

# DYNAMO

TEMA

## Ny viden om plastik

Udfordringer er der masser af. DTU's forskere arbejder på løsninger til bæredygtig produktion, genanvendelse og bortskaffelse af det uundværlige materiale.

Ny teknologi til demente ældre

SMART CITIES:

**KUNSTIG INTEL-  
LIGENS SÆNKER  
CO<sub>2</sub>-AFTRYK**

DYNAMO SPØRGER:

Hvornår får vi en hushjælpsrobot?



STUDENTERINNOVATION:

**KLIMAVENLIG  
ROSKILDE FESTIVAL**



## Den globale plastikudfordring

Prøv at kigge op fra dette nummer af Dynamo, og lad blikket vandre rundt i dine omgivelser. Medmindre du sidder i en lysning i skoven lige nu, så vil du formentlig se en masse ting, som er lavet af plastik. Selv det tøj, du har på, indeholder muligvis plastikfibre.

Plastik er et utrolig anvendt materiale, og hele verden har stor nytte af det. Men det er trist at se, hvor mange problemer det også har skabt for os. Der går sjældent en uge, uden at vi kan læse en nyhed om plastik, der dukker op endnu et uventet sted på Jorden. Problemerne med plastikaffald er meget synlige, og det får lande rundt om i verden til at indføre forbud mod bleer, sugerør og plastikposer.

Men de rigtig gennemgribende forandringer begynder først at ske den dag, vi opfinder nye teknologier til plastikfremstilling, -håndtering og -bortskaffelse – og bringer dem i anvendelse.

Måske kan vi opnå en fossilfri plastikproduktion? Skulle vi sikre os alternative materialer? Nye produktionsmetoder? Hvordan forhindrer vi, at det ender i naturen? Kan vi nedbryde plastik på nye måder? Ved vi, hvornår genanvendelse giver bedst mening? Har vi overblikket over konsekvenserne af plastik i vores natur, miljø og mad?

Vi bliver nødt til at fortsætte med at fremskaffe ny viden og dele fakta – tænke nyt og gå på opdagelse, så vi kan løse den globale plastikudfordring.

Det ved den næste generation af ingeniører. På DTU er bæredygtighed integreret i alle vores uddannelser, og mange studerende engagerer sig i særlige projekter, som munder ud i innovative og bæredygtige produkter. Vores mål er, at de ingeniører, der skal arbejde i samfundet de næste 50 år, helt naturligt vil tænke bæredygtighed ind i alt, hvad de laver.

Der skal forskes, innoveres og eksperimenteres for fuld kraft. For en ting er sikker: Vi kan ikke fortsætte med at gøre, som vi plejer.

Anders Bjarklev  
Rektor

# 8

TEMA PLASTIK:

## Udfordringer og løsninger

DTU-forskere fra mange fagområder finder nye veje til fremstilling og genbrug.

- 10 Bakterier har fået appetit på plastik
- 13 Mikrobølger baner vejen til genbrug af PET
- 14 Sejlvivede myter om plastik i havet
- 16 Bagegær kan blive vejen til fossilfri plastikproduktion
- 18 "Vi får ikke et 100 pct. lukket plastikkredsløb"
- 20 Hvilke bakterier kan nedbryde plast?

# 04

OPTIMERET TESTMILJØ

## Bedre vindmøllevinger

Vindmøllebranchen har brug for stadig forbedring og optimering for at være konkurrencedygtig. Nyt testudstyr vil derfor være til stor nytte.



27

TEKNOLOGIOPTIMERING

## Verdens mindste konverter

Fem forskere har udviklet en ny effekt-konverter, der bl.a. bruges i mobiltelefoner. Den er både mindre og mere effektiv end hidtil.



32

SUNDHED

## Ny teknologi til gavn for demente

Sensorer opdager fald hos plejehjemsboere, så personalet kan komme hurtigere til undsætning.



40

INNOVATION

## Nye løsninger til Roskilde Festival

DTU-studerende har i ti år udviklet ideer til at forbedre festivalens klimaaftryk.

24

qta

DYNAMO SPØRGER ...

## Får vi ikke snart den robot, der klarer husholdningen?

DTU's robot- og automations-ekspert gør status over robotteknologien.



28

NY BIOLOGISK METODE

## Gennembrud for ny modgift

DTU-ingeniør udvikler verdens første slangemodgift baseret på humane antistoffer.



36

SMART CITIES

## Bedre energirecovering med big data

Kunstig intelligens og matematisk modellering giver store CO<sub>2</sub>-besparelser.



44

BAGSIDEN

## Vi zoomer ind på ... tjah, hvad er det?

*En vindmøllevinge monteres på stålflangen på teststanden, hvorefter man kan trække, hive og bøje den for at teste styrken.*

# NYT UDSTYR GIVER BEDRE TEST AF VINDMØLLE- VINGER

Nyudviklet udstyr giver bedre simuleringer af de belastninger vindmøllevinger udsættes for gennem deres levetid. Det gør udmattelsestests af vingerne langt mere realistiske. Virksomhed står klar til at producere udstyret til vindmøllebranchen.

## Om Large Scale Facility

Udviklingen af et nyt testværktøj, en exciter, er bl.a. foregået i DTU's Large Scale Facility, som er en stor testhal, der ligger på DTU Risø Campus og blev indviet i 2017.

Faciliteten anvendes til test af store strukturer, hvoraf de fleste har relation til vindmøller. I Large Scale Facility kan forskerne med en række spil trække og hive i vindmøllevinger og endda knække dem. Tre teststande af beton bruges til at fastspænde vinger på op til 45 meter og eksempelvis teste dem under ekstreme laster ved at tvinge vingerne ned under stor kraft.

@ dtu.dk/large-scale-facility

*”Vingerne befinder sig i et hårdt miljø, og der er en del udfordringer med vindmøllevinger, som ikke opfanges i de traditionelle test. De holder ikke så længe, som de burde.”*

SENIORFORSKER KIM BRANNER, DTU VINDENERGI

☰ Af Erik Holm

📷 Bax Lindhardt, R&D

**V**indmøllevinger testes og certificeres, før de bliver monteret på selve møllerne. Men udfordringen er, at de eksisterende testmetoder ikke har udviklet sig synderligt siden vindindustriens fødsel. Problemet gælder især test af daglige laster, som kaldes udmattelsestest. I dag testes disse laster ved at sætte vingerne i svingninger op og ned. En typisk test vil forløbe over to mio. svingninger.

”Det tager rigtig lang tid at udføre disse test – op mod et år for de største vinger, der i dag når 107 meter, og det er lang tid at vente for industrien. Samtidig tester man kun i to retninger, selvom virkelighedens laster er meget mere komplicerede,” fortæller seniorforsker Kim Branner fra DTU Vindenergi.

### Afspejler virkeligheden bedre

DTU har deltaget i udviklingen af en ny type testværktøj, kaldet en exciter, som effektivt og hurtigt kan teste møllevingerne på måder, der bedre ligner virkelighedens påvirkninger.

”Vi forsøger at gøre testene mere realistiske, end man har kunnet hidtil. Det vil give store fordele for

industrien,” siger Kim Branner, som uddyber:

”Vingerne befinder sig i et hårdt miljø, og der er en del udfordringer med vindmøllevinger, som ikke opfanges i de traditionelle test. De holder ikke så længe, som de burde,” siger Kim Branner og peger på et amerikansk studie, der viser, at ca. én ud af 200 vinger årligt har skader, der fører til en forsikrings sag.

Arbejdet er sket i projektet Blatigue, hvor DTU har samarbejdet med bl.a. Siemens Gamesa, ingeniørvirksomheden R&D og vingetestcenteret Blaest som hovedpartnere.

Den nye exciter er en prototype, som er udviklet i tæt samarbejde netop med R&D, der bl.a. designer og leverer test-systemer til vindindustrien. Exciteren er baseret på en simplere exciter udviklet af Blaest og det fysiske resultat af en proces, hvor DTU har brugt sin ekspertviden til at simulere, hvordan møllevinger bevæger sig, og hvordan lasten fordeler sig på vingerne – eksempelvis i en vindmøllepark på havet, hvor trykforskelle, skiftende vindretninger, storme og turbulens får vingen til at svinge i komplicerede mønstre. DTU Vindenergi har analyseret de laster,





Exciteren er udviklet på basis af bl.a. simuleringer og dataindsamling.

som vingerne bliver udsat for, og derudfra udviklet den nye testmetode, der afspejler realiteterne bedre.

### Hurtigere test

Den nye exciter er på størrelse med en lille familiebil skåret igennem på langs og har to gulmalede arme. Disse arme monteres på den vinge, der skal testes. To elmotorer får armene og dermed vingen til at bevæge sig i forskellige mønstre, som efterligner realistiske bevægelser langt hurtigere end tidligere. En vinge designes til en levetid på 20-25 år, og med den nye exciter kan en simulering af belastningerne i levetiden 'koges ned' til få måneder.

Kim Branner forventer, at der vil være store økonomiske fordele for industrien med den nye exciter. Da eksisterende testmetoder ikke er helt realistiske, har industrien indbygget en sikkerhedsfaktor, så vingerne belastes 33 pct. mere, end de på papiret skal kunne holde til. Kan den nye exciter reducere denne faktor med bare ti pct., kan industrien udnytte materialerne bedre og designe lettere og dermed billigere vindmøllevinger, der i dag vejer op til 50 ton.

”Hvis du kan være sikker på, at du opdager svage punkter i vingerne, kan du bedre tillade dig at reducere sikkerhedsfaktoren. Der er plads til forbedring, og vi er med til at rykke grænsen

### Om Blatigue

- Projektet Blatigue handler om at udvikle hurtige og effektive udmatelsestest af store vindmøllevinger.
- Projektet løber fra 1. november 2016 til 31. maj 2020.
- Test foregår i Large Scale Facility på DTU Risø Campus.
- Partnerne i projektet er DTU, R&D, Siemens Gamesa, Olsen Wings, Blaest, DNV GL, Ørsted og Zebicon.
- Blatigue er støttet af EUFP og Villum Fonden.



Her er det nye testværktøj, exciteren, i brug. De to gule arme får vingen til at bevæge sig i forskellige mønstre.

for vægten, men det er svært at sige præcis hvor meget,” siger Kim Branner.

### Konkurrencefordel

Hos ingeniørvirksomheden R&D har vingespecialist Christian Frier Hvejsel store forventninger til den nye exciter. I foråret 2019 var prototypen foreløbig afprøvet på en 14,5 meter lang vinge. Næste skridt er at bygge en exciter til vinger på 75 meter, fortæller Christian Frier Hvejsel.

”Vi regner med, at vi i løbet af efteråret kan designe og bygge en ny prototype, så vi kan demonstrere den nye testmetode på 75-metervingen i begyndelsen af 2020,” siger han.

R&D ser et stort forretningsmæssigt potentiale i den nye exciter. Virksomheden oplever allerede stor interesse fra kunder over hele verden for at teste vingerne i langt mere realistiske scenarier.

”Vi er stadig i udviklingsfasen, men vi tror så meget på konceptet, at vi er klar til at gå på markedet med det alle-

rede nu. At kunne teste vingerne under mere virkelighedstro betingelser – uden at komplicere testforløbet – er en attraktiv mulighed for industrien, som kan bringe nye produkter på markedet med mindre risiko,” siger Christian Frier Hvejsel.

For R&D er der klare fordele i at arbejde sammen med DTU og de øvrige projektpartnere. Blatigue-projektet samler både en universitetspartner, en systemudvikler og potentielle kunder. Det styrker udviklingen, mener Christian Frier Hvejsel:

”Vi får adgang til DTU's viden om vingedesign og simuleringer af vingeres opførsel i virkeligheden koblet med adgang til og input fra mulige kunder. Det betyder, at udviklingen fra begyndelsen bliver skruet sammen på en måde, der giver mening både teknisk og kommercielt. Det er en fordel for alle parter.” Ω

## DEKAN SKAL RÅDGIVE EU

Forskningsdekan på DTU, Katrine Krogh Andersen, er blevet optaget som medlem af EU's nye Mission Board for Climate-Neutral and Smart Cities. EU's kommissær for forskning, videnskab og innovation, Carlos Moedas, har udpeget i alt 75 medlemmer til fem såkaldte Mission Boards under Horizon Europe - EU's næste store program for forskning og innovation. Opgaven for Katrine Krogh Andersen og de øvrige medlemmer er bl.a. at rådgive Europa-Kommissionen, hvordan de former missionerne samt målene med dem.



*”Mennesker, der bor i byer, udgør en stadig større andel af verdens befolkning. Det er en udfordring, der betyder, at byer spiller en endog meget vigtig rolle i klimaomstillingen.”*

# 112

er den plads DTU indtager på verdensranglisten QS World University Rankings, der omfatter de 1.000 bedste universiteter i verden. DTU udmærker sig bl.a. ved høj produktivitet målt som antal citationer per forsker, og er det danske universitet med den største andel af både internationale studerende, forskere og undervisere.

## KOM TIL DTU HIGH TECH SUMMIT

Den årlige todages konference DTU High Tech Summit i Lyngby finder sted 30.-31. oktober. Konferencen samler industri, forskere, startups og organisationer, som beskæftiger sig med teknologi og digitalisering. I år er vinklen klima, miljø og bæredygtig energi, og med dette udgangspunkt udfoldes temaer inden for den digitale verden som kunstig intelligens, robotter, Internet of Things, Industri 4.0 og meget mere. DTU High Tech Summit er gratis og åben for alle, men tilmelding er nødvendigt. Det kan ske på [www.hightechsummit.dk](http://www.hightechsummit.dk), hvor også det fulde program kan nærlæses.

Havis, som er drevet ned langs Grønlands kyst nordfra, samler sig i en hvirvel i Irminger havet mellem Grønland og Island. Hvirvlen er ca. 120 km i diameter, og fænomenet ses typisk i sommerhalvåret.

## SATELLITTER MÅLER HAVSTIGNINGER

Vandstanden i de arktiske have er steget gennemsnitligt 2,2 mm årligt siden 1996. Det viser analyser af 1,5 mia. satellitmålinger. Analyserne er udført af DTU Space i samarbejde med Technische Universität München (TUM). Forskerne måtte udvikle særlige algoritmer for at kunne behandle satellitternes radarsignaler, der kun måler afstanden til overfladen, som mange steder er is, der 'skjuler' vandstanden i havene. Forskningen, som viser den faktiske udvikling af havstigninger i arktiske egne, kan også bruges til at estimere fremtidige havstigninger.



## TEMA OM PLASTIK



**10 BAKTERIER HAR FÅET  
APPETIT PÅ PLASTIK**



**13 MIKROBØLGER BANER  
VEJEN TIL GENBRUG AF PET**



**14 SEJLVEDE MYTER OM  
PLASTIK I HAVET**



**16 BAGEGÆR KAN BLIVE  
VEJEN TIL FOSSILFRI  
PLASTIKPRODUKTION**



**18 VI FÅR IKKE ET 100 PCT.  
LUKKET PLASTIKKREDSLØB**



**20 HVILKE BAKTERIER KAN  
NEDBRYDE PLAST?**

# DEN STORE PLASTIKUDFORDRING



**Plastik er allevegne**, og der kommer mere af det: I 1973 lå den globale plastikproduktion ifølge World Economic Forum på 32 mio. ton. I 2016 var verdensproduktionen tidoblet og lå på 330 mio. ton. Medmindre verdenssamfundet ændrer adfærd eller finder alternativer, forventes plastikproduktionen at blive yderligere fordoblet i løbet af de næste 20 år, skriver Innovationsfonden og McKinsey & Company i rapporten 'The new plastics economy'.

