

DYNAMMO

DANMARKS TEKNISKE UNIVERSITET > MAJ 2009 > nr. 17



22 Luftige ressourcer på fast grund

TEMA OM KLIMARELATEREDE TEKNOLOGIER



MED ÅRSBERETNING
2008

INDHOLD >

LEDER

TEMA

KLIMARELATEREDE TEKNOLOGIER



INTERNET

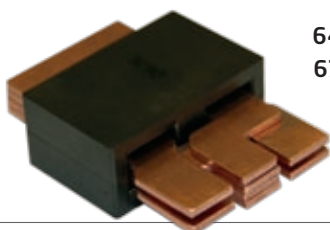
RANKING

BERETNING 2008

DTU'S LEDELSE OG ORGANISATION

DET SKER PÅ DTU

DTU ALUMNI



3 Science & Technology
i Singapore - og Danmark

4 Et landskab af muligheder
8 Brintdrevne trucks løfter grønt image
10 Byg huse af "små brændbart"
14 Fremtidens solvarmeanlæg
tænker (næsten) selv
16 Vindmøllerne elsker elbilen
21 Køleskabet kan også hjælpe
22 Luftige ressourcer på fast grund
28 Pump CO₂ ned og få mere olie op
32 Dansk superstål mindsker CO₂-udslip
36 Hæld vindmøllestrøm på tanken
38 Verdensrekord hjælper brændselsceller
39 Klimateknologier i spil

40 Internettet efter den klassiske computer

42 Topplacering til DTU

44 Sket i året
47 Året i tal
54 Nye professorer
54 Nye doktorer
54 Nye docenter
54 Fratrådte professorer
55 Ph.d.-grader

59 DTU's ledelse og organisation

60 DTU's institutter m.m.

63 Kalender

64 Et halvt århundrede i teknologiens grænseland

67 DTU's Alumnenetværk

10



14



16



28



44





SCIENCE & TECHNOLOGY I SINGAPORE - OG DANMARK

Tidligere på året var jeg i Singapore, en østat på størrelse med Bornholm og en befolkning på knap 5 mio.

Singapore har ingen naturlige ressourcer og må importere 98 pct. af sine fødevarer. Fra et lavt økonomisk stade ved statens oprettelse i 1965 har man haft en imponerende næsten uafbrudt vækst på ca. 8 pct. om året. Man har satset voldsomt på uddannelse og forskning specielt inden for "science & technology" og opnået en erhvervsudvikling, der i dag afspejles i statens høje teknologiske stade. I Singapore tror man faktisk, at "science & technology" er den samfundsmotor, som sikrer fortsat vækst. Det nuværende velstandsniveau er bygget først på pligttopfyldende manuelt arbejde, siden på dygtigt faglært og specialiseret arbejde og senest på "science & technology".

Krisen har imidlertid også ramt Singapore. Man ventede en negativ vækst på 2-4 pct. i 2009. Premierministeren har endog forudset, at den kan blive 8 pct., og andre siger 10 pct. Man har derfor – som i Danmark og andre steder – iværksat en vækstpakke. Alene i år på 8 pct. af BNP, og man har – som i Danmark – i gode tider lagt til side til de dårlige.

PS:

Værd at bemærke er det også, at den lille stat Singapore i Østen og den lille stat Massachusetts i Vesten gennem et samarbejde mellem stat, erhvervsliv og universiteter er blevet sådanne kraftcentre. Jeg kan ikke se, at Danmark har ringere mulighed for, fra vort nuværende gode stade, at bygge op til samme relative højde i Europa, som de to andre småstater har i deres verdensdele.

Man vil selvfølgelig også skulle udvise sparsommelighed, hvor det ikke skader væksten. En fremtidig vækst, der fortsat forventes at skulle drives ved at følge linjen om at målrette investeringer i "science & technology" på Singapores fremragende universiteter. Man ruller ikke tilbage, men fortsætter investeringslinjen, som har ligget på ca. en fordobling hvert 5. år.

Også i Danmark er forskningen de senere år blevet prioriteret højt, og regeringens aktive globaliseringsstrategier er det konkrete udslag heraf. Dette er som i Singapore ikke sket for at belønne forskningen eller glæde forskerne, men fordi den langsigtede internationale konkurrence-situation tilsiger en satsning på "science & technology". Nu gælder det om at holde fast i den satsning, og for os på DTU, der befinder os midt i "science & technology", gælder det om at vise, at vi kan levere lige så meget samfundsnytte per krone, som de med stor dygtighed gør det i Singapore.

Lars Pallesen

Rektor

ET LANDSKAB AF MULIGHEDER

Et energiforbrug på kun 20 pct. af det normale er resultatet af et banebrydende samarbejde hos Henning Larsen Architects, hvor ingeniørkunst og arkitektur går op i en højere enhed

CHARLOTTE WELIN >

Tre ph.d.-studerende fra DTU Byg skal sammen med arkitekterne på den internationalt kendte tegnestue Henning Larsen Architects udvikle metoder til at designe og energioptimere fremtidens bygninger og bydele. Samarbejdet er det første af sin slags herhjemme.

De tre studerende, Jakob Strømmand-Andersen, Michael Jørgensen og Martin Vraa Nielsen, som alle tilhører den første årgang af professionsbachelorer fra DTU Bygningsdesign-retning, betragter sig da også som pionerer i grænselandet mellem ingeniørens tekniske tilgang og arkitektens æstetiske overvejelser i designfasen.

Det tværfaglige partnerskab blev indledt allerede i 2007, da Jakob Strømmand-Andersen og Michael Jørgensen skrev deres kandidatspeciale om integreret energidesign på DTU og fulgte

et af Henning Larsen Architects' projekter i området Kop Zuidas, syd for Amsterdams centrum, hvor opgaven var at designe et 10.000 kvadratmeter lavenergi-kontorhus. På baggrund af de to studerendes beregninger og input i den tidlige arbejdsproces blev byggeriet energioptimeret til et forbrug på kun 20 pct. af forbruget i et traditionelt kontorhus.

Projektet blev en øjenåbner for arkitekter og studerende. Det har givet afsæt til de to erhvervs-ph.d.-projekter og til ansættelsen af endnu en ph.d.-studerende, Martin Vraa Nielsen. De tre skal arbejde videre på de gode erfaringer fra byggeprojektet i Amsterdam og udvikle metodiske, videnskabelige redskaber, som allerede tidligt i designfasen kan beregne, hvordan forskellige arkitektoniske udformninger >>



Illustration fra Jakob Strømmand-Andersen og Michael Jørgensens afgangsprøve fra DTU Byg om integreret energidesign. På baggrund af deres beregninger blev energiforbruget i et hollandsk lavenergi-kontorhus, som Henning Larsen Architects designede, kun på 20 pct. af energiforbruget i et traditionelt kontorhus.



”Vi ser ingen modsætninger, vi ser kun et landskab af muligheder”

Louis Becker, partner i Henning Larsen Architects



kan udnyttes til at reducere energiforbrug og totaløkonomi samt optimere indeklima.

Henning Larsen Architects har valgt at fokusere på det tværfaglige samarbejde og inddrage den nyeste teknologiske viden om energioptimering for at kunne designe energirigtigt. Begge parter har da også store forventninger til samarbejdet. For som professor, arkitekt MAA, Louis Becker, der er partner i Henning Larsen Architects, udtrykker det:

”Da vi indledte dette samarbejde, vidste vi ikke, hvad vi gik ind til, men det har vist sig at være langt mere, end vi forventede. Der er tale om en helt anden måde at arbejde på, men vi ser ingen modsætninger, vi ser kun et landskab af muligheder.”

På tegnestuen på Vesterbro, hvor der i bogstaveligste forstand er højt til loftet og rum til kreativiteten, er de tre ph.d.-studerende allerede i fuld gang med at tage det nye landskab i besiddelse. De har netop deltaget i et konkurrenceprojekt for den nye FIH Bank på Langelinie kaj og design af en ny bæredygtig folkeskole i Ørestad.

”Arkitekter og ingeniører har i dag behov for at kunne vurdere forskellige energibesparende løsninger imod hinanden tidligt i processen. Det er nødvendigt for at sikre,

at projektet kan opfylde kravene om lavt energiforbrug og et godt indeklima. Endnu er der ikke udarbejdet færdige brugbare metoder, der kan bruges i den tidlige designproces,” siger Michael Jørgensen.

”Det handler om at tænke hele arbejdsprocessen anderledes og træffe de gode valg og energirigtige valg allerede fra begyndelsen ved at inddrage de ingeniørmæssige discipliner i designfasen,” understreger han.

Klimatilpasset arkitektur

Og det var præcis, hvad de to gjorde i forbindelse med deres afgangprojekt. Når det var muligt at reducere energiforbruget så markant i det hollandske kontorbyggeri, skyldes det ifølge Jakob Strømmand-Andersen og Michael Jørgensen, at de tilpassede arkitekturen til de lokale klimatiske forhold.

I stedet for kun at operere med traditionelle energibesparende foranstaltninger som isolering og lavenergiglas foretog de en geometrisk optimering. Det vil sige, de simulerede, hvordan forskellige parametre som f.eks. facadens udformning, rummenes placering i forhold til lys- og solindfald, etagehøjde, gadebredde m.v. påvirkede indeklimaet og energiforbruget i bygningen.

”Ved f.eks. at øge etagehøjden i en bygning kan vinduerne blive større.

Det tillader mere dagslys at trænge ind i rummet, og derved minimeres behovet for kunstig belysning. Energibesparelsen skal dog holdes op imod det faktum, at jo højere rummet bliver, desto større bliver varmetabet gennem facaden og den luftmængde, der skal udskiftes. Det handler derfor om at afveje de forskellige parametre og finde den optimale balance,” understreger Michael Jørgensen.

Lavt energiforbrug

Ifølge Jakob Strømmand-Andersen betød optimeringen, at det lykkedes at designe en bygning, der ikke alene havde de arkitektoniske kvaliteter, som bygherrer efterspørger, men også en bygning, hvor energiforbruget var under lavenergiklasse I (dansk standard), og hvor indeklimaet overholdt klasse II (europæisk standard).

”De knapper, vi skruede på, er arkitektoniske – det er formgivning – og disse knapper er der ikke blevet skruet på før ud fra de forudsætninger, vi gjorde,” siger Jakob Strømmand-Andersen.

Louis Becker oplyser, at det netop er de tre studerendes viden, evner og lyst til at tænke utraditionelt, der er drivkraften i det nye partnerskab, som han tror vil skabe bedre arkitektur på sigt, og som allerede nu er i fuld gang med at forandre tegnestuens arbejdsproces.



De traditionelle energibesparende foranstaltninger som isolering og lavenergiglas blev suppleret af en geometrisk optimering.

”Samarbejdet med de tre ph.d.-studerende er helt fantastisk. De har en viden, som vi ikke har, og de kan lave beregninger på tidlige, løse skitser. Da det typisk er i den tidlige fase, at de store beslutninger tages, kan vi som tegnestue i dag stille med et bredt funderet team og aflevere et koncept

til bygherre, der tilgodeser kravet om bæredygtighed og samtidigt er visionært.” <

Forskningsprojektet finansieres af Forsknings- og Innovationsstyrelsen, Henning Larsen Architects samt af Realdania.

H2 Logic i Herning udvikler ny generation af gaffeltrucks, som skal bane vej for det kommercielle gennembrud

BRINTDREVNE TRUCKS LØFTER GRØNT IMAGE

ROLF HAUGAARD NIELSEN >

Renere og mere klimavenlig kan motoriseret transport ikke blive. Brændstoffet er brint, og hvis brinten fremstilles med strøm fra vindmøller og omsættes i brændselsceller, er det eneste udslip vanddamp.

H2 Logic i Herning har siden 2003 udviklet brændselscellesystemer til brintbiler, trucks, handicapkøretøjer og servicebiler. Netop erfaringerne med mange slags brintkøretøjer har sat firmaet i stand til at udpege, hvor chancen for et kommercielt gennembrud er størst: Store indendørs gaffeltrucks.

Dieseltrucks er bandlyst indendørs på grund af luftforurening, og i dag anvendes eltrucks. I store gaffeltrucks holder batteriet ofte kun få timer, og flere daglige batteriskift kan være nødvendige. Det tager 20 minutter hver gang, og for virksomheder med mange trucks er den tabte arbejdstid kostbar.

En brinttruck kan optankes på få minutter, og en enkelt tankstation kan betjene en hel flåde. Ulempen er prisen. Men nu er H2 Logic gået sammen med DTU i et udviklingsprojekt, som med støtte fra Højteknologifonden skal bane vejen for 3. generation af brintdrevne gaffeltrucks.

”Målet er, at omkostningerne på en flåde af brinttrucks skal nærme sig udgifterne til at holde et tilsvarende antal eltrucks i drift. Det kan appellere til store firmaer, som ønsker et grønt image,” siger projektleder Karsten Poulsen fra H2 Logic.

Køling og brinthåndtering

Hidtil har H2 Logic især fokuseret på brændselscellernes funktion, mens de øvrige komponenter er tilpasset fra elkøretøjer. Nu skal hele systemet analyseres. Målet er at omsætte over halvdelen af brintens kemiske energi til strøm og opnå en levetid på 5.000 arbejdstimer inden renovering af cellestakken og derpå yderligere 5.000 timer.

DTU Mekanik skal analysere brintforsyningen og kølesystemet med henblik på energibesparelser og optimering af virkningsgraden. Brændselscellerne omsætter kun en del af brintgassen ad gangen, mens resten recirkuleres.

”I dag drives gasstrømmene med eldrevne pumper. En af mulighederne for at spare energi kan være at erstatte pumperne med ejektorer, som skaber flowet alene via trykforskelle,” siger lektor Masoud Rokni.

Halvdelen af brintens energi omdannes til varme, som kølesystemet leder væk fra brændselscellerne. I kabinen er der ofte brug for varme, og udnyttelsen af spildvarmen kan forbedres. Studiet på DTU Mekanik skal også minimerer antallet af varmevekslere ved at samtænke deres funktioner.

Modulbaseret kraftforsyning

Den elektriske spænding i brændselscellerne er variabel. Når cellestakken yder mest – f.eks. når gaffeltrucken udfører et tungt løft – falder spændingen fra 110 til 60 volt. Strømmen fra brændselscellen skal imidlertid overføres til truckens batteri ved konstant spænding, hvilket opnås med en jævnstrømsomformer. Den nødvendige spænding afhænger af den krævede strømstyrke; en lille ladvogn kan klare sig med en elektrisk effekt på 3 kilowatt, mens en stor gaffeltruck har behov for en ydelse på 10-15 kilowatt.

”Små omformere har et mindre varmetab end store, og de er billigere





FOTO: ANITA CORBUS

Hvide Sande Fiskeauktion har prøvekørt en af de nye brintrucks, som kan tankes på få minutter.

at producere. Derfor udvikler vi et modulbaseret kraftsystem. Ladvognen kan nøjes med et modul, mens der skal sættes flere moduler ind i gaffeltruck- en,” oplyser Karsten Poulsen fra H2 Logic.

