhus' horisont, og med de målinger, som bliver

hentet ned fra rummet. Der er i høj grad tale om et pilotprojekt, hvor studerende og forskere får erfaringer med de praktiske aktiviteter i forbindelse med udvikling og drift af et rumprojekt. I kontrolrummet vil der i fremtiden også komme besøg af skoleklasser og andre interesserede, når der skal fortælles om satellitten, og eleverne skal

opleve, hvordan der arbejdes med målingerne.

Da satellitten blev sendt ud i sin egen bane om jorden i kredsløb var første skridt, at antennerne foldede sig ud og solcellerne begyndte at lade batterierne op. Kontakten med kontrolstationen kan kun foregå 3-4 gange i døgnet, når satellitten



passerer tilstrækkeligt tæt på Danmark. I skrivende stund (6. februar) har forskerne netop haft den første kontakt med Delphini-1, efter den blev sendt i kredsløb fra ISS.

I den kommende tid vil alle funktionerne i satellitten blive gennemtestet, og efter et par uger vil den være klar til brug. Først da kan det længe ventede arbejde for alvor gå i gang for studerende og forskere med at bruge Delphini-1 til kommunikation, tage billeder og undersøge, hvor meget data og af hvilken kvalitet der kan hentes ned fra satellitten.

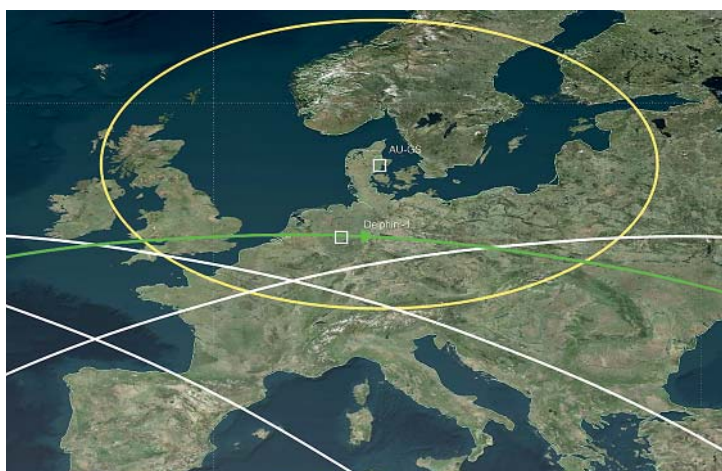
Delphini-1 vil være i kredsløb i godt et år, før den brænder op i atmosfæren.

Fremtiden: Delphini-2

Arbejdet med at designe den næste satellit – Delphini-2 – er allerede i gang. Det bliver også et projekt med stærk deltagelse fra studerende. Den satellit designes som en noget større nanosatellit med en forventet opsendelse i 2021-2022. Satellitten har fokus på astrofysik. Foruden staben ved Aarhus Universitet deltager University of Leuven, Belgien og University of Sydney, Australien i Delphini-2-projektet. Det hele koordineres med de forskningsaktivite-

ter ved Aarhus Universitet, som sker i relation til to store rumprojekter; TESS (NASA) og PLATO (ESA). Begge disse projekter har til formål at studere stjerner og søge efter exoplaneter. Delphini-2 skal blandt andet skaffe supplerende data, som TESS- og PLATO-missionerne ikke kan give, og som ikke kan fås fra de teleskoper, astronomerne har adgang til på Jordens overflade i blandt andet Chile og på de Kanariske Øer. Især er det meget vigtigt for begge formål at kunne observere de samme stjerner over meget lang tid; gerne i ugevis, og det har man sjældent mulighed for i de store satellitprojekter, hvor der er mange samarbejdspartnere. Med sin helt egen satellit bestemmer man helt selv, hvad den skal bruges til og hvornår!

Også arbejdet på andre rumprojekter er i gang. For eksempel vil en hel klynge eller konstellation af små satellitter – MegaMan – åbne mange nye muligheder, både i relation til kommunikation, datadistribution og overvågning. Derudover arbejder gruppen på Aarhus Universitet med udvikling af projekter, hvor der skal foretages specialiserede observationer af Jordens overflade med henblik på geologiske og klimatiske studier, og med studier af udbredelse af og udviklingen i dyreliv og plantevækst. ■



Delphini-1 kredser i næsten samme bane som ISS; omkring 400 km over Jorden. Satellitten skal være indenfor det gule område, hvis den skal kunne sende og modtage signaler fra jordstationen (AU-GS) i Aarhus. Det vil den være flere gange i døgnet, men kun nogle få minutter ad gangen, og kun ved nogle af omløbene. Ved den grønne passage er forholdene bedst. Illustration: Néstor J. Hernández Marciano og Ole J. Knudsen.



IT CAMP FOR KVINDELIGE GYMNASIEELEVER

15.-16. april 2019 i Aalborg Centrum

Du behøver ikke at være it-nørd eller kunne programmere for at deltage i it-camp for kvindelige gymnasieelever. Du skal bare være interesseret i ny teknologi og i, hvordan den digitale udvikling kan gøre en forskel i vores hverdag.

I løbet af to dage får du praktisk og teoretisk viden, og du får næsen i it og de muligheder it åbner. Alt sammen i selskab med nogle af vores studerende, forskere og repræsentanter for et par af de it-virksomheder, der mangler it-specialister.

Det er gratis at deltage, og vi sørger for mad, overnatning på hotel, sociale og faglige aktiviteter.

Du må gerne tage en veninde med. Se hvordan du kommer med på www.itcamp.aau.dk og tilmeld dig **senest d. 1. april 2019**

Læs mere på:
WWW.ITCAMP.AAU.DK



AALBORG UNIVERSITET

PÅ KALVISFANGST I ØSTGRØNLAND



Isbjerge, der brækker af gletschere, kan medbringe store mængder sediment, som dermed kan ende på bunden af verdenshavene – langt fra kilden. For at få en bedre ide om betydningen af denne materialetransport har artiklens forfatter været på togt i Østgrønland på jagt efter kalvis.



Forfatteren Bent Hasholt er lektor emeritus, Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet. Han arbejder med arktisk hydrologi, vandkraft og sedimenttransport i Grønland og Danmark. Tidligere leder af Sermilikstationen, Tasiilaq, Øst-Grønland. bh@ign.ku.dk

Når en ko føder en kalv, så kælder den – når en gletscher tilsvarende “føder” et isbjerg, siger man også, at den kælder. Derfor kalder man også disse isbjerge for kalv-is. Kalvis opstår, hvor gletschere og isstrømme når ud til havet og store isblokke brækker af gletscherfronten. Kalvisen kan indeholde store mængder af bjergartsmateriale, såkaldt sediment, som med isen transporteres ud mod det åbne hav. På den måde har kalvisen betydning for stofomsætningen på Jorden, men hvor stor denne er, står stadig hen i det uvisse. Den mangel på viden forsøger jeg nu

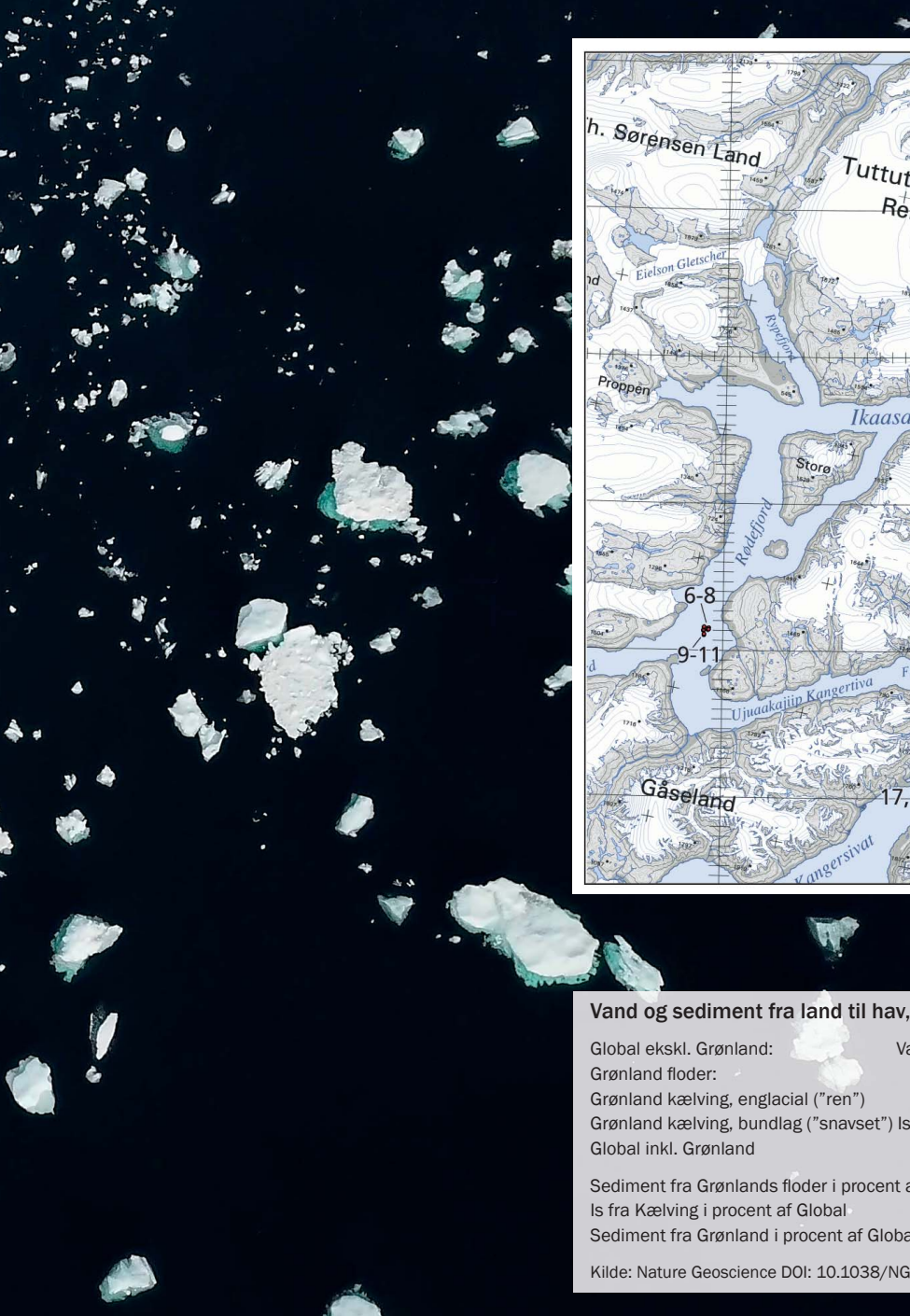
at råde bod på – i første omgang i et pilotprojekt, der skal udvikle og afprøve metoder til indsamling af isprøver samt indsamle isprøver fra grønlandske farvande.

Sediment i isen

De nyeste undersøgelser af transporten af sediment fra Grønland til havet viser, at kalvisens bidrag er betydeligt (se faktaboks). På grund af manglende observationer fra hele Grønland er beregningerne af sediment, der transporteres med kalvisen, delvis baseret på observationer fra Baffin Island i Canada.

Sedimentet i kalvisen stammer

fra overfladens nedbrydning ved frostsprængning og glacial erosion. I kolde områder kan snedebøren omdannes til is, som bevæger sig nedad mod havet under indflydelse af tyngdekraften. Under bevægelsen løsrives isen materiale langs bunden og siderne. Det løsrevne bjergartsmateriale inkorporeres i et bundlag, som derved får en høj koncentration af sediment. Bundlaget er sjældent tilgængeligt, og derfor er der få målinger af sedimentkoncentrationen i sådanne bundlag. Materiale, der løsrives langs klippesiderne, ses som lange bånd af sediment i isen, for eksempel nedstrøms nunatakker (det vil sige



Kort over prøvetagningsområdet. Røde punkter viser lokaliteter og numrene henviser til isbjergsnr. Kort: © Styrelsen for Data-forsyning og Effektivisering, SDFE. B. Fog og K. Pørksen.