#### **Plastik udfordrer det globale samfund:**

Produktionen er baseret på fossile ressourcer, som flere lande, heriblandt Danmark, ønsker udfaset.

Plastik kan være længe om at blive nedbrudt, og ender det i naturen, befinder det sig her i mange år.

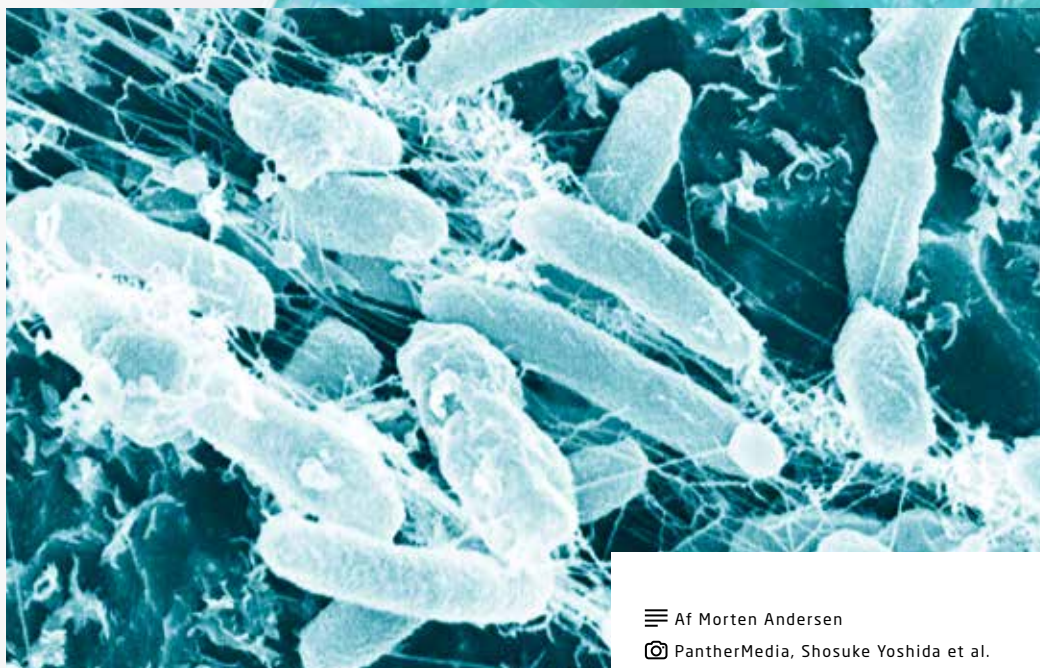
Materialet er meget anvendt og bruges bl.a. til medicinsk udstyr og emballage, som forhindrer madspild.

På DTU arbejder forskerne med disse store udfordringer og undersøger bl.a. veje til fossilfri fremstilling af plastik, håndtering og bortskaffelse af plastikaffald, metoder til genanvendelse samt konsekvenser af plastikaffald i miljøet.

✚ [Læs mere på de følgende sider.](#)

# BAKTERIER HAR FÅET APPETIT PÅ PLAST

I 2016 fandt japanske forskere en bakterie, der kan nedbryde plasttypen PET, som især kendes fra plastflasker og tøjfibre. Nu vil danske forskere speede nedbrydningsprocessen op, så bjergene af plastaffald kan komme til nytte.



Den plastikspisende bakterie *Ideonella sakaiensis* set gennem et skanning-elektronmikroskop (SEM).

☰ Af Morten Andersen

📷 PantherMedia, Shosuke Yoshida et al.

**E**ndnu en gang har naturen overhalet mennesket indenom. På knap 80 år er det lykkedes evolutionen at frembringe en organisme, der kan håndtere et menneskeskabt materiale – plast – som tidligere ikke fandtes i naturen. Det drejer sig om bakterien *Ideonella sakaiensis* 201-F6, der er i stand til at nedbryde plasttypen polyethylterefalat (PET), der bl.a. kendes fra sodavandsflasker.

”Det er i sig selv utrolig interessant, at *Ideonella sakaiensis* kan nedbryde PET. For ganske få år siden betragtede vi PET som unedbrydeligt i naturen. Samtidig har det vist sig, at nedbrydningen sker ved hjælp af kun to enzymer,” siger professor Anne Meyer, DTU Bioengineering, der står i spidsen for en forskergruppe, der ud over at løse miljøproblemet også vil omdanne PET-affaldet til nye produkter, der kan anvendes bæredygtigt.

PET bliver fremstillet af ethylen-glycol og dimethylterefalat (DMT) – produkter, der begge overvejende fremstilles ud fra råolie. *Ideonella sakaiensis*'s bedrift er at kunne nedbryde PET til de samme to forbindelser. De japanske forskere blev opmærksomme på bakteriens evner, da de så den vokse på store mængder PET-flasker på en genbrugsstation.

## Der skal mere fart på

DTU-forskerne er mere interesserede i de to enzymer end i selve bakterien.

”*Ideonella sakaiensis* nedbryder PET, men omsætningen er meget langsom. Desuden er der en række praktiske problemer med at benytte mikroorganismer industrielt. Det tager en vis tid, inden bakterierne har etab-

## Sådan bliver PET brudt ned

Bakterien *Ideonella sakaiensis* nedbryder PET ved at producere to enzymer, som udfører hver deres opgave. Det første enzym, PETase, sørger for, at polyesterpolymeren, som PET er opbygget af, klippes i mindre stykker. I processen omdannes PET til mono-(2-hydroxyethyl) tereftalatsyre (MHET), tereftalat (TPA) samt bis(2-hydroxyethyl) TPA (BHET). Herefter kommer det andet enzym, MHETase, som *Ideonella sakaiensis* også producerer, i aktion. Enzymet nedbryder MHET videre til ethylenglycol og TPA. Dermed kan bakteriens enzymer reelt løse det miljøproblem, som PET-flasken udgør, idet de to underprodukter, som er tilbage, kan nedbrydes uden problemer af andre mikroorganismer, så man ender med CO<sub>2</sub> og vand.

I 2015  
STAMMEDE CA.  
**50%**  
AF VERDENS  
PLASTIKAFFALD  
FRA EMBALLAGE.

KUN  
**9%**  
AF VERDENS  
SAMLEDE  
PRODUKTION  
AF PLASTIK  
GENNEM  
TIDERNE ER  
BLEVET  
GENANVENDT.

### PLASTIK FAKTA

KILDER: 'SINGLE-USE PLASTICS: A ROADMAP FOR SUSTAINABILITY' AF UNEP, WORLD ECONOMIC FORUM, PLASTIC CHANGE, 'THE NEW PLASTICS ECONOMY' AF INNOVATIONSFONDEN OG MCKINSEY&COMPANY, PLASTINDUSTRIEN

*”Det er særdeles udfordrende at arbejde med enzymatisk nedbrydning og genanvendelse af plast. Det er netop derfor, det appellerer så meget til os.”*

PROFESSOR ANNE MEYER, DTU BIOENGINEERING

leret sig og når op på et volumen, der batter. Samtidig løber man ofte ind i uforudsete problemer, hvor mikroorganismerne trives dårligt. Derfor kan det være interessant at springe selve bakterien over og i stedet gøre brug af en efterligning af enzymernes virkemåde,” forklarer Anne Meyer.

”For os gælder det nu om at forstå, hvordan enzymerne kan bringes til at virke hurtigere. Vi er nødt til at sætte hastigheden op med en faktor 100 eller måske ligefrem faktor 1.000, før vi har en fornuftig businesscase. Det lyder måske drastisk, men vi har efterhånden stor erfaring med protein engineering, hvor vi tager processer, der fungerer i naturen, og speeder dem op. En forbedring på en faktor 10 er jeg sikker på, at vi ret hurtigt kan opnå, og en faktor 100 mener jeg også er realistisk,” siger Anne Meyer.

”Normalt når vi undersøger nye bioteknologiske processer, skal vi regne udgiften til det substrat, som mikroorganismerne skal leve af, med som en udgift. Men her står vi med et substrat, som der er rigeligt af, og som samfundet ligefrem har behov for at få skaffet af vejen. Samtidig har vi den store fordel, at mange lande – også Danmark – allerede har etableret

systemer, hvor man indsamler plastaffald. Der indsamles i øjeblikket 335 mio. ton PET-affald verden over. Hvis vi kan nyttiggøre bare et par procent af det, vil der hurtigt være en god businesscase.”

### Kan bruges til frostvæske og bæreposer

Når man har fået PET nedbrudt til ethylenglycol og DMT, kan man enten udnytte de to stoffer direkte eller bruge dem som udgangspunkt til at fremstille forskellige produkter.

”F.eks. vil ethylenglycol kunne anvendes direkte i antifrostvæske. Behovet for antifrostvæske er stort, og væsken produceres i dag af ikke-fornybare kilder. Et andet eksempel er nye materialer, der kan erstatte de plastikposer, som er på vej til at blive forbudt i mange lande. Papirposer er ikke lige så gode, men man vil kunne fremstille et hybridmateriale af papir og genanvendte plastkomponenter, der har de rigtige egenskaber, og som kan recirkuleres eller nedbrydes biologisk,” siger Anne Meyer.

### Unik tilgang

Med andre ord er det enorme mængder af råvarer og enorme udfor-



**80%**  
AF DET AFFALD,  
DER ENDER  
I HAVET KOMMER  
FRA LANDBASEREDE  
AKTIVITETER  
(LOSSEPLADSER,  
INDUSTRI,  
STORMFLODSAFLØB,  
TURISME,  
UBEHANDLET  
SPILDEVAND).

DE RESTERENDE  
**20%**  
KOMMER FRA  
AKTIVITETER PÅ  
HAV (CRUISEKIBE,  
FÆRGER, FISKERI,  
CONTAINERTRANSPORT,  
OFF-SHORE INDUSTRI  
SOM OLIE- OG  
GASPLATFORME).

**630  
MIO €**  
ER DEN  
ÅRLIGE  
OMKOSTNING  
I EUROPA FOR  
AT RENSE STRANDE  
OG KYSTLINJER FOR  
PLASTIKAFFALD.

*”Det er i sig selv utrolig interessant, at Ideonella sakaiensis kan nedbryde PET. For ganske få år siden betragtede vi PET som unedbrydeligt i naturen. Samtidig har det vist sig, at nedbrydningen sker ved hjælp af kun to enzymer.”*

PROFESSOR ANNE MEYER,  
DTU BIOENGINEERING



dringer for samfundet, som er i spil. Derfor er DTU Bioengineering naturligvis langt fra alene på banen.

”Siden den japanske opdagelse i 2016 har forskergrupper fra Kina, USA og Sydkorea og flere andre lande kastet sig over feltet. Alligevel har vi grund til selvtillid. Vi har en solid tradition for at arbejde med enzymer på både molekylært og kinetisk niveau. Det interessante er jo ikke kun selve reaktionerne, men også hvordan man får dem til at forløbe effektivt og hurtigt. Det er unikt, at vi ikke kun har en biologisk tilgang. Vi lærer af biologien, men vi regner også på tingene rent fysisk-kemisk og forbedrer enzymerne ved protein engineering. Det er ’the DTU way’. Jeg er overbevist om, at området bliver stort for os,” siger Anne Meyer og understreger, at hendes forskergruppe ikke kun har fokus på anvendelser, men også på nye videnskabelige erkendelser:

”Det er tankevækkende, at naturen på blot 80 år har været i stand til at adaptere sig til en ny situation. Det giver håb om, at vi kan lære en masse ved at studere den japanske bakterie. Samtidig har naturen forsynet os med en skabelon for, hvordan vi selv kan designe enzymer, der kan løse en meget stor opgave. Jeg siger ikke, at det bliver let, tværtimod. Det er særdeles udfordrende at arbejde med enzymatisk nedbrydning og genan-

vendelse af plast. Det er netop derfor, det appellerer så meget til os.”

### Andre enzymer til andre plasttyper

Et andet spørgsmål er, om de nye perspektiver også gælder for andre typer af plast. Faktisk er PET kun den fjerdemest producerede type – efter polyethylen, polypropylen og PVC. PET udgør kun nogle procent af verdens samlede mængde plastaffald.

”De to enzymer, som Ideonella sakaiensis producerer, er udelukkende i stand til at nedbryde PET. Men der er grund til at antage, at vi kan finde andre enzymer, der kan nedbryde andre typer af plast. Bl.a. er der for nylig rapporteret om fund af bakterier, der kan vokse på polyethylen, og andre, der kan vokse på polypropylen. Disse data skal vi lige have verificeret, men vi har også metoder, hvor vi direkte kan lede efter nye enzymer ved at gå igennem de stadig større mængder genomsekvenser for bakterier og svampe, der er deponeret i databaser.” Ω

© Anne Meyer, professor,  
DTU Bioengineering, asme@dtu.dk

### Bjerge af plastaffald

På verdensplan bliver der fremstillet ca. 480 mia. plastflasker årligt (2016-tal). Heraf bliver mindre end halvdelen recirkuleret. Selvom der i Danmark og andre lande, hvor man har pant på flaskerne, sker en recirkulation, ender flaskerne også her med at blive kasseret på et tidspunkt. Samtidig er det kun 30 pct. af verdens PET, der indgår i flasker. Andre 60 pct. af forbruget er til syntetiske tøjfibre – nemlig til polyester. I dag bliver en forsvindende lille andel af PET-affaldet udnyttet til at fremstille nye produkter. Resten bliver brændt, gravet ned eller ender i verdenshavene, hvor nedbrydningen kan tage flere hundrede år.

KILDE: THE GUARDIAN/EUROMONITOR

**57%**  
AF DANSKERNES  
PLASTIKAFFALD  
BLIVER BRÆNDT.

**AMERIKA, JAPAN  
OG EU ER VERDENS  
STØRSTE  
PRODUCENTER AF  
PLASTIKEMBALLAGE  
MÅLT PER  
INDBYGGER.**

**GLOBALT  
BRUGER VI  
1  
BILLION  
ENGANGSPLASTIK-  
POSER OM ÅRET.  
DET SVARER TIL  
2  
MIO. I MINUTTET.**

### DEMETO- konsortiet

Partnere i DEMETO, der står for DEpolymerization by Microwave Technology: GR3N, NEOGROUP, DTU Kemiteknik, H&M Hennes & Mauritz AB, Synesis, PETCIA, Next Chem (projektkoordinatorer), 3V Tech, ACTOR, Fricke and Mallah GmbH, EuPC, SUPSI-DTI, European Outdoor Group.