Ph.d.-studerende Gökhan Sen og professor Michael A. E. Andersen fra DTU Elektro analyserer kraftsystemet med henblik på at udvikle et energi- effektivt, skalerbart og billigt system.

”Den første laboriemodel bliver klar til forsøg i august,” siger Gökhan Sen.

H2 Logic fremstiller to prototyper af de nye brintdrevne gaffeltrucks; den første sidst i 2009 og den anden i 2011, hvor firmaet kan drage nytte af både forskningsresultater og praktiske erfaringer.

”Derpå satser vi kommercielt i Danmark og Europa,” siger Karsten Poulsen. <

! H2 LOGIC A/S

H2 Logic har 20 ansatte, hvoraf de 13 arbejder med udvikling af brændselscellesystemer og brinttankstationer. Leveringen af 13 brintbiler og to ladvogne til klimatopmødet i København er firmaets hidtil største og vigtigste kommercielle ordre til 10,3 mio. Omsætningen var på knap 20 mio. i 2008.

BYG HUSE AF "SMÅT BRÆNDBART"

Affald af plast og andre brændbare materialer kan anvendes som brændsel på cementfabrikkerne. Ved at udbrede metoden er FLSmidth godt i gang med at spare verden for drivhuseffekt svarende til mange gange Danmarks samlede udledning

MORTEN ANDERSEN >

60 gange Danmarks samlede udledning af alle typer drivhusgasser. Så meget CO₂ forventer en rapport fra WWF Verdensnaturfonden og verdens største producent af cement, franske Lafarge, at verdens produktion af cement vil udlede i 2030. Fire mia. tons CO₂. Kan man mindske branchens udledning med 10 pct., har man altså sparet verden for CO₂ svarende til seks gange vort kongeriges bidrag.

"Det er ikke urealistisk, at vi som enkeltvirksomhed kommer til at reducere verdens CO₂-udslip med mange gange Danmarks udledning," siger civilingeniør, ph.d. Lars Skaarup Jensen, FLSmidth. Efter et øjeblik tænkepause lægger han det ingeniørmæssige forbehold på hylden og tilføjer: "Vi kommer til at reducere CO₂-udslippene med mange gange Danmarks samlede bidrag. Det er jeg slet ikke i tvivl om."

Fordelene står i kø

Fraregner man Kina, hvor der udelukkende benyttes indenlandske leverandører, har FLSmidth leveret over en tredjedel af verdens anlæg til cementfremstilling. Lars Skaarup Jensen leder koncernens nyetablerede afdeling for

alternative brændsler. Det vil i denne sammenhæng sige ikke-fossile brændsler. I dag kommer mindre end fem procent af den energi, som kræves til produktionen af cement, fra alternative brændsler.

"Den procentdel vil helt sikkert stige i de kommende år, både af hensyn til fabrikernes økonomi og af hensyn til beskyttelse af klimaet. Vores ambition er at være verdens førende leverandør af løsninger inden for alternative brændsler til cement- og mineralindustrien. Vi vil også aktivt medvirke til at øge brugen af alternative brændsler ved at rådgive vores kunder om mulighederne på området," siger Lars Skaarup Jensen.

Den klart største del af de alternative brændsler, som bruges i dag, er affald. Dels kasseret plastic og lignende brændbare materialer, dels kød og benmel, spildevandsslam, pap, træaffald og andet biologisk affald. Energi er den største variable udgift ved produktion af cement. Derfor er det mildt sagt attraktivt for fabrikkerne at erstatte dyre fossile brændsler med affald, som man kan få meget billigt – og i nogle lande endda får penge for at tage imod. Samtidig er det klimaneu-

tralt at bruge affaldet, da det alligevel ville afgive drivhusgasser.

"Populært sagt bygger vi huse af affaldet ved at lade det indgå som en del af cementproduktionen i stedet for at smide det på lossepladsen, hvor det ville afdampe CO₂, metan og andre drivhusgasser," siger Lars Skaarup Jensen.

Ingen patentløsning

Imidlertid er det ikke "bare lige" at bruge affald som brændsel i cementproduktionen. For det første skal man have helt styr på sine emissioner, så man ikke løber ind i miljøproblemer. For det andet må man sikre, at man kan fastholde produktiviteten. Og endelig skal man sikre sig mod diverse andre problemstillinger som f.eks. korrosion og slaggedannelse.

"Vi kan hjælpe vores kunder på alle de områder," siger Lars Skaarup Jensen og understreger, at der ikke findes nogen patentløsning:

"Problemet er, at affald ikke bare er affald. For hvert land og for hver region kan der være stor forskel på lovgivningen og på, hvad man definerer som affald. Der er også forskel på de forskellige cementanlæg, så man er faktisk nødt til at skræddersy sin løsning hver gang." >>



“Der har hidtil ikke været nogen leverandør, som kunne tilbyde komplette løsninger inden for alternative brændsler. Men når vi nu får flere projekter klar, kan jeg godt forestille mig, at interessen vil eksplodere,” siger Lars Skaarup Jensen

Nogle gange er der en brugbar teknisk løsning, andre gange må man anvende en vifte af forskellige teknologier, og endelig kan det ske, at man f.eks. må bede leverandøren sortere affaldet på en anden måde.

”Derfor må vi erkende, at området er væsentligt anderledes end vores normale forretningsområde. I de fleste projekter inden for alternative brændsler ved vi, at tingene kan lade sig gøre rent teknisk. Men derfra og til at skabe noget, som er attraktivt forretningsmæssigt for alle parter, er der et stykke vej. I de fleste projekter viser der sig hurtigt at være mere mellem himmel og jord end det rent ingeniørmæssige,” siger Lars Skaarup Jensen og uddyber:

”Når en kunde har bundet sig til at aftage tusind tons affald om dagen, så vil han også være sikker på, at han kan komme af med det. Derfor ligger der et stort stykke arbejde i at sikre, at projekterne opnår de fornødne myndighedsgodkendelser, og at man kan være sikker på sine leverancer et stykke ud i fremtiden.”

FLSmidth har foreløbig ansat 35 medarbejdere til at arbejde med alternative brændsler, heraf 23 på hovedkontoret i København, 10 i Indien og 2 i USA. Det er forhåbentligt blot begyn-

delsen, understreger Lars Skaarup Jensen:

”Potentialet er der til at ansætte flere hundrede mand, men vi må jo starte et sted. Blandt andet skal vi tackle den udfordring, at vi skal være systemleverandører i højere grad, end vi er vant til. Kunderne ønsker en leverandør, der er villig til at påtage sig hele opgaven. Samtidig har det faktisk været en udfordring, at vi har fået utrolig mange henvendelser fra interesserede kunder. Alle vil gerne vide mere om det her, og du skal passe på, at du ikke bliver handlingslammet, fordi du bruger al din tid på at snakke.”

Finsk og tysk affald

Typisk tager det et par år at opnå de nødvendige tilladelser og kontrakter for en ny produktionslinje på en cementfabrik, mens selve installationen tager yderligere tre år. Derfor kan FLSmidth endnu ikke pege på færdige, nybyggede cementanlæg, der er et resultat af den nye afdeling for alternative brændsler, som blev oprettet i foråret 2007. Såvel en tysk som en finsk fabrik har dog indgået aftale om at stille om til 50 pct. brug af affald som energikilde. Desuden er der en lang række projekter i pipelinen.

I Tyskland er det især miljøafgifterne på affaldsområdet, der har drevet udviklingen. Her får cementfabrikkerne ligefrem penge for at tage imod det alternative brændsel. På blot fem år er andelen af alternative brændsler på de tyske cementfabrikker øget fra 25 til 50 pct.

”Eksemplet viser, at med politisk velvilje og under de rigtige betingelser kan det her område gå meget hurtigt frem. Det ønsker vi at være forberedt på,” siger Lars Skaarup Jensen og tilføjer, at FLSmidths engagement i sig selv kan være en drivende faktor:

”Der har hidtil ikke været nogen leverandør, som kunne tilbyde komplette løsninger inden for alternative brændsler. Men når vi nu får flere projekter klar, kan jeg godt forestille mig, at interessen vil eksplodere.”

Desuden har FLSmidth foreløbige projekter i en række lande i den tredje verden, bl.a. Vietnam, hvor den danske virksomhed kan hjælpe med klimavenlig cementproduktion. Betingelserne for denne type projekter afhænger meget af resultatet af FN's klimakonference i København til december, vurderer Lars Skaarup Jensen:

”I forvejen er det økonomisk attraktivt for cementfabrikkerne at bruge af-

8 PCT. AF VERDENS CO₂

Hver gang der produceres et ton cement, udledes der i dag 0,89 ton CO₂. Dermed tegner cementindustrien sig i dag for 8 pct. af de samlede menneskeskabte udledninger af CO₂. I 2030 ventes cementindustriens udledninger af CO₂ at overgå hele EU's samlede udledninger. Det skyldes især stigende efterspørgsel på cement i Kina, Indien og en række andre fremstormende økonomier.

KILDE: "A BLUEPRINT FOR A CLIMATE FRIENDLY CEMENT INDUSTRY", WWF (VERDENS NATURFONDEN) INTERNATIONAL I SAMARBEJDE MED LAFARGE (VERDENS STØRSTE PRODUCENT AF CEMENT).

! EN GLOBAL KONCERN

FLSmidth er verdens førende leverandør af anlæg og udstyr til cement- og mineralindustrien. Med selvstændige enheder i over 40 lande er virksomheden global. Hovedkontoret ligger i Valby, mens der også er større centre i USA og Indien. I 2008 omsatte FLSmidth for 25,3 mia. kr. og havde ca. 10.000 medarbejdere.

fald som brændsel, men hvis der desuden kommer en kvoteordning, hvor CO₂-kvoterne får en høj værdi, så vil det yderligere skubbe udviklingen fremad. Vi har jo også set meldinger fra USA om, at præsident Barack Obama vil give klimavenlige incitamenter. Hvis det bliver en realitet, så kan tingene gå rigtig stærkt.” <

DR. NO_x

Tilnavnet fik Lars Skaarup Jensen under sit ErhvervsPhD-projekt

MORTEN ANDERSEN >

Der er kun et lille ”x” til forskel mellem superskurken fra en tidlig James Bond-film og en af klimakampens moderne helte.

Selv smiler Lars Skaarup Jensen skævt over tilnavnet, som naturligvis henviser til kvælstofoxider.

”Jeg fik tilnavnet på grund af mit ErhvervsPhD-projekt ved DTU Kemiteknik. Mit emne var begrænsning af udslippene af NO_x fra især cementproduktion. Det er da meget sjovt og har åbenbart hængt lidt ved. Men jeg vil nu gerne understrege, at jeg har beskæftiget mig med mange andre typer emissioner siden. Svovldioxid, dioxin, kulilte, kulbrinter, kviksløv og andre tungmetaller, saltsyre og så videre.”

Projektet var finansieret af FLSmidth, som henvendte sig til DTU Kemiteknik i 1995 med henblik på at starte fælles projekter inden for forbrændingsprocesserne ved cementproduktion. På det tidspunkt skrev Lars Skaarup Jensen et kandidatprojekt om NO_x fra biomasseforbrænding under vejledning af institutdirektør Kim Dam-Johansen. Efter kandidatgraden i 1996

fortsatte han som ErhvervsPhD og derfra videre til fastansættelse i virksomheden.

”Senere blev jeg selv vejleder på to ErhvervsPhD-projekter på instituttet. Den ene af ’mine’ to ph.d.’er er i øvrigt i dag ansat i FLSmidth og selv vejleder på to nye ph.d.-projekter. På den måde er fødekæden opretholdt,” siger Lars Skaarup Jensen, som også henviser til, at Højteknologifonden i 2007 bevilgede 25 mio. kr. – et meget stort beløb i dansk sammenhæng – til DTU Kemiteknik, netop øremærket forskning i miljøvenlig cementproduktion. Med yderligere midler fra både DTU og FLSmidth er der tale om et forskningsprojekt til 50 mio. kr.

Også en anden universitetsenhed, DTU Business, spiller en rolle i historien. Efteråret 2006 gennemførte centret for første gang et halvt års kursus i corporate entrepreneurship, dvs. kunsten at starte nye forretninger og forretningsområder inden for rammerne af eksisterende virksomheder. Kernen i kurset var, at deltagerne skulle tage udgangspunkt i ideer fra deres egen virkelighed. Lars Skaarup Jensen mødte op med ideen om at starte den afdeling, som han leder i dag hos FLSmidth. Umiddelbart efter kurset opnåede han godkendelse fra koncernens ledelse på baggrund af den forretningsplan, han havde udviklet under kurset, og fik grønt lys til at oprette afdelingen for alternativ brændsel. <





FREMTIDENS SOLVARMEANLÆG TÆNKER (NÆSTEN) SELV

Et banebrydende og ambitiøst projekt, der integrerer solvarme, vejrudsigter, et intelligent varmelager, avancerede styresystemer, forbrug og elpriser, skal gøre det nemmere at være miljøvenlig husejer

METTE DAMGAARD SØRENSEN >

Det er en tidlig morgen et sted i Danmark år 2016. Der er travle skyer på himlen, temperaturen ligger på femseks grader. De danske vindmøller har været i gang det meste af natten og har produceret en overflod af strøm til elnettet. Prisen på el er i bund.

Det har de haft stor glæde af i parcelhuset nede af vejen. For vandet i radiatorerne og vandet i hannerne opvarmes ikke alene med hjælp fra den velkendte solfanger på taget, men også ved hjælp af en såkaldt elpatron. Elpatronen går automatisk i gang, når blæsten flår i vindmøllerne, strømmen er billig og solfangerne endnu ikke har fanget en eneste stråle. Det er typisk om natten.

Så det er med rimelig god samvittighed – både økonomisk og miljømæssigt – at familien lader radiatorerne køre i parcelhuset denne morgen. Og husets teenager igen tager sig et langt, varmt bad.

Drømmescenarie

Men hvordan forudsiges det, hvor meget elpatronen skal supplere med, hvor stort familiens varmebehov er, og hvor elprisen har placeret sig?

Her får familien hjælp fra detaljerede vejrudsigter fra DMI, som både kan forudsige solmængden og kuldegraden i det respektive område og vindens indsats. Og i parcelhuset har familien sit eget lille ”kontrolrum”, der ved hjælp af statistiske modeller og relevante data udregner, hvor meget solfangeren på taget skal suppleres.

Det er drømmescenariet i et stortstilet projekt, som DTU Byg sammen

med Cowi har taget initiativ til. Forskningsprojektet, der foregår i samarbejde med Allsun A/S, DMI, ENFOR A/S og DTU Informatik, er finansieret af Forsknings- og Innovationsstyrelsen under Det Strategiske Forskningsråds program for energi og miljø.

”Målet med løsningen er, at den både skal være mere bæredygtig og samtidig spare familien for penge. Og mig bekendt har ingen før forsøgt at integrere disse dele med vejrudsigter, intelligent varmelager og udnyttelse af lave elpriser, når det handler om at levere en samlet varmeløsning til enfamiliehuse,” forklarer projektets leder lektor Simon Furbo, DTU Byg.