Vand og sediment fra land til hav, fra Grønland og Globalt:

Global ekskl. Grønland:	Vand 38510 km ³ /år	Sediment	12,884 Gt/år
Grønland floder:	Vand 446 km ³ /år	Sediment	0,91-1,28 GT/år
Grønland kælvning, englacial ("ren")	Is 576 km ³ /år	Sediment	0,014 Gt/år
Grønland kælvning, bundlag ("snævset")	Is ca. 1% af al kalvis	Sediment	1,92-2,88 Gt/år
Global inkl. Grønland	39532 km ³ /år	Sediment	15,72-17,01 Gt/år
Sediment fra Grønlands floder i procent af Global	5,8-7,5%		
Is fra Kælvning i procent af Global	12,3-17,0%		
Sediment fra Grønland i procent af Global	18,1-24,5%		

Kilde: Nature Geoscience DOI: 10.1038/NGE003046

↑ Lodret dronebillede fra ca. 100 m over havet. Gummibådens længde er cirka 7 m. Foto: N. Levin

bjergtoppe der stikker op som øer i isen). Gletschere kan yderligere få tilført materiale i form af blokke, der falder ned på isen fra de omkringliggende bjergsider og i form af sand og støv, der tilføres med vinden. I den nedre del af gletscheren, hvor al årets pålejrede sne smelter væk (kaldet ablationszonen), sker der en opkoncentrering af støv og nedfaldne blokke på overfladen. Mange gletschere når ikke frem til havet, men en del af det sediment, som de har eroderet fra underlaget, transporteres til havet i vandrige smeltevandfloder. Nogle gletschere når helt frem til havet, hvor de står med en stejl front. Ved fronten

kan gletschere stadig have kontakt med bunden, men hvor vanddybden er stor, kan gletschertunger fortsætte flydende ud i vandet og helt slippe bunden.

Langvejs transport

Befinder man sig foran fronten kan man iagttage et storslået naturskuespil, når enorme isklodser brækker af og styrter i havet. Afbrækningen skyldes, at isen bevæger sig fremad. Sprækkedannelse og vandets opdrift gør isen ustabil.

Kalvisen kan indeholde sediment med meget forskellige kornstørrelser. Havet kan derfor få tilført

sediment, som er mere grovkornet end det finkornede sediment, som kommer via floderne. I borekerner fra havbunden kan man i forskellig dybde finde grove korn imellem det i øvrigt finkornede materiale. Forekomsten af grove korn forklares ved, at de er smeltet ud af isbjerge, som på et tidspunkt er drevet omkring i havet. Finder man den slags havbundsaflejringer med grove korn i en borekerne indikerer det forekomst af kolde perioder, hvor sediment er blevet transporteret over store afstande af isbjerge. Under istiderne har store dele af den nordlige halvkugle været dækket af is, som har kunnet sende kalvis ud



Snavset isbjerg foran Sydbæ. Foto: B.O. Petersen.



HDMS Lauge Koch på isfangst i Scoresbysund fjord. Foto: N. Levin



Prøvetagning set fra en drone. Foto: N. Levin

i Nordatlanten og det nordlige Stillehav. Dette bekræftes af forekomsten af de karakteristiske aflejringer med grove, istransporterede korn fra dele af oceanbunden, hvor der ikke forekommer isbjerge i dag.

Kalvis i Grønland

Grønland er i dag det eneste sted på den nordlige halvkugle, der er dækket af en større iskappe, Indlandsisen, som kælver direkte ud i havet. Desuden kælver lokale gletschere i Grønland og det øvrige Arktis i havet. Kalvisen frigøres fra fronten med vekslende intensitet gennem året, afhængigt af isstrømmens hastighed. I nordlige egne og i fjordsystemer bliver kalvisen om vinteren tilbageholdt af havisen tæt på fronten i en tæt kaotisk sammenhobning af isbjerge, på grønlandsk en såkaldt sikussak. Når havisen smelter, kan kalvisen bevæge sig mod det åbne hav drevet af smeltevandsstrøm og tidevand og under stærk indflydelse af vindhastighed og -retning. Transporten af sediment sammen med kalvis er som nævnt en del af det globale sedimentkredsløb. Men vor viden om transporttid og -processer på sedimentets vej fra gletscherfront til havet gennem fjordsystemer er endnu begrænset. Det er derfor

interessant at undersøge indholdet af sediment i isen og transportprocesserne på vej til havet, og det var baggrunden for, at jeg i sommeren 2018 befandt mig på inspektionsfartøjet HDMS Lauge Koch på jagt efter kalvisprøver i de østgrønlandske farvande.

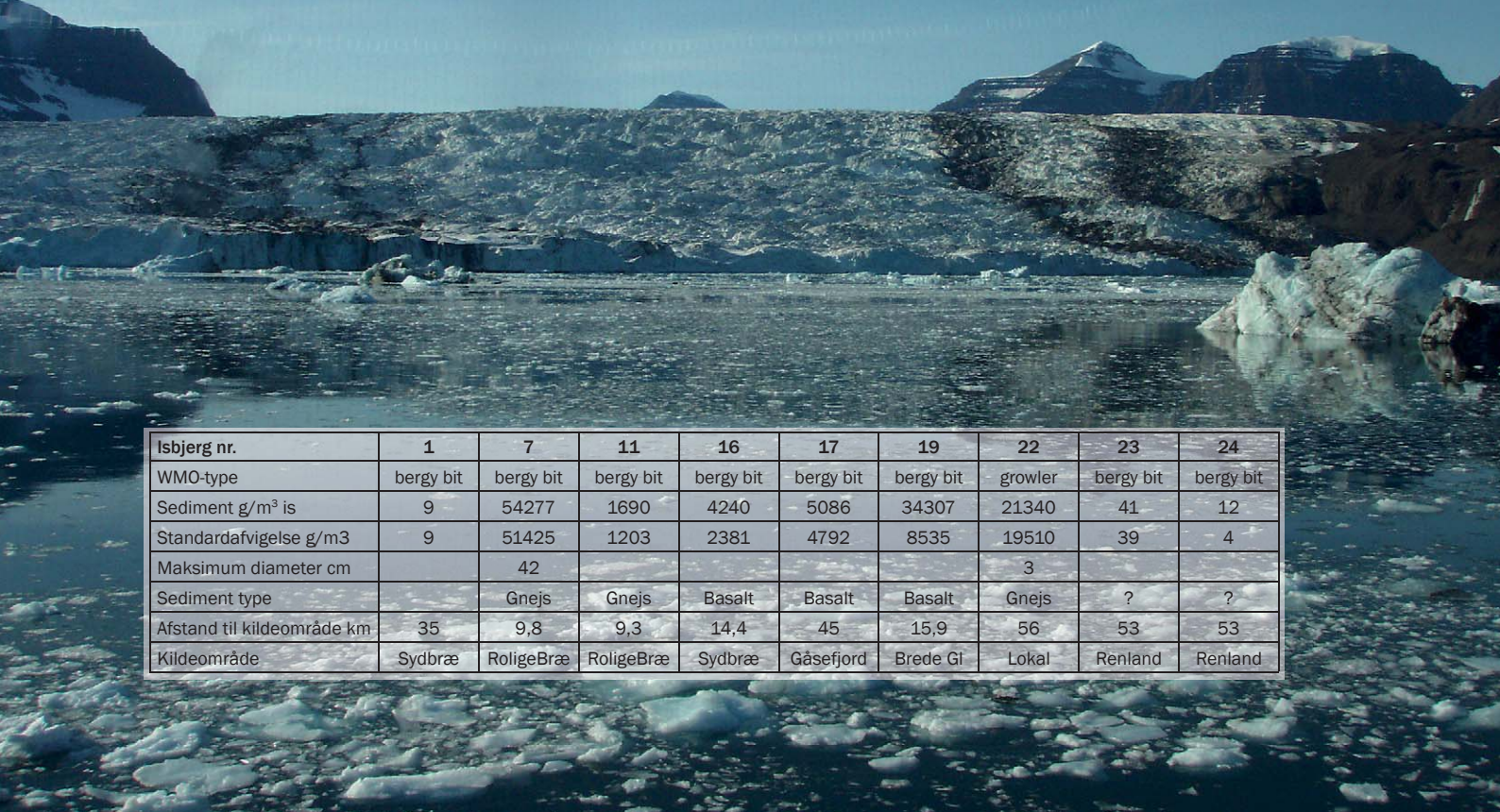
På isfangst

Den Danske Flåde foretager året rundt inspektionstogter langs Grønlands kyster. Skibene passerer gennem områder, som normalt ikke besejles. En aftale mellem Dansk Center for Havforskning (DCH) og Flåden giver forskere mulighed for at benytte Flådens skibe til forskning, når det kan forenes med Flådens normale opgaver. I sommeren 2018 var der to togter for forskere i østgrønlandske farvande. Jeg var så heldig, at der var ledig plads på et togt i Scoresby Sund. Togtets primære forskningsopgave var at studere narhvaler.

Sammen med hvalforskerne blev jeg afhentet ved Constable Pynt af HDMS Lauge Kochs SAR-båd (SAR = Search And Rescue) og installeret i det fine nye skib, som straks sejlede ud i sejlede ud i hovedfjorden. Efter nogle dage med sikkerhedsprocedurer og testning af udstyr

til narhvalforskningen, fik jeg den fjerde dag at vide, at jeg kunne få lov til at bruge skibets MOB-båd (MOB = Man Over Board) i to timer til at fiske isbjerge. Bådens mandskab – en matros, en motormand og en bådfører – samt Arktisk Kommandos civile forskningskoordinator, Bettina Ovgård Petersen, og jeg blev ikklædt rumfartslignende overlevelsesdragter og hjelme. Mens vi baksede med dragterne blev skibssiden åbnet og gummi-båden svinget ud over siden. Den barske banjemester gav os lov til at gå om bord med vores udstyr. Vi blev hejset ned langs skibssiden og havnede i vandet mens skibet sejlede med 4 knob. Kranwiren og fanglinen blev sluppet, og vi sejlede væk fra skibet, nu skulle mine skrivebordsideer om isprøvetagning stå sin prøve.

Vi befandt os i munden af en sidefjord til hovedfjorden. Jeg dirigerede båden hen til et isbjerg, matrosen fastholdt isbjerget med bådshagen, mens jeg hakkede isprøver af med isøksen tre steder på isbjerget for at få et indtryk af variationen i sedimentindholdet. Prøverne blev fanget med en ketsjer og lagt i mærkede plasticposer. Jeg tog fotos, målte GPS-position,



Isbjerg nr.	1	7	11	16	17	19	22	23	24
WMO-type	bergy bit	bergy bit	bergy bit	bergy bit	bergy bit	bergy bit	growler	bergy bit	bergy bit
Sediment g/m ³ is	9	54277	1690	4240	5086	34307	21340	41	12
Standardafvigelse g/m ³	9	51425	1203	2381	4792	8535	19510	39	4
Maksimum diameter cm		42					3		
Sediment type		Gnejs	Gnejs	Basalt	Basalt	Basalt	Gnejs	?	?
Afstand til kildeområde km	35	9,8	9,3	14,4	45	15,9	56	53	53
Kildeområde	Sydbæ	RoligeBæ	RoligeBæ	Sydbæ	Gåsefjord	Brede Gi	Lokal	Renland	Renland

Front foran Sydbæ. Fronten er 100-300 m høj. Fjeldene i baggrunden er cirka 2000 m høje. Bemærk striberne af sediment ned over gletscheren. Foto: B. Hasholt
Tabellen viser analyseresultater fra udvalgte isprøver.

vindhastighed, luft- og vandtemperatur og førte målebog. Bettina, der var taget med for at se, hvad projektet gik ud på, kunne godt se, at jeg havde travlt, så hun tilbød at fotografere og hjælpe til med målingerne. Efter endnu to isbjerger sejlede vi tilbage til skibet og blev hejset op igen.

På resten af togtet var jeg så heldig, at Bettina stillede sig til rådighed som "forskningsassistent" for mit projekt. Sammen med MOB-bådens mandskaber, hvoriblandt der også var den kompetente dronepilot Nicklas Levin, lykkedes det at få samlet prøver fra 24 individuelle isbjerger, i alt 72 enkelte isprøver, som blev sendt til Danmark for at blive analyseret.

Lovende resultater

Formålet med pilotprojektet var at udvikle og teste metoder til opsamling af kalvisprøver samt at indsamle og analysere steds- og tidsbestemte kalvisprøver fra grønlandske farvande. Metodikken med brug af isøkse og ketsjer til indsamling af prøver fungerede godt. For at undgå at skulle holde isprøverne nedfrosset, blev prøverne sendt til Danmark som smeltede isprøver i plasticposer. Plasticposerne blev

valgt på grund af lav vægt og smidighed i forhold til isklumpernes uregelmæssige form. Spidse iskrystaller kan skære hul i poserne, så derfor blev der holdt skarpt øje med lækager, som straks blev stoppet med nye poser uden på. Prøverne blev vejret straks efter ankomsten til skibet.

Det er vigtigt, at prøverne er repræsentative – målestedet må ikke være "biased", det vil sige subjektivt udvalgt. Første prøve blev udtaget tilfældigt, hvor båden ramte isbjerget, og de følgende to udtages med en fast afstand på mindst en meter. Derfor er prøverne af det enkelte isbjerg repræsentative, men hvad med valget af selve isbjerget?