[www.demeto.eu](http://www.demeto.eu)

# MIKROBØLGER BANER VEJEN FOR GENBRUG AF PET

PET kan nedbrydes af mikrobølger og kemi, så plastikkens bestanddele kan genanvendes til nye PET-produkter.

☰ Af Lotte Krull

📷 PantherMedia

Et stort europæisk forskningsprojekt tester en ny metode, der gør det lettere og mere miljøvenligt at genbruge PET-plast. PET bruges til bl.a. emballage, sodavandsflasker og tøj.

”Ved at mikse ny mikrobølgeteknologi med en velkendt kemisk reaktion har man skabt en enestående proces, der gør det muligt at genbruge PET økonomisk effektivt og anvende genbrugsmetoden industrielt,” siger Ioannis V. Skiadas, lektor ved DTU Kemiteknik og projektleder for den danske del af projektet med navnet DEMETO (Depolymerization by Microwave Technology).

Nedbrydningen af PET kaldes for depolymerisering, og til det første trin i processen udnyttes en unik mikrobølgeteknik, som er opfundet af den schweiziske virksomhed GR3N.

Mikrobølgerne omdanner PET-affald til en masse af hydrolyseret plast. Herefter kommer forskerne ved DTU Kemiteknik på banen.

”Vores job er at trække de bestanddele ud af massen, som man bruger til at lave nyt PET af. Det sker ved en kompliceret oprensningsproces. Vi ser bl.a. på, hvordan vi kan optimere trinene mellem de enkelte processer, minimere energiforbruget, og hvordan vi kan genbruge kemikalierne,” siger Ioannis V. Skiadas.

Virksomheder vil teste, om det nedbrudte PET kan genbruges til produktion af nye PET-produkter.

DEMETO-projektet, der er finansieret af EU's Horizon 2020, er treårigt og slutter i 2020. Ω

@ Ioannis V. Skiadas, lektor, DTU Kemiteknik, [ivsk@kt.dtu.dk](mailto:ivsk@kt.dtu.dk)

☰ Af Lotte Krull

📷 Rocio Rodriguez Torres,  
Torkel Gissel Nielsen

# SEJLVEDE MYTER OM PLASTIK I HAVET

Professor Torkel Gissel Nielsen svarer dagligt på spørgsmål om plastik i havet fra pressen og studerende. Han forbløffes over de insisterende gentagelser af udokumenterede påstande.

**S**trande fyldt med engangsvandflasker og klipklapper. En død hval med over 20 kg plastik i maven. En søhest, der svømmer afsted med halen snoet om en vatpind. Plastikaffald i havet er nemt at se, så det er et miljøproblem, der er let at forstå.

Professor i biologisk oceanografi Torkel Gissel Nielsen fra DTU Aqua har gennem sine 30 år som havbiolog ikke tidligere set en så stor, udbredt og årelang enighed – på tværs af politiske overbevisninger og landegrænser – om et anliggende i havet.

”Men gør det plastik til vores største miljøproblem? I så fald, hvor er evidensen?” spørger professoren og uddyber:

”Debatten er styret af følelser og ikke af fakta, for der mangler helt basal viden om plastik i havmiljøet. Hvor meget er der? Hvor er det, og hvad sker der med det? Og hvilken effekt har det på livet i havet – og på mennesker? Vi har slet ikke svar på disse grundlæggende spørgsmål endnu.”

## Skaffer mere viden

Professoren har beskæftiget sig med plastik i havet i flere år og har bl.a. været med til at undersøge udbredelsen af plastik på strækningen Danmark-Sargassohavet syd for Bermuda, ligesom han har deltaget i analyser af fisk og vandprøver fra Østersøen for at bestemme indholdet af mikroplast i begge dele. Ingen af hans undersøgelser har ført til alarmerende resultater.

Nu er han i gang med flere undersøgelser i et nyt forskningscenter, MarinePlastic, som er et samarbejde mellem DTU, Aalborg Universitet, Aarhus Universitet, Roskilde Universitet og Nationalmuseet, hvor målet netop er at få mere viden om plastik i havmiljøet.

Dog kan Torkel Gissel Nielsen og hans kolleger allerede nu spotte, at visse påstande er fuldstændig usande, mens andre blot er udokumenterede.

På modsatte side præsenteres tre sejlvede myter om plastik i havet, som professoren ofte bliver spurgt om.

📍 Torkel Gissel Nielsen, professor, DTU Aqua, [tgin@aqua.dtu.dk](mailto:tgin@aqua.dtu.dk)

*I foråret 2019 gennemførte DTU Aqua sammen med Grønlands klimaforskningscenter de første undersøgelser af mikroplastiks påvirkning af de arktiske fødekæder. Data er ved at blive analyseret, men de arktiske vandløpper, som er grundlaget for Grønlands fiskeri, æder mikroplastik i stor stil. Mikroskopbilledet til venstre er en 1-2 mm stor vandløppelort, og de blå-lilla cirkler er mikroplastik.*



### Om mikroplastik

Mikroplastik kommer fra slid af produkter såsom bildæk, karklude, plastik-svampe og tøjvask med syntetiske stoffer i. Det kommer også fra større stykker plastik, der ligger i naturen og langsomt nedbrydes til mindre og mindre stykker, f.eks. af havets bølger og sollys. Det kan også komme fra f.eks. skrubbcremer, hvor plastik i mikrostørrelse bliver tilført produktet. Og så kan mikroplastikken komme fra industrien, der spilder de små plastik pellets, der bruges til at lave plastikemner af.

**OMKRING  
60%  
AF PLASTIK  
I HAVET KOMMER  
FRA KINA,  
INDONESIEN,  
FILIPPINERNE,  
THAILAND OG  
VIETNAM.**

**MERE END  
1.000  
TON PLASTIK  
BLIVER  
INDSAMLET VED  
DEN DANSKE  
VESTKYST  
HVERT ÅR.**

## DET SIGER PROFESSOREN OM TRE PLASTIKMYTER FRA HAVET

### Øer af plastik i havene

”Der findes ikke nogen øer af plastik i verdenshavene. Det er rigtigt, at der findes et antal større hvirvler, hvor havstrømme øger koncentrationen af både store og små stykker plastik. På DTU Aquas togt til Sargassohavet syd for Bermuda i 2014 sejlede vi igennem den nordatlantiske hvirvel. Vi så ikke en plastik-ø. Vi mødte kun et større stykke plastik ca. hvert andet minut. Vi tog vandprøver og undersøgte det for mikroplastik, og her fandt vi mellem

0,1 og 0,5 mikroplastikpartikler pr. liter havvand. Det er ikke særlig meget. Det er dog stadig et tegn på, at mennesket har formået at sprede plastik til omgivelserne. Andre internationale undersøgelser har fundet plastik i verdens dybeste oceangrav, Marianergraven, og så langt væk som i pingvinkolonierne på Antarktis. Det er i sig selv bekymrende. Så det burde ikke være nødvendigt at benytte falske oplysninger om plastik-øer for at få folk til at være opmærksomme på problemet.”

### Hvaler spiser plastik og dør

”Det er rigtigt, at der er fundet døde hvaler med plastik i maven. Men det er jo ikke ensbetydende med, at de er døde af plastikken. Vi ved ikke, hvorfor hvalerne er døde. Det kan være, at de var syge eller gamle. Selvfølgelig skal der ikke være plastik i deres maver, men vi kan bare ikke konkludere, at de er døde af det. Til gengæld er det vel-dokumenteret, at andre større dyr som havskildpadder og havfugle kan tage

skade af at spise plastik. Vi ved ikke, om mikroplastik i de koncentrationer, vi finder i havet i dag, påvirker mindre dyr som plankton og småfisk. Engelske forskere har for nylig vist, at mikroplastik kan påvirke havdyrs vækst og forplantningsevne negativt. Men det er vigtigt at notere sig, at deres forsøg blev lavet med en koncentration af mikroplastik, som var mellem 10.000 og en million gange højere end den koncentration, vi har i havet i dag.”

### Fisk bliver uspiselige

”Der er fundet plastik i fisks maver og tarme. Uanset hvor du fanger fisk – om det er i Kattegat eller nede ved New Zealand – så vil der være et lille stykke plastik i tarmsystemet hos mellem ti og 50 pct. af fiskene. Men vi ved ikke, om det har en betydning for fisken som fødevarer. Vi har påvist, at mikroplastik kan passere gennem dyr

og blive udskilt igen med afføringen. Det samme sker for mennesker, for plastik passerer ikke tarmvæggen. Men vi ved ikke, om det er tilfældet for nanoplastik, og vi ved heller ikke, om de kemikalier, plastikken kan transportere med sig, udgør et problem. Vi kender med andre ord ikke de sundhedsmæssige konsekvenser af plastik.” Ω

### Om MarinePlastic

• MarinePlastic - The Danish Centre for Research in Marine Plastic Pollution – koordineres af Aalborg Universitet, og samarbejdet omfatter ud over DTU desuden Aarhus Universitet, Nationalmuseet og Roskilde Universitet.

• MarinePlastic skal frem til 31. januar 2023 arbejde intensivt med at indsamle viden om plastikforureningens typer, årsager, omfang, spredning, nedbrydning og miljømæssige konsekvenser og undersøge effekten af lovgivning og samfundsmæssige tiltag.

• DTU Aquas bidrag er at undersøge, om plastik bliver spist af dyreplankton, og hvordan det eventuelt påvirker dem.

• MarinePlastic har et samlet budget på 26 mio. kr., hvoraf de 20 mio. kr. er finansieret af Velux Fonden, mens resten er betalt af deltagerne i projektet.

[www.marineplastic.dk](http://www.marineplastic.dk)

*Også havområderne omkring Grønland er påvirket af plastik, viser DTU Aquas undersøgelser fra foråret 2019.*

# BAGEGÆR KAN BLIVE VEJEN TIL FOSSILFRI PLASTIK- PRODUKTION

Almindeligt bagegær kan genmanipuleres til at producere en syre kaldet 3HP. Syren kan omdannes til akrylsyre, der anvendes til bl.a. fremstilling af klart plastik.

☰ Af Anne Wårme Lykke  
og Anders Østerby Mønsted

📷 Joachim Rode og PantherMedia

**A**krylsyre er et efterspurgt stof i kemikalieindustrien, fordi den bl.a. bruges til fremstilling af gennemsigtige plastiktyper som f.eks. skærme, akvarier, kontaktlinser og tandproteser. Ifølge en undersøgelse fra konsulent- og markedsanalysefirmaet Grand View Research vil markedet for akrylsyre være på over 22 mia. dollar med en årlig efterspørgsel på næsten ni mio. ton i 2022.

I dag produceres akrylsyre fra gas og olie. Men ved hjælp af genteknologi, gærceller og biomasse som f.eks. sukker kan produktionen af akrylplast gøres fossilfri. Dette har en gruppe fra DTU Biosustain med seniorforsker Irina Borodina i spidsen forsket sig frem til.

## Gær skulle toptunes

Forskergruppen har ved hjælp af genmanipulation fået gærceller til at fremstille 3-Hydroxypropionisk syre – eller 3HP. Denne syre kan omdannes til akrylsyre, når den dehydreres, hvilket er en relativt simpel og billig kemisk proces.

Gruppen tog udgangspunkt i to eksisterende produktionsveje i gærcellen, som de



Genmanipulerede gærceller kan producere akrylsyre, som bruges til mange plasttyper.





I laboratoriet på DTU Biosustain er det lykkedes at udvikle en gærstamme, der forholdsvis effektivt kan producere 3HP-syre. Yderligere opskalering skal ske i industrien.

'forlængede' med enzymer fra andre organismer. Generne til enzymerne fandt de bl.a. i den røde melbille og i bakterier som E. coli og Bacillus cereus. Da forskerne havde bygget produktionsvejene i cellen, omdirigerede de gærcellens stofskifte for at sikre, at cellen fremstillede så meget 3HP som muligt i stedet for at bruge sin energi på at lave andre stoffer.

Efter tre år havde forskergruppen udviklet en gærstamme, der kunne producere 44 g/L 3HP.

"Vi har vist, at det kan lade sig gøre. Nu er det op til virksomhederne at videreudvikle teknologien," siger hun.

For at være kommercielt interessante skal stammerne nemlig kunne producere op mod 200 g/L 3HP. At toptune og finpudse gærstammerne til at producere så meget kræver en investering i videreudvikling, men ifølge Irina Borodina kan det sagtens lade sig gøre.

### Sukker er dyrere end olie

Mens forskerholdet på DTU Biosustain udviklede teknologien, var flere store enzym- og kemikalievirksomheder også i gang med at producere 3HP biologisk i såvel gær som i E.

coli, dog med lidt anderledes metoder. Men den biologiske 3HP har svært ved at konkurrere prismæssigt med den fossilbaserede produktion. Generelt sætter de lave oliepriser nemlig en stopper for den grønne omstilling, mener Irina Borodina:

"Det er en uretfærdig konkurrence. Olieindustrien kan sælge kemikalierne endnu billigere, end de gør i dag, og stadig få profit, mens bioproducenterne næsten ingen profit får."

Udfordringen er, at mikroberne skal fodres med biomasse som f.eks. sukker for at producere biokemikalier. Sukkerproduktion kræver, at landmanden har sået, gødet, høstet og bearbejdet biomassen, og det betyder, at sukker ender med at blive dobbelt så dyr som olie.

"Men hvis vi medregner de miljø-, sundheds- og klimaskader, som olie-baserede kemikalier og brændstoffer forårsager, og tilføjer disse omkostninger til prisen, skulle olie-baserede kemikalier og brændstoffer være meget dyrere – og så ville det kunne betale sig at bruge biobaserede produkter," siger Irina Borodina.  $\Omega$

@ Irina Borodina, seniorforsker, DTU Biosustain, irbo@biosustain.dtu.dk

### Akrylsyre

- Ca. 50-75 pct. af al akrylsyre omdannes i dag til superabsorberende polymerer, f.eks. sodiumpolyakrylat, som er det funktionelle sugende materiale i hygiejnebind og børnebleer. Polymerne formes til små gelékugler, der kan suge op mod 100 gange deres egen vægt.
- Akrylsyre bruges også til maling, der næsten altid er baseret på akryl. Stoffet polymeriserer nemt, så der dannes en fin overflade, som er robust og ikke skaller af.
- Akrylsyre bruges også til plexiglas, som anvendes til skærme, akvarier, kontaktlinser, tandproteser m.m.

HVERT ÅR  
ENDER CA.

**8**

MIO. TON  
PLASTIK  
I HAVET.

I 2025  
VIL DER VÆRE

**1**

TON PLASTIK  
FOR HVER

**3**

TON FISK I HAVET,  
HVIS VI FORTSÆTTER  
UDLEDNINGEN  
SOM NU.

*"Vi har vist, at det kan lade sig gøre. Nu er det op til virksomhederne at videreudvikle teknologien."*

SENIORFORSKER IRINA BORODINA,  
DTU BIOSUSTAIN

*”Det er naivt at tro, at vi kan lave et fuldstændig lukket plastikkredsløb – uden tab af hverken mængder eller kvalitet.”*

PROFESSOR THOMAS FRUERGARD  
ASTRUP, DTU MILJØ

## (HALV)CIRKULÆR ØKONOMI:

# ”VI FÅR IKKE ET 100 PCT. LUKKET PLASTIKKREDSLØB”

Genanvendelse af plastik kan ikke dække vores behov for ny plastik. Vi vil fortsat have brug for at producere ren plastik til bl.a. fødevarer, lyder det fra en affalds- og miljøforsker ved DTU.