DTU Byg står for at udvikle et solvarmeanlæg baseret på et såkaldt intelligent varmelager. I dag er det sådan, at det øverste vand i solvarmeanlæggets varmelager altid varmes op, nat og dag, året rundt af et ekstra varmelegeme eller en anden supplerende energikilde, fordi solfangeren ikke altid kan klare jobbet alene. Med et intelligent varmelager styres denne ekstra opvarmning af det forventede varmemeforbrug i huset. Hvis det er lavt, varmes kun en lille del af det øverste lag vand op. Og det kan betale sig.

35 pct. mere effektiv

”Det har vist sig, at intelligente varmtvandsbeholdere kan være op til 35 pct. mere effektive end almindelige varmtvandsbeholdere – bl.a. fordi varmetabet ikke er så stort,” fortsætter Simon Furbo

At optimere solvarmeanlæg og få dem tænkt ind i fremtidens energifor-

syning er vejen frem – også set med konkurrencebrillerne på, mener Simon Furbo. I dag sidder Kina på 80 pct. af produktionen af solvarmeanlæg.

”Solvarmemarkedet vokser med 20-45 pct. om året, og hvis Danmark skal gøre sig forhåbninger om at være med, skal vi være på forkant med udviklingen. Vi kan jo ikke producere billige komponenter, men vi kan bidrage med forskning og udvikling og bygge viden og intelligens ind i løsningerne,” siger Simon Furbo.

Detailstyring og luksussommerhuse

Firmaet Allsun skal levere de meget avancerede styresystemer, som skal få alle oplysninger til at spille sammen ude hos husejeren. Hvert enkelt hus får som nævnt sit eget lille kontrolpanel. Marketingschef Lise Nielson, der i øvrigt selv er uddannet fra DTU, kan se flere perspektiver i det. For eksempel at man kan lave opgørelser over, hvor meget af ens forbrug der stammer fra vedvarende energi. Det kan bruges over for miljøbevidste forbrugere, der gerne vil have luksus, men som også har øje for klodens klima.

”Det kan f.eks. være udlejerens af et luksussommerhus, der kan markedsføre det på et grønt forbrug. I stedet for at han i dag tjener penge på at sælge dyr strøm til lejerne, kan han måske få en højere belægning af sommerhuset,” siger Lise Nielson. <

! YDERLIGERE OPLYSNINGER

Lektor Simon Furbo, sf@byg.dtu.dk

VINDMØLLERNE ELSKER ELBILEN

Batterierne i elbiler kan give elsystemet en ny fleksibilitet og gøre det langt mindre sårbart over for de uundgåelige udsving i produktionen af vindkraft. Stort forsøg på Bornholm skal vise hvordan

MORTEN ANDERSEN >

Der er 2,5 mia. kr. at hente hvert år på at indføre en kombination af elbiler, varmepumper og et mere intelligent elnet.

Tallet stammer fra en ny rapport fra det statslige selskab Energinet.dk, som har ansvaret for forsyningssikkerheden i Danmark. Og det er sød musik for professor Jacob Østergaard, leder af Center for Elteknologi ved DTU Elektro.

”Det er en politisk målsætning, at Danmark skal øge sin andel af vindkraft, så den udgør 50 pct. af elforsy-

ningen. Da produktionen fra vindkraft er svingende, og da vi ikke har nogen måde at lagre energien effektivt, vil der uundgåeligt opstå ubalancer mellem produktion og forbrug. Det kan man så købe sig fra gennem aftaler med udlandet, men det vil være langt mere hensigtsmæssigt også at aktivere de ressourcer, som nettet har indbygget.”

Ifølge den nye rapport fra Energinet.dk kan en kombination >>



Klima- og energiminister Connie Hedegaard og afdelingschef i Dansk Energi Jørgen Christensen i elbilen Tesla Roadster under pressemødet, der markerede starten af Edison-projektet.



af elbiler og varmepumper spare 5 mio. tons CO₂ per år – eller 10 pct. af Danmarks samlede udledning. Men de økonomiske omkostninger afhænger af, hvordan man indpasser det nye forbrug. Ifølge rapporten skulle man øge kapaciteten med to kraftværksblokke, hvis man øgede andelen af vindkraft uden at forbedre elsystemets evne til automatisk at bringe produktion og forbrug i balance. I penge svarer det til 1,7 mia. kr. årligt.

Hvorfor kræver elbilerne, at elsystemet bliver intelligent? Hr. Hansen og fru Jensen har næppe lyst til at stå op midt om natten for at tanke el. De vil typisk sætte bilen til opladning med det samme, når de kommer hjem fra arbejde. Dermed risikerer man at lægge et yderligere forbrug oven i den spidsbelastning, som ligger, når familierne kommer hjem og tænder for belysning, tv og elektriske komfurer.

Lader op, når det er billigt

”Tanken er, at ladestationen hos forbrugeren skal kunne reagere på realtidsmeddelelser om ændringer i prisen på el. Når du kommer hjem fra arbejde, sætter du bilen til opladning og har f.eks. som standard tastet ind, at bilen skal være ladet op næste morgen kl. 7. Det er så op til systemet at købe strømmen så billigt som muligt inden da,” forklarer Jacob Østergaard, der leder

forskningsdelen af et stort anlagt projekt med navnet Edison, som omfatter forsøg på Bornholm.

Bornholm langt fremme

Det interessante i forsøget bliver især, hvordan bilerne kan spille sammen med vindkraften. 33 pct. af den bornholmske elforsyning dækkes i dag af vindkraft. På landsplan er andelen 20 pct.

”Derfor ligner Bornholm det, vi kommer til at se på landsplan i løbet af de kommende år,” siger Jacob Østergaard.

Projektet skal udvikle teknologien til et intelligent samspil mellem elbiler og det øvrige elsystem. Elbilerne bliver købt i udlandet og kræver ingen tilpasning. Ud over ladestationer hjemme hos forbrugerne bliver der undersøgt andre måder at lade bilerne op. For eksempel ladestationer, hvor man kører bilen hen og får den ladet hurtigt op.

”Her mister man noget af den økonomiske fordel, fordi man er nødt til at købe strømmen til den pris, som tilfældigvis er gældende på det tidspunkt. Men vi vil gerne undersøge forskellige koncepter. Det kan også være, at man skal have en kombination af ladestationer hjemme hos forbrugerne og ladestationer ude, hvor man f.eks. kan tanke op til en længere tur,” siger Jacob Østergaard.





FOTO: HENRIK PETERSEN

”Det interessante i forsøget bliver især, hvordan bilerne kan spille sammen med vindkraften,” fortæller Jacob Østergaard.

På lidt længere sigt håber professoren, at elbilerne bliver bygget, så de ikke kun er i stand til at lade op, men også kan aflevere strøm til nettet:

”Så vil man ikke bare spare CO₂ i transportsektoren og få mere vindkraft ind i elsystemet, man vil i endnu højere grad kunne udnytte bilerne som en ekstra ressource i forhold til at bringe balance i elsystemet. Den systemansvarlige bliver glad, fordi han kan købe sig til reservekraft, som er en mangelvare i et system med meget vindkraft. Forbrugeren bliver glad, fordi hans batteri, som jo er den dyre komponent i elbilen, tjener penge til ham.”

Prisen udløser handling

Igen er det tanken, at incitamentet for forbrugeren til at lade sin bil aflevere strøm skal være en realtidsmeddelelse om, at den systemansvarlige er villig til at købe strøm til en given pris. I den forbindelse er det helt afgørende, at systemet kan reagere automatisk på ændringerne i prisen:

”Forsøg i Sønderjylland har vist, at forbrugerne ikke reagerer, hvis systemet bygger på, at de selv skal gøre noget aktivt for at købe strømmen, når den er billig. De vil formentlig heller ikke sælge, selvom strømprisen er høj. Har man til gengæld indbygget reaktionen i systemet, opnår man en høj grad af forudsigelighed. Man kan

>>

regne med, at et signal fra den systemansvarlige om, at man vil købe strøm af forbrugerne til en given pris, vil afføde en bestemt reaktion.”

Tiden er vigtig

For elsektoren har det ikke kun betydning, hvor meget ekstra kapacitet elbilerne kan tilføre systemet, men også hvor hurtigt. I dag er reservesystemet bygget op i flere niveauer. I det første niveau skal der komme en reaktion inden for sekunder. Hvis en kraftværksblok pludselig sætter ud, skal anden produktion omgående træde til. Der er så andre niveauer, hvor man køber sig til ekstra kapacitet inden for en tidshorisont på nogle minutter, et kvarter, en time, en dag og på længere sigt.

”Elbilerne har meget stor værdi som reserve, fordi de er i stand til at tilpasse deres forbrug inden for mange niveauer. Ladestationerne kan reagere inden for sekunder, minutter eller dage alt efter, hvad der er behov for,” siger Jacob Østergaard.

Der skal dog ændringer i selve elsystemet til, for at tingene kan gå op. I dag bygger systemet med reservekraft inden for en tidshorisont på et kvarter på, at leverandørerne løbende melder ”klumper” på 10 MW ind på markedet med en tilhørende pris. Den systemansvarlige sidder dermed hele tiden med en liste over tilbud, som er rangordnet efter pris. Opstår der et behov for ekstra kapacitet, vil den blive købt fra den billige ende, indtil behovet er dækket. Købet foregår manuelt ved, at den systemansvarlige tager kontakt til en balanceansvarlig, som aktiverer det pågældende kraftværk. Den procedure betyder – sammen med nødvendig reaktionstid på kraftværkerne – en typisk forsinkelse på et kvarter.

”Den model er selvfølgelig ikke særlig egnet, når man har et stort antal elbil-ejere med nogle få kW hver. Det er nødvendigt at designe markedet, så det passer til den nye situation,” kommenter Jacob Østergaard. <

”Forbrugerne reagerer ikke, hvis systemet bygger på, at de selv skal gøre noget aktivt for at købe strømmen, når den er billig”

Jacob Østergaard, leder af Center for Elteknologi ved DTU Elektro

EDISON FLYTTER IND PÅ BORNHOLM

Forsøget, hvor elbiler og vindkraft skal spille sammen, skal foregå på Bornholm, fordi øen er overskuelig og har en høj andel af vindkraft. Projektet har fået navnet Edison som en hyldest til Thomas Edison, der især er kendt som opfinder af elpæren. Hvad færre ved er, at Edison også stod bag en produktion af elbiler, som dengang var større end produktionen af benzindrevne biler.

Projektet drives af et konsortium, som omfatter Dansk Energi, det regionale energiselskab Østkraft, IBM, DONG Energy, Siemens, Eurisco, Risø DTU, DTU Transport samt Center for Elteknologi ved DTU Elektro. Endvidere medvirker DTU Informatik. Dansk Energi leder projektet.

Det samlede budget er på 49 mio. kr., hvoraf de 33 mio. er fra de offentlige forskningsmidler, der administreres af det statslige selskab Energinet.dk, som har ansvaret for forsyningssikkerheden i Danmark. De resterende 16 mio. kr. er skudt ind af de otte deltagere i konsortiet.

I 2009 og 2010 skal projektet designe de nødvendige løsninger. I 2011 kommer demonstrationsfasen, hvor biler, ladestationer og intelligent styring skal spille sammen i praksis.

KØLESKABET KAN OGSÅ HJÆLPE

For samfundet vil der være god økonomi i at støtte apparater, der kortvarigt kan mindske forbruget i situationer, hvor nettet er presset.

Elbiler og varmepumper kan blive nye, velegnede måder at udnytte strømmen fra vindmøllerne, men også det forbrug, som hjemmene allerede har, kan hjælpe til. Center for Elteknologi på DTU Elektro leder et forsøg, hvor apparater i hjemmene kortvarigt skal reguleres, så de bidrager til at opretholde balancen mellem produktion og forbrug.

”Som det er i dag, betaler den systemansvarlige virksomhed for den ekstra kapacitet, som er klar til at sætte ind, hvor eksempelvis en kraftværksblok falder ud. Regningen ender så hos forbrugerne. Der vil være sund økonomi i, at den konventionelle reservekapacitet suppleres med en mulighed for at påvirke forbruget,” siger professor Jacob Østergaard og uddyber med det, han kalder ”en realistisk business case”:

”Formentlig vil det kunne betale sig for den systemansvarlige virksomhed at binde en hundredekroneseddel i halen på et apparat, der er i stand til at reagere hensigtsmæssigt på faldende frekvens i elnettet. En del af beløbet kan gå til at dække omkostningerne ved teknologien. Den resterende del kan simpelthen gå til at gøre apparatet, der er mærket ”Vindkraft-venligt”, billigere at købe for forbrugeren.”

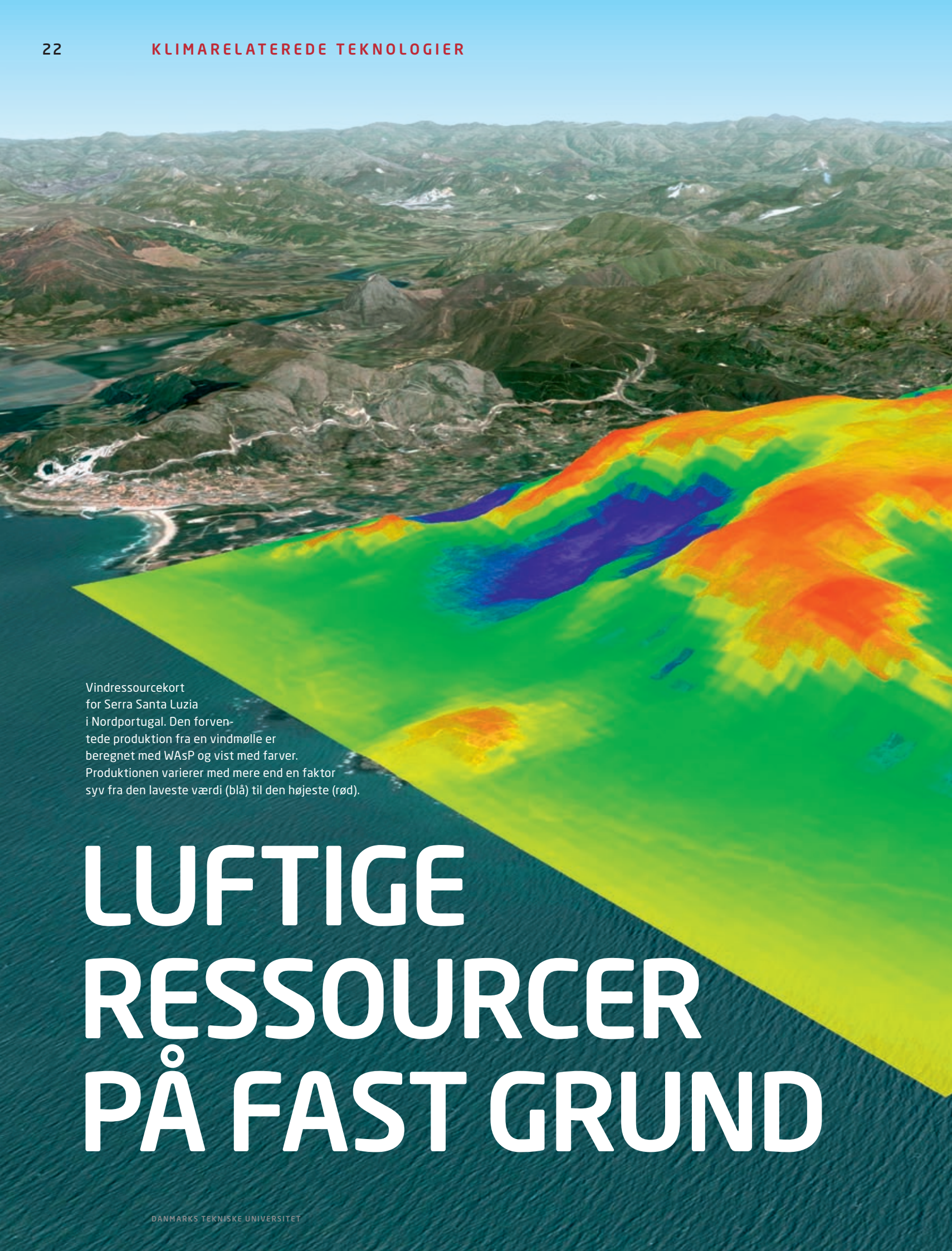
Ligesom i Edison-forsøget med elbiler er Bornholm stedet, hvor løsninger afprøves. I forsøget samarbejder DTU dels med det lokale elselskab Østkraft, dels med tre andre virksomheder. Danfoss bidrager med gulvvarmeanlæg, der er i stand til at tilpasse sig efter frekvensen – og dermed balancen – i elnettet. Vestfrost stiller tilsvarende køleskabe i supermarkeder – såkaldte flaskekølere – til rådighed. Endelig bidrager Electronic Housekeeper med et system til styring af de intelligente hjem, der kan udveksle information via internettet. <