Af sikkerhedsmæssige grunde blev der kun taget prøver af små isbjerger, der ikke kunne kæntre og falde ned over båden, såkaldte "bergy bits" og "growlers". Når man sejler omkring i isen, er det tydeligt, at der er både meget snavsede og meget rene isbjerger, flest af de sidste. En repræsentativ prøvetagning kræver, at andelen af rene og snavsede isprøver svarer til fordelingen af rene og snavsede isbjerger. Det var ikke muligt inden for tidsrammen at bestemme andelen af snavsede

isbjerger, men vores rekognosceringsflyvninger med droner viser, at optagelser fra droner er velegnede til bestemmelse af andelen af snavsede isbjerger.

Vi tog fortrinsvis prøver af snavsede isbjerger foran kendte kildeområder for kalvis. Derved opnåes dels et bud på, hvor meget sediment, der maksimalt er i kalvis i et givet område, dels at sedimenterne kan relateres til et bestemt kildeområde. Denne strategi gav lovende resultater. Bjergarterne i den sydlige del af Scoresby Sund består af basalter, som tydeligt kan erkendes i isprøverne fra de tre kildeområder, som blev besøgt på denne del af togtet. Kildeområderne i den centrale og nordlige del af Scoresby Sund består af gnejs, sediment i isen herfra er mere sandet og består af gnejs, tydeligt forskelligt fra de sydlige. De mineralogiske undersøgelser er ikke færdige, men resultaterne peger på, at sedimentindholdet i kalvis kan bruges til at identificere kildeområder og eventuelt ukendte geologiske lag under isen. Kendskab til sedimentindholdet i kalvis fra forskellige grønlandske kildeområder kan gøre det muligt at bestemme hvorfra sediment i prøver fra oceanbunden stammer. ■

Videre læsning

Hasholt B. (2000): Grønland som leverandør af sediment til de omgivende have. Topografisk Atlas Grønland. Det Kongelige Danske Geografiske Selskab. København 2000.

Hasholt B. et al. (2006): Sediment transport to the Arctic Ocean and adjoining cold oceans. Nordic Hydrology 37, 413-432 (2006).

Overeem I. et al. (2017): Substantial export of suspended sediment to the global oceans from glacial erosion in Greenland. Nature Geoscience. DOI:10.1038/NGEO3046.

Projektet er støttet af Dansk Center for Havforskning, Arktisk Kommando og VELUX FONDEN. En særlig tak til kaptajn og besætning på HDMS Lauge Koch.

Foto af ESS-faciliteten, som den tager sig ud i skrivende stund, med den nu delvist underjordiske tunnel og servicebygninger til højre. De mange byggekraner i baggrunden er ved target-bygningerne. Den røde pil markerer selve acceleratoren. Foto: Perry Nordeng



KUNSTEN AT BYGGE VERDENS MEST EFFEKTFULDE ACCELERATOR

Om forfatterne



Søren Pape Møller er centerleder ved Institut for Fysik og Astronomi og leder synkrotronstrålingsacceleratoren ASTRID2. Søren Pape Møller har deltaget i ESS-projektet siden starten i 2010 og er ansvarlig for det danske bidrag til acceleratoren i ESS.
fyssp@phys.au.dk



Heine Dølrath Thomsen har været med i ESS siden 2010 og har designet dele af ESS-acceleratoren og specielt stået for design, specifikation, test og nu indkøb af komponenter til de danske acceleratorkomponenter.
heine@phys.au.dk

For at kunne producere neutroner til brug i den kommende forskningsfacilitet European Spallation Source i Sverige er det nødvendigt at bygge verdens mest effektfulde accelerator. Og det er en teknisk bedrift, der byder på mange udfordringer.

Danmark er sammen med en række andre lande i gang med at bygge verdens stærkeste neutronkilde, *European Spallation Source*, i Lund i Sverige. Det vil give forskere nye muligheder for videnskabelige opdagelser inden for områder som materialer, energi, sundhed, miljø, kulturarv og fundamental fysik.

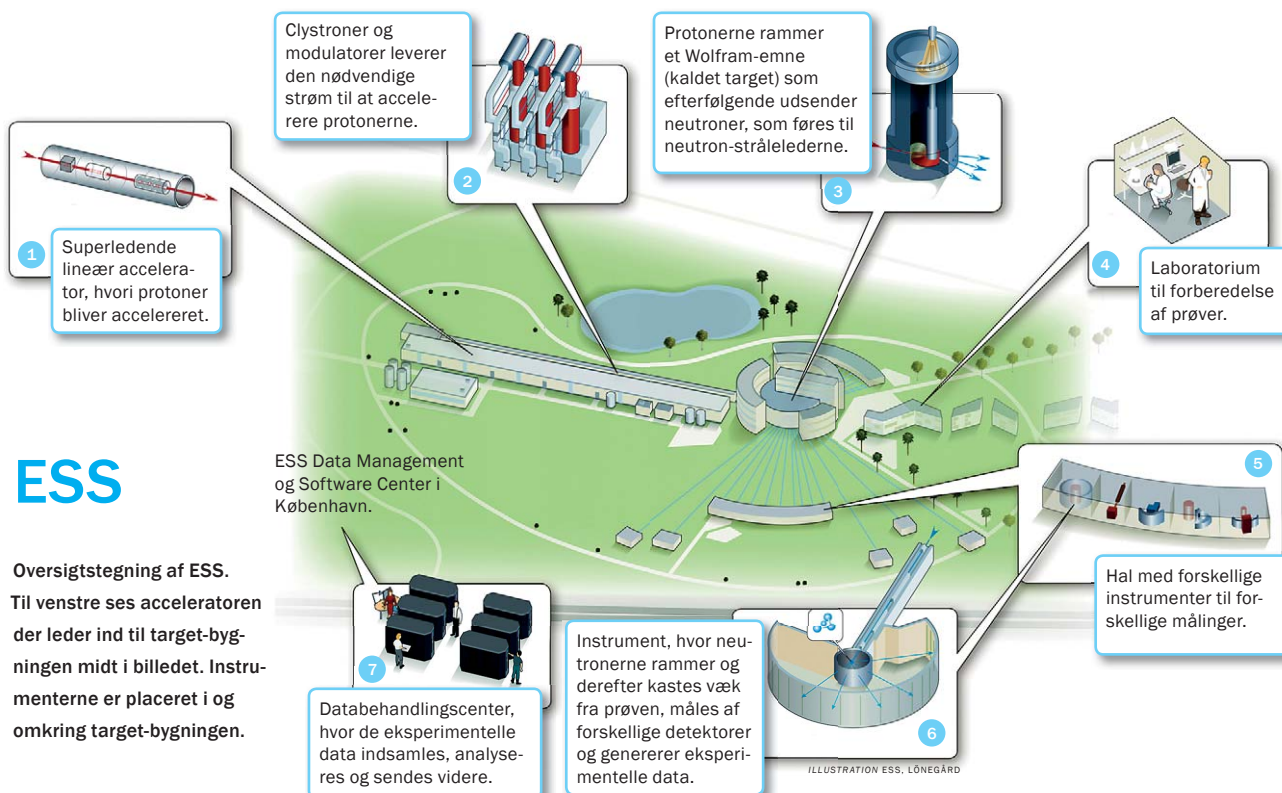
Som tidligere omtalt her i bladet står danske forskere for flere af de planlagte neutroneksperimenter. Men danske forskere er også involveret i designet af den avancerede accelerator, der er forudsætningen for, at der kan produceres mange

neutroner til eksperimenterne. Acceleratoren vil kunne levere den hidtil største effekt af en partikelstråle (5 MW) fra en accelerator. Udover at acceleratoren vil være en interessant maskine rent teknisk, vil den nødvendige teknologimodning og erfaring også være interessant for andre acceleratorprojekter, for eksempel til strålebehandling af kræftpatienter.

Neutroner fra reaktorer og accelerators

Hvis man har brug for neutroner til forskningsformål er der i princippet to forskellige kilder til at skaffe disse: kernereaktorer eller accelerato-

rer. Neutroner dannes i stort antal i reaktorer på de atomkraftværker, der producerer en væsentlig del af verdens elektricitet. I reaktorer spaltes tunge atomkerner som uran til lettere kerner under frigivelse af energi. Desuden udsendes der ved hver kernespaltning et overskydende antal neutroner, der kan give anledning til nye kernespaltninger, men som altså også kan bruges til forskningsformål. Igennem tiden er der blevet bygget et antal dedikerede forskningsreaktorer. Danmark har haft og har stadig en stærk position inden for materialeforskning med neutroner, hvilket stammer tilbage fra brugen af de i 2001 luk-



kede reaktorer på Risø. Den mest intense neutronstråling fra en reaktor findes i dag ved forskningsreaktoren ILL i Grenoble i Frankrig.

Frie neutroner kan også produceres ved såkaldt spallation, hvor man bombarderer atomkerner med andre lettere kerner. Herved udsendes der også et stort antal neutroner. Konkret foregår det ved at beskyde et tungt materiale, for eksempel wolfram, med en stråle af protoner ved høj energi. Sådanne acceleratorbaserede neutronkilder – kaldet spallationskilder – er blevet udviklet gennem de seneste tiår. Her kan vi nævne ISIS i England og den nuværende mest intense kilde *Spallation Neutron Source*, SNS, i USA – og selvfølgelig den kommende *European Spallation Source* (ESS) i Lund i Sverige.

Mange fordele ved spallation

En fordel ved spallationsprocessen er, at den ikke kan løbe løbsk – den stopper, når beskydningen med protoner standses. Denne sikkerhedsmæssige fordel anses for væsentlig i forhold til en reaktor. Yderligere produceres der meget

mindre radioaktivt materiale i en spallationskilde end i en reaktor. Endnu en fordel ved at anvende acceleratoren er muligheden for at accelerere pulserede stråler. Dette resulterer i pulserede neutronstråler, der med fordel kan udnyttes i selve neutroneksperimenterne, idet energien af neutronerne herved kan måles ved at bestemme deres flyvetid.

Hvor antallet af producerede neutroner, der kan bruges i et givet eksperiment fra en reaktor, menes at have nået sin praktiske og tekniske grænse for mange år siden, så er dette ikke tilfældet for en spallationskilde. Det skyldes især, at der er et uudnyttet potentiale af acceleratoren. Den kommende ESS forventes således at kunne producere neutronintensiteter, der er mindst en størrelsesorden højere end de hidtil bedste kilder.

For højenergetiske protoner, der skydes ind i en tyk wolframblok, er antallet af producerede neutroner stort set proportionalt med protonenergien. Derfor kunne man tro, at det gælder om at give protoner

så høj energi som muligt for at producere flest muligt neutroner. Men jo højere energi, protonerne har, jo længere trænger de ind i wolframblokkene, og derfor er alt for store protonenergier ikke optimalt. Simuleringer viser, at udbyttet af brugbare neutroner er størst ved en protonenergi på cirka 2 GeV, hvor der frigives 30-40 neutroner per indkommende proton. For at producere en neutronstråle med høj intensitet, skal vi altså især maksimere intensiteten af protonstrålen, og her er ambitionen en protonstråle med en effekt på hele 5 MW.

Acceleratoren i ESS

Der findes i dag flere typer af acceleratoren, der kan levere protoner med en energi på 2 GeV. I ESS er valget faldet på en såkaldt lineær radiofrekvensaccelerator (se boks), hvor svingende elektriske felter accelererer partiklerne successivt af flere gange. Ved at gøre den største del af acceleratoren superledende, holdes den forholdsvis kort (den bliver dog stadig 500 meter lang) og langt mere effektiv, om end den også bliver dyrere i konstruktion. Det spares dog hurtigt hjem på et

Princippet i en lineær radiofrekvens-accelerator

I den 500 meter lange accelerator i ESS øges protonernes energi af flere på hinanden følgende radiofrekvens-acceleratorer. I hver af disse sender man radiobølger, typisk på flere hundrede millioner svingninger per sekund (MHz), og man opnår svingende elektriske (og magnetiske) felter mellem de ophængte elektroder. En proton, der ankommer i accelerationsgabets til det rette tidspunkt, vil blive udsat for et fremadrettet elektrisk felt, altså en fremadrettet kraft, og derved øges protonens hastighed; den accelereres. Da protonerne således bevæger sig hurtigere og hurtigere gennem acceleratoren, skal længden af elektroderne øges for en fast frekvens. Ved udgangen af ESS acceleratoren har protonerne en hastighed meget tæt på lysets hastighed på 300.000 km/s. Protonstrømmen i pulsen vil være 62,5 mA. I ESS har man valgt de to radiofrekvenser 352 og 704 MHz. Dette vil bundte protonerne til 352 MHz, hvor hvert bundt vil være omkring et nanosekund langt.