☰ Af Lotte Krull

📷 Mikal Schlosser og PantherMedia

**M**åske har du for nylig åbnet en pakke hakket kød for at lave f.eks. frikadeller eller kødsovs: Du har hevet den klare plastikfolie af plastikbakken og vipet kødet ud. Og måske bor du i en kommune med affaldssortering, og derfor har du smidt emballagen ud til det øvrige plastikaffald. Netop emballagen til det hakkede kød er interessant at beskæftige sig med, fordi den illustrerer en af de største udfordringer for at opnå et lukket plastikkredsløb, nemlig forurening. Den forringer kvaliteten af den genanvendte plastik. Selvom vi bliver perfekte til at sortere plastik fra det øvrige affald, hvilket er første forudsætning for et lukket plastikkredsløb, så kan plastikemballagen være forurennet på flere måder: Den kan bestå af flere slags plast, ligesom emballagen til det hakkede kød, samt af andre materialer

som den lim, som fastgjorde folien. Derudover vil rester af papiretiketterne (hvor der står vægt, pris osv.) også ryge med i plastikfraktionen, og så er der formentlig også lidt af kødsaften tilbage på emballagen.

### Kvaliteten forringes

I de anlæg, hvor meget af vores plastikaffald behandles for at kunne blive genanvendt, bliver emballagen skyllet og vasket, men rester af lim, papiretiketter og mad kan blive siddende. Når plastikken hakkes i mindre stykker og omsmeltes, får vi derfor plastik af en ringere kvalitet end den oprindelige, fortæller professor Thomas Fruergaard Astrup fra DTU Miljø.

”Ved genanvendelse af plastik får vi i de fleste tilfælde ikke helt den samme kvalitet igen som den plastik, de enkelte ting oprindeligt var lavet af. Det bliver til et slags gennemsnit, og

GLOBALT BLIVER CA.

**260**

MIO. TON PLASTIK  
SMIDT UD EFTER  
BRUG HVERT ÅR.  
FN ESTIMERER,  
AT MELLEM

**22-43%**  
BLIVER KØRT  
PÅ LOSSEPLADSER.

## EASETECH

- DTU Miljø har gennem mange år arbejdet med livscyklusvurderinger af affalds- og ressourcehåndtering.
- Forskningen har ført til en af verdens mest avancerede LCA-modeller (LCA: Life Cycle Assessment) for affald og ressourcer.
- Modellen hedder EASETECH, hvilket står for 'Environmental Assessment System for Environmental Technologies'.
- Modellen gør det bl.a. muligt at beregne miljøbelastningen eller -gevinsten samt samfundsøkonomiske konsekvenser ved genanvendelse af en ressource som plastik.
- EASETECH kan også benyttes til udregning af miljøkonsekvenser for bioenergiområdet.
- EASETECH er under konstant udvikling, og DTU Miljø's forskning bidrager hele tiden til nye data, der inddrages i modellen. Og nye algoritmer til mere avanceret modellering tilføjes til EASETECH i samarbejde med DTU Compute.
- Man kan få adgang til EASETECH ved at gennemføre et kursus i modellen ved DTU Miljø.

[www.easetech.dk](http://www.easetech.dk)

for hver genanvendelse går vi ned i kvalitetsniveau," siger Thomas Fruergaard Astrup, der uddyber:

"Genanvendt plastik af lavere kvalitet kan sagtens bruges til f.eks. trafikkegler og havemøbler, men ikke til fødevarer, hvor vi har de skrappeste krav til materialerne. Derfor kan vi ikke undgå produktion af ny plastik. Det er naivt at tro, at vi kan lave et fuldstændig lukket plastikkredsløb – uden tab af hverken mængder eller kvalitet. I modsat fald ville vi have opfundet en evighedsmaskine."

Professoren og hans kolleger ved DTU Miljø har beskæftiget sig med plastikaffald i mange år og har bogstaveligt talt stået med fingrene i tonsvis af danskernes affald for at finde ud af, hvad folk egentlig smider ud. Med deres detaljerede viden om danskernes plastikaffald opdagede forskerne, at potentialet for genanvendelse i dag desværre er begrænset.

"Problemet er, at vi har plastik, som kan genanvendes, og noget, som ikke kan. Vores forskning viser, at vi nok kan indsamle, oparbejde og genanvende store andele af plastikaffaldet, men at vi ved genanvendelsen også mister kvalitet. Med dagens teknologier kan vi med andre ord højst komme op på at lukke plastikkredsløbet for husholdningerne svarende til ca. 40 pct. af behovet for ny plastik. Resten af plastikken går altså tabt," siger Thomas Fruergaard Astrup.

### Ambitiøse EU-mål

EU har stillet krav til, at landene i 2030 genanvender mindst 55 pct. af plastikemballagen. Ambitiøst, kalder professoren EU's krav. I dag bliver 57 pct. af danskernes plastikaffald kørt til forbrænding ifølge rapporten 'The

new plastics economy' af Innovationsfonden og McKinsey & Company.

Skal Danmark leve op til EU-målet, kræver det mere end ihærdig sortering hos forbrugerne. Det stiller også krav til producenternes design af emballage – et krav, som kræver politisk handling, mener professoren.

"Mange produkter er designet med brug af forskellige plastikttyper, som ikke kan skilles ad. Men vi bør kunne skille det ad for at få en plastikkvalitet, der er høj nok til, at vi kan genanvende materialet til produkter, der ligner de oprindelige. Skal det være helt perfekt, så burde genanvendelse af fødevareremballage foregå i sit eget kredsløb, mens anden plastikemballage kører i et andet kredsløb osv.," siger Thomas Fruergaard Astrup.

Genanvendelse af plastik kan sagtens tjene gode formål, men det er ikke sikkert, at det vil mindske vores samlede forbrug af plastik, påpeger affaldsforskeren.

"En af pointerne med cirkulær økonomi er at fremskaffe billigere råvarer gennem genanvendelse. Hvad sker der med vores forbrug af plastik, når råvaren bliver billigere? Vi risikerer, at det skaber nye markeder og et øget forbrug, så vi reelt ikke mindsker presset på miljøet eller naturressourcerne. Man bør også kigge på, om den genanvendte plastik reelt erstatter nyproduktion af plastik eller i stedet kommer til at erstatte helt andre materialer som f.eks. træ. Vi bliver nødt til at være meget skarpere på, hvilken type genanvendelse vi ønsker at understøtte, og sikre, at der reelt opnås størst mulig miljøgevinst ved genanvendelsen," siger Thomas Fruergaard Astrup. Ω

© Thomas Fruergaard Astrup, professor, DTU Miljø, thas@evn.dtu.dk

## Plastikgenanvendelsens udfordringer

Ved genanvendelse trues plastikens kvalitet, fordi den forurenes af:

- Sammenblanding af forskellige plasttper.
- Rester af emballagens oprindelige indhold.
- Forbrugerens brug af emballagen (f.eks. hvis man har opbevaret kemikalier i en colaflaske).
- Øvrige dele af emballagen som etiketter, lim, papir mv.
- Additiver - de forskellige tilsætningsstoffer, der findes i de oprindelige produkter for at opnå f.eks. farver, hårdhed eller blødhed i plastikken.
- Tungmetaller - en undersøgelse foretaget af DTU Miljø fandt, at genanvendt plastik indeholder flere tungmetaller end nyproduceret plastik.

**20%**  
AF VERDENS  
SAMLEDE  
OLIEFORBRUG VIL  
GÅ TIL PLASTIK I  
**2050**,  
HVIS DEN GLOBALE  
PLASTIKPRODUKTION  
FORTSÆTTER MED  
NUVÆRENDE VÆKST.

I DAG GÅR  
**5%**  
AF VERDENS  
OLIEFORBRUG  
TIL PLAST.

### Engangspplast i naturen

Plastikaffald rangordnet  
efter udbredelse. De mest  
udbredte står øverst:

- Cigarettskodder
- Plastikflasker
- Skruelåg til plastikflasker
- Mademballage
- Indkøbsposer
- Plastiklåg
- Sugerør
- Andre typer plastikposer
- Bokse til take-away-mad

# HVILKE BAKTERIER KAN NEDBRYDE PLASTIK?

Mikrobiologer undersøger bakterier fra jord, hav- og spildevand for plastnedbrydende egenskaber.

☰ Af Lotte Krull

📷 PantherMedia

I et laboratorium på DTU kigger mikrobiolog Eva Sonnenschein sammen med nogle kandidatstuderende efter haloer, også kaldet klaringszoner, som er klare, cirkulære områder i petriskåle. En halo er et godt tegn, for så har bakterien 'spist' af det kulstofrige substrat i petriskålen. Det er gode nyheder, når man leder efter bakterier, der kan nedbryde kulstof, som er en af de dominerende ingredienser i plastik.

”Forskningen i bakteriers evner til at nedbryde plastik er kun få år gammel. Der er meget at udforske, og vi skal også opfinde metoderne til det,” siger Eva Sonnenschein, som har en ph.d. i marin mikrobiologi fra Tyskland og nu er ansat som adjunkt ved DTU Bioengineering.

Bakterierne, som de undersøger, er hentet fra jord-, spildevands- og hav-

prøver – heraf nogle fra Galathea-ekspeditionen.

### Bakterielle samfund

Mikrobiologerne på DTU arbejder lige nu med et indsævet felt af interessante bakterier på 20-30 stykker, som skal udforskes nærmere. Ud over observationer af bakteriernes vækst i petriskåle sammenholder forskerne også bakteriernes gener med databaser over kendte gener, der spiller en rolle i mikroorganismers evne til at nedbryde plastik.

Men udfordringen er ikke kun at finde isolerede bakterier, forklarer Eva Sonnenschein:

”Bakterier lever aldrig alene i naturen. De lever i samfund, hvor de kommunikerer og interagerer med hinanden og andre mikroorganismer, men det er et samspil, som ikke er fuldt udforsket endnu. Måske vil vi opdage, at hele samfund er mere effektive til at nedbryde plastik end en enkelt bakterie eller et enkelt enzym.”

Fremtidsperspektiverne for plastiknedbrydende bakterier kan f.eks. være at bruge dem i vandrensningsanlæg, hvor de kan fjerne mikroplast.  $\Omega$

@ Eva Sonnenschein, adjunkt,  
DTU Bioengineering, evaso@bio.dtu.dk

### De mest af almindelige plastiktyper

#### Polyethylente- reftalat (PET)

F.eks. plastikflasker,  
fødevarer-embalage

#### Polyethylen (PE)

F.eks. kødbakker,  
øl/sodavandskasser

#### Polypropylen (PP)

F.eks. tøj, sports-  
undertøj, emballage  
til færdigretter

#### Polystyren (PS)

F.eks. flamingo,  
legetøj, engangs-  
kopper

#### Hård PVC

F.eks. tagrender,  
nedløbsrør

#### Blød PVC

F.eks. medicinsk  
udstyr, regntøj,  
bolde

#### Polyamid (nylon)

F.eks. nylonstrøm-  
per, telte, sports-  
udstyr, medicinske  
artikler

KILDE: "PLASTIK UDEN SPILD",  
MILJØ- OG FØDEVAREMINISTERIET  
2018



## SAMARBEJDE SKAL STYRKE SUNDHEDSFORSKNING

En etårig aftale mellem DTU og Roche i Danmark skal føre til et samarbejde om bl.a. både medicinske og ikke-medicinske forskningsprojekter og styrkelse af startup-miljøer inden for life science. Roche er et dansk datterselskab i den globale medicinal- og kemikaliekoncern F. Hoffmann-La Roche, der har hovedsæde i Basel i Schweiz. Aftalen blev underskrevet af DTU's prorektor, Rasmus Larsen, og fra Roche general manager Richard Wright og general manager Esther de Rooij.

## Nyt nordisk netværk for kunstig intelligens



De fem nordiske tekniske universiteter i universitetsalliancen Nordic Five Tech vil gøre Norden til et globalt knudepunkt for forskning, uddannelse og innovation inden for kunstig intelligens.

Alliancen, der ud over DTU omfatter Aalto Universitet i Finland, Chalmers Teknologiske Universitet i Gøteborg, KTH

Royal Institute of Technology i Stockholm og Det Norske Universitet for Videnskab og Teknologi (NTNU), har derfor lanceret et nordisk AI-netværk, der skal samle og udnytte den førende ekspertise inden for området. Nordic Five Tech-alliancen har ifølge DTU's rektor, Anders Bjarklev, meget stærke AI-forskergrupper.

"Vi er stærkt positioneret til at anvende AI til gavn for samfundet, både fordi det er en del af vores mission som tekniske universiteter, og på grund af vores fælles kultur for at samarbejde med både erhvervslivet og offentlige institutioner," siger Anders Bjarklev.

## FLERE KØBER DANSKE ØKO-MUSLINGER

Økologiske blåmuslinger er nemme at dyrke på line i Danmark. Alligevel finder kun få vej til danskernes tallerkener. Rapporten Økologiske Linemuslinger, som er lavet af rådgivningsfirmaet Orange Elevator i samarbejde med DTU Aqua, beskriver hvilke barrierer, der er for at sælge muslingerne i Danmark. Rapporten er en del af et projekt, som hører under Grønt Udviklings- og Demonstrations Program (GUDP), og som DTU Aqua har ledet i samarbejde med muslingeerhvervet.

Rapporten peger på alternative veje til at få kendskabet til produktet ud: Samarbejder med gourmet-kokke og køkkenfaglige uddannelsesinstitutioner, foodtrucks med økomuslinger på festivaler og nye måder at samarbejde med de store supermarkeds kæder.

I løbet af projektet øgede forarbejdningsvirksomheden Vilsund Blue andelen af økologiske muslinger solgt i Skandinavien fra 1 procent til mere end ti pct.








## Seks timer i klimakammer

I maj 2019 gennemførte DTU Byg en række indeklimaforsøg med forsøgspersoner, som opholdt sig i instituttets lufttætte klimakammer i op til seks timer. Forud var forsøgspersonerne på den samme diæt, havde brugt ens tandpasta, shampoo og sæbe på bestemte tidspunkter, og under forsøget var de iført ens, sterilt tøj. De måtte iføre sig masker, så deres udåndingsluft kunne separeres fra rummet. Formålet med forsøgene var at måle, hvilke stoffer og kemiske emissioner mennesker påvirker indeklimaet med. I Vesten bruger mennesker ca. 90 pct. af tiden indendørs, og indeklimaet har derfor en betydning for helbredet, men hvordan mennesker påvirker indeklimaet er ikke undersøgt fuldstændigt. Forsøgene blev udført i samarbejde med det tyske Max Planck Institut for Kemi, der medbragte avancerede måleinstrumenter, samt det svenske miljøinstitut, IVL. Data fra forsøgene bliver nu gransket, og resultaterne foreligger senere i 2019.