! YDERLIGERE OPLYSNINGER

Centerleder Jacob Østergaard,
joe@elektro.dtu.dk

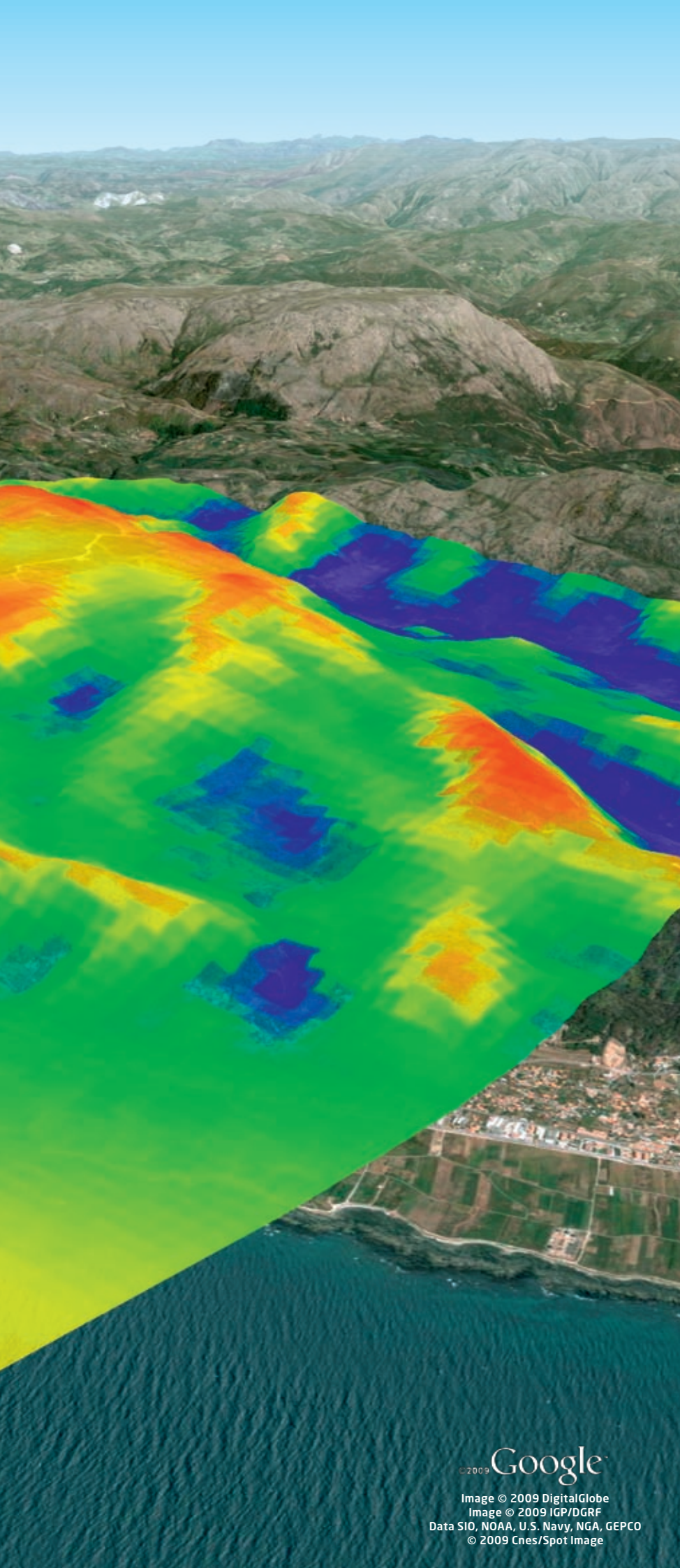


FOTO: SHUTTERSTOCK



Vindressourcekort for Serra Santa Luzia i Nordportugal. Den forventede produktion fra en vindmølle er beregnet med WAsP og vist med farver. Produktionen varierer med mere end en faktor syv fra den laveste værdi (blå) til den højeste (rød).

LUFTIGE RESSOURCER PÅ FAST GRUND



En milepæl i vindmølleindustriens historie. Sådan vurderes software, der kan beregne, hvor meget strøm en planlagt vindmøllepark kommer til at producere

MORTEN ANDERSEN >

Tænk om nogen projekterede et nyt kraftværk uden at kunne præcisere, om det ville producere 25 gigawatt-timer per år eller 150 gigawatt-timer. Karrieren ville formentlig blive meget kort.

Eksemplet lyder måske fortænkt, men faktisk kan der være så stor forskel på, hvor meget en vindmøllepark kan forventes at producere, alt efter hvordan man placerer møllerne. Det er forklaringen på, at software til beregning af vindhastigheder og fremtidig produktion af strøm er blevet et stort hit for Risø DTU.

I langt det meste af verden kan programmet WAsP (Wind Atlas Analysis and Application Program) beregne >>

”Den betydning, som WAsP har haft for vindmølleindustrien, kan simpelthen ikke overvurderes”

Henrik Stiesdal, teknologichef, Siemens Wind Power



den forventede produktion fra en vindmøllepark med en nøjagtighed på ca. plus/minus fem pct.

”Den betydning, som WAsP har haft for vindmølleindustrien, kan simpelthen ikke overvurderes,” siger teknologichef Henrik Stiesdal, Siemens Wind Power.

”WAsP er en af de helt fundamentale milepæle i vindmølleindustriens historie, fordi programmet adresserer et af de mest afgørende spørgsmål: Hvad er egentlig den reelle vindressource? Alle de bestræbelser, som vi udfolder i industrien for at producere så gode møller som muligt så billigt som muligt, hjælper ikke, hvis vores kunder ikke kan låne penge i banken til deres projekt. Her nytter det ikke noget, at man kommer og fortæller, at man har et halvt års data fra et par målemaster på stedet. Det er alt for usikkert. Ved at levere et svar, som tager hensyn til data fra meteorologistationer i nærheden, og som navnlig kan indregne virkningerne fra topografien på og omkring mølleparken, er WAsP det enkelte instrument, som mest entydigt har løftet industrien.”

Afgørende for stabil eksport

Vi kunne formentlig godt have klaret os uden WAsP indenlands, mener Siemens Wind Powers teknologichef.

”Allerede før der var tænkt på WAsP, stod der jo mange møller i Danmark, hvor man havde de faktiske

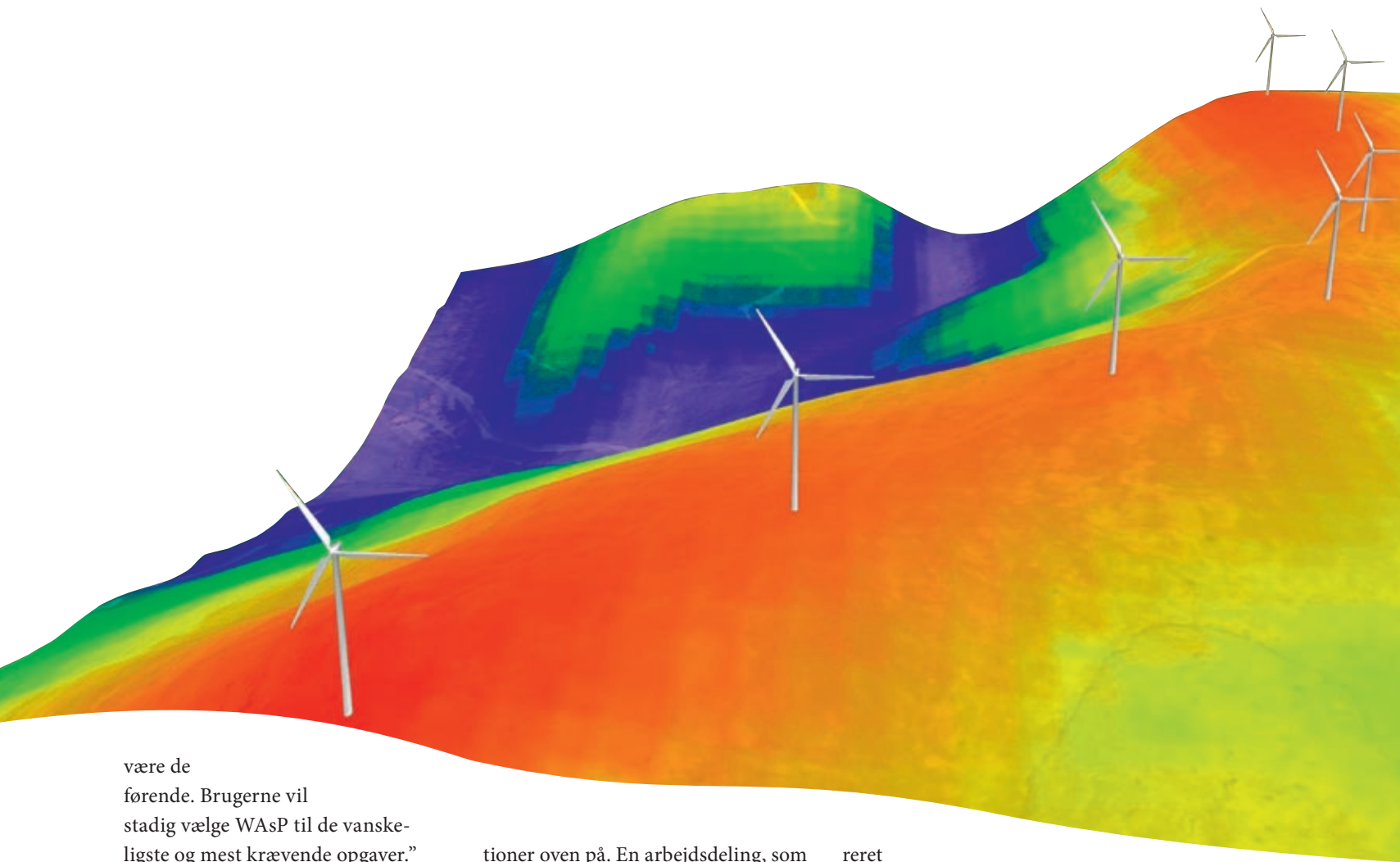
produktionsdata. Dermed havde vi et indgående kendskab til vindressourcerne. Men for de fleste eksportmarkeder var der ikke den slags data at gå ud fra, og derfor har WAsP været helt afgørende for en stabil eksport,” siger Henrik Stiesdal, som selv er en erfaren bruger af programmet.

”I dag arbejder jeg nu kun i det lejlighedsvis. Tingene er jo blevet langt mere opdelt, end de var i gamle dage. Nu har vi en hel afdeling, der alene beskæftiger sig med siting (placering af vindmøller, red.). Den bruger WAsP hver eneste dag.”

Risø DTU’s program sidder på en stor del af verdensmarkedet for software til beregning af vindressourcer. På grund af den stigende interesse for vindkraft i hele verden har der i de sidste 5 år været et markant øget salg af licenser, så der i dag på verdensplan er over 2.600 registrerede brugere af WAsP.

På spørgsmålet om programmet kan holde fast i sin position, når markedet for software til beregning af vindressourcer vil blive stadig mere kommercielt interessant, svarer Henrik Stiesdal:

”Rent logisk burde det ikke kunne lade sig gøre. Når et marked bliver tilstrækkelig stort, vil der altid komme kloner, og nogle kunder vil givet vælge produkter, der enten er billigere eller er udviklet i deres eget land. Så nej, jeg tror ikke, at Risø DTU kan fastholde den dominerende position, man har i dag, men jeg tror til gengæld godt, at man kan blive ved med at



være de førende. Brugere vil stadig vælge WASP til de vanskeligste og mest krævende opgaver.”

De facto industristandard

Hos Risø DTU siger afdelingsleder Erik Lundtang Petersen:

”WASP er blevet de facto industristandard. Det er selvfølgelig godt for os, både fordi vi tjener penge, og fordi Risø DTU’s varemærke bliver meget kendt, men det er også godt for branchen. Det betyder, at når nogen har lavet en beregning, kan alle tage de samme data og parametre og se, om de kan reproducere resultaterne. Det giver en høj troværdighed.”

Ud over salg af licenser og konsulentopgaver tjener afdelingen penge på kurser, som er blevet afholdt i 23 lande. Den reelle markedsandel for WASP er i øvrigt endnu højere, end antallet af solgte WASP-programpakker viser. To konkurrerende softwarepakker bygger på et samarbejde med Risø DTU. Kernen i de to pakker er WASP, selvom det ikke står på emballagen. Der er så bygget ekstra grafik og funk-

tioner oven på. En arbejdsdeling, som Risø DTU har det fint med, forsikrer seniorforsker Niels Gylling Mortensen:

”Vi vil lave det, der er svært. Nemlig fortsat at forbedre nøjagtigheden af beregningerne samtidig med, at gyldighedsområdet udvides, så vi får nye landskaber og klimatyper med. Vi kunne sagtens gøre WASP mere avanceret, men så kræver det straks mere computerkraft. Styrken ved programmet er, at det kan køre på en almindelig pc over hele verden. Det er måske ikke så flashy, som det kunne være, men det er driftsikkert og robust.”