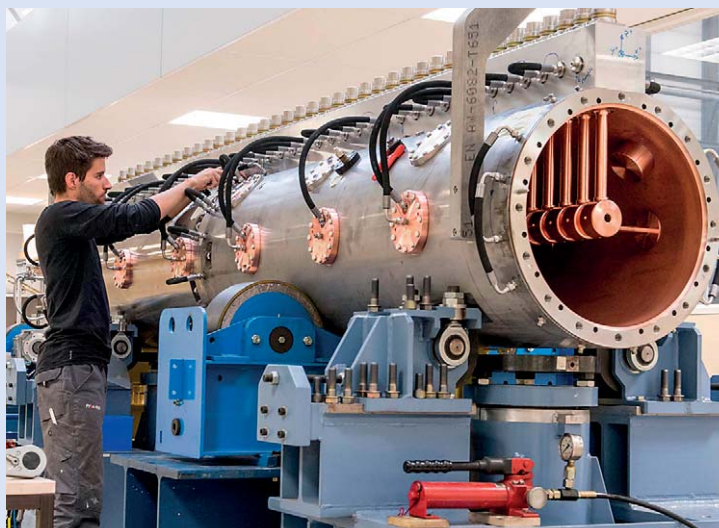
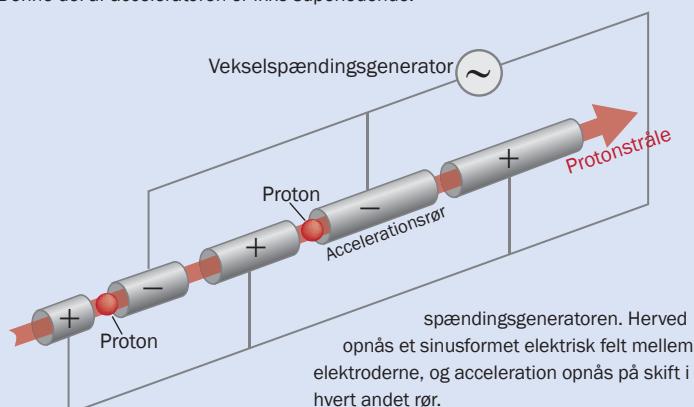
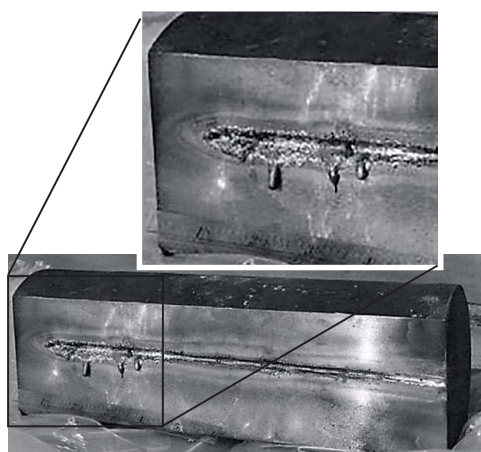


Foto: Maximilien Brice/CERN

En radiofrekvensaccelerator fra CERN (LINAC4) meget lig den, der bliver bygget til ESS. De individuelle på hinanden følgende accelerationsrør, der er ophængt i en kobberstang fra oven, ses tydeligt i begyndelsen af acceleratoren. Denne del af acceleratoren er ikke superledende.



Princippet i en radiofrekvensaccelerator af den type, der bygges til ESS ved de lave energier. Hvert andet rør forbindes til den ene pol, og de andre rør til den anden pol i veksel-



Da protonstrålen langs acceleratoren i ESS er uhyre intens og kun få millimeter stor, vil selv små relative tab på et hvilket som helst sted forvolde stor skade på udstyr ved at inducere stor radioaktivitet eller endda smelte det ramte materiale. På billedet ses en 30 cm lang kobberblok, der er ramt af en 2 mm stor partikelstråle med en effekt på 0,5 MW – den smelter igennem på cirka 1 sekund! Derfor ofres der stor opmærksomhed på at minimere tab af protonstrålen i ESS. Foto: L. Keller et al., SLAC.

lavere elforbrug. Den pulserede accelerator leverer hvert sekund 14 pulser, der hver især har en varighed på 2,86 ms.

Protonerne starter deres rejse i en ionkilde, hvor en tynd brintgas ioniseres til brintkerner (=protoner) og ekstraheres ved en energi på 75 keV. Herefter fortsætter protonerne rejsen gennem en række sektioner af forskellige radiofrekvensacceleratorer, som trinvis accelererer dem op til deres slutenergi på 2 GeV. Til slut transporterer og fokuserer et system af elektromagneter protonstrålen fra den underjordiske accelerator de 4,5 m op til jordens overflade, hvor strålen rammer et stort, roterende target af wolfram i et nøje planlagt mønster (se boks).

Gennem hele acceleratoren transporteres partikelstrålen i et lufttomt vakuumssystem for ikke at kollideres med luftens atomer.

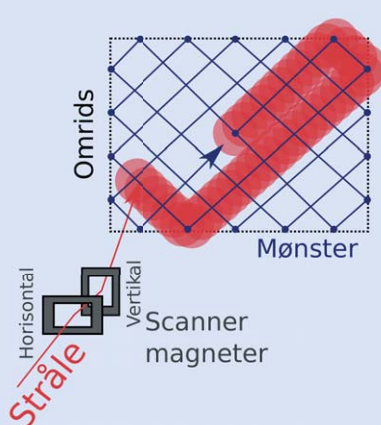
Et kæmpe wolfram-hjul

Ligesom det er en stor udfordring effektivt at producere en protonstråle med en effekt på 5 MW, er det også en udfordring at designe, bygge og vedligeholde en blok af et materiale, et "target", der kan håndtere den store effekt og belastning fra protonstrålen. Tidligere faciliteter har anvendt stærkt vandkølede targets af bestandige metaller med meget højt smeltepunkt som wolfram. Den i dag mest intense neutronkilde, SNS i USA, bruger endda et target af flydende kviksølv. Protonstrålen rammer her en stråle

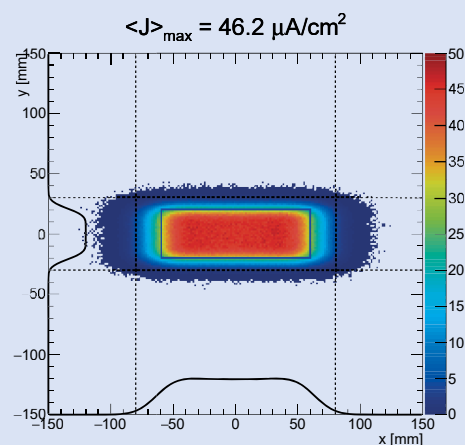
Skanneprincippet i ESS

Når protonstrålen fra acceleratoren i ESS rammer targetet i form af et stort wolfram-hjul ønsker man ideelt set, at fordelingen af protoner er så jævn som muligt. Det er nemlig den maksimale intensitet, som dikterer krav til kølesystemet samt hvor megen skade, protonstrålen inducerer i materialet. Man kan ved hjælp af komplicerede mange-pol-magneter lave den ønskede flade fordeling af protonerne på target-overfladen, men resultatet er for følsomt over for den oprindelige profil, der i en intens accelerator forventes at besidde "haler" af partikler i store afstande fra centret af strålen. Disse partikler i halerne vil af mange-pol magneter blive afbøjet til store afstande fra centret og dermed ramme omgivelserne og producere en stor mængde meget radioaktivt materiale.

Vi har derfor i stedet designet et system, hvor man ved hjælp af pulserede elektromagneter bevæger en tynd protonstråle. Princippet svarer til et gammeldags tv-apparat, hvor en elektronstråle scannes hen over billedrøret. Her skal



Hver enkelt puls af protoner skannes på overfladen af targetet af hurtige skanne-magneter, der afbøjer strålen både horisontalt og vertikalt med frekvenser på op til 40 kHz. Ved at udvælge forhold i skannefrekvenserne bevæges strålen i et fiskenet-mønster (til venstre), som gennemføres for hver puls, dvs. 2,86 ms. Herved omformes hver eneste puls effektivt til en meget flad fordeling med meget lav lokal intensitet i forhold til en tilsvarende normalfordeling af samme dimensioner. En simuleret fordeling ses til højre.



hver scanning af hele billedrøret afsluttes hurtigt nok til, at det menneskelige øje ikke kan opfatte scannemønster eller billedfrekvens. På samme måde skal scanning af hver puls af protoner ske hurtigt nok til, at hverken termiske effekter i targetet eller neutron-eksperimenterne "ser" scanningen, hvilket kræver anseelige skanne-frekvenser på op til 30-40

kHz. Ved hjælp af dette system kan man nøje skræddersy en rektangulær, flad fordeling af protonerne hen over targetet og samtidig undgå problemet med mange-pol-magneterne beskrevet ovenfor. Produktionen af disse pulserede magneter og de tilhørende strømforsyninger og vakuumkamre er vundet af det danske firma DANFYSIK i offentlig udbud.

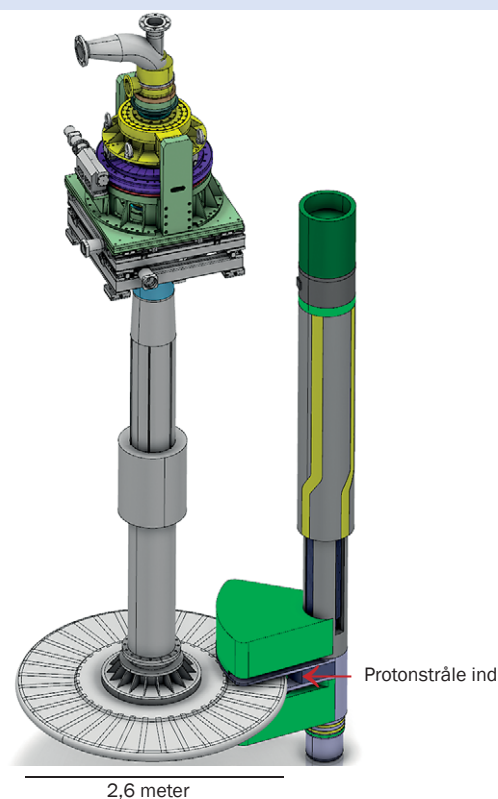
af kviksølv, der naturligvis herved opvarmes kraftigt. Den flere hundrede grader varme kviksølv samles op, køles, renses og recirkuleres tilbage i strålen i et lukket system. Dette er en teknologisk bedrift i sig selv, men formentlig vil det være svært at udvide dette koncept til højere effekter end de nuværende 1,5 MW ved SNS.

I forbindelse med ESS har man derfor genoplivet en idé fra omkring 1980. Her bruges et stort roterende "hjul" af wolfram som target. Herved får man på en effektiv måde udbredt protonstrålen over et stort areal, mens neutronerne stadig vil komme fra den lille del af targetet, der rammes af protonerne. Wolfram-hjulet i ESS er

2,6 m i diameter og vejer i alt 11 tons, hvoraf de 4,9 tons består af "wolfram-mursten". Ved en energi på 2,0 GeV trænger protonerne næsten 1 meter ind i de beskyttede blokke. Selve targethjulet roterer næsten med en omdrejning hvert andet sekund, således at hele periferien på 2,56 sekunder rammes jævnt. Protonstrålen vil i en puls (2,86 ms lang) ramme en enkelt wolfram-mursten med et tværsnitsareal på 16x6 cm², hvorved temperaturen vil øges med cirka 100 °C.

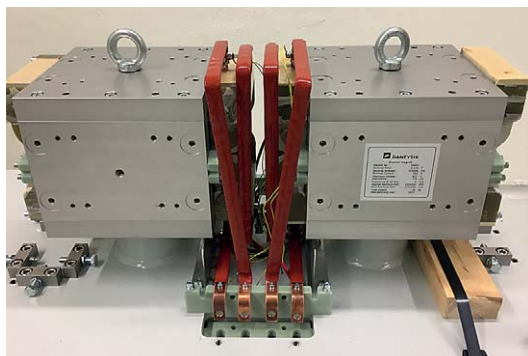
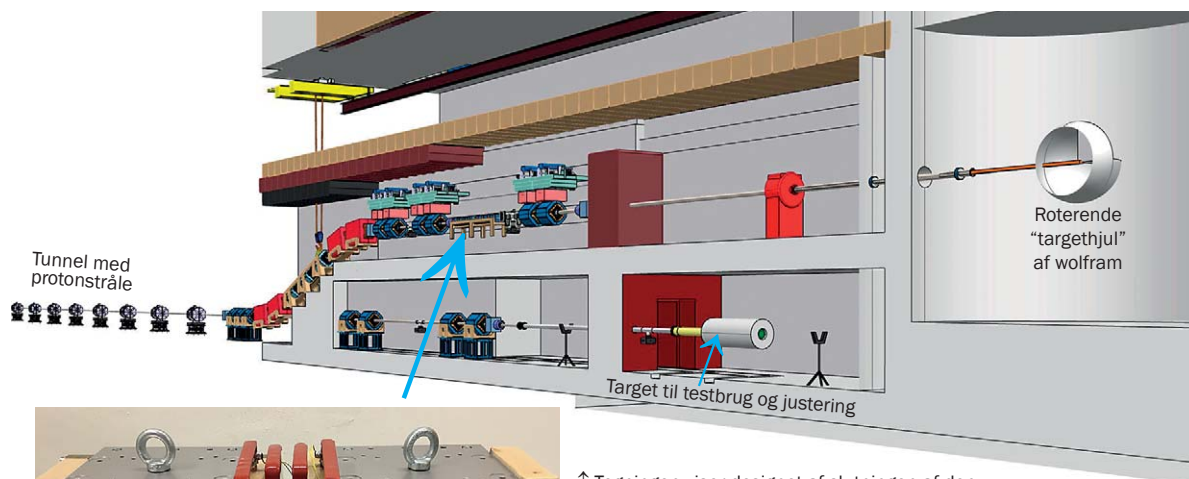
Det roterende target i ESS er et kæmpe wolfram-hjul med en diameter på 2,6 m. Hele systemet vil være pakket ind i beton- og jernblokke, neutron-moderatorer og diverse diagnostik- og forsyningskanaler.