@ [www.ib.byg.dtu.dk](http://www.ib.byg.dtu.dk)

 Lotte Krull

 Mikal Schlosser

# Næste generation af robotter får **SITUATIONS- FORNEMMELSE**

Lige nu udvikles robotter, der kan aflæse omgivelserne og tilpasse deres handlinger derefter, fortæller professor Ole Ravn. Han er leder af DTU's forskning i robotteknologi og automation, der netop er boostet med ansættelse af flere forskere og en ny uddannelse. Her fortæller professoren om de fremherskende trends i robotudviklingen.

**q: Hvornår kan vi købe robotthjælpere til huslige opgaver?**

**a:** Selvom der ude i verden er udviklet en robotstuepige og en køkkenrobot til madlavning, så skal vi huske, at der er langt fra at have en god idé, til at vi kan købe det nede i Silvan. Lige nu har vi robotter, som kan udføre simple opgaver som at slå græs eller støvsuge, og jeg tror, at vi vil se flere af den slags løsninger, før vi får robotter, som kan løse mere komplekse opgaver. Det kræver ret avanceret teknologi som bl.a. kunstig

intelligens, og samtidig skal den være fuldstændig driftssikker, så den virker hver eneste gang. Ellers gider forbrugerne ikke at investere i en hjælperobot – så er det nemmere og måske også billigere at hyre en rengøringshjælp. Men måske kan vi købe en avanceret robotthjælper til hjemmet om 20 år.

**q: Industrien har længe haft automation. Hvilken udvikling vil vi se her?**

**a:** Vi står lige foran et gennembrud med samarbejdende robotter, de såkaldte cobots.

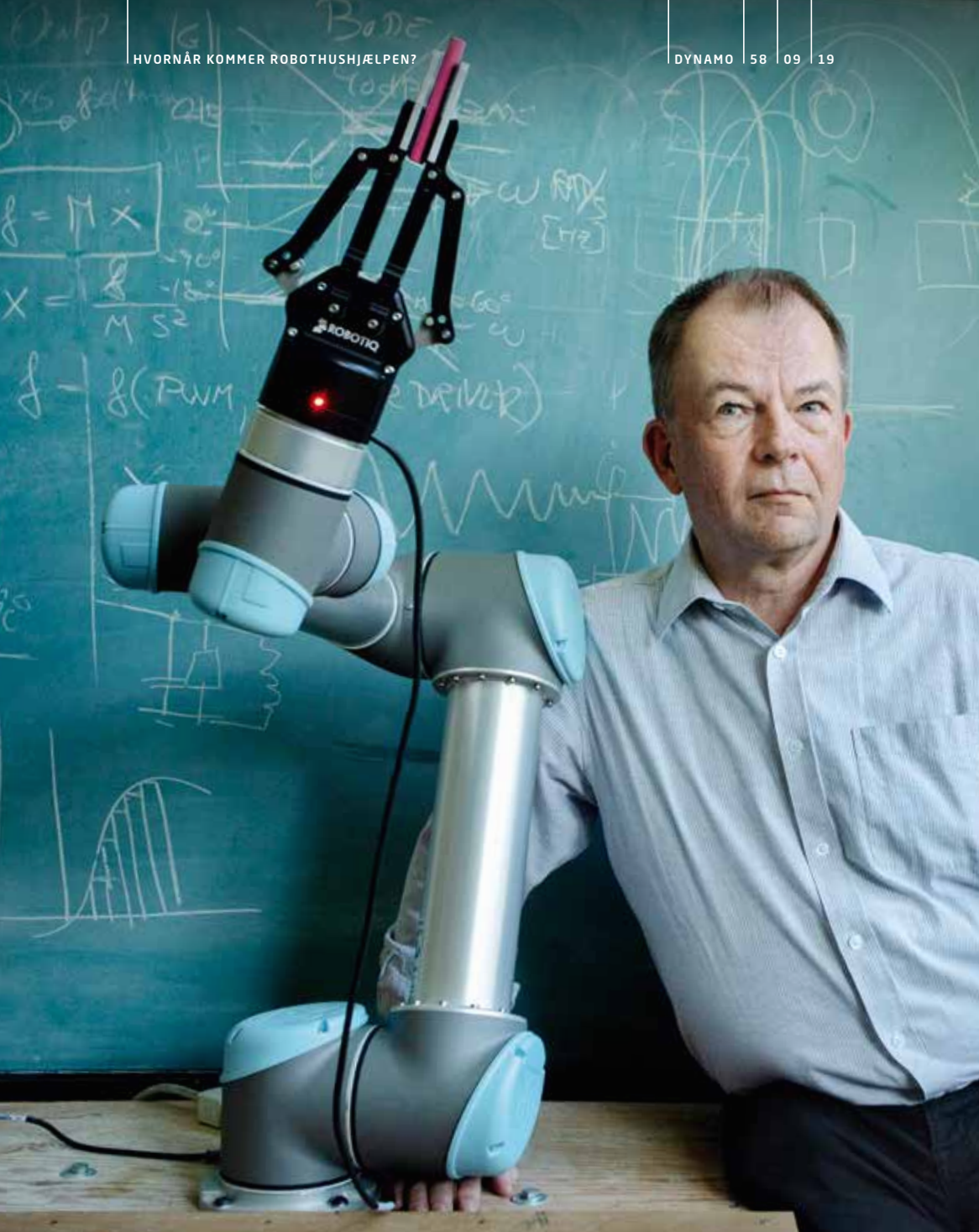
Teknologien er nu så udviklet, at robotter bliver udstyret med situationsfornemmelse, også kaldet situation awareness, så de registrerer omgivelserne og tager højde for ændringer her. Det vil betyde, at de f.eks. kan undgå at støde ind i mennesker eller ting, som flytter sig, og de vil også kunne regne ud, hvad der vil ske. Det vil medføre, at mennesker og robotter kan arbejde tættere sammen, og at robotten ikke længere arbejder bag en afskærmning som f.eks. i et bur. Vi vil se de samarbejdende robotter i pro-

duktionsvirksomheder først, hvor de kan hjælpe ansatte med f.eks. at fylde elementer ind i en maskine eller tømme den igen.

**q: Hvad driver udviklingen?**

**a:** Der er mange brancher, som sammen driver udviklingen. En af dem er spilindustrien, som udvikler bl.a. sensorer, der skaber billeder med dybde i stedet for kun 2D. Mobiltelefonerne har medført en kæmpe forbedring af batteriers levetid, og det kommer også robot- og droneteknologien til nytte. Så er der udviklingen af kunstig intelligens og selv-lærende systemer, som kan udnyttes i robotter. I forskningsverden er det først og fremmest nysgerrigheden, der driver udviklingen, og ikke mindst de globale konkurrencer, som vores forskergruppe også deltager i. Vi er blevet udvalgt til at deltage i Abu Dhabi i februar 2020, hvor vi skal have selvkørende robotter til at samarbejde med droner om at løse en række opgaver.





*Professor Ole Ravn mener ikke, vi skal frygte, at robotterne tager vores job. Tværtimod vil robotter kunne skaffe produktionen tilbage til Europa.*

## Forskningen på DTU

- Professor Ole Ravn har i mere end 20 år forsket i robotteknologi og automation og er i dag leder af enheden Automation and Control på DTU Elektro.
- Enheden er netop blevet styrket med ansættelsen af tre forskere og beskæftiger nu godt 45 medarbejdere.
- Forskningen omfatter bl.a. intelligente autonome systemer, modulære robotter, mobile robotter og fejltolerant styring og regulering.
- I efteråret 2019 udbyder DTU for første gang kandidatuddannelsen Autonome Systemer. Specialiseringen inden for automation og robotteknologi ligger stadig under kandidatuddannelsen Elektroteknologi.
- Automation and Control-gruppen er hvert år vært for DTU RoboCup, som er en konkurrence med selv-kørende robotter, der skal løse en række opgaver.

✚ [www.aut.elektro.dtu.dk](http://www.aut.elektro.dtu.dk)

### q: Bliver robotter en større del af vores liv?

a: Ja, udviklingen går i retning af, at stadig flere processer og opgaver bliver automatiseret. Vi er allerede vant til at køre i metro uden fører, og i fremtiden vil vi se autonome færger. Robotteknologien er også på vej ind i sundhedssektoren, både inden for behandling som f.eks. kirurgi og som assistenter i pleje- og omsorgsopgaver. Vi vil også begynde at udnytte teknologien til farlige opgaver som brandslukning eller inspek-

tion af tanke eller på steder, der er vanskeligt tilgængelige som vindmøllevinger eller havets bund. Mindre virksomheder vil også begynde at bruge robotter, dels fordi teknologien er blevet billigere, og dels fordi robotterne bliver mere brugervenlige, så det ikke kræver en højt betalt programmør at få dem til at løse en ny opgave.

### q: Hvad er de største misforståelser mht. robotter?

a: Den største er den med, at de tager vores jobs. Det er rig-

tigt, at de udfører nogle af de manuelle opgaver, som mennesker gjorde før. Men for Danmarks vedkommende har vi allerede mistet disse jobs, da virksomhederne flyttede produktionerne ud af landet. Nu kan vi faktisk få produktionerne tilbage, når robotterne løser opgaverne, fordi vi ikke længere skal konkurrere på udgifter som lønninger. En anden udbredt misforståelse er, at udviklingen er meget længere fremme, end det er tilfældet. Man har måske set robotter i Star Wars og tror,

at R2-D2 og C-3PO er lige om hjørnet. Ganske vist går udviklingen stærkt i disse år, men vi har mange års forskning og udvikling foran os, før vi overhovedet vil se de simple hjælperobotter i hjemmene. Ω

© Ole Ravn, professor, DTU Elektro, or@elektro.dtu.dk



”Andelen af kvindelige studerende, som vi tilbyder en plads, har aldrig været højere end det er nu. Og det glæder vi os meget over på DTU.”

*Bachelordekan Lars D. Christoffersen om dette års optag på DTU. Kvinder udgør i år 37 pct. af optaget på civilbacheloruddannelsen mod 33 pct. i 2018.*



## Alvor og leg med kaffe på Folkemødet

Denne sommer kunne deltagere til Folkemødet på Bornholm prøve Kaffetræet, som er et interaktivt træ med lysende knapper, hvor gæsterne kunne 'plukke' kaffebønner ved at

trykke på knapperne og opdage, hvor mange bønner der går til en kop kaffe. Træet er designet for Peter Larsen Kaffe af Circle Solutions, som er et hold på syv DTU-studerende. Målet var mere

end leg; Kaffetræet skulle engagere Folkemødets deltagere aktivt i bæredygtig kaffeproduktion, og få dem til at se hvilken forskel den gør for miljøet og kaffeplukkerne.



## FØRSTEPLADS TIL DTU'S ØKOBIL

Årets Shell Eco-marathon endte med en sejr for DTU-bilen 'Dynamo'. Det lykkedes for holdet bag - DTU Roadrunners - at få bilen til at køre hele 429 kilometer på literen, hvilket var 90 km bedre end bilen på andenpladsen og 50 km

bedre end DTU-rekorden sidste år. Dynamo kører på bioethanol og deltog i kategorien ICE (internal combustion engine) Urban Concept, hvor der konkurreres om at køre længst på literen i noget, der minder om bykørsel med mange stop.

## DTU UDNÆVNER NY BACHELOR-DEKAN

Stillingen som dekan for DTU's bacheloruddannelser og studiemiljø er Lars D. Christoffersen, der blev udpeget i slutningen i maj. Han kom til DTU i 2013 som chef for DTU Diplom, der blev oprettet efter en fusion mellem DTU og Ingeniørhøjskolen i København.



# VERDENS MINDSTE KONVERTER VIL GIVE MERE PLADS INDE I MOBILEN

Fem unge forskere har udviklet en lille bitte effektkonverter, som vil give hardwareproducenterne helt nye muligheder på et marked, hvor mobiltelefoner og anden elektronik skal fylde stadig mindre.

I dag fungerer mobiltelefonen ikke bare som telefon, men er et helt lille kommunikations- og underholdningscenter med kamera, gps, internetbrowser, sensorer, gaming-center og meget mere.

Strømmen til mobilens mange funktioner kommer enten fra et usb-stik forbundet med elnettet eller fra et batteri. De elektroniske komponenter til de forskellige funktioner i mobilen drives af mange forskellige spændingsdomæner, og derfor sørger et effektleveringssystem for at konvertere spændingen fra usb eller batteri til de mange spændingsdomæner.

Oftentimes er der brug for op til 15 forskellige spændingsdomæner i en mobiltelefon, som hver kræver en effektkonverter. Tilsammen optager de mange konvertere meget plads i mobilens trange indre.

Derfor er der stor interesse blandt hardwareproducenterne for at skabe mindre effektkonvertere, og det er lykkedes for fem forskere fra DTU Elektro. Deres nye konvertere måler kun 2,0 x 2,2 mm, mens de nærmeste konkurrenters produkter måler mindst en halv gang mere på hver led. Når konverteren kommer i produktion, venter forskerne, at den også vil være billigere end konkurrenternes produkter.

## Silicium forhindrer opvedning

Forskerholdet bruger som noget nyt silicium i deres konvertere, hvilket forhindrer overophedning i de små



Den lille effektkonverter fylder kun 2,0 x 2,2 mm.

Fire af de fem forskere fra holdet bag den nye effektkonverter (fra venstre): Dennis Øland Larsen, Ahmed Morsi Ammar, Pere Llimós Muntal og Yasser Nour. Hoá Lê Thanh er den femte forsker og ikke med på fotoet.



≡ Anne Kirsten Frederiksen  
📷 Activecube, privat

elektriske kredsløb, hvor temperaturen let kan komme helt op til 80 grader.

”Silicium forhindrer, at der dannes såkaldte hotspots med meget høje temperaturer. Den nye konverter bliver højst omkring 45 grader, og det er helt acceptabelt. Silicium har desuden den fordel, at det findes naturligt i rigelige mængder og derfor er både bæredygtigt og billigt at anvende” siger postdoc Yasser Nour, DTU Elektro, der er en af forskerne bag den nye konverter.

## Stor interesse fra virksomheder

Der er et stort marked for den nye konverter, ikke blot i mobiltelefoner, men også i eksempelvis

bærbare computere, høreapparater eller wearables, der kontinuerligt måler data fra kroppen eller omgivelserne.

”Disse elektroniske apparater har også behov for at kunne bearbejde en stadig større mængde data hurtigt. De kræver derfor mere strøm, samtidig med at de skal være så små som muligt. Det er her, vores nye teknologi virkelig kommer til sin ret,” siger forsker Ahmed Morsi Ammar, der også har deltaget i udviklingen af konverteren.

De fem forskere arbejder i øjeblikket på at skabe deres egen virksomhed, og de første potentielle kunder har allerede meldt sig. Ω

📧 Yasser Nour, postdoc, DTU Elektro, ynour@elektro.dtu.dk



Adskillige forskere verden over har forsøgt at udvikle slange modgift med humane antistoffer. Men det krævede en ingeniør at få det endelige gennembrud.