3D og Google Earth

I den seneste version WASP 10, som er lige på trapperne, er der dog en markant ny ”lækker” funktion: Et tryk på en knap forvandler den 2-dimensionale grafiske fremstilling af de lokale vindforskelle i et område til en 3D-model af området. Modellen er gene-

reret ved hjælp af Google Earth.

”Ud over at det selvfølgelig ser sexet ud og vel nærmest er noget, brugerne forventer at få i vore dage, har det en faglig funktion. Når man ser landskabet, som det rigtigt tager sig ud, opdager man det hurtigt, hvis man er kommet til at taste forkerte data ind. For eksempel vil det springe i øjnene, hvis der er meget lidt vind på toppen af en bakke. Derfor er Google Earth-funktionen en enkel måde at kvalitetssikre resultaterne,” siger Niels Gylling Mortensen.

Som eksempel viser han et bakket landskab fra Egypten:

”Hvis man intet vidste om vindkraft og bare placerede sine møller tilfældigt i landskabet, ville produktionen svinge fra 0,5 GWt/år til 3 GWt/år for de enkelte møller.”

Netop Egypten er et af de lande, som Risø DTU har haft ekstra opmærksomhed på. Med støtte fra Danida er der >>

produceret et virtuelt vindatlas for hele landet.

”Du kan pege på en hvilken som helst plet i Egypten, og så kan jeg fortælle dig med en nøjagtighed på typisk plus/minus fem pct., hvor meget det vil blæse på stedet de kommende 20 år,” siger Niels Gylling Mortensen.

Ligesom for en række andre lande er det egyptiske vindatlas udført som konsulentarbejde til timetakster, der svarer til de rådgivende ingeniørfirmaers. Indtægterne er kærkomne, men seniorforskeren understreger, at andre overvejelser altid spiller ind:

”Vi har ikke tid til at lave konsulentarbejde i ret stort omfang. Derfor tager vi kun opgaver, der er kompetence-skabende. Primært går vi efter at få nye landskabsformer og nye klimatyper, så vi hele tiden kan forbedre grundlaget for WAsP-beregningerne. Vores mål er, at man kan plotte et hvilket som helst punkt i verden ind og få beregnet den forventede strømproduktion med plus/minus tre procents nøjagtighed.” <

! YDERLIGERE OPLYSNINGER

Seniorforsker Niels Gylling Mortensen,
nimo@risoe.dtu.dk

HISTORIEN BAG WASP

Programmets rødder går tilbage til 1981, da Risø udgav det første ”Vindatlas for Danmark” – en diger rapport, som vel at mærke udkom længe før, det blev almindeligt at udgive ting digitalt. På baggrund af den metode, der lå bag ved det danske atlas, udviklede de danske forskere gennem de kommende otte år et ”European Wind Atlas” på opdrag fra EU-Kommissionen.

Da det europæiske vindatlas udkom i 1989, kunne man beregne vindklimaet og den forventede produktion fra en planlagt vindmølle eller vindmøllepark overalt i de dengang 12 EU-lande. Metoderne er nu udbredt til over 100 lande. Aktuelt arbejder Risø DTU bl.a. med at kortlægge vindressourcerne i Kina, Indien og Sydafrika.

”Da vi udgav det første danske vindatlas, syntes vi, at vi havde fremtidssikret det godt ved at inddrage vindprofiler i op til 50 meters højde. Dengang var de højeste møller ca. 30 meter,” smiler Erik Lundtang Petersen.

I dag er mange møller 70-100 meter høje, og adskillige producenter arbejder med koncepter for endnu højere møller.

Nyeste medlem af familien, WAsP Engineering, kan beregne vindforhold, der er afgørende for belastningerne på møllerne og andre bygningsværker. Risø DTU forventer, at dette software kan få en endnu større udbredelse på verdensplan.

BØLGERNE AFSLØRER VINDENS HASTIGHED

Det er meget dyrt at skaffe måledata for vindhastighederne til havs. Derfor er det en god nyhed, at forskerne kan bestemme vindens hastighed ved at kigge på satellitbilleder

MORTEN ANDERSEN >

”De moderne satellitter kan give billeder af bølgemønsteret i vandet i høj opløsning. Der er nøje sammenhæng mellem vindens styrke og det bølgemønster, der opstår. Derfor kan man bruge billederne til at fastslå vindstyrken,” forklarer seniorforsker Charlotte Hasager, Risø DTU. Hun leder den danske deltagelse i international forskning på området. Charlotte Hasager understreger, at detaljeringsgraden ikke

MØLLER KAN SELV MÅLE VINDEN

Nu bliver sensorer så billige, at det kan betale sig at udstyre vindmøllerne med dem permanent. Det vil øge møllernes produktion med 5-15 pct.

MORTEN ANDERSEN >

I nær fremtid kan den enkelte vindmølle selv måle hastigheden af den vind, som er på vej til at ramme den. Dermed kan den nå at indstille vingerne optimalt og vride mere strøm ud af vinden. Den gode nyhed er et resultat af et samarbejde mellem DTU Fotonik og virksomheden OPDI Technologies A/S, som har stiftet et nyt datterselskab, der skal markedsføre produktet.

”Vi forventer at lancere de nye billige sensorer i midten af 2010,” siger direktør Jørgen Korsgaard Jensen, OPDI Technologies.

Sensorerne udsender laserlys. Lyset rammer små partikler, aerosoler, i luften og reflekteres. Ved analysen af det tilbagekastede signal udnytter man den såkaldte dopplereffekt, der siger, at

bølgelængden af et signal mindskes, når objektet, der udsender det, nærmer sig iagttageren. Jo hurtigere objektet nærmer sig, jo mere formindskes bølgelængden.

Langt billigere

Rent teknisk har det været muligt i en del år at måle vindhastighed ved hjælp af lasersensorer. Men med en pris på 1 mio. kr. stykket har der ikke været økonomi i at forsyne de enkelte møller med sensorerne, som derfor kun har tjent forskningsmæssige formål. Ifølge Jørgen Korsgaard Jensen vil prisen på de nye sensorer lande på blot 10-15 procent af prisen for de nuværende. Dermed er der økonomi i at forsyne møllerne med sensorerne, fordi man får mere strøm ud af vinden:

”Hemmeligheden bag produktet er, at vi har erstattet de dyre optiske fibre i de hidtidige lasersensorer med almindelig silicium-baseret halvleder-teknologi.”

Som udgangspunkt kan en silicium-baseret laser ikke levere et lige så præcist signal som en fiberlaser. Man siger,

at koherens-længden er mindre. Det vil sige, at den afstand fra laserilden, hvor bølgelængde og frekvens er fastholdt konstant, er kortere. Men med avanceret signalbehandling udviklet i samarbejde mellem virksomheden og DTU opnår man et resultat, der er fuldt ud lige så pålideligt som fra en fiberlaser.

Det nye datterselskab har fået navnet WINDAR Photonics. WINDAR er en sammentrækning af ordene ”wind” og ”LIDAR” (Light Detection and Ranging), som er den tekniske betegnelse for denne type sensorer til brug for måling af vindhastighed. <



OPTISKE UDVIKLERE

OPDI Technologies er et dansk udviklingselskab fokuseret på optiske sensorer. Virksomheden blev stiftet i 2002. Aktiviteterne foregår i nært samarbejde med DTU Fotonik. I 2008 omsatte OPDI Technologies for 4,5 mio. kr. og beskæftigede fire medarbejdere.

kan sammenlignes med f.eks. Risø DTU's verdenskendte software WASP:

”Problemet er, at WASP bygger på lokale data for vindhastigheden. De findes sjældent til havs. Ud fra satellitbillederne kan vi bestemme vindhastigheden inden for felter på 1 x 1 kilometer.”

Ulempen ved metoden er, at bølgemønsteret kun afslører vindens hastighed lige over havets overflade, mens vindmøllen typisk skal udnytte vind i 100-150 meters højde. Derfor kan satellitbillederne ikke stå alene. Risø DTU del-

tager i et internationalt forskningsprojekt Norsewind, hvor i alt 15 såkaldte Lidar sensorer anbringes på forskellige offshore installationer i Nordsøen, Østersøen og det Irske Hav.

”Sensorerne giver os meget nøjagtige data for vindforholdene det pågældende sted i forskellige højder. Men 15 installationer er jo ret lidt i forhold til de store havområder, projektet omfatter. Derfor bruger vi satellitbillederne til at fylde hullerne ud. Vi kan også bruge dem til at påvise steder, hvor computergenererede simuleringer passer mere eller mindre godt med virkeligheden.” <

PUMP CO₂ NED OG FÅ MERE OLIE OP

Mærsk Olie og Gas forbereder sig på en nær fremtid, hvor klimahensyn gør det attraktivt at deponere drivhusgassen CO₂ i undergrunden

MORTEN ANDERSEN >

”Skønheden i det er, at man kan kombinere øget udvindingsgrad for olie med at lagre det klimaproblematisk CO₂ i undergrunden.”

Michael Engell-Jensen, Senior Vice President i Mærsk Olie og Gas, leder en ny afdeling i virksomheden, Carbon & Climate. Afdelingen beskæftiger sig med at mindske Mærsk Olie og Gas’ bidrag til den globale opvarmning og finde nye forretningsmuligheder knyttet til klimaforandringerne.

”Vi har gjort konklusionerne fra FN’s klimapanel IPCC om menneskeskabt global opvarmning til vores. Alle selskaber, der kan være berørt, er nødt til at forholde sig systematisk til, hvordan de kan bidrage til løsninger.”

Et bidrag, som ifølge Engell-Jensen ”ligger til højrebenet” for den danske virksomhed, vil være at deponere CO₂ i Nordsøens undergrund. Forudsat at

de politiske beslutninger og en fornuftig økonomi kommer til veje. Målet er på en gang at deponere drivhusgassen forsvarligt og – i egnede reservoirer – at øge indvindingsgraden. Det kaldes i fagsproget EOR, Enhanced Oil Recovery.

Fanget i kalken

Med de nuværende metoder i indvindingen vil man formentlig kun få fat i ca. 30 pct. af olien i den danske del af Nordsøen. Det skyldes især, at størstedelen af olien gemmer sig i kalklag. Kalken er ganske vist porøs, men hullerne er så små, at det er meget svært at presse olien igennem. Flere steder er det tusind gange så vanskeligt at presse olie gennem strukturerne sammenlignet med de bedste sandstensfelter, som man har mange andre steder i verden.

”Netop fordi der bliver efterladt så meget olie i felterne i den danske del af Nordsøen, er der også et kæmpe ’target’ at gå efter, hvis man interesserer sig for EOR. Det ville være herligt, om vi kunne øge indvindingsgraden, som professor Erling Stenby fra DTU Kemi-teknik har advokeret for vil være teknisk muligt. Det største spørgsmål er, om det vil være økonomisk bæredygtigt,” siger Michael Engell-Jensen.

Ved at pumpe CO₂ ned i undergrunden gør man olien mere tyndtflydende, så det bliver lettere at presse den gennem lagene af kalk. Faktisk begyndte man at interessere sig for EOR ved hjælp af CO₂, inden klimadiskussionen kom i gang.

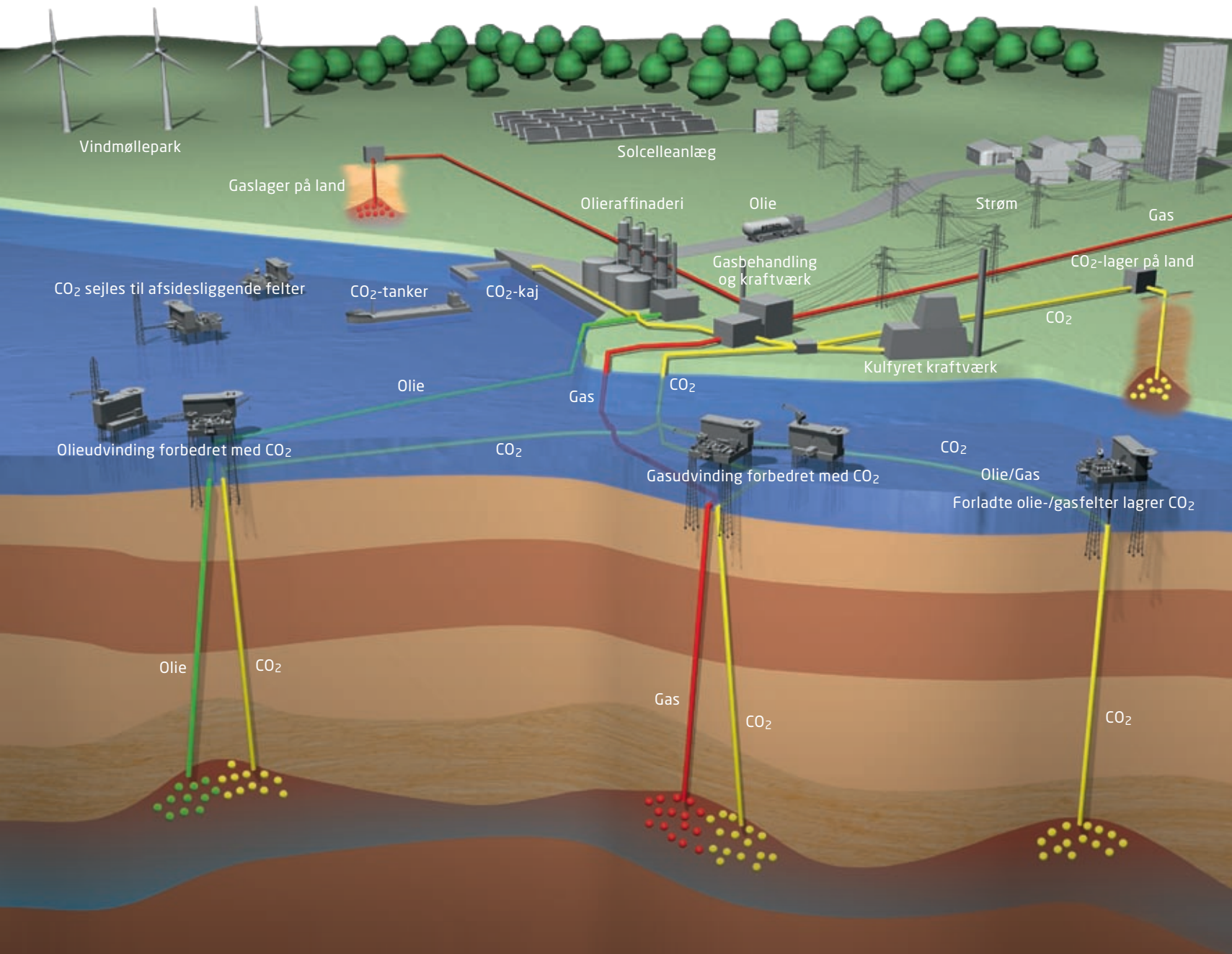
”Det var simpelthen, fordi CO₂ er billigere end nogle af de andre metoder, primært kulbrinteholdige gasarter, som man i forvejen brugte for at

>>



SCENARIER FOR FANGST OG DEPONERING AF CO₂

ILLUSTRATION: MÆRSK OLIE OG GAS



“Vi har gjort konklusionerne fra FN’s klimapanel IPCC om menneskeskabt global opvarmning til vores”

Michael Engell-Jensen,
Senior Vice President i Mærsk Olie og Gas



FOTO: MÆRSK OLIE OG GAS

øge indvindingsgraden. Og tilmed viste det sig nogle gange, at CO₂ visse steder var bedre til formålet,” forklarer Engell-Jensen.