Illustration: ESS



Videre læsning

I Aktuell Naturvidenskab nr. 1/2015 og 2/2015 blev der bragt en række artikler, der tog udgangspunkt i ESS og den forskning, der gør brug af neutroner.



↑ Tegningen viser designet af slutningen af den delvist underjordiske tunnel, der bringer den intense protonstråle op fra den underjordiske tunnel til target. Centralt for dette design er pulserede elektromagneter, som er udviklet i et samarbejde mellem ESS og Institut for Fysik og Astronomi og produceres af virksomheden DANFYSIK (← se foto).

Target skal derfor køles ned, inden det rammes igen en omgang senere. Det foregår med kølet heliumgas, der naturligvis recirkuleres i et system af varmevekslere. Mange tekniske udfordringer er i spil, for eksempel at få den opvarmede heliumgas i hjulet tilbage gennem det roterende hjul og aksel til kølesystemet. Her stilles der store krav til pakninger med videre. Yderligere skal hele targetsystemet kunne serviceres og udskiftes af fjernstyrede robotarme på grund af det forholdsvis høje niveau af radioaktivitet. I det hele taget bliver ESS en stor teknologisk bedrift.

Krav til protonstrålen på target

Ved Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet, har vi stået for designet af at bringe den accelererede protonstråle fra udgangen af den underjordiske accelerator op til targetbygningen, indtil protonerne rammer target. Mange krav til den optimale størrelse, profil og diagnostik af strålen er i spil, specielt skal væsentlige tab af partikler minimeres af hensyn til uønsket radioaktiv stråling i omgivelserne. For meget stråling vil nemlig gøre servicering af komponenter besværlig, og i værste fald vil man også her kunne blive nødt til at bruge fjernbetjente,

dyre og besværlige robotarme til at servicere og udskifte komponenter.

Første del af vores projekt består i selve transporten af strålen fra accelerator til target, og det foretages af et system af dipol- og kvadrupol-elektromagneter til afbøjning og fokusering af protonerne. Dette systems overordnede design er lavet i et samarbejde mellem ESS og Institut for Fysik og Astronomi, og det danske firma DANFYSIK A/S er udvalgt til at producere disse elektromagneter.

For at opnå en jævn fordeling af protonstrålen på target har vi designet et system, hvor man ved hjælp af et system af pulserede elektromagneter bevæger en tynd protonstråle hen over target. Princippet svarer ganske til et gammeldags tv-apparat, hvor en elektronstråle skannes hen over billedrøret. Ved hurtigt at skanne protonstrålen tværs over et rektangel af de ønskede dimensioner på target opnår vi en fordeling med en næsten konstant intensitet.

Ny tidsplan – de første neutroner i 2021

I en højteknologisk facilitet som ESS er der mange udfordringer at løse, og på den baggrund kan det

ikke undre, at projektet allerede har været forholdsvis længe undervejs. ESS blev besluttet politisk i 2009, og designet startede for alvor medio 2010. Efter få år blev det annonceret, at de første neutroner ville blive produceret i 2019, men dette har dog vist sig ikke at kunne holde.

For nylig har erfaringerne fra Fukushima-atomkraftværket i Japan været med til at stille nye krav om jordskælvs- og tsunamisikring af selve target. Forventningen er i dag, at man kan levere de første neutroner i 2021 med indkøring af de første neutroninstrumenter i 2022 og start af brugerprogrammet i 2023. Faciliteten forventes at kunne levere verdens største intensitet af neutroner fra en 2-3 MW protonstråle i 2025, og efter yderligere et par år med ekstra finansiering, vil den designede effekt på 5 MW kunne være til rådighed.

ESS bliver altså om nogle år verdens "største" accelerator, ikke i partikelenergi eller i størrelse; her vinder LHC på CERN, men ESS bliver verdens mest effektfulde accelerator – altså den accelerator, der leverer den største effekt i partikelstrålen. ■

OPLEV UNIVERSITETET INDEFRA

BLIV STUDERENDE FOR EN DAG

Kom med og følg hverdagen som studerende på Aarhus Universitets naturvidenskabelige uddannelser og ingeniøruddannelser.

Oplev studielivet, kom med til undervisning og stil dine spørgsmål til den universitetsstuderende, som du følger, mens du er 'studerende for en dag'.



Fotografer: Anders Trærup og Lars Kruse, AU Foto

Læs mere og tilmeld dig på

[SCITECH.AU.DK/STUDERENDEFORENDAG](https://scitech.au.dk/studerendeforendag)



AARHUS
UNIVERSITET
SCIENCE AND TECHNOLOGY



KØBENHAVNS UNIVERSITET

A full-page background image showing a person standing on a grassy mountain peak at sunset. The sun is low on the horizon, creating a warm orange and pink glow. The person is silhouetted against the bright sky. The text is overlaid on the lower half of the image.

FORDI DIN NYSGERRIGHED DRIVER NATURVIDENSKABEN

Med en naturvidenskabelig uddannelse
kan du være med til at forandre verden til det bedre.

Gør studievalget lettere ved at blive studerende for en dag,
besøge os med din klasse, eller se film om uddannelserne.

[SCIENCE.KU.DK/BA](https://science.ku.dk/ba)

DIGITALE BIER

kan afsløre uønskede effekter af sprøjtegift

Bierne går tilbage i Europa og Nordamerika, og sprøjtemidler menes at være en del af årsagen. Derfor arbejder bl.a. danske forskere nu på at simulere en digital honningbikoloni, som kan indgå i en realistisk vurdering af skadelige bivirkninger fra giftstoffer under komplekse forhold i naturen.

Dronningen er bien markeret med en gul prik på forkroppen. Hun er omgivet af arbejderbier, som passer hende. Foto Yoko L. Dupont.

Forfatterne



Yoko Luise Dupont er seniorforsker i biologi. yoko.dupont@bios.au.dk



Per Kryger er seniorforsker, Institut for Agroøkologi, Aarhus Univ. per.kryger@agro.au.dk



Jørgen Aagaard Axelsen er seniorforsker. jaa@bios.au.dk



Peter Borgen Sørensen er seniorforsker. pbs@bios.au.dk



Christopher John Topping er professor MSO. cjt@bios.au.dk

Alle ved Institut for Bioscience, Aarhus Universitet bortset fra Per Kryger.

I foråret 2018 vedtog EU et forbud mod udendørs anvendelse af tre stoffer, som hører til de såkaldte neonikotinoide. Stofferne har ellers i årevis været nogle af de mest anvendte insektmidler på verdensplan. Men i de senere år har flere og flere undersøgelser dokumenteret, at de nu forbudte stoffer er skadelige for bier, både vilde bier og honningbier. Da bierne er vigtige bestøvere for mange af vores afgrøder samt mange vilde planter, har skadevirkninger i sidste ende betydning for den globale fødevarerikkerhed.

For at afdække de mange og komplekse faktorer, som er med til at stresser honningbier, iværksatte Det Europæiske Fødevarerikkerheds-

agentur, EFSA, i 2015 MUST-B-ind-satsen. MUST-B står for *EU efforts towards the development of a holistic approach for the risk assessment on Multiple STressors in Bees*. Her skal forskellige delprojekter bringe os nærmere en forklaring på, hvad der ligger til grund for forhøjede tab af honningbikolonier i nyere tid.

Standardtests er for simple

Honningbier er sociale insekter, som lever i familier med en dronning og op til 40-50.000 arbejderbier. Dronningens eneste opgave er at lægge æg, mens arbejderne gør rent i stedet, tager sig af æg og larver, holder vagt og ikke mindst samler føde og vand. Det er under den indsamling, de bliver udsat

for sprøjtegifte, som de risikerer at bringe med hjem til kolonien.

Normalt testes sprøjtegifte grundigt i laboratoriet på en række organismer, inden de bliver brugt på afgrøder. I såkaldte standardtests påsættes stoffet direkte på ryggen af f.eks. et antal raske honningbier, og giftigheden måles som dødeligheden af bierne indenfor 48 timer. Jo flere døde, jo giftigere er stoffet. Den slags tests undersøger dog kun skadevirkningerne af stofferne på kort sigt og tager ikke hensyn til, hvordan organismer udsættes for giften i naturen.

Men sprøjtegift kan også have effekter, som ikke umiddelbart medfører døden. Nogle neoniko-

Yderligere læsning

Bruus, M., Dupont, Y. L., Sørensen, P. B., Steenberg, T. 2015. Bier og sprøjtemidler – en farlig cocktail. *Aktuel Naturvidenskab* 5: 26-31.

Jeppesen, A. S., Dupont, Y. L., Frederiksen, J. Ø., Sørensen, P. B. 2018. Vild med bidans. *Aktuel Naturvidenskab* 5: 12-14.

www.efsa.europa.eu/en/topics/topic/bee-health

ApisRAM-teamet

Ud over forfatterne deltager David Wallis, Flemming Skov, Geoffrey Groom fra Aarhus Universitet, Annette Bruun Jensen fra Københavns Universitet, Fani Hatjina fra Hellenic Agricultural Organization 'DEMETER' i Grækenland samt Noa Simon-Delso, Centre Apicole de Recherche et d'Information fra Belgien.

Feltundersøgelseteamet

Ud over forfatterne deltager Marianne Bruus, Beate Strandberg, Mette Balslev Greve og Annie Enkegaard fra Aarhus Universitet, José Paulo Sousa, Nuno Capela, Artur Sarmiento, Henrique Azevedo-Pereira, Sílvia Castro, Joana Alves og Antonio Silva fra University of Coimbra, Portugal, Alice Pinto og Thiago Alves fra Polytechnic Institute of Bragança, Portugal, Birgit Lichtenberg-Kraag fra Länderinstitut für Bienenkunde, Tyskland samt Juan Lopez Martinez og Rosario Santiago Valvedo fra Laboratorio Analítico Bioclínico, Spanien.

tinoider har f.eks. vist sig at have ikke-dødelige, men mere langsigtede konsekvenser. Bier, der udsættes for små koncentrationer af stofferne, bliver dårligere til at samle føde og til at finde hjem, og larverne voksende langsommere og færre udklækkes. Desuden bliver biernes immunforsvar svækket. Det kan føre til, at sygdomme, som bierne normalt kan kontrollere, får et fatalt forløb.

I felten bliver bier også påvirket af andre stressfaktorer, herunder sygdomme, snyltere og rovdyr samt svingende forekomst og kvalitet af blomsterføden i landskabet. Syge eller dårligt ernærede bier er muligvis mere sårbare for andre stresspåvirkninger. Resultater fra tests i laboratoriet kan derfor kun i begrænset omfang overføres til mere komplekse og mindre gunstige forhold i naturen. Selvom feltforsøg er ønskværdige i tillæg til laboratorietests til vurdering af sideeffekter af sprøjtegift, er denne type undersøgelser desværre langt mere omfattende og dyrere end laboratorietests. Derfor bliver de sjældent udført, og de indgår ikke i kravene til godkendelse.

Computermodel kombinerer mange faktorer

Men der er en tredje mulighed for at undersøge effekter af sprøjtegift: computersimuleringer. De kan hurtigt og billigt forudsige betydningen af flere kombinerede faktorer såsom klima, tilgængelighed af blomster og sygdomme. Dette er netop formålet med en helt ny model: ApisRAM, *Regulatory*

Assessment Model for honeybees.