# INGENIØR BAG DEN FØRSTE SLANGEMODGIFT MED HUMANE ANTISTOFFER

Af Lotte Krull

Illustration: Gert K. Nielsen

Foto: Michael Barrett Boesen

Hvert år bliver omkring 5,4 mio. mennesker bidt af en giftig slange, anslår Verdenssundhedsorganisationen, WHO. Op mod 138.000 af ofrene dør, mens tre gange så mange må leve med permanente skader som vansiringer eller amputationer.

En slanges gift består i gennemsnit af 50 forskellige toksiner. Toksinerne har varierende grad af giftighed, og deres funktioner er forskellige: De kan forårsage lammelse, hindre vejrtrækning, føre til blødningsforstyrrelser med livsfarlige forblødninger som konsekvens, forårsage varige skader på nyrerne eller give varige vævsskader, der medfører permanente handicap eller amputationer

af lemmer. Sammensætningen af toksinerne varierer mellem slangearterne.

Slangebid blev i 2017 sat på WHO's liste over de mest negligerede lidelser i tropenerne. Medicinalfirmaerne har intet fokus på området, fordi de fleste ofre for slangebid kommer fra de fattige dele af verden, hvor der ikke er de store penge at tjene på ny medicin. WHO nedsatte en ekspertgruppe på 28 personer fra hele verden, der skulle udarbejde nye retningslinjer for forebyggelse og behandling af slangebid. De nye retningslinjer er blevet udgivet i maj. I ekspertgruppen sad en lektor fra DTU: Andreas Hougaard Laustsen. Han forsker på femte år i slangemodgift – siden 2016 som ansat ved DTU Bioengine-

ering. Som de første i verden er det nu lykkedes Andreas Hougaard Laustsen, hans forskergruppe og samarbejdspartnere fra England og Costa Rica at udvikle en eksperimentel slangemodgift baseret på humane antistoffer. Det kan føre til en stor forbedring i behandlingen af slangebid, forklarer Andreas Hougaard Laustsen.

## Traditionel modgift giver bivirkninger

”Med den modgift, vi har i dag, er det ikke et spørgsmål om, du kan få bivirkninger, men om, hvor alvorlige de er, og om du dør af dem,” siger lektoren.

Modgiften bliver lavet ved at immunisere heste. Det vil sige, at slangegift



*Som den første i verden har Andreas Laustsen udviklet en slangemodgift baseret på humane antistoffer.*

## Fakta

Hvert år bliver 5,4 mio. mennesker bidt af en slange. Tallet er et estimat, da slangebider i mange lande er underrapporteret.

Mellem 81.000 og 138.000 mennesker dør hvert år som følge af slangebider – omkring tre gange så mange oplever følger som amputationer eller andre permanente skader på grund af slangebider.

Slangegift kan forårsage lammelse, hindre vejrtrækning, føre til blødningsforstyrrelser med livsfarlige forblødninger som konsekvens og forårsage varige skader på nyrerne eller vævet, der medfører permanente handicap eller amputationer af lemmer.

Landbrugsarbejdere og børn er mest udsat for slangebider. Børn får oftere alvorlige skader end voksne, fordi de har mindre kroppe.

KILDE: WHO, FACTSHEET ON SNAKEBITE ENVENOMING (APRIL 2019)

## Den sorte mamba

Afrikas største giftslange bliver typisk ca. 2,5 meter lang. Dens hugtænder er 3-6 mm lange og kan levere op til 400 mg gift, hvilket er nok til at slå ca. 30 mennesker ihjel. Et typisk bid indeholder dog kun ca. 100 mg gift. Giften er hurtigvirkende og lammer musklerne, så offeret dør af vejrtrækningsstop.

bliver sprøjtet ind i heste gentagne gange over en periode på op til halvt andet år. Når hestene har dannet antistoffer, tappes blodet, og antistofferne isoleres. Disse antistoffer udgør hovedingrediensen i modgiften. Men når den sprøjtes ind i mennesker, opfatter menneskekroppen hestens antistoffer som fremmede og reagerer derfor med kraftige bivirkninger.

Derfor har forskere verden over forsøgt at udvikle modgifte baseret på humane antistoffer. Men der skulle en ingeniør til at få det endelige gennembrud.

”Som ingeniør har man nok en mere systematisk tilgang til at løse et problem, og vi er trænet i at tænke i forsøgsdesign, proces og slutprodukt. Produkti-

onstankegangen er nødvendig, hvis vi skal mere end bare finde antistoffer, men også ønsker at lave en produktion af en ny type modgift. Så nytter det ikke noget at finde et utal af antistoffer, for det bliver for dyrt at gå i produktion med. Men det er muligt, hvis det kun er en håndfuld antistoffer. Derfor gælder det om at prioritere, hvilke toksiner der først og fremmest skal neutraliseres, før du giver dig i kast med at finde antistofferne,” siger Andreas Hougaard Laustsen.

### Giftstofferne skal rankes

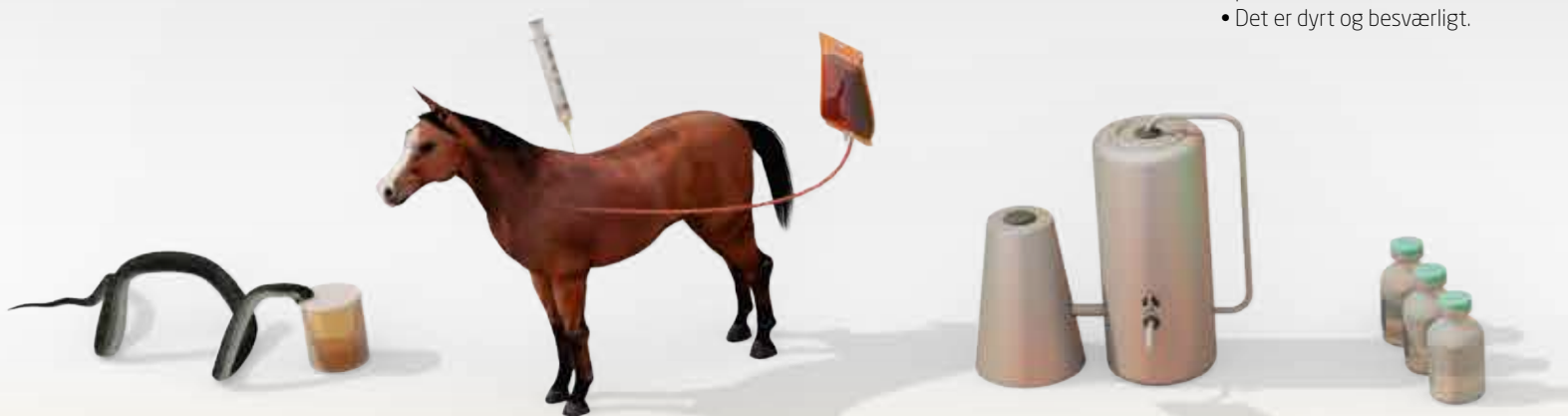
Med sin baggrund som kemiingeniør fra DTU tog Andreas Hougaard Laustsen som ph.d.-studerende ved

Københavns Universitet i 2014-2016 de første skridt i udviklingen af en modgift med humane antistoffer. Han startede med at analysere giften fra den sorte mamba, som er Afrikas største giftslange, for at finde de vigtigste toksiner. Dertil udviklede han en toxicity score, der kunne ranke toksinerne.

”Med vores toxicity score fik vi en metode til at udvælge de mest kritiske toksiner, som så var dem, vi skulle finde de humane antistoffer mod. Det er egentlig ret banalt, men denne strategiske tænkning var ikke så fremherskende på det tidspunkt,” forklarer Andreas Hougaard Laustsen, der også publicerede sin metode, som andre forskere nu benytter sig af.



## TRADITIONEL FREMSTILLING AF MODGIFT



1

Gift bliver malket direkte fra en slange ved at få slangen til at bide i låget på et glas.

2

Slangegiften sprøjtes ind i en hest, der begynder at danne antistoffer. Der skal gentagne indsprøjtninger til for at immunisere hesten.

3

Efter ét til halvandet år kan man tappe blod fra hesten for at udvinde antistoffer mod slangegiften.

4

De røde blodlegemer og plasma bliver skilt fra hinanden, hvorefter antistoffer bliver isoleret fra plasma.

5

Efter opkoncentrering og klargøring bliver modgiften hældt på flasker og er klar til brug.

### Metodens ulemper

- Når modgift med hesteantistoffer sprøjtes ind i mennesker, kan der opstå alvorlige bivirkninger.
- Hesten skal immuniseres med nøjagtig den gift, som den skal producere antistoffer mod.
- Det er dyrt og besværligt.

### Ny indsats mod slangebid

- WHO udgav i maj 2019 en ny strategi, der skal mindske den globale byrde af slangebid.
- Målet er at halvere antallet af varige lemlæstelser og dødsfald frem til 2030.
- Indsatsen omfatter bl.a. forebyggelse af slangebid gennem uddannelse, udvikling af sikre, billige og effektive modgifte, forbedring af lokale og regionale sundhedstilbud og etablering af samarbejder, såvel medicinske som politiske, som kan understøtte en forandring af den nuværende situation.
- Indsatsen starter med en pilotfase, der involverer 10-12 lande og et budget på ca. ni mio. dollar i 2019-2020. Den fuldt udrullede indsats vil i 2025-2030 omfatte alle berørte lande med et budget på ca. 82 mio. dollar.

KILDE: WHO, SNAKEBITE ENVENOMING - A STRATEGY FOR PREVENTION AND CONTROL



Til selve identifikationen af de humane antistoffer benyttede Andreas Hougaard Laustsen en velkendt metode, phage display, som i øvrigt udløste nobelprisen i kemi i 2018 til George P. Smith og sir Gregory P. Winter. Sidstnævnte var mentor for forskeren John McCafferty, der i dag leder et laboratorium uden for Cambridge og har et af verdens største genetiske biblioteker over humane antistoffer. Biblioteket indeholder i alt 40 mia. gener til samme antal forskellige humane antistoffer. Så Andreas Hougaard Laustsen tog til England og koblede sig på John McCaffertys gruppe af erfarne phage display-forskere. Her arbejdede danskeren på at finde ud af, hvilke af de 40 mia. gener der kan producere de antistoffer, der neutraliserer mambaens toksiner.

Efter flere års forsøg og samarbejde med forskningsmiljøer i både Cambridge og Costa Rica lykkedes det endelig i efteråret 2018 at udvinde adskillige humane antistoffer, som

tilsammen kunne neutralisere hele giften fra den sorte mamba. Dette blev vist i museforsøg, som er relevante i denne sammenhæng, da mus generelt reagerer på slangetoksiner på samme måde som mennesker.

### Flere giftstoffer skal neutraliseres på én gang

I de kommende år vil Andreas Hougaard Laustsen arbejde videre for at forbedre løsningen: Han vil også finde individuelle antistoffer, der kan neutralisere flere toksiner på én gang. Jo flere toksiner et enkelt antistof kan neutralisere, jo færre antistoffer er der brug for.

”Vi vil udvikle humane antistoffer med særlige bindingsegenskaber, der giver antistofferne bredspektret krydsreaktivitet. Det vil sige, at det samme antistof kan neutralisere flere toksiner. Det muliggør, at vi kan udvikle modgifte, som virker bredspektret på flere slangearters giftstoffer. Det betyder

## BIOTEKNOLOGISK FREMSTILLING AF MODGIFT



1

De vigtigste toksiner i slangegiften udvælges.

2

Generne, der koder for de humane antistoffer, som kan neutralisere de udvalgte toksiner, findes ved hjælp af den nobelprisbelønnede phage display-metode.

3

Generne opformerer i bakteriofager og kan herefter sekventeres, dvs. man får den genetiske kode for det humane antistof.

4

Med den genetiske kode er det nu muligt at producere de humane antistoffer i stor skala.

5

Modgift hældes på flasker og er klar til brug.

også, at modgifte vil kunne gives til patienter i lavere dosering, og stadig være effektive,” siger Andreas Hougaard Laustsen.

Lykkes det, vil en læge også kunne bruge modgiften i de mange tilfælde,

hvor man ikke ved, hvilken slange offeret er blevet bidt af. Det vil kunne redde mange liv, ikke bare i Afrika, men i alle dele af verden. Ω

© Andreas Hougaard Laustsen, lektor,



Andreas Hougaard Laustsen sad i WHO's ekspertgruppe om forebyggelse og behandling af slangebid.

### Om phage display

- I phage display udnyttes bakteriofager til at arbejde for en.
- Bakteriofagen er en virus, der reproducerer sig selv ved at overtage en bakterie og lade den stå for formeringen.
- Gennem genmanipulation af bakteriofagen kan man indsætte humane gener i den, og derved få den til at reproducere sig med menneskets genkoder. Det er dette Andreas Hougaard Laustsen udnytter i sin udvikling af modgift til slangebid.
- Phage display-metoden blev opfundet af George Smith i 1985, og Sir Gregory P. Winter brugte metoden til at udvikle nye antistoffer til at fremstille nye lægemidler.
- Det første lægemiddel blev godkendt i 2002 og bruges til patienter med leddegigt. Siden er der udviklet lægemidler mod psoriasis og inflammatoriske tarmsygdomme, samt antistoffer, der kan neutralisere toksiner, dæmpe autoimmune sygdomme og kurere metastaser.
- George Smith og sir Gregory P. Winter modtog den ene del af nobelprisen i kemi i 2018 for deres arbejde med phage display-metoden.

KILDE: NOBELPRIZE.ORG

# PLEJEHJEM UDNYTTER IT TIL DEMENTE BEBOERE

Sensorer, der kan slå alarm, når en beboer falder om, vinder frem på plejehjemmene. Med avanceret it kan data fra sensorerne og anden elektronik udnyttes til at forebygge sygdomme.

☰ Morten Andersen

📷 Bax Lindhardt

**P**å sin skærm kalder plejehjemsleder Charlotte Kock Petersen en plantegning frem, hvor alle boliger på Plejecenter Skovhuset i Hillerød er skitseret. I nogle af boligerne bevæger prikker sig rundt. Der er indbyggede sensorer i gulvene, som registrerer beboernes bevægelser.

”Takket være sensorgulvene kan vi komme hurtigt til undsætning, hvis en beboer falder om. Vi har også en del beboere, der har behov for hjælp til toiletbesøg. Tidligere var personalet afhængigt af at gå rundt på gangene og prøve at lytte sig til, om de beboere nu var gået på toiletet. I dag får vi informationen fra sensorerne, så vi er sikre på at kunne komme til undsætning med det samme,” forklarer Charlotte Kock Petersen.

Skovhuset deltager i projektet Proactive Care for Elderly People with Dementia (PACE) i samarbejde med DTU Compute.

”Der knytter sig en række udfordringer til at tage hånd om demente beboere. Når mennesker med demens

bliver syge, kan de ændre adfærd. F.eks. kan de pludselig blive hyperaktive og måske også udadreagerende. Her vil det være en stor hjælp for os, hvis vi kan blive advaret. Det kan gulvene ikke i dag, men det vil PACE-projektet gøre muligt,” siger Charlotte Kock Petersen.