Kvotordning bliver afgørende

Men medaljen har en bagside. Først og fremmest er kombinationen af vand og CO₂ kendt som kraftigt korroderende. Det kan man til dels gardere sig imod ved at bruge de bedste legeringer af rustfrit stål, men så vokser omkostningerne.

”Det gælder om at fremstille de mest kritiske komponenter i de dyreste materialer og nøjes med billigere løsninger, hvor det er forsvarligt. Den balance kan man først finde på basis af erfaringer med metoden i branchen,” siger Michael Engell-Jensen og understreger, at EOR ved hjælp af CO₂ under alle omstændigheder bliver dyrt:

”Økonomien i EOR baseret på injektion af CO₂ i Nordsøen er på nuværende tidspunkt uklar. Endvidere må EOR kombineres med decideret lagring for at håndtere de mængder af CO₂, som ville komme fra blot et enkelt kraftværk. Derfor er vi formentlig afhængige af, at der kommer økonomi og kapacitet ind på anden måde. For eksempel en kvotordning, hvor det har en betydelig økonomisk værdi at slippe af med CO₂.”

Fremdrift i EU

Det har han stor tiltro til vil ske i nær fremtid:

”Mange siger, at det er for dyrt og for ineffektivt at indfange CO₂, og at

de nuværende priser på CO₂-kvoter er alt for lave til, at det kan betale sig. Det er alt sammen korrekt, men mit svar er: For det første er der masser af forskere, som arbejder på at forbedre effektiviteten. For det andet er jeg overbevist om, at vi kan halvere omkostningerne, når teknologien tages i brug i fuld skala. Og for det tredje breder der sig helt tydeligt en opfattelse blandt politikerne – og blandt deres vælgere – om, at handling er uomgængelig nødvendig. På den baggrund må det forventes, at det på et eller andet tidspunkt vil resultere i, at CO₂-kvoterne får den pris, der kræves for at opnå den ønskede adfærd,” siger Michael Engell-Jensen og uddyber:

”Der er mange modsatrettede kræfter i spil, og der har været en vis zigzag-kurs på klimaområdet, men alligevel synes jeg faktisk, at der har været forbavsende meget fremdrift. For eksempel har EU allokeret kreditter svarende til 300 mio. tons CO₂. EU har også sat en plan i værk, der har til hensigt at skabe de første 10-12 demonstrationsanlæg til fangst af CO₂ på kraftværkerne i de kommende år.”

CO₂ cirkuleres

De geologiske strukturer i olieletterne i den danske del af Nordsøen kan formentlig rumme CO₂ svarende til de danske kraftværkers samlede udledning gennem flere årtier.

”Vi er nødt til at kigge på det enkelte felt og på den enkelte boring. Det er ikke alle geologiske strukturer, der kan klare, at man pumper CO₂ ned,

uden at brønden ødelægges,” forklarer Michael Engell-Jensen.

”Samtidig må man ikke se på det som en konstant nedpumpning af CO₂ gennem hele perioden. I de første 3-5 år pumper man ned, men på et tidspunkt når man et gennembrud. Herefter får man mere olie op – det var jo netop også meningen – men denne olie indeholder nu CO₂. Denne CO₂ skal man så fange igen. Det bliver formentlig ved hjælp af membranteknologi på platformene. Derefter kan man pumpe den fangede CO₂ ned igen, og man har et system, hvor det er den samme totale mængde CO₂, som cirkuleres, bortset fra, at der måske skal kompenseres for et lille tab. Efter afslutning af økonomisk olieproduktion går man tilbage til udelukkende at pumpe CO₂ ned med henblik på en delig CO₂-deponering.”

Tøv ikke for længe

Carbon & Climate afdelingen hos Mærsk Olie og Gas har blot eksisteret i knap et år. Afdelingen er bl.a. banerfører for et internt studie, hvor de konkrete muligheder for EOR ved hjælp af CO₂ på felterne i Nordsøen bliver undersøgt.

”Man må ikke forveksle vores studie med en udnyttelsesplan, som vi vil bede regeringen og myndighederne om at godkende. Det er blot et forstudie. Hvis det, som vi jo håber, viser, at der er grundlag for at gå videre, skal vi i gang med den egentlige ingeniørmæssige optimering,” siger Michael Engell-Jensen.

”Det kan godt være, at en forøget indvindingsgrad i den danske del af Nordsøen ikke vil give en stor ekstra indtægt, fordi omkostningerne vil være så store. Men projektet kan alligevel godt vise sig samfundsmæssigt fornuftigt. Dels forbedrer man jo betalingsbalancen, fordi den indvundne olie erstatter import, dels øger man graden af selvforsyning, hvilket også er attraktivt.”

På spørgsmålet, om der er en deadline for, hvornår metoden bliver uaktuel i Nordsøen, svarer han:

”Vi regner med, at det første af vores felter i Nordsøen skal indstille sit produktive liv i midten af det næste årti. Det ville være godt, hvis vi kunne gå i gang med CO₂-lagring og EOR ret hurtigt derefter. Så kunne der komme en glidende fase, hvor der blev indført CO₂-lagring og EOR gradvist, inden den nuværende produktion bliver afviklet. Under alle omstændigheder er det ikke hensigtsmæssigt at vedtage nye projekter, når de nuværende faciliteter i Nordsøen er afviklet.” <

MINDRE MÆNGDER GAS GÅR TIL SPILDE

”Flaring” er fagudtrykket for at brænde gas, som udledes bl.a. for at kontrollere trykket i produktionsanlægget. I 2010 forventer Mærsk Olie og Gas at afprøve et nyt koncept, som tillader, at en del af den gas, der ellers ville blive flaret, bliver indvundet.

”Der er sikkerhedsmæssige problemstillinger knyttet til at indvinde al gassen, fordi den let giver anledning til trykstigninger forskellige steder i processen. Men kan vi udnytte en større del af en værdifuld ressource i stedet for at lade den gå til spilde og samtidig reducere klimabelastningen, så vil vi naturligvis meget gerne det,” siger Michael Engell-Jensen, Senior Vice President i Mærsk Olie og Gas.

Virksomheden har udviklet en todelt løsning. For det første er selve processen gjort mere tolerant over for små trykstigninger. For det andet er der hele tre forskellige mekanismer, der kan træde til, hvis trykket stiger over det acceptable. Hver af de tre mekanismer er i stand til at sikre, at gassen alligevel bliver brændt af, inden der opstår fare. Skulle den ene svigte, vil den anden slå til, og skulle den også svigte, vil den tredje løse problemet.

”Vi vil formentlig ikke søge patent. Dels vil vi nødtigt bruge vores kræfter på at forsvare et patent, dels er det en god tradition i branchen, at man deler sin viden, når medarbejdernes sikkerhed er involveret,” kommenterer Michael Engell-Jensen.

I første omgang bliver der tale om et pilotforsøg, og hvis det giver de forventede resultater, kan det første produktionsanlæg indføre metoden i 2012.

DANSK SUPERSTÅL MINDSKER CO₂-UDSLIP

Fremtidens elkraftværker kan udnytte kul langt mere effektivt. Hemmeligheden ligger i Z650 – et nyt dansk superstål – som kan klare temperaturer op til 650 grader. Det giver mere el og mindre CO₂

HENRIK OLSEN >

”Alt tæller, når CO₂-emissionen skal reduceres.”

DONG Energy’s chef for forskning og udvikling, Rudolph Blum, breder hele viften ud, når han beskriver fremtidens CO₂-minimerede elforsyning: Vind- og bølgeenergi, biomasse, naturgas, atomkraft – og kul.

”Det er ikke realistisk at gå fuldstændig bort fra kul foreløbig. Og hvis vi skal reducere CO₂-emissionen fra elkraftværkerne, så vil det være en væsentlig fordel at få så mange kilowatt-timer ud af hvert ton kul, man hælder ind i sin kedel,” uddyber forskningschefen.

Nøglen til at producere kraftværker med høj virkningsgrad ligger i temperatur og tryk i kedler, turbiner og damp rør, som alle er lavet af stål. Jo højere man kan komme op, des mere energi kan man trække ud af kullet. Igennem det seneste årti har grænsen ligget på 600 °C og 300 bar. Det giver et udbytte på maksimalt 47 pct. af den

energi, kullet indeholder. Alle forsøg på at øge tryk og temperatur er hidtil mislykkedes, for man har simpelthen ikke haft stål, der kunne holde til den øgede belastning.

Lige indtil nu, hvor forskere fra DTU Mekanik har udviklet et superstål, som klarer 650 °C og 325 bar. Det giver mulighed for at trække godt 50 pct. af energien i kullene ud.

Kina bruger 40 pct. af verdens kul

Ifølge IEA – International Energy Agency – er Danmark verdensmester i højeffektive, kulfyrede kraftværker. I gennemsnit ligger vi med en virkningsgrad på 43 pct., og Nordjyllandsværket er absolut topscorer med hele 47 pct. Til sammenligning ligger europæiske kraftværker med et snit på 36 pct. Men den helt store spiller på kulområdet er Kina:

”Den kinesiske industri forbruger i dag 40 pct. af det kul, der bliver brudt på verdensbasis. Og kinesisk elpro-

duktion æder halvdelen af kullene,” fortæller Rudolph Blum.

Til gengæld halser Kina langt efter verdensrekordholderen Danmark, når vi taler om kraftværkernes virkningsgrad. De kinesiske kulkraftværker er helt nede på 32 pct. – et par procent lavere end gennemsnittet på verdensplan.

Derfor ser Rudolph Blum også de største muligheder for det nye superstål i lande som Kina. Hvis virkningsgraden kan øges fra 32 til 50 pct. med det nye superstål, så betyder det nemlig en reduktion af CO₂-udslippet på hele 36 pct. Og mængden af kul, som skal leveres til kraftværkerne, reduceres tilsvarende.

Samarbejde førte til superstål

At Danmark ligger i elkraftværkernes verdenselite skyldes ikke mindst det samarbejde, som elindustrien har haft med DTU gennem tre årtier. Og Rudolph Blum har været med hele vejen.



Den første testudgave af Z650 stålet er fremstillet som valset plade, og de første krybeprøvninger er gennemført ved 650 grader. Der arbejdes nu på at optimere sammensætning og varmebehandling af stålet.

Allerede i 1979 indgik det daværende Elsam i Jylland og Elkraft på Sjælland et forskningssamarbejde med DTU under ledelse af professor E.W. Langer og med Rudolph Blum som formand for styregruppen. Her blev grunden lagt til den elektronmikroskopiske analyse af stål, som lige siden har været essentiel i forståelsen og videreudviklingen af nye ståltyper til kraftværksbrug, og som nu har nået en foreløbig klimaks med udviklingen af superstålet Z650.

Kedler, turbiner og damprør i elkraftværker skal både modstå temperatur- og trykbelastning og stærke korrosive påvirkninger fra dampen. For at øge styrken tilsætter man små mængder vanadium, niobium og nitrogen, som danner ultrasmå partikler i stålet. Korrosionsbestandigt stål opnår man ved at tilsætte krom. Forskningssamarbejdet mellem elværkerne og DTU har gjort Danmark førende inden for kraftværksstål. Det er siden 1987 blevet ledet af adjungeret professor John Hald og er forankret i sektionen Materiale teknologi og -udvikling på DTU Mekanik.

”For 10 år siden var man nået frem til stål, som havde et indhold af krom

>>

på ni pct. Det havde en styrke, som til-
lod, at man kunne bygge kraftværker
med tryk og temperatur på 300 bar og
600 °C.”

”For at kunne tage det næste skridt
fremad – 325 bar og 650 °C – så skulle
vi op på en styrke, der var dobbelt så
høj. Og for at forhindre at stålet oxide-
rer for hurtigt i den varme damp, skul-
le kromindholdet hæves til 12 pct.
Flere forskergrupper forsøgte sig med
udvikling af nye typer stål med 12 pct.
krom. De blev testet for at afprøve
deres såkaldte krybestyrke – langtids-
holdbarheden ved høje temperaturer.
Og alt så fint ud i et til to år, men så
brød krybestyrken sammen – for alle
de nye typer stål.”

”Det havde man ikke nogen forkla-
ring på dengang,” fortæller John Hald
og fortsætter: ”Men den forklaring har
vi fundet nu.”

Z-fase

Det var Hilmar Danielsen, som under
sit ph.d.-projekt på DTU Mekanik
løste stålets gåde. Han har undersøgt de
nedbrudte kraftværksstål i et transmis-
sions-elektronmikroskop, og det har
ført ham på sporet af en superskurk, der
hver gang er årsag til nedbruddet. Skur-
ken er en såkaldt Z-fase: Nogle forholds-
vis store partikler, der hovedsagelig be-
står af krom, vanadium, niobium og
nitrogen. Partiklerne dannes ved høje
temperaturer og destabiliserer stålet.

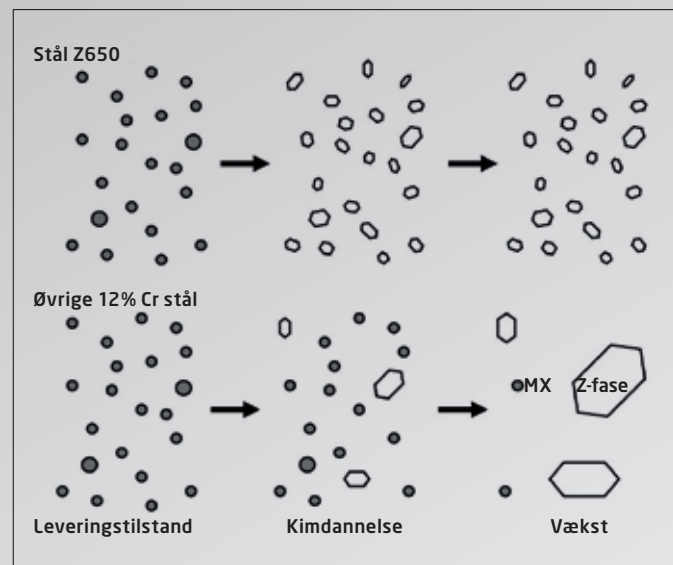
”Hvis man putter mere krom i stå-
let, så får man hurtigt udskilt Z-fasen,”
forklarer Hilmar Danielsen.

Den nye forskning har ikke alene
forklaret, hvad skurken er, den har
også forklaret, hvorfor den optræder,
og hvordan den arbejder.