ApisRAM er udviklet under MUST-B af et forskerhold fra Aarhus Universitet sammen med partnere fra Grækenland, Belgien og Københavns Universitet. Modellen simulerer, hvordan en koloni af honningbier søger føde i et landskab, og hvordan deres koloniopbygning og adfærd påvirkes, når de udsættes for stresspåvirkninger som sprøjtegift, fødemangel, sygdomme og snyltere. ApisRAM er en såkaldt agent-baseret simulering. Det vil sige, at den forudsiger koloniens reaktion ud fra de enkelte biers adfærd. Modellen simulerer altså hver eneste bi, larve, æg og endda hver enkelt snylter i stedet i korte tids-trin på blot 10 minutter. Det giver en meget højere grad af detaljer end tidligere modeller.

De enkelte biers opførsel i modellen styres af beslutninger på baggrund af et komplekst system af moduler, som er forbundet med hinanden. Et fødesøgningsmodul simulerer eksempelvis, hvor hver enkelt bi i kolonien flyver hen i landskabet på et givent tidspunkt og dermed, hvad netop den bi udsættes for af sprøjtegift. Fordi fødesøgningsmodulet er sammenkoblet med et modul, som simulerer koloniens dynamik, kan simuleringerne af de enkelte bier bruges til at bedømme f.eks. input af ressourcer eller sprøjtegift til kolonien. Denne information kan igen bruges til at forudsige, hvordan kolonien klarer sig med hensyn til f.eks. æglægning, honningproduktion eller andre parametre, som har betydning for biernes overlevelse og formering på længere sigt.

Feltforsøg forfiner modellen

Før en simulation kan bruges til risikovurdering, er det altafgørende, at den afspejler virkeligheden. I et parallelt projekt til ApisRAM indsamles der derfor i 2019 og 2020 detaljerede data fra bifamilier, som bruges til løbende at teste og forbedre modellen. Projektet udføres af forskere fra Aarhus Universitet, University of Coimbra og Polytechnic Institute of Bragança (Portugal), samt Danmarks Biavlforening, Laboratorio Analítico Bioclínico (Spanien, pesticidanalyselaboratorium), og Länderinstitut für Bienenkunde (Tyskland, pollenanalyse laboratorium).

Projektet omfatter et stort forsøg på landskabsniveau med fire landskaber i Danmark, som hører til den nordlige EU-pesticidreguleringszone, samt to landskaber i Portugal, som hører til den sydlige EU-pesticidreguleringszone. I hver af de seks områder følges fem bifamilier nøje gennem de to år.

De danske forsøgsområder er typiske landbrugslandskaber: to på Sjælland og to i Jylland. På én sjællandsk og én jysk lokalitet bliver der gennemført en eksperimentel sprøjtning af 6 hektar raps med et stof, som er giftigt for bier. I de to andre områder – kontrolområder – bliver der ikke udført eksperimentel sprøjtning, men der laves tilsvarende målinger på forsøgsbifamilierne (se boks).

Modellens evne til at forudsige risikoen for påvirkning med sprøjtegift afhænger altså helt af, hvor præcis simuleringen stemmer overens med observerede data. Modellen forventes derfor først endeligt klar i 2021, når alle input fra feltundersøgelsen er indarbejdet. Men det er værd at vente på.

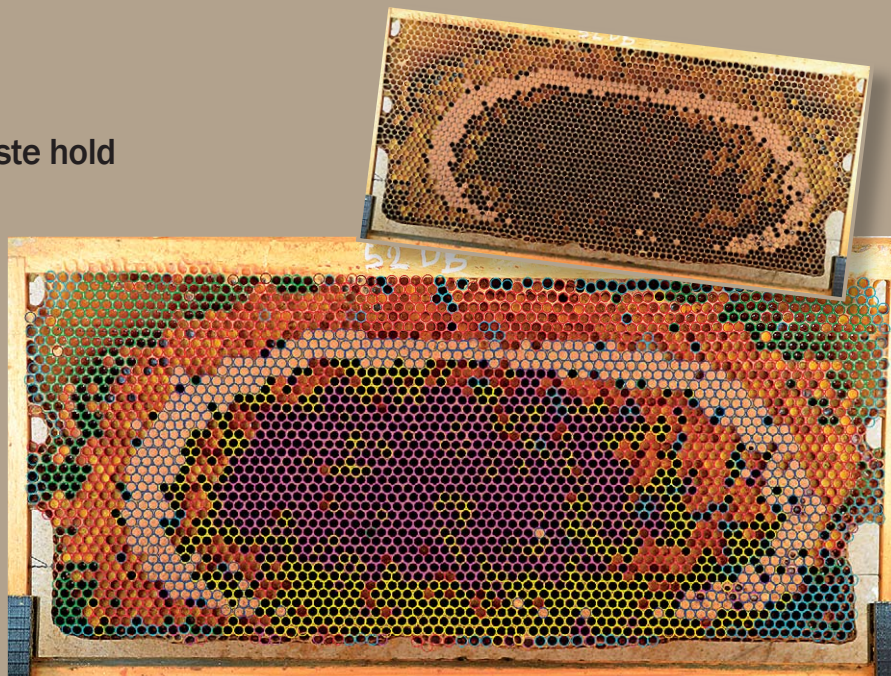
En realistisk model kan i fremtiden blive et vigtigt redskab i landskabsforvaltning og planlægning, således at vi bedst muligt kan tilgodese både bier, biavlere og landmænd og i sidste ende den globale fødevarer-sikkerhed. ■

Bidans afslører foretrukne fødesteder

Cirka en tredjedel af arbejderbierne flyver ud og indsamler føde i forskellige dele af landskabet. Disse arbejdere udsættes i varierende grad for en række giftstoffer i løbet af blomstringssæsonen. Derfor er en del af projektet dedikeret til at finde ud af, hvor bierne flyver hen. Det sker dels ved at kortlægge store blomsterressourcer i landskabet – dels ved at afkodes biernes danse. Med dansen kommunikerer honningbierne retning og afstand fra stedet, hvor bierne har fundet en god ressource (se *Aktuel Naturvidenskab* 5, 2018). På den måde bliver det muligt at afdække biernes (sandsynlige) fødesøgning i landskabet.

Bierne følges på nærmeste hold

Honningbier er både økonomisk og økologisk vigtige nyttedyr. Avanceret teknologi gør det muligt præcist at måle tilvækst og tab i bifamilien samt arbejderbierne aktivitetsniveau og landskabsudnyttelse. Koblet med kendskabet til belastningen fra sprøjtegift, sygdomstryk og forekomst af blomsterføde, bliver det muligt at give et bud på, hvordan bierne påvirkes af en sprøjtning i et givent landskab, og hvilke følger det får for kolonien. Disse data skal bruges i evalueringen af computermodellen, og giver os indsigt i, om simuleringer kan bruges som et redskab, der supplerer simple laboratorietests til vurdering af sprøjtemidlers giftighed for bier i naturen.



↑ Koloniopbygningen kan måles nøjagtigt ved hjælp af en nyudviklet metode, hvor alle tavler i bistadet systematisk fotograferes og analyseres med et billedanalyseprogram. Programmet kan genkende yngelceller med æg, larver, pupper, honning og pollen (her angivet med forskellige farver). Programmet er udviklet af Thiago Alves og Pedro João Rodrigues fra Polytechnic Institute of Bragança, Portugal. Indsat foto viser tavlen uden billedanalyse. Foto: Nuno Capela.



← Antallet af voksne bier i en familie kan måles slet og ret ved at veje bierne. Arbejderbier er nemlig meget ensartede og vejer hver 100 mg. I praksis vejes alle tavlerne i stedet med og uden bier, så vægtforskellen angiver den såkaldte "bistyrke", altså mængden af voksne bier i familien. Foto: Yoko L. Dupont

→ Bitælleren er en anordning, som sættes direkte på udflyvningshullet nederst i stedet. For at komme ud og ind, skal bierne over en gennemsigtig plade, og her bliver de filmet nedefra. Filmstumpen analyseres dernæst af en computer, som identificerer bifamiliens aktivitetsniveau ved at tælle, hvor mange bier der bevæger sig ind og ud. Forskellen mellem de to tal afslører, hvor mange arbejdere der går tabt under fødesøgningen. Foto: Yoko L. Dupont.





KUNSTIG INTELLIGENS HJÆLPER ORDBLINDE MED AT LÆSE

Et gratis program fra Københavns Universitet forenkler svære tekster, så ordblinde og andre med læsevanskeligheder får lettere ved at læse på nettet. Programmet er det første af sin slags i verden og har potentiale til at hjælpe godt 400.000 ordblinde danskere og andre med læsevanskeligheder.

Af Michael Skov Jensen, kommunikationsmedarbejder ved Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet.
msj@science.ku.dk

Tekstsimplificeringsprogram. Eller: Et program, der forenkler tekst. Mens mange af os godt kan læse længere, sammensatte ord, så er der også en stor del af danskerne, som på grund af for eksempel ordblindhed foretrækker enklere og kortere ord, når de læser. I et netop afsluttet ph.d.-projekt fra Datalogisk Institut på Københavns Universitet, har postdoc Joachim Bingel udviklet et program, som bygger på kunstig intelligens, der gør det lettere for ordblinde og andre med læsevanskeligheder at læse tekst på nettet.

»Vi lever i et vidensbaseret samfund, hvor de, der ikke har adgang til viden og information, nemt bliver lukket ude. I dag findes der ikke et personaliseret hjælperedskab til folk med læsevanskeligheder, som kan bruges overalt på Internettet,« siger postdoc og hovedmand bag programmet Joachim Bingel.

Forenkler sproget og bliver klogere på dig

Programmet hedder *Lexi* og virker som et plug-in til en internetbrowser. Altså et program, der fungerer sammen med for eksempel Google Chrome. Når brugeren læser tekster

på nettet, kan udvalgte ord, afsnit eller hele artikler markeres, hvorefter *Lexi* forenkler sproget og gør det læseligt. Hver gang en bruger har brugt *Lexi*, efterspørger programmet feedback, så det løbende bliver klogere på, hvor den enkelte bruger har læsevanskeligheder.

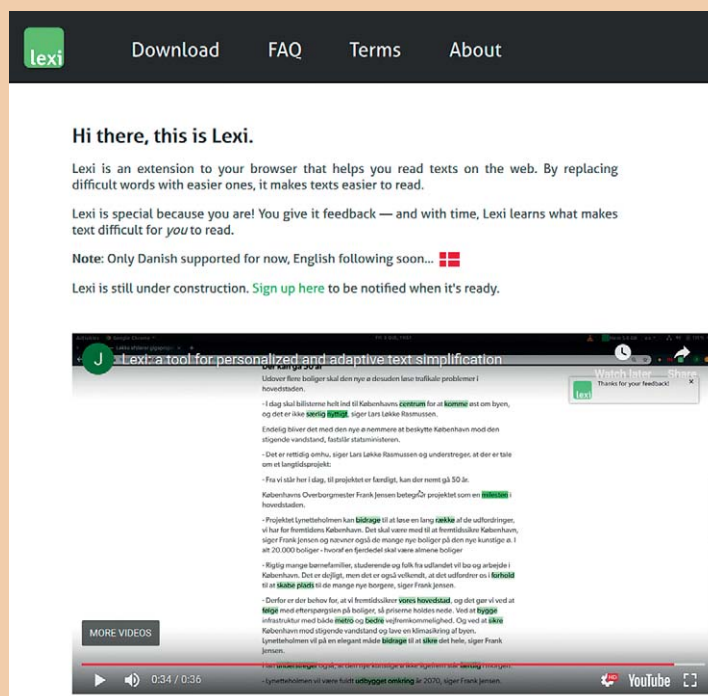
»Min vinkel på det har været at udvikle en løsning, der fungerer på en personaliseret måde, så systemet, kan lære de særlige behov, som hver enkelt bruger har,« forklarer Joachim Bingel, der selv kommer fra Tyskland og har skullet lære det danske sprogs finurligheder fra bunden.

Om programmet Lexi

Lexi bygger på den nyeste forskning inden for sprogteknologi og maskinlæring. Programmet erstatter svære ord med nemmere synonymer ved hjælp af strategier fra tekstsimplificering, som er et forskningsområde indenfor feltet Natural Language Processing (NLP), der også står bag teknologier som maskinoversættelse, chatbots, eller talegenkendelse, som du kender det fra din telefon.

Som udgangspunkt afgør Lexi, hvilke ord der er nemmere end andre, baseret på tekster som er indsamlet fra blandt andet DR Lige til, altså nyheder på et simpelt dansk. De ord, der forekommer hyppigere i disse tekster, bliver antaget som nemmere end ord, der forekommer mest i almindelige nyhedsartikler.