## Forebygger indlæggelse på hospital

Projektet tager udgangspunkt i, at mellem 75 og 90 pct. af beboerne på de danske plejehjem lider af demens. Andelen har været støt stigende gennem en række år.

”Mennesker med demens kan have svært ved at opdage nye symptomer på sygdom. Ofte har de simpelthen glemt, at de havde det bedre for et par dage siden. Det betyder, at sygdom, som kunne være taget i opløbet, får lov til at udvikle sig. Så ender man måske med en hospitalsindlæggelse. Det er dyrt for samfundet og ikke mindst meget stressende for den demente, der bliver taget ud af sine vante rammer,” siger lederen af PACE, lektor Anders Stockmarr, DTU Compute. Når et center får sensorgulve installeret, er der ikke lang vej til at udnytte data fra sensorerne til flere formål. Hvis en beboer f.eks. begynder at gå på





## Begyndte som et studenterprojekt

PACE-projektet blev indledt i oktober 2017 og løber i fire år. Kimen blev lagt med et studenterprojekt på DTU Compute. En gruppe studerende skrev en projektopgave, hvor de regnede på data fra et sensorgulv i Skovhuset. Konklusionen var, at det var muligt at modellere disse data meningsfuldt. DTU iværksatte derefter et opfølgende projekt ledet af postdoc Max Spooner, DTU Compute.

"Vi kunne se, at der faktisk var nyttig information at hente i de data, som gulvene gav os. Derfor gik vi videre med at danne det netværk, som står bag PACE-projektet i dag," siger plejehjemsleder Charlotte Kock Petersen, Skovhuset.

DTU og Aalborg Universitet er de akademiske partnere. Desuden medvirker bl.a. plejecentrene Skovhuset og Ryetbo, arkitektfirmaet Kullegaard samt elektronikleverandøren SIF Gruppen. Projektet har et samlet budget på 8,6 mio. kr. Heraf har Innovationsfonden støttet med 6,4 mio. kr., mens resten betales af deltagerne.

Leder Charlotte Kock Petersen foran Skovhuset, hvor sensorer i gulvene betyder hurtigere hjælp til de ældre.



toiletet hyppigt og tripper rundt i lejligheden med små skridt, kan det være tegn på urinvejsinfektion.

Tidlige advarsler om sygdomme og om hyperaktiv adfærd er imidlertid komplicerede udfordringer, forklarer Anders Stockmarr:

”Fru Hansen og hr. Petersen opfører sig ikke på samme måde til daglig. Derfor kan man ikke have en standarddefinition på, hvilken adfærd der giver anledning til bekymring. Man er nødt til at have et lærende system, der kender den enkelte beboer og kan reagere ud fra det.”

### Respekt for privatlivet

Ud over sensorgulvene er der mange andre kilder til relevante data. Det kan f.eks. være elektroniske armbånd, som mange plejehjemsbeboere er udstyret med for at kunne slå alarm, hvis de får det dårligt, eller det kan være logning af tidspunkter for, hvornår lys bliver tændt og slukket.

”Kombinationen af flere typer data øger mulighederne for at skabe tryghed

### Fakta om demens

Demens er en fællesbetegnelse for en række sygdomme i hjernen, som bl.a. fører til tab af hukommelse og evne til at koncentrere sig. Forekomsten stiger med alderen. I aldersgruppen 60-65 år har en pct. demens, mens det hos ældre over 90 år er ca. 30 pct.

I Danmark har knap 40.000 diagnosen demens (2015), men det reelle antal af ramte er markant større. Ud fra internationale befolkningsstudier vil man forvente, at ca. seks pct. af befolkningen over 65 år i Danmark - svarende til knap 90.000 personer - lider af demens.

Ifølge tal fra de danske regioner er de direkte udgifter til behandling af de patienter, der har diagnosen demens, ca. ti mia. kr. Dertil kommer betydelige indirekte udgifter for samfundet, som f.eks. opstår, når pårørende går ned i arbejdstid for at kunne deltage i plejearbejdet.

De samlede omkostninger forbundet med demens i den vestlige verden er anslået til 160 mia. dollar årligt (Hurd, 2013). Det gør demens til en af de mest omkostningstunge sygdomme.

KILDER: NATIONALT VIDENCENTER FOR DEMENS OG JOURNAL OF ALZHEIMER'S DISEASE (56/2017).

for beboerne, men i udgangspunktet er de forskellige systemer ikke sat op til at tale med hinanden. En vigtig opgave i PACE er derfor at skabe en fælles platform,” siger Anders Stockmarr og tilføjer, at fleksibilitet er et nøgleord:

”Udviklingen inden for sensorer og anden teknologi til ældreområdet står ikke stille. Vi ønsker at skabe en platform, der også kan rumme de nye produkter og systemer, som kommer til i fremtiden. Samtidig har beskyttelse af private data høj prioritet. Vi er meget opmærksomme på, at løsningerne ikke skal blive en form for overvågning af beboerne. Vi designer systemerne sådan, at data bliver i computeren. Det eneste, der kommer ud, er alarmerne. Det vil sige, at så længe der er tale om almindelig daglig aktivitet, bliver der ikke observeret data.”

### Frivilligt for beboerne

Alle boliger i Skovhuset har gulve med indbyggede sensorer, men der er forskel på, hvor meget de bliver brugt.

”Gulvene indstilles individuelt. Nogle beboere har måske kun behov for faldalarm, andre ønsker også, at vi får besked, hvis de f.eks. står ud af sengen om natten, eller når de går på toiletet. Det er også muligt at få sensorerne slået fra, hvis man ønsker det. Det er helt frivilligt,” understreger Charlotte Kock Petersen.

Nogle få beboere vælger at få sensorerne slået fra, når de flytter ind, typisk fordi de ikke vil føle sig overvåget. Men meget ofte beder beboerne senere om at få en eller flere funktioner slået til, når de f.eks. har hørt, at naboen har været glad for at få hjælp takket være en alarm.

En af de største fordele ved teknologien handler om hygiejne efter toiletbesøg.

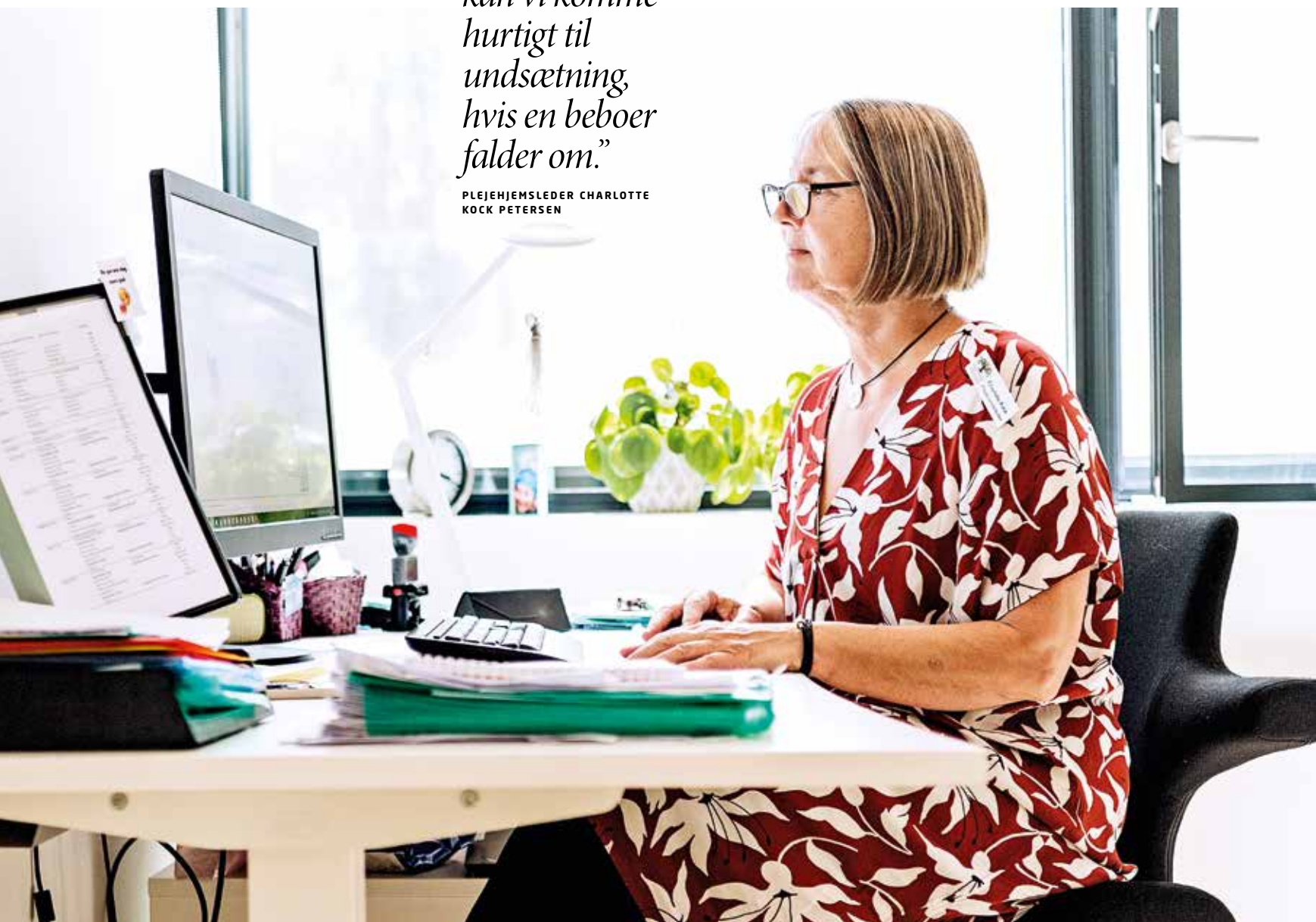
”Det kan være svært for beboere med demens at acceptere, at man behøver hjælp til nedre toilett. Derfor har vi installeret toiletter med skyl, der vasker og tørrer de nedre regioner, så beboeren selv kan klare besøget. Men



En plantegning på en mobiltelefon eller pc viser beboerne som små prikker, der bevæger sig rundt.

*”Takket være  
sensorgulvene  
kan vi komme  
hurtigt til  
undsætning,  
hvis en beboer  
falder om.”*

PLEJEHJEMSLEDER CHARLOTTE  
KOCK PETERSEN



det forudsætter jo, at beboeren husker at trykke på knappen. Derfor er det meget vigtigt, at personalet kan komme forbi på det rigtige tidspunkt og sikre, at der faktisk bliver trykket,” forklarer Charlotte Kock Petersen.

### **Ingen vej uden om teknologi**

Skovhuset blev indviet i 2013. Allerede under projekteringen af byggeriet var Charlotte Kock Petersen og hendes kolleger inddraget.

”Vi havde hørt om sensorgulvene og var overbeviste om, at det var en god løsning. Vi så gulvene som et

socialpædagogisk redskab i forhold til beboerne, og det er bestemt også blevet tilfældet.”

Samtidig er teknologien vigtig i rekruttering af medarbejdere, mener Charlotte Kock Petersen:

”Det gør Skovhuset mere attraktiv som arbejdsplads, at vi er i front med teknologi. Men det er jo ikke teknikere, vi tiltrækker, så vi er afhængige af, at de tekniske løsninger er brugervenlige. Det er hidtil lykkedes rigtig godt. Sensorgulvene har en god brugergrænseflade, hvor vores medarbejdere hurtigt kan indstille alarmfunktionerne rigtigt.

Jeg håber, at løsningerne i PACE-projektet gør det nemt at bruge flere typer af teknologi fremover.”

Med andre ord er Skovhusets leder overbevist om, at sektoren kun har set begyndelsen på teknologiens indtog:

”Der bliver flere ældre og navnlig flere demente ældre. Samtidig er det desværre en stor udfordring for sektoren at rekruttere nok medarbejdere til at løfte opgaverne. Derfor kan jeg ikke se nogen vej uden om, at vi skal tage teknologien til hjælp.” Ω

@ Anders Stockmarr, lektor, DTU Compute,

*Med et stigende antal demente ældre bliver it-løsninger i plejesektoren en nødvendighed, siger Charlotte Kock Petersen.*

# KUNSTIG INTELLIGENS

## REDUCERER BYGNINGERS ENERGIFORBRUG

Data og algoritmer kan afsløre bygningers tilstande og vise, hvor der er de største energibesparelser at hente gennem renoveringer. Det kan give enorme CO<sub>2</sub>-besparelser. Løsningerne bliver allerede testet i tre store smart city-projekter på tværs af Øresund.

aflæsninger af fjernvarmemålere giver en evidensbaseret viden, som netop afspejler virkeligheden.

### To ens huse er ikke ens

I dag baserer man energirenoveringer og energimærkningsordningen ved f.eks. hussalg på simuleringsbaserede metoder, hvor man ud fra tegninger indregner tykkelsen af isolering, opbygning af vægkonstruktion osv.

Det er et problem, fordi to typehuse eller boligblokke på tegningerne kan være fuldkommen identiske, men forskellige i praksis. Varmeregnskabet kan svinge enormt, både fordi beboerne opfører sig forskelligt, og på grund af forskel i kvaliteten og udførelsen af byggeriet. F.eks. kan der være tabt beton ned i isoleringen i nogle bygninger, så isoleringen er forringet, mens det ikke er tilfældet i andre bygninger.

”Vi kan med vores metode skabe et ’røntgensyn’ og zoome ind og se, at nogle bygninger er op til tre gange mere utætte end andre, selvom de på tegningerne er ens. Det betyder, at hvis vi har 100 mio. kr. til energirenovering, kan vi sætte ind de steder, hvor der vil være størst gevinst at hente.

☰ Hanne Kokkegård  
 📷 Hanne Kokkegård og PantherMedia

**D**e kommende år skal Danmark gennemgå en omfattende grøn transformation. Politisk er der flertal for en CO<sub>2</sub>-reduktion på 70 pct. i år 2030, og Danmark har tilsluttet sig den internationale klimaaftale, Parisaftalen.

Løsningerne er stadig ukendte, men energieffektiviseringer og -renoveringer rummer et enormt potentiale. For opvarmning af bygninger står for 40 pct. af vores energiforbrug, og særligt i den ældre bygningsmasse er der store gevinster at hente ved at reovere. Over 80 pct. af bygningerne er mere end 20 år.

Men de nuværende metoder til at planlægge og udføre energieffektivi-

seringer, herunder metoderne til at udpege de relevante bygninger, hænger fast i gammel vanetænkning og mangel på ny teknologi, og de trænger til et eftersyn, mener professor og centerleder Henrik Madsen på Centre for IT-Intelligent Energy Systems (CITIES) på DTU Compute:

”Hvis man vil have størst CO<sub>2</sub>-besparelse for pengene, bør man tage kunstig intelligens til hjælp, fordi det kan give en form for røntgensyn, så man kan kigge ind i bygningernes skjulte lag og ’se’, om bygningen ’performer’ godt eller dårligt.”

Fra smart city-projekter ved DTU-forskerne, at data fra hyppige

## Adfærdens betydning

Adfærd spiller en stor rolle for varmeregningen. Henrik Madsen fortæller, at DTU Compute for år tilbage hjalp en grundejerforening med 80 ens rækkehuse.