Gennem termodynamiske beregnin-
ger har Hilmar Danielsen påvist, at Z-
fasen er stabil i alle stållegeringer med
højt kromindhold. Så hvis man ønsker
at sikre stålet mod oxidation ved at til-
sætte ekstra krom, kan man simpelt-
hen ikke undgå Z-fase-partikler. Han
har også påvist den mekanisme, som
står bag dannelsen af Z-fase-partikler-
ne. Det er ganske enkelt overskuddet
af krom, der ved høje temperaturer



En stor Z-fase-partikel af krom, vanadium og nitrogen er dannet
ved høj temperatur. Hvis processen fortsætter, vil de små MX-
partikler af vanadium og nitrogen blive opslugt af Z-fasen, og
stålet vil miste sin styrke. Billede fra elektronmikroskop.



Princippet i superstålet Z650, hvor alle små MX-partikler bliver omdan-
net til små Z-fase-partikler, der giver stålet styrke. Øvrige ståltyper med
12 pct. krom danner få, men store Z-fase-partikler, som opsluger de fleste
små MX-partikler, og derfor mister stålet styrke.

trænger ind i de små partikler af vanadium, niobium og nitrogen – såkaldte MX-partikler. Når først kromet har invaderet en MX-partikel og omdannet den til en Z-fase-partikel, så kan Z-fasen vokse sig stor ved at opsluge yderligere op til 1.000 små MX-partikler.

”Det, der gør Z-fasen så speciel, er, at den spiser de små MX-partikler, som ellers giver stålet styrke, og så går det galt,” forklarer Hilmar Danielsen.

Hilmar Danielsen forsvarede sin ph.d.-afhandling i 2007. Den 17. september 2008 blev han tildelt Heinrich-Mandel Prisen fra det tyske VGB – Vereinigung der Grosskessel Betreiber, som er Europas største kraftværksorganisation. Prisen fik han for at have

SUPERSTÅL OG CO₂-UDSLIP

- Kul udgør 42 pct. af energiråstoffet til elkraftværkerne på verdensplan
- Hvis alle kulkraftværker blev udskiftet til højeffektive kraftværker med Z650 superstål, så ville miljøet blive sparet for 2 mia. tons CO₂ årligt
- En årlig reduktion på 2 mia. tons CO₂ svarer til en reduktion på 6,7 pct. af verdens samlede CO₂ udslip
- Hvis alene kraftværker ældre end 25 år blev udskiftet, ville klodens CO₂ udslip blive reduceret med 5,7 pct.

BASERET PÅ TAL FRA RAPPORTEN ENERGY EFFICIENCY INDICATORS FOR PUBLIC ELECTRICITY PRODUCTION FROM FOSSIL FUELS (IEA, 2008) OG FRA DANMARKS MILJØUNDERSØGELSER

afsløret hemmeligheden bag nedbrudene i de høj-krom-holdige ståltyper.

DTU Mekanik har dog ikke ladet Hilmar Danielsen hvile på sine laurbær. Han arbejder nu som postdoc i et samarbejde med John Hald med at anvende den nye viden til at udvikle et nyt superstål: En ståltype, som både har et højt krom-indhold på 12 pct. – og dermed er oxidationsbestandigt – og som bevarer sin langtidsstyrke ved en temperatur på 650 °C.

Fra fjende til allieret

Al Danielsens tidligere forskning har egentlig peget direkte mod en fiasko, hvis et superstål med 12 pct. krom skulle udvikles, for hvis krom-indholdet er højt, så udvikler stålet Z-faser og bryder sammen. Men her anvender DTU-forskerne det ældgamle trick:

Hvis du ikke kan slå din fjende, så allier dig med ham. DTU-forskerne har nemlig udviklet en teknik, som accelererer optagelsen af krom ind i de små MX-partikler.

”Hvis vi på én gang kan omdanne alle MX-partikler til Z-partikler, så

kan Z-partiklerne ikke æde sig store, for så er der ikke flere MX'er at æde,” forklarer Hilmar Danielsen.

På den måde bliver der dannet ultrasmå Z-fase-partikler, som teoretisk set har samme positive styrkegivende egenskaber som MX-partiklerne. Og ideen er allerede blevet til virkelighed. Hilmar Danielsen og John Hald har for et halvt år siden fået offentliggjort en patentansøgning på superstålet, som de kalder Z650 efter Z-fasen og den temperatur, det skal holde til.

Nu står der mindst tre års test foran forskerne, før stålet kan bevise sin langtidsstyrke. Og hvis de afprøvningsforløber som planlagt, går der yderligere ca. fem år med bl.a. opskalering, testfremstilling hos stålproducenter og myndighedsgodkendelse, før stålet er kvalificeret til at indgå i et nyt kraftværk – og spare miljøet for millioner tons CO₂. <

! YDERLIGERE OPLYSNINGER

Adjungeret professor John Hald,
jhald@mek.dtu.dk



Stålrør med højt krom-indhold har dannet Z-fase ved 650 °C og er brudt sammen.

Billig strøm fra vindmøller kan bruges til at producere brint eller syntesegas ud fra elektrolyse af vand. Metoden kan blive løsningen, der gør bilerne klimaneutrale. Fransk energigigant satser i samarbejde med Risø DTU

HÆLD VINDMØLLESTRØM PÅ TANKEN

MORTEN ANDERSEN >

”Det kan blive lige så stort for os som brændselscellerne. Og også større!”

Citat professor og afdelingschef Søren Linderoth, Risø DTU. I betragtning af, at Afdelingen for Brændselsceller og Faststofkemi gennem de seneste år har haft ca. 80 medarbejdere beskæftiget med forskning og udvikling inden for brændselsceller, viser udtalelsen store forventninger til et nyt forskningsområde: elektrolyse ved høje temperaturer. Elektrolyse er kemisk sønderdeling af stoffer i en opløsning ved hjælp af en elektrisk strøm.

Gennem det seneste år har den franske energikoncern Areva indgået i et tæt samarbejde med Risø DTU om udvikling af elektrolyse, der er opti-

meret til at producere brint ud fra elektrolyse af vand med ilt som et nyttigt biprodukt.

Areva havde i 2008 ca. 75.000 ansatte og en omsætning på 13,2 mia. euro. Hovedaktiviteten er A-kraft, men gennem de seneste år er koncernen begyndt at interessere sig for en bredere vifte af energikilder. Fælles for dem er, at de lige som A-kraften er CO₂-frie.

Den type elektrolyse, som Risø DTU forsker i, kan udnytte CO₂ som et råstof sammen med vand. Produktet, en blanding af brint og kulmonoxid, kaldet syntesegas, kan anvendes til at fremstille syntetisk brændsel i form af metanol (træsprit).

”Det er altså en måde at fremstille syntetisk brændsel f.eks. til trans-

portsektoren, hvor det kan erstatte fossile brændsler. Bedst udnyttelse opnås, hvis brændslet igen omsættes til strøm ved hjælp af en brændselscelle,” siger Søren Linderoth og fortsætter:

”Det er jo meget attraktivt at kunne udnytte strøm fra vedvarende energikilder

som drivmiddel i biler. Derfor peger alt på, at elektrolyse vil vinde frem. Samtidig ved vi, at elektrolyse ved høj temperatur er mere effektiv end elektrolyse ved stuetemperatur.”

En omvendt brændselscelle

Populært sagt er en elektrolysecelle en omvendt brændselscelle. Hvor en brændselscelle producerer strøm og varme ud fra en kemisk reaktion mellem ilt og brint, sker det modsatte ved elektrolyse.

Elektrolyse er velkendt. Det nye er imidlertid, at man kan opnå langt større effektivitet ved at lade reaktionerne foregå ved høje temperaturer. Det er kun muligt ved at bruge overvejende keramiske materialer. En teknologi, der i høj grad er inspireret af den type brændselsceller, SOFC (Solid Oxide Fuel Cells), som Risø DTU længe har samarbejdet med den danske virksomhed Topsoe Fuel Cell om at udvikle.

Få meter fra de laboratorier, hvor samarbejdet med Areva foregår, arbejder Risø DTU sammen med medarbejdere fra Topsoe Fuel Cell om udviklingen af brændselsceller. For den besøgende er der ingen umiddelbar

De tynde plader bages i ovn ved 1.000-1.400 °C. Resultatet bliver en hård keramisk celle med en elektrolyt, hvor kun ilt-ioner kan passere igennem.

FOTO: RISØ DTU

forskel at få øje på mellem de to typer projekter. Begge steder er de grundlæggende bageopskrifter meget sammenlignelige.

Først laves en pasta, der minder om en acrylmaling. Ja, faktisk kunne man godt male sine vægge med produktet. Pastaen består af en blanding af organiske materialer og keramiske materialer. Den fremstilles med et eller flere tynde lag, hvor selve elektrolytten kun er ca. 0,01 mm tyk. De tynde plader bages i ovn ved 1.000-1.400 °C. Resultatet bliver en hård keramisk celle med en elektrolyt, hvor kun ilt-ioner kan passere igennem.

Ilt som nyttigt biprodukt

I de to projekter skal ilt-ioner passere i hver sin retning gennem membranen. I brændselscellen passerer ilt-ioner, som er tilført via luft, fra pladens negativt ladede side (katoden) gennem membranen til den positivt ladede side (anoden). Ionerne har negativ ladning, og de kan udnyttes direkte som strøm. Ved elektrolyse påtvinges cellen en strøm den modsatte vej. Med vand-damp på det som nu bliver katoden i en elektrolyse-celle, spaltes molekyler af vand (H₂O) til brint og ilt. De negativt ladede ilt-ioner passerer igennem til anode-siden (ilt-elektroden), hvor ilten opsamles, mens brinten bliver tilbage og kan opfanges på katode-siden (brint-elektroden).

”I princippet kunne vi bruge fuldstændigt de samme celler, som vi har udviklet i brændselscelle-projektet, til elektrolysen. Vi har vist, at det virker meget fint. Risø DTU har faktisk verdensrekord i, hvor meget brint der kan fremstilles per kvadratcentimeter celle. Men til elektrolyse arbejder vi især med andre typer celler, for vi er over-

beviste om, at vi kan få bedre resultater ved at optimere produkterne til elektrolyse,” siger Søren Linderoth.

Alligevel kan der måske komme en dag, hvor man faktisk bruger samme celler til begge formål:

”Jeg kan sagtens forestille mig, at de celler, som vi udvikler til brug for elektrolyse, kunne være meget interessante til brug som brændselsceller.”

Endelig er det rigtig godt, at processen giver ren ilt som biprodukt, mener Søren Linderoth:

”Tænker man sig f.eks. et integreret energisystem, hvor der også indgår forgasning af biomasse, er ilten god at have. Forgasning kræver ilt. Den får man normalt fra luften, men derved får man som bekendt også 80 pct. kvælstof med. Det er en dødvægt at slæbe rundt på. Man får derfor højere energieffektivitet ved at udnytte ren ilt i stedet for.”

Fransk kickstart

Ud over Areva samarbejder Risø DTU med DONG Energy, Topsoe Fuel Cell og et nystartet dansk selskab, Green-Hydrogen, omkring elektrolyse.

”Samarbejdet med Areva har kickstartet vores indsats inden for elektrolyse. Kontakten kom fra Areva. I første række var det naturligvis vores kompetencer inden for forskning og udvikling, som tiltrak dem, men det havde også betydning, at vi har demonstreret vores evner til at samarbejde med industri. De ønskede en partner, der kan være med til at få tingene ud over rampen.” <

YDERLIGERE OPLYSNINGER

Professor og afdelingschef
Søren Linderoth,
sqli@risoe.dtu.dk

STORT LØFT TIL DTU'S ENERGIFORSKNING

MORTEN ANDERSEN >

DTU har modtaget 120 mio. kr. fra Videnskabsministeriet til at opbygge et nyt initiativ – Catalysis for Sustainable Energy (CASE), der skal ligge i den internationale elite inden for forskningen i lagring af bæredygtig energi. Pengene kommer fra en ny pulje UNIK (Universitetsforskningens InvesteringsKapital).

Når bæredygtig energi som vindkraft og solceller skal være mere end blot et mindre hjørne af den samlede energiforsyning, kan man ikke længere være tilfreds med at få energi fra vindmøllerne, når det blæser, og fra solcellerne i klart vejr. Derfor er det helt afgørende at udvikle nye metoder til at omsætte energien.

Helst skal energien lagres kemisk i form af brændsel. Udfordringen er at kunne binde energien i sollys i kemiske bindinger. Et tværvideenskabeligt samarbejde mellem en række forskere og institutter på DTU skal bidrage til udviklingen af løsninger. Først og fremmest ved at udvikle bedre katalysatorer, det vil sige stoffer, der fremmer kemiske processer uden selv at indgå i slutprodukterne.

Forskningsprojekterne under Catalysis for Sustainable Energy begynder til september 2009 og skal ledes af professor Jens K. Nørskov, DTU Fysik. <

Verdens mest energieffektive jævnstrømsomformer er et stort skridt fremad for visionen om distribuerede energisystemer baseret på brændselsceller og brint

VERDENSREKORD HJÆLPER BRÆNDELSCELLER

ROLF HAUGAARD NIELSEN >

Et lille kraftvarmeværk med brændselsceller til boligblokken, fabrikken eller landsbyen kan omsætte naturgas eller brint til strøm og varme med høj effektivitet og minimal forurening. Men strømmen skal leveres ved en konstant høj spænding – og her er der en udfordring.

Brændselsceller leverer en lav udgangsspænding, som yderligere falder kraftigt ved spidsbelastninger. Løsningen er omformere, der omsætter de varierende spændinger til konstant spænding. Ph.d.-studerende Morten Nymand og professor Michael A. E. Andersen fra DTU Elektro har udviklet verdens mest effektive jævnstrømsomformer med en virkningsgrad på 97 pct. ved cellernes topydelse.

”Energitalet er 3-4 gange mindre end tidligere,” oplyser Morten Nymand.

I omformeren opsamles strømmen i en spole, hvorfra den via kontakter sendes ind i en transformator, der ændrer spændingen. En kontakt kan kun tåle en moderat strømstyrke, og det er svært at fordele strømmen på mange kontakter. Derfor har det været nødvendigt at bruge flere omformere ved overførsel af store strømstyrker.