Ved at kombinere dette med løbende feedback fra brugerne, kan simplificeringsmodellerne tilpasses hver enkelt bruger. Integration af denne feedback sker ved at



vise en brugers simplificeringsmodel flere og flere eksempler på, hvilke ord en bestemt bruger bedst kunne lide. Ved hjælp af maskinlæring kan modellen så

optimeres løbende, og viden kan overføres på tværs af brugere, sådan at Lexi lærer sig noget om bruger A ud fra det, programmet ved om bruger B.

Det er første gang, at der i et større projekt laves tekstsimplificering på dansk og på en personaliseret måde. Programmet er, så vidt Joachim Bingel ved, det første af sin slags i verden, som kan bruges direkte i en internetbrowser. I skrivende stund ligger Lexi tilgængeligt på nettet, men kun som en prototype.

Hjælpe flere til en god læseoplevelse

»Programmet virker allerede, men brugerfladen skal gøres mere lækker og intuitiv. Jeg regner med, at vi for alvor går i luften i løbet af de næste par måneder,« siger Joachim Bingel, som håber på, at rigtig mange til den tid vil gå ind og bruge det.

Det anslås, at omkring syv procent af den danske befolkning er ordblinde i forskellig grad. Det svarer til godt 400.000 danskere, som med hjælp fra Lexi kan få nemmere ved

at læse på nettet. Samtidig vil programmet også kunne hjælpe andre personer med læsevanskeligheder, som eksempelvis skyldes manglende sproglige evner eller handicap.

»Jo flere, der bruger det, jo mere viden om folks læsevanskeligheder får vi, og på den måde kan vi forbedre programmet og forhåbentlig hjælpe flere til en god læseoplevelse,« siger forskeren, der vil fastholde at programmet skal være gratis.

På sigt håber datalogen, at det kan lade sig gøre at videreudvikle programmet til også at omfatte andre sprog end dansk.

Projektet er lavet i samarbejde med Nota, som er en institution under Kulturministeriet, der producerer og udlåner tekster og lydbøger, der er gjort tilgængelige for mennesker med læsehandicap. ■

I godt selskab

At være ordblind er ikke nogen forhindring for en strålende karriere – heller ikke i den teknisk-naturvidenskabelige verden. Har man svært ved at læse og stave er man ifølge hjemmesiden etlivsomordblind.dk historisk set i godt selskab med store personligheder som Charles Darwin, Albert Einstein og Thomas Edison ligesom Microsofts grundlægger Bill Gates og Apples Steve Jobs angiveligt også har eller havde det problem.

Links og videre læsning

Prototypen på programmet Lexi kan hentes på www.readwithlexi.net

Link til Joachim Bingels ph.d.-afhandling: https://jbingel.github.io/files/Joachim_Bingel_PhD_Thesis_1.0.pdf

FORSTÅR DU INGENTING?

Historien om nul

Begrebet nul er på ingen måde intuitivt, og selvom det i dag betragtes som et tal, opfører det sig ikke helt ligesom de øvrige tal. Her får du historien bag dette forunderlige begreb.

Prøv at forestille dig nul lyserøde elefanter. Det første du ser for dig er sandsynligvis nu en lyserød elefant – men du blev jo bedt om ikke at forestille dig nogle. Hvordan kan det så være, at du alligevel ser en? Det skyldes, at din hjerne ikke er i stand til at repræsentere nul af noget, fordi begrebet nul, eller ingenting, ikke er intuitivt. Når du tæller, starter du vel heller ikke med nul?

I 2006 lavede Rona Catterall et studie, hvor hun spurgte en række børn, om de opfattede nul som et tal. Her opdagede hun, at der var meget delte meninger blandt børnene. Nogle sagde "Ja, for nul ligger på tallinjen, og vi bruger det, når vi tæller." Andre sagde "Nej, for det er jo ingenting." Et andet studie med en chimpanse kaldet Ai viser igen, at nullet ikke er intuitivt. Ai blev trænet i at benytte de naturlige tal og var meget præcis ved brugen af tallene 1-9. Hun blev dog ved med at forveksle symbolet "0" med 1 eller 2, hvilket tydede på, at hun forstod nul som et synonym for "meget få".

Disse studier viser tydeligt, at nul-begrebet er svært for os at

forstå, fordi det ikke er intuitivt for os. Nul betragtes i dag som et tal, men det har alligevel en særlig rolle, for det opfører sig ikke helt som alle de andre tal. På trods af dette benyttes nul utallige steder i vores hverdag; først og fremmest i matematikken, hvor vi har lært at regne med tallet 0, men også i teknologien. Havde vi ikke haft et nul, ville vi ikke have et binært system, og uden det binære system havde vi ingen computere. Nul-begrebet er utroligt vigtigt for os i dag, men hvor kommer det egentlig fra?

Nullets historie

Første gang vi støder på et symbol for nul er i skriftlige kilder fra Egypten omkring år 3000 f.Kr. Her blev det brugt i arkitekturen til at indikere det nederste niveau i pyramiderne. Senere optræder det som en såkaldt pladsholder i talsystemer fra Babylonien år 1700 f.Kr., Kina år 400 f.Kr., Mayaerne år 300 e.Kr. og Indien år 600 e.Kr.

I de babylonske, kinesiske og mayanske talsystemer benyttede man først et mellemrum i tallene for at vise, at der ikke var noget på denne plads. For eksempel til at vise, at der ikke var nogle tiere

i et tal. Dette gav dog problemer, når man skulle skrive tal, hvor der hverken var tiere eller hundreder. Det var svært at se, hvor mange mellemrum der var i et tal, og man kunne derfor ikke se forskel på tal som 102 og 1002. Senere fandt man på at tegne et særligt symbol, som pladsholder, for at vise, at på denne plads i tallet var der ingenting. I Indien og Kina fandt man på at tegne en lille prik eller en cirkel som nul-symbol. Det var denne cirkel, som senere udviklede sig til det symbol, vi benytter i dag. Inderne kaldte almindeligvis cirkel-symbolet for *sunya*, men havde også mange andre synonymer for nullet, såsom "tomrum", "prik", "himmel" eller "uendelig".

Det indiske nul, *sunya*, optrådte i indiske grammatiske tekster flere hundrede år før vor tidsregning og inspirerede de indiske matematikere til at inkludere *sunya* i deres talsystem, da dette blev lavet om til et decimalsystem. Hvornår dette skete, ved man ikke præcist, men i 1881 fandt en landmand et gammelt manuskript i byen Bakhshali, som viser, hvordan en lille cirkel blev brugt som pladsholder i tal, som var skrevet



Om forfatteren

Anna Rani Digebjerg er cand. scient i matematik og fysik fra Syddansk Universitet. Hun har skrevet speciale indenfor matematikhistorie om nullets historie i den indiske matematik samt transmissionen til den arabiske matematik. anna-rani-digebjerg@hotmail.com



efter decimalsystemets metode. Manuskriptet, som kaldes Bakhshali-manuskriptet, er blevet dateret til omkring det syvende århundrede e.Kr., så allerede da har man benyttet et nul-symbol i den indiske matematik.

Efter det syvende århundrede blev det meget almindeligt at benytte nul-symbolet, når man skrev store tal indenfor målinger i astronomien. Når man efterfølgende skulle regne med disse tal, blev man nødt til på et tidspunkt at skulle regne med tallet 0. De indiske astronomer og matematikere måtte derfor begynde at definere regneregler for, hvordan man regnede med 0. Disse regneregler er de første indikationer på, at nul blev betragtet som mere end blot en pladsholder i store tal – her betragtede man nullet som et tal i sig selv.

Omkring det niende århundrede begyndte de indiske astronomiske tekster at spredes til Mellemøsten. Det skete blandt andet, da en indisk astronom besøgte den arabiske kalif al-Mansur i år 773 e.Kr. og medbragte en bog om den indiske astronomi. I forbindelse med oversættelsen af sådanne

Nutidigt kort over Mellemøsten og Indien med markeringer af steder og forfattere, som arbejdede med nullet og det indiske talsystem i perioden fra ca. 500 f.Kr. til 1100 e.Kr.

Nul som pladsholder

Når vi skriver et større tal, benytter vi kun ti forskellige symboler (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 og 9), som vi opskrifter i forskellige rækkefølger, alt efter hvilket tal vi gerne vil repræsentere. Vi placerer altså talsymbolerne på forskellige pladser alt efter deres værdi. Betragt for eksempel tallet

2 7 4 6

Rækkefølgen af talsymbolerne i dette tal viser, at vi har 6 ettere, 4 tiere, 7 hundreder og 2 tusinder. Betragt vi i stedet tallet

2 7 0 6

ser vi, at der nu ikke længere er nogle tiere. Det indikeres ved hjælp af symbolet “0”, som derved benyttes som en pladsholder, der viser, at på denne plads er der ingenting.

Decimalsystemet

Det talsystem, vi benytter i dag, kaldes det hindu-arabiske talsystem og bygger på et 10-base system, eller decimalsystem. Det betyder, at vi bygger alle vores tal op ud fra kun ti forskellige symboler (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 og 9), som vi placerer på forskellige pladser i forskellige rækkefølger, alt efter hvilket tal vi ønsker at skrive. Hver plads i tallet kan beskrives ved en potens af ti. For eksempel kan tallet

2 7 6 4

beskrives som

$$2 \cdot 10^3 + 7 \cdot 10^2 + 6 \cdot 10^1 + 4 \cdot 10^0$$

Yderligere læsning:
Kim Plofker (2009):
Mathematics in India.
Princeton University
Press.
A.K. Bag og S.R. Sarma
(2003): The Concept
of Sunya. Aryan Books
International.
Rona Catterall (2006):
Exploring Children's
Conception of Zero.
Sheffield Hallam Uni-
versity.

tekster fra hindu til arabisk blev en ny genre i den arabiske matematik udviklet – nemlig undersøgelser og forklaringer af det nye indiske talsystem med kun ti symboler og hvordan man kunne regne med disse taltyper. Mange matematikere udgav tekster indenfor denne genre, deriblandt al-Khwārizmī, som algoritme-begrebet er opkaldt efter. Han brugte mange sider og lange forklaringer på at fortælle, hvordan det indiske talsystem skulle bruges, på trods af at han selv skrev, at systemet var lettere end det daværende arabiske talsystem.

Det er dog værd at bemærke, at de arabiske matematikere gik tilbage til at beskrive nullet som intet andet end en pladsholder. De beskrev altså ikke nul som et tal i sig selv, ligesom inderne var begyndt at gøre det. Gennem de arabiske tekster blev viden om det indiske talsystem, sammen med brugen af nullet, spredt videre til Europa, hvor det senere udviklede sig til det talsystem,

vi kender og benytter over hele verden i dag.

Forståelsen af nul

Vi ser gennem talsystemets historie, at nul ikke har været med fra starten. Gennem udviklingen af det indiske talsystem benyttede man blot nullet som en pladsholder, og først langt senere begyndte matematikerne at betragte nullet som et tal i sig selv på lige fod med de andre tal. Ligeledes ser vi, at de arabiske matematikere, på trods af de indiske fremskridt indenfor beregninger med nul, ikke så nullet som andet end en pladsholder. Alt dette, sammenholdt med de tidligere nævnte studier, tyder på, at nullet er et svært begreb at forstå.

Undersøgelser viser, at nye begreber er lettest at forstå, hvis de stemmer godt overens med noget, man allerede ved, eller noget som er intuitivt. Det gør nullet ikke. Den del af hjernen, som repræsenterer tal, er ikke i stand til at repræsentere nul, da det er "in-

genting" og derfor en mangel på aktivitet i hjernen. Det ses også tydeligt i øvelsen med at forestille sig nul lyserøde elefanter. Konsekvensen af dette er, at nul ikke er et intuitivt begreb, og derfor er det svært at forstå.

Gennem historien ser vi dog også, at idet inderne begynder at repræsentere nul-begrebet ved brug af et symbol, nemlig "0", når de også frem til, at nullet kan ses som et tal, som vi kan regne med. Når vi repræsenterer et tal eks-ternt ved brug af et symbol, for eksempel ved at tegne nul-cirklen, gives der plads til en større tanke-frihed, og vi begynder at kunne forestille os nul-begrebet, fordi vi kan forestille os tallet. På den måde er der plads til at tænke videre over, hvad tallet kan bruges til og til at definere regneregler for tallet. Når vi har et symbol for nullet, giver det derfor anledning til nye opdagelser af nullets anvendelighed, for eksempel til brug i det binære system som benyttes i computere. ■

Science på RUC

Naturvidenskab i virkeligheden

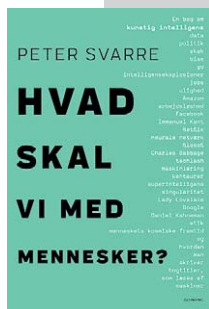
Interesserer du dig for Matematisk Modellering?