En af ejerne følte sig forfulgt af grundejerforeningen, fordi familiens varmeregning var mange tusind kr. højere end de andres.

Det viste sig dog, at familien døgnet rundt året rundt havde et tagvindue stående 10-20 cm åbent, så familiens kat kunne komme ud. Katten kostede dermed familien mange tusind kr. i varme hvert år.

## Smart city-forskning og C40

DTU Compute leder to smart city-projekter og er med i flere andre.

Sammen med erhvervslivet udvikler Centre for IT-Intelligent Energy Systems, CITIES, løsninger, hvor man benytter data og kunstig intelligens til energibesparelser og effektiviseringer. Løsningerne testes af forskere, kommuner og energivirksomheder på tværs af Øresund gennem det dansk-svenske Interreg-projekt Smart Cities Accelerator, SCA.

DTU Compute deltager også i et stort projekt, Renovating Buildings Sustainably, REBUS, der arbejder med praktisk anvendelse af løsningerne fra CITIES og SCA, samt projekter til acceleration af den grønne omstilling i tilknytning til Center Danmark, Danmarks nationale forsknings- og testcenter for grøn omstilling.

På C40-topmødet 9.-12. oktober 2019 kan du få mere viden om fremtidens energisystem baseret på data og kunstig intelligens, bl.a. i SCA's Energibus på Vester Voldgade i København 11. oktober.

✚ [www.smartcitiesaccelerator.eu](http://www.smartcitiesaccelerator.eu)



Potentialet ved databaseret energieffektivisering og -renovering er enormt, siger professor og centerleder Henrik Madsen.

F.eks. udskiftning af vinduer, isolering af loftet eller tætning af døre. Endelig kan metoden bruges til en forbedret og digitaliseret energimærkningsordning,” uddyber Henrik Madsen, som har været med til at udvikle ’røntgenmetoden’.

## Kunstig intelligens tygger sig gennem data

Metoden består af analyse af big data og kunstig intelligens, hvor algoritmer tygger sig igennem hyppigt aflæste data om varmeforbrug og hyppige målinger af udeklimaet.

I modellen ligger energiforbruget til opvarmning som en funktion af

vejrdata med sol, vind og temperatur. Hvis temperaturen ude er lav, er varmeforbruget højt – og omvendt.

”Vejrfænomenerne spiller også sammen, f.eks. vind og temperatur. Hvis udetemperaturen er høj, gør det ikke noget, at det blæser, for så blæser der bare varm luft ind. Men hvis det er koldt udenfor, blæser der kulde ind, og så kommer der et ekstra forbrug i bygningen. Det er også lagt ind som parameter i modellen, ligesom der er parametre for, hvor velisoleret bygningen er,” forklarer Henrik Madsen.

’Røntgensynet’ filtrerer brugeradfærd og bygningens performance fra hinanden i ligningen, eftersom adfærd



### Fordele ved data-baserede metoder:

- **Identificere**, hvor der bør sættes ind med energirenovering, så man kan gå efter den største samlede energibesparelse.
- **Afdække**, hvor der bedst sættes ind i det enkelte hus (isolering af loftet, vinduer, ydervægge, udskiftning af døre). F.eks. når data viser, at varmeforbruget altid stiger, når vinden kommer fra vest.
- **Måle**, om energispareforanstaltninger, som er nævnt i ovenstående punkt, reelt har en effekt.
- **Forbedre** styringen af varme- og kølesystemer.
- **Etablere** en automatisk energimærkning.



har en stor betydning for varmeforbruget. Man antager bl.a., at brugeradfærden er den samme inden for et vist interval, f.eks. ved to minus- eller to plusgrader udenfor. Så hvis der opstår et merforbrug i den sammenhæng, skyldes det klimaskærmen, altså hvor god bygningens isolering er.

### Fremtiden går mod databaseret styring

Ved udvikling af algoritmen til 'røntgensynet' trækker DTU Compute på sin sektion for dynamiske systemer, hvor forskerne er eksperter i at analysere data, som kommer i form af tidsserier, dvs. tal, der kommer hvert sekund, hver time osv.

Forskerne har arbejdet på metoden i flere år, og den er testet på rækkehuse og boligblokke i Belgien og England. Metoden kan programmeres ind i

software, som kan bruges på PC eller mobil, så både energikonsulenter og den almindelige borger i princippet kan bruge den. Men den bedste løsning ville være at lægge metoden ud i skyen, således at husejerne løbende kan holde øje med energiforbruget i deres bolig.

CITIES-projektet med Henrik Madsen i spidsen har løbende prøvet at påvirke især Energistyrelsen til at indføre metoden. Og nu arbejder tiden også for 'røntgensynet'.

Efter krav fra EU skal alle husstande inden udgangen af 2020 f.eks. have fjernaflæste elmålere, hvor de enkelte husstande også får adgang til dataene på timebasis. Det giver mulighed for at udbrede 'røntgensyns'-metoden til hele Europa.

I fremtidens smarte byer skal man opvarme bygninger, når der er masser af grøn energi i elnettet fra sol og vind.

Og det kan man også styre ved hjælp af de nye modeller for bygningernes performance.

"Hermed vil vi gennem datastyret energirenovering kunne foretage en effektiv og accelereret grøn omstilling. For ti år siden havde man kun tegningerne. Nu begynder vi at kunne bruge data til andet end el- og varmeregningen," pointerer Henrik Madsen. Ω

© Henrik Madsen, professor, DTU Compute, hmad@dtu.dk

# 70 PATENTIDEER

ER INDBERETTET  
PÅ DTU FRA ÅRSSKIFTET OG  
FREM TIL 5. AUGUST 2019.  
I SAMME PERIODE SIDSTE ÅR  
BLEV DER INDBERETTET  
68 PATENTIDÉER.

## 'SVAMPEBATTERIER' SKAL LAGRE ENERGI

Forskere fra DTU Bioengineering og Aalborg Universitet skal udvikle batterier, hvor energien bliver lagret i stoffer, som er produceret af skimmelsvampe. Stofferne er de såkaldte quinoner, som er en gruppe af organiske forbindelser. Forskerne har konstrueret en prototype af et 'svampebatteri', og med en ny donation på 15 mio. kroner fra Novo Nordisk Fonden sætter forskerne tempoet op i deres søgen efter egnede svampe.

"Der er stor interesse for, at vi får udviklet nye batterier, som kan erstatte giftige

metaller som lithium, kobber og zink i batterier. Svampe-quinoner er et meget lovende alternativ og er 100 pct. nedbrydelige," siger professor Jens Christian Frisvad fra DTU Bioengineering. Forskerne har tre år til at udvikle en demonstrationsmodel af det bæredygtige batteri og beskrive, hvordan batterierne kan kobles på det eksisterende elnet.



## 130 IDEER TIL EN MERE BÆREDYGTIG VERDEN

Opfindsomheden fejler ikke noget hos den kommende generation af ingeniører. Det beviste dette års studenterkonkurrence Grøn Dyst på DTU. Over 300 studerende deltog i dysten med 130 projekter, der kan føre til

en mere bæredygtige verden. Projekterne rakte lige fra en løsning på brugen af plastikkrus over digitalisering af genbrugssystemet i Kenya til bæredygtig nedbrydning af gummidæk ved hjælp af bakterier.

25 dommerhold med over 150 dommere fra erhvervslivet, det politiske liv, organisationsverdenen, DTU og en række udenlandske universiteter bedømte projekterne. Der blev uddelt i alt 12 vinderpriser.

*Blusense Diagnostics udspringer af DTU's nanoteknologiske forskningsmiljø. Spinout-virksomhedens teknologi kan diagnosticere denguefeber, som spredes af moskitoer.*



## MEDVIND FOR VIRUS- SPINOUT

Det går godt for den fem år gamle spinout-virksomhed Blusense Diagnostics fra DTU, som netop har lanceret sit første produkt, en blodtest til at diagnosticere denguefeber med, skriver MedWatch. Testen sker vha. instrumentet Blubox, der på sigt skal kunne spore endnu flere sygdomme ved at analysere blodprøver. Virksomheden har kig på sygdomme som bl.a. zikavirus, gul feber, leptospirose og influenza. DTU-spinouten beskæftiger omkring 60 ansatte, hvilket er dobbelt så mange som for to år siden, og man regner med at være mellem 70-80 medarbejdere om et års tid.

# ELBILER LEVERER STRØM

DTU-studerende arbejdede på årets Roskilde Festival for, at tre elbiler kunne erstatte dieselgeneratorers strøm til madboder.

☰ Tore Vind Jensen

📷 Ditte Valente

**P**å Roskilde Festival er der hver dag over 100.000 mennesker, der skal have varm mad og kolde drikkevarer. Det medfører naturligvis et stort elforbrug, men grundet festivalens forholdsvis provisoriske forhold har man ikke en tilstrækkelig stærk forbindelse til elnettet til at dække det behov hele tiden. Konsekvenserne ved at sluge for meget strøm er overbelastede kabler og sprængte sikringer, nedbrud og ingen mad.

Derfor er dyre og klimabelastende dieselgeneratorer nødvendige for at dække behovet – særligt på de tidspunkter af dagen, hvor elforbruget er størst. Men festivalens ønske om bæredygtighed medfører naturligt en ambition om at nedbringe forbruget af el fra generatorer.

## Har droppet generatorer

I Food Court, som er en hal på festivalen, hvor i omegnen af 20 madboder er samlet, er udfordringen med elforbruget særlig stor. Men det er nu tre år siden, at de helt droppede generatorerne, forklarer Thomas Malthesen, som er ansvarlig for Food Court:

”Vi kører en stor del af tiden lige på grænsen af, hvad elnettet kan levere. Men særligt i tidsrummet 13-15 og 18-21 er der virkelig mange menne-

sker, som skal have mad,” siger han og uddyber:

”Alligevel har vi strøget generatorerne. I stedet for at lade dem stå for at levere den ekstra strøm, så har vi tre elbiler stående ude bagved, som kan give os lidt ekstra kraft.”

## Bilbatterier leverer strømmen

Elbilerne er Nissan Leaf-biler, som er stillet til rådighed af Nissan Danmark. De er installeret af tre DTU-studerende, som læser elektroteknologi. Metoden, de anvender, kaldes 'peak shaving', forklarer den ene studerende, Ole Batting:

”Kort fortalt, så er elbilerne koblet op på ladestandere, så vi kan lade bilerne op, når Food Court ikke bruger så meget strøm – og så aflader vi dem igen, når forbruget 'peaker', og der er brug for ekstra strøm.”

Nissan Leaf-bilerne har den fordel, at de netop kan aflade, dvs. at de kan levere noget af den strøm, som er lagret i bilbatterierne, direkte ind i festivalens interne elsystem. På den måde 'barberer' man toppen af Food Courts elforbrug, så behovet for strøm fra elnettet bliver mere konstant.

## Kan bruge flere elbiler

Projektet har kørt gennem flere år og skaleres langsomt op, og i år var antallet





# TIL MADBODER

*Tre elbiler afleverer strøm til omkring 20 madboder under spidsbelastning, så der ikke er brug for dieselgeneratorer.*

## Roskilde Festival for 10. gang

I år var det tiende gang, at en gruppe DTU-studerende som led i deres ingeniøruddannelse arbejdede på Roskilde Festival med projekter, der kan løse nogle af festivalens udfordringer. Festivalen arbejder på at nedbringe miljø- og klimaaftrykket fra driften og de 130.000 gæster. Det giver DTU-studerende mulighed for at bruge Roskilde Festival til at afprøve nye idéer og teknologier, der kan gøre festivalen grønnere og sjovere.

@ [www.roskilde.dtu.dk](http://www.roskilde.dtu.dk)

af elbiler oppe på tre. Målet for dette års festival var at gøre 'peak shaving' endnu mere effektiv, forudsige forbruget og primært sikre sig mod, at bilerne aflader helt. Men de studerende ser store perspektiver i at opskalere projektet yderligere:

"Vores drøm er, at Roskilde Festival laver en gratis parkeringsplads til elbiler. Den batteripark vil vi nemlig kunne udnytte til at regulere elforbruget på festivalen i endnu højere grad, så vi flytter noget af det til tidspunkter, hvor der ikke er så stort pres på elnettet," siger Nilas Klausen, der er en af de tre DTU-studerende, og tilføjer, at så længe man ikke aflader eller oplader fuldstændig, så har det ingen målbar effekt på batteriets levetid.  $\Omega$

@ Thomas Meier Sørensen, projektleder, DTU Elektro, [hms@elektro.dtu.dk](mailto:hms@elektro.dtu.dk)





## VIDEN OM MADSPILD

Roskilde Festival har længe haft fokus på madspild, men kender ikke til omfanget. I år har DTU-studerende hjulpet med at indsamle viden, bl.a. ved at veje gæsternes madaffald ved boderne på henholdsvis campingområderne og selve festivalpladsen og interviewe festivaldeltagerne for at høre om deres mening om portionsstørrelserne.



# ØVRIGE PROJEKTER

PÅ ROSKILDE FESTIVAL 2019





## PAUSE I FESTIVALLARMEN

En gruppe studerende testede deres konstruktion Mellow Pod, som er en lydtæt boks, hvor man kan sætte sig ind og få et øjebliks ro på festivalen. Boksen er lavet af genbrugsmaterialer, og på årets festival foretog de studerende forskellige undersøgelser af indeklimaet i Mellow Pod – herunder støjniveau, CO<sub>2</sub>-niveau og temperaturer. Målet er at få input til at optimere designet med henblik på at videreudvikle designet af Mellow Pod til kommende festivaler.

## MOBIL VINDMØLLE

For andet år i træk testede en gruppe maskinteknikstuderende en mobil vindmølle. Møllen er i mellemtiden blevet udviklet og forbedret, bl.a. med stærkere ben og et lettere materiale, så den vejer mindre og er nemmere at håndtere. Visionen er, at møllen kan bidrage til strømproduktion i f.eks. en flygtningelejr.



# FÅ DYNAMO TIL DØREN - HELT GRATIS

Hvis du ikke allerede er abonnent på Dynamo, eller hvis du kender nogen, der kunne tænke sig at få magasinet tilsendt, så husk, at det er ganske gratis.

Send en mail med navn og arbejds- eller privatadresse til [dynamo@dtu.dk](mailto:dynamo@dtu.dk). Så lander magasinet i din postkasse eller på dit skrivebord fire gange om året.

Skriv til [dynamo@dtu.dk](mailto:dynamo@dtu.dk) - og få Dynamo tilsendt.



### Vandlopperørt med mikroplastik

DTU Aquas forsøg viser, at dyreplankton som vandlopper spiser mikroplastik, når de møder det. Plastikken bliver udskilt igen, og kan ses som de cirkler med klare blå-lilla afgrænsninger i denne forstørrelse af en vandlopperørt. Lortens virkelige størrelse er 1-2 mm. Mikroplastikken måler 20 µm i diameter. DTU Aquas forskning undersøger effekten af mikroplastik for havets fødekæder.

Læs mere på side 14.