Nye uddannelser på Roskilde Universitet:

- **Mathematical Computer Modelling**
- **Mathematical Physical Modelling**
- **Mathematical Biosciences**

SERVICE

FAKTA



Peter Svarre:
Hvad skal vi med mennesker?
Gyldendal
2019, 256
sider, 300,-
kr.

Hvad skal vi med mennesker?

Kommer kunstig intelligens til at befri os fra alle de sure pligter, eller vil den fritage os vores arbejde og tvinge os til underkastelse? Det store spørgsmål behandler forfatter, foredragsholder, konsulent og digital strateg Peter Svarre i bogen *Hvad skal vi med mennesker?* I bogen tages læseren ud på en rejse fra antikens myter om gyldne robotter til vores dages neurale netværk, der kører biler og spiller computerspil. Og forfatteren diskuterer en række af de problemstillinger, som teknologien skaber. Eksempelvis, at skæve data skaber fordomsfulde algoritmer, at blød, etik skal omformes til hård kode, at helt nye faggrupper bliver arbejdsløse, og at der kommer et tidspunkt indenfor en overskuelig fremtid, hvor maskiner bliver klogere end mennesker.

FAKTA

Thomas Thaulov



Raab: *Human - på sporet af det menneskelige. FADL's forlag 2018. 400 sider, 399,95 kr.*

På sporet af det menneskelige

Denne omfattende bog handler om alt det, der gør os til mennesker. Biologi, psykologi, kultur og vores måde at forstå, tænke og indrette verden på. Alt det, der betyder noget for den måde, vi behandler hinanden på, hvad vi tænker om hinanden og os selv, hvordan vi opfatter verden, og hvad vi drømmer om, den kan blive.

FAKTA

Podcast-feedet er:
<http://naturligvis.buzzsprout.com/236555>



Naturligvis – en podcast naturvidenskab

Studerende og ansatte på RUC har sammen produceret en helt ny podcastserie om naturvidenskab. Podcasten NATURLIGVIS tager dig med på rundtur i ny forskning og fortæller om blandt andet klimavenlig asfalt og bekæmpelse af plastikforurening. Få selv nye perspektiver eller brug podcasten i din undervisning. I det første afsnit forklarer professor i medicinalbiologi Jesper Troelsen den naturvidenskabelige metode på ét minut.

FAKTA

Tjek det fulde program
* og læs mere om konferencen på hjemmesiden cphdox.dk.

CPH:DOX

Masser af film om videnskab på CPH:DOX

Filmfestivalen CPH:DOX løber i år af stablen den 20. til 31. marts, og der er et stort filmprogram under festivalen, der hedder CPH:SCIENCE og som er dedikeret til formidling af ny forskning, overraskende viden, og videnskabelige perspektiver på store samfundsdebatter. Flere af filmene har tilhørende paneldebatter og foredrag med forskere fra Danmarks universiteter.

Derudover afholdes en dagskonference den 25. marts, som er dedikeret til videnskab og film og til den kreative udveksling mellem de to. På konferencen dykkes der ned i et antal cases, hvor film og videnskab beriger hinanden og skaber nye måder at samarbejde på i samarbejde.



IT Camp

for piger

30.-31. marts 2019

Har du kvindelige elever som er vilde med matematik? - så fortæl dem om IT Camp for piger på SDU i Odense

På IT Camp for piger får deltagerne fingrene i brugerdrevet app-design og programmering i Python. De får indblik i algoritmer, analyse af Big Data, Deep Learning og kunstig intelligens. Deltagerne møder færdiguddannede, som er i gang med deres karriere og hører om, hvordan man tænker innovativt med IT-teknologier.

IT Camp for piger er for elever, der er på 2. eller 3. årgang på HHX, STX, HTX, HF, EUX eller har sabbatår. Man behøver ikke kunne programmere for at deltage. Man skal blot medbringe egen computer og masser af nysgerrighed.

SDU byder på overnatning, mad og drikke, og det hele er gratis.

Campen finder sted den 30. - 31. marts 2019 på SDU i Odense.

Tilmelding: www.sdu.dk/itcampforpiger

Nye undervisningsmaterialer

På hjemmesiden aktuelnaturvidenskab.dk finder du også undervisningsmaterialer.

Forløb om nervesystemet og medicin

Forløbet har fokus på depression med udgangspunkt i artiklen *Kan forståelsen af et enzym løfte humøret?* Fra Aktuel Naturvidenskab nr. 6/2017. Forløbet er velegnet til undervisningen i Bioteknologi A og har en varighed på ca. 10 lektioner à 95 minutter. Materialet indeholder spørgsmål til artiklen samt vejledninger til øvelser om hudens følsomhed og nerveledningshastighed. Udarbejdet af Inger Klit, Favrskov Gymnasium.

Arbejdsark

Arbejdsark til artiklen *Ekstremernes herrer* fra AN nr. 5/2012, der handler om arkæer. Emnet er relevant i forhold til cellebiologi, biokemiske processer og livets udvikling. Fag: Biologi B+A, Kemi B og Bioteknologi A. Til artiklen er der også lavet en quiz.

Arbejdsark til artiklen *Når vandloppen gør algen giftig*, AN nr. 3/2018. Handler om økologiske tilpasninger og bioakkumulation. Fag: Biologi B/A.

Arbejdsark til artiklen: *Gulerødder forebygger og hæmmer udviklingen af tarmkræft*, AN nr. 2/2018. Undervisningsmateriale om sundhed og kræft. Fag: Bioteknologi A, Biologi B/A/ (Kemi B).

Arbejdsark til artiklen: *Kulstof i havet – en tynd kop te?* AN nr. 5/2015. Om økologiske tilpasninger og stofkredsløb. Fag: Biologi B/A.

Arbejdsarkene er udarbejdet af Lone Als Egebo, Ege-bøger.

Matematikkens metode og identitet

Spørgsmål til tre artikler om matematik fra Aktuel Naturvidenskab, som gør det muligt at tale om matematikkens metode og identitet som en del af den daglige undervisning: *Modelvalg og ansvar* AN 1/2018, *Big datas Titanic?* AN 3/2018 og *Når forskellige fagligheder brydes og ny forskning opstår* AN nr. 5/2018.

Materialet er Udarbejdet af Signe Agerholm Clausen, Favrskov Gymnasium.

Prøv quizzerne!

Test din viden i Aktuel Naturvidenskabs quizzer, der bygger på artikler fra bladet: Fx quizzen om ekstremernes herre. Find dem via aktuelnaturvidenskab.dk

Materialet og quiz-app er lavet som led i projektet Aktuel Naturvidenskab i gymnasiet finansieret af VILLUM FONDEN.



ABONNEMENTS-SERVICE

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

Kontakt os på telefon: 87 15 20 94
E-mail: abo@aktuelnaturvidenskab.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.

Gaveide:

Bestil en intropakke med otte helt nye numre plus abonnement i et år (6 numre) for kun 354,- kr. inkl. porto & ekspedition.

OM AKTUEL NATURVIDENSKAB

Styregruppe

- Birgitte Lyhne, kommunikationschef, Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet
- Jens D. Holbech, chefkonsulent, Science and Technology, Aarhus Universitet
- Mads Bendix Fjendsbo, rektor, Viborg Gymnasium og HF
- Mette Christina Møller Andersen, specialkonsulent, Det Tekniske Fakultet, Syddansk Universitet
- Niels Kring, chefkonsulent, Det Naturvidenskabelige Fakultet, Syddansk Universitet
- Sanne Holm Nielsen, kommunikationsmedarbejder, Aalborg Universitet

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

Layout: Jørgen Dahlgaard

Tryk: Jørn Thomsen Elbo A/S

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

Oplag: 6.100

Redaktionsgruppe

- Birgitte Dalgaard, Det Tekniske Fakultet, Syddansk Universitet
- Majken Brahe Ellegaard Christensen, Det Naturvidenskabelige Fakultet, Syddansk Universitet
- Carsten Rabæk Kjaer, Aktuel Naturvidenskab
- Jørgen Dahlgaard, Aktuel Naturvidenskab
- Sanne Holm Nielsen, Aalborg Universitet
- Signe Hansen, Viborg Gymnasium og HF
- Svend Thaning, Københavns Universitet
- Torben Jarl Jørgensen, Roskilde Universitet

Redaktionen:

Tlf.: 87 15 20 94

E-mail: red@aktuelnaturvidenskab.dk

Hjemmeside: aktuelnaturvidenskab.dk

Facebook.com/aktuelnaturvidenskab

Postadresse: Aktuel Naturvidenskab,
Ny Munkegade 120, Bygning 1520, 8000 Aarhus C

Omslagsfoto:

Tekstureret planteprotein (soy meat) fra sojabønner og sojabønner. Foto: Shutterstock.



Al henvendelse til:
 Aktuel Naturvidenskab,
 Ny Munkegade 120, 8000 Aarhus C
 E: abo@aktuelnaturvidenskab.dk
 T: 87152094

Mysteriet om den overkørte ræv

Af Carsten R. Kjaer, Aktuel Naturvidenskab

Overkørt ræv obduces – således lød overskriften på et presseklip på Aalborg Universitets hjemmeside, der citerede de regionale TV2 nyheder for Bornholm, og det vakte straks min nysgerrighed. Af den korte tekst fremgik, at der var tale om en ræv, der var fundet død i Almindingen på Bornholm den 3. januar, og som nu var på vej til Aalborg Universitet for at blive obduceret, så forskerne kunne undersøge rævens maveindhold. Men hvorfor er denne ræv så interessant, at den skal fragtes fra Bornholm til Aalborg? Og hvad håber forskerne at finde i dens mave? De spørgsmål kræver svar, og heldigvis vil Sussie Pagh fra Institut for Kemi og Biovidenskab på AAU gerne hjælpe med at opklare sagen.

»Jeg har sammen med mine kolleger i et stykke tid arbejdet med at finde ud af, om der stadig findes en rest af den oprindelige bestand af ræve på Bornholm,« fortæller hun. »I 1986 blev rævene på Bornholm angrebet af sygdommen skab, og det fik bestanden til at kollapse. Nogle mener, at rævene helt uddøde på Bornholm i kølvandet på sygdomsudbruddet, mens andre hævder, at de stadig ser ræve på øen«.

Rævefejden

Spørgsmålet er blevet genstand for ophedet debat, da sagen har udviklet sig til en debat for og imod ræve. Det er nemlig ikke alle, der savner rævene, og der har været lokal modstand mod at genindføre ræve, som bornholmske jægere ellers havde lagt op til i en ansøgning til Miljøstyrelsen. I 2017 besluttede Miljøstyrelsen, at ræven ikke skulle genindføres på Bornholm, og dermed er ræve på Bornholm nu en saga blot. Medmindre de altså slet ikke er uddøde.



Foto: Colourbox

Her kommer Sussie og hendes kolleger ind i billedet. De har undersøgt ekskrementer indsamlet på Bornholm, som folk har mistænkt for at stamme fra ræve. »Og det er der kommet en del interessant viden ud af, men foreløbig har vi ikke fundet DNA fra ræve,« siger Sussie. Hun fortæller, at en del af ekskrementerne har vist sig at stamme fra katte, og dette er overraskende »vildkatteagtigt» sammenlignet med andre steder i landet, hvor huskatte som bekendt graver deres afføring ned. På Bornholm indeholder kattenes ekskrementer en meget stor mængde musehår – måske fordi der er masser af mus til kattene i mangel på konkurrence fra ræve? Derudover har forskerne fundet DNA fra den invasive mårhund i 4 ud af tretten prøver analyseret i sommeren 2018, hvilket er en hel historie i sig selv.

Den overkørte ræv under lup

Da der blev fundet en trafikdræbt ræv i Almindingen, gav det ny næring til debatten. For er det et bevis på, at der stadig findes

ræve på Bornholm, eller har nogen »plantet» den? Derfor skulle den en tur til Aalborg. »En decideret slægtskabsanalyse vil være en bekostelig affære, for det vil kræve undersøgelser af flere ræve fra Danmark og Sverige at sige noget om den trafikdræbte rævs oprindelse,« siger Sussie. »Men hvis ræven har spist byttedyr, som ikke findes på Bornholm – som mosegris, rød mus eller dværgmus – kan vi bruge det til at vise, at den er blevet bragt til Bornholm udefra. Derfor kigger vi i dens mave med både traditionel fødeundersøgelse og ved brug af DNA-analyser.« Desværre har forskerne i skrivende stund ikke nået at undersøge ræven nærmere, så derfor kan vi ikke afsløre resultatet. Men Sussie vedgår, at det er højst usikkert, om de vil kunne sige noget definitivt på baggrund af undersøgelsen. »Derfor skal man heller ikke se denne sag som en isoleret »kriminalsag«, der skal opklares, men som et lille stykke arbejde i en større principiel diskussion om vores syn på hjemmehørende arter i Danmark,« slutter hun.