”I den nye dc-dc converter har vi indsat en særlig lille transformator efter spolen, som fordele strømmen ligeligt til kontakterne. Derfor kan man parallelkoble flere kontak-

ter og behøver ikke at dublere hele systemet. Omformeren er billig, og da man får mere el ud af brinten, vil strøm fra brændselsceller kunne sendes ud i elnettet til en væsentligt lavere pris end i dag,” siger Morten Nymand. <

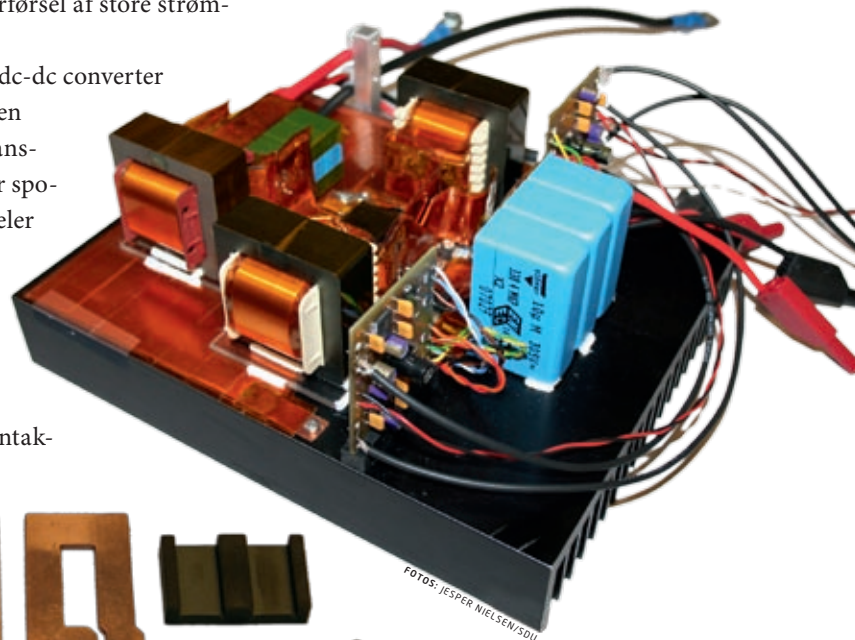


Foto af 3 kW eksperimentel prototype dc-dc converter. Indgangsspændingen er 30-60 V, og udgangsspændingen er 400 V. Nederst foto af strømstyringstransformator til parallelkobling af effekttrin.

KLIMATEKNOLOGIER I SPIL



FOTOS: SIMON KLEIN KNUDSEN, STEEN BROGAARD, SCANPIX, SHUTTERSTOCK, COLOURBOX

I en serie workshops fokuserer DTU på teknologier og processer inden for klima- og energi-området. En opsamlende high-level klimakonference i september 2009 kridter banen op for det videre arbejde

MORTEN DAHL >

DTU har i løbet af 2008 og 2009 i en række workshops samlet eksperter fra erhvervslivet, myndigheder og forskning for at drøfte muligheder og flaskehalse for at accelerere udviklingen og indførelsen af nye energi- og klimateknologier.

Indsatsen kulminerer med en international klimakonference den 17. september på DTU. Deltagerne på konferencen vil være et bredt udsnit af væsentlige nationale og internationale aktører på energi- og klimaoområdet. Klima- og energiminister Connie Hedegaard har givet tilsagn om at deltage. Det samme har en række beslutningstagere fra erhvervslivet, universiteter og internationale organisationer. Konferencen vil identificere og fremhæve de perspektivrige energi- og klimateknologier og skabe grundlag for styrket samarbejde mellem de tre parter. <

Program

Konferencen indledes med en præsentation af hovedkonklusionerne fra de 10 forudgående workshops. De særligt inviterede hovedtalere og paneldeltagere vil give deres bidrag til spørgsmålene:

- Hvilke bæredygtige teknologier skal bringes i anvendelse, og hvordan accelereres udvikling og implementering af disse?
- Hvordan skal samarbejdet mellem forskning, erhverv og myndigheder tilrettelægges, og hvordan fremmes teknologioverførsel i en global kontekst?

Konferencen afholdes i DTU's Conference Centre i Lyngby. Det endelige program er klar i april og kan ses på www.dtu.dk/klima.

ENERGI- OG KLIMAWORKSHOPS

DTU's serie af workshops og konferencer skal styrke og udvikle viden og samarbejde om teknologiske løsninger og processer inden for de tre områder: Klimaovervågning, -tilpasning og CO₂-reduktion.

Afholdte workshops

- Bæredygtige bygninger
- Fremtidens energisystemer
- Bæredygtige energikilder
- Vedvarende energi i transportsektor og -planlægning

Kommende workshops 2009

- Klimaændringer og økosystemets produktivitet: 12.-13. maj
- Forbrændingsteknologi og CO₂-lagring: 27.-28. maj
- Infrastruktur og klimaændringer: 1. september
- Husdyrsundhed og fødevarerikkerhed

Forskerkonferencer 2009

- Monitorering af klimaændringer, Grønland som case: 25.-28. august
- Risø DTU International energikonference: 14.-16. september

INTERNETTET

EFTER DEN KLASSISKE COMPUTER

Nye kvantecomputere vil kunne knække alverdens koder på et øjeblik. Et samarbejde med DTU's strategiske samarbejdspartner TU Eindhoven skal være med til at fremtidssikre de koder, der bruges på internettet

TINE KORTENBACH >

”Al sikker kommunikation på internettet bryder sammen i det øjeblik, kvantecomputeren vinder frem. Og selvom der sikkert kommer til at gå 20 år eller flere, så er det vigtigt allerede nu at forske i systemer, som er sikre på såvel klassiske computere som på de nye kvantecomputere.”

Det fastslår professor Lars Ramkilde Knudsen, DTU Matematik. Sammen med Technische Universiteit Eindhoven, Holland, og en række andre

europæiske partnere har DTU ansøgt EU om 10 mio. kr. til at finde andre kryptosystemer, som kvantecomputere har svært ved at bryde. Dette forskningsområde kaldes ”post-quantum” kryptografi.

Kryptografi er en ældgammel disciplin, som fandt nye anvendelser, da internettet blev etableret. I dag er kryptografi en del af mange menneskers hverdag, selvom de fleste ikke er klar over det. Når vi handler med vores Dankort, bruger vores netbank eller laver en digital signatur, så sørger moderne kryptografi for, at det foregår på en sikker måde.

Usikre public-key systemer

Men kvantecomputere vil give os en udfordring i fremtiden.

”Vi ved nu, at den dag vi har en funktionel kvantecomputer, da bliver nogle kryptografiske systemer, de såkaldt public-key systemer, lette at bryde. Der er brug for en koordineret og målrettet indsats for at finde systemer, som både er sikre, og som samtidigt er effektive ved brug i praksis.”

Information kan reduceres til en række nuller og et-taller. Det er børnelærdom inden for computerteknologi. Men når den traditionelle informationsteknologi kombineres med kvantemekanik, er tingene ikke længere så enkle.

I en klassisk computer opbevares data som bits. De kan have en af to mulige værdier, som normalt kaldes 0 og 1. Computeren beregner ved at manipulere disse bits.

Partikler i kvantemekanisk betragtning er i stand til at være to steder på samme tid eller være i to kvantemekaniske tilstande på samme tid. Denne mulighed for at være i flere kvanteme-

kaniske tilstande samtidigt kaldes superposition. Ved en kvantecomputer taler man om qubits. En qubit kan lagre de to tilstande 0, 1 eller en superposition af de to tilstande.

Antallet af qubits i en kvantecomputer er afgørende for dens regnehastighed på samme måde som antallet af bits i en almindelig computerprocessor. Og hvis der bliver udviklet kvantecomputere med tilstrækkelig mange qubits, vil de overhale alt, hvad der findes af supercomputere.

”Problemet er, at vi baserer kryptologi på nogle problemer, som er vanskelige at løse for en traditionel computer, f.eks. at faktorisere heltal. Det er nemt nok at gange 11 med 13, som er 143. Men hvis jeg siger 527, så er det straks sværere at regne ud, at det er 17 gange 31.”

Klassiske computere er lang tid om at faktorisere meget store tal, selvom metoderne er blevet betydeligt forbedret i de sidste 15 år. Netop vanskeligheden ved denne matematiske udfordring er grundlaget for nogle af de mest udbredte krypteringsmetoder. Faren er, at der bliver udviklet en kvantecomputer, der med et snuptag kan knække koder, som ellers bliver anset for at være ubrydelige.

I 2000 afslørede computergiganten IBM, at firmaet havde udviklet en første spæde start til en kvantecomputer, baseret på atomers kvantefysiske egen-

skaber. Computeren benyttede fem atomer til at arbejde som processor og hukommelse. Forskerne hævdede, at computeren havde løst et meget kompliceret matematisk problem i ét trin.

I 2007 proklamerede det canadiske udviklingsselskab D-Wave under stort hemmelighedskræmmeri, at det havde udviklet den første kvantecomputer til kommercielt brug. Computeren var nedkølet til minus 273 °C og skulle efter sigende arbejde med 16 qubits.

”Det er stadigvæk småting i forhold til en traditionel computer, men det vigtige er, at det kan lade sig gøre,” fortsætter Lars Ramkilde Knudsen.

”I princippet er der intet i vejen for, at man på et tidspunkt kan udvikle en meget stærk kvantecomputer. Og den behøver hverken at være kommerciel eller hvermandseje for at blive farlig. Blot en enkelt computer hos en udenlandsk efterretningstjeneste er nok til at knække alverdens koder.”

Men kvantecomputere eller ej. Ifølge Lars Ramkilde Knudsen er der endnu en god grund til at forske i nye, sikre systemer. For hvis en superhjerne et eller andet sted i verden bliver i stand til at knække de eksisterende koder, så skal der være et nyt system parat. <

! YDERLIGERE OPLYSNINGER

Konstitueret institutdirektør

Lars Ramkilde Knudsen

lars.r.knudsen@mat.dtu.dk

SIKKERT INTERNET

DTU er allerede gået i gang med at forske i systemer, der kan holde internettet sikkert. DTU Matematik leder nemlig et projekt med deltagelse af Århus Universitet. I alt fire forskere er involveret i projektet ”Ny kryptologi”, som er finansieret med hjælp fra Villum Kann Rasmussen Fonden.

TOPPLACERING TIL DTU

En central opgave for universiteterne er at overføre forskningsbaseret viden til det omgivne samfund. Dette sker bl.a. gennem forskningssamarbejde mellem virksomheder og universiteter

SØREN FIND OG CHRISTINA STEENSBOE >

Det er vanskeligt at måle graden af samarbejde mellem erhvervsliv og universiteter, men i et nyligt offentliggjort forskningsprojekt fra Centre for Science and Technology Studies (CWTS) ved Leiden Universitet undersøges spørgsmålet om, hvilke universiteter der er bedst til at overføre forskningsbaseret viden til virksomhederne.

Til dette formål har centeret målt antallet af videnskabelige sampublicationer mellem erhvervslivets og universiteternes forskere og desuden introduceret en indikator for intensiteten af samarbejdet mellem universitet og erhvervsliv – University Industry Cooperation indicator. UIC indikationen viser, hvor stor en andel af et universitets videnskabelige artikler der er

publiceret i samarbejde med forskere fra erhvervslivet.

Resultatet illustreres i CWTS' University-Industry Cooperation Scoreboard 2008. Scoreboardet tager udgangspunkt i en liste med de 350 største universiteter i verden baseret på Web of Science artikler i perioden 2002-2006. DTU er flot placeret som nr. 3 i Europa og som nr. 10 i verden. <

For hvert universitet beregnes en samlet UIC-score. Desuden udregnes en UIC-score for hvert af fem forskningsområder, der har særlig erhvervsmæssig relevans (i parentes DTU's score).

All fields of science (7,4 pct.)
 Medical and health sciences (7,6 pct.)
 Physics and materials science (9,0 pct.)
 Chemistry and chemical engineering (12,8 pct.)
 Basic life sciences (12,5 pct.)
 Electrical engineering (13,3 pct.)

UNIVERSITY-INDUSTRY COOPERATION SCOREBOARD 2008

KILDE: THOMSON REUTERS/CWTS WEB OF SCIENCE DATABASE (JULI 2008 UDGAVE).

PLACERING	UNIVERSITET	LAND	UIC INTENSITET	% NATIONALT SAMARBEJDE
1	Eindhoven Univ. Technol.	Holland	11	71
2	Tokyo Inst. Technol.	Japan	10	96
3	Osaka Univ.	Japan	9	91
4	Keio Univ.	Japan	8	95
5	Delft Univ. Technol.	Holland	8	75
6	Tohoku Univ.	Japan	8	94
7	Univ. Tokyo	Japan	8	91
8	Indiana Univ. Purdue Univ. Indianapolis	USA	8	92
9	Hokkaido Univ.	Japan	8	95
10	Tech. Univ. Denmark	Danmark	7	73

Se listen opdelt på kontinenter på: http://www.cwts.nl/pdf/CWTS_UIC_Scoreboard.xls

Novozymes er en af de virksomheder, som har offentliggjort flest videnskabelige artikler sammen med forskere på DTU. Omkring 16 om året i gennemsnit for de seneste 5 år.

Per Falholt, koncerndirektør med ansvar for forskning og udvikling:

"For Novozymes er det vigtigt at have samarbejde med ledende universiteter af to grunde. Vi vil gerne ansætte de dygtigste unge studerende, og den bedste måde at lære dem at kende på er ved tæt samarbejde. Desuden vil vi godt være med til at sørge for, at de unge mennesker kommer med de

rigtige kompetencer. Og den bedste måde at gøre det på er ved selv at være med til at definere eller komme med forslag til områder, der bliver vigtige i fremtiden."

"Endelig er det enormt vigtigt for Danmark at være førende inden for nogle discipliner i grundforskningen. Dette foregår bedst på bl.a. DTU, og derfor går vi ind og støtter de områder, hvor vi mener, at Danmark er ledende, og hvor det er vigtigt, at vi bliver ved med at være ledende. Det er også utroligt vigtigt for virksomhedens virke i Danmark i fremtiden, at vi kan rekruttere de absolut bedste."



BERETNING

$$f(x+\Delta x) = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{(\Delta x)^i}{i!} f^{(i)}(x)$$

$$\int_a^b \epsilon \Theta + \Omega \int \delta e^{i\pi} = -1$$

$$\sqrt{17} = \{2.7182818284\}$$

$$\chi^2 \approx 2.7182818284$$

2008

SKET I ÅRET 44-53

ÅRET I TAL 47-53

NYE PROFESSORER 54

NYE DOKTORER 54

NYE DOCENTER 54

FRATRÅDTE PROFESSORER 54

PH.D.-GRADER 55-58

SKET I ÅRET



1. januar



23. januar

1. januar 2008

Dianova A/S stiftes som et selvstændigt datterselskab under DTU. Dianova A/S sælger og markedsfører ydelser fra DTU Veterinærinstituttet og DTU Fødevareinstituttet og tilbyder rådgivning, risikovurdering samt kurser i fødevarer sikkerhed inden for hele kæden fra jord til bord.

23. januar

Professor Anja Boisen fra DTU Nanotech modtager Villum Kann Rasmussens Årslegat til Teknisk og Naturvidenskabelig Forskning. Forskerprisen på 2,5 mio. kr. er Danmarks største og tildeles Anja Boisen for hendes pionerindsats inden for nanoteknologisk forskning.

28. januar

Professor Ole Sigmund, DTU Mekanik, modtager Videnskabsministeriets EliteForsk-pris på 1 mio. kr. for sin forskning inden for strukturelle og multifysiske systemer.

Derudover modtager tre af DTU's ph.d.-studerende Videnskabsministeriets EliteForsk Rejsestipendier på 250.000 kr., og fire forskere modtager Det Frie Forskningsråds Ung Eliteforskerpris på 200.000 kr.

7. februar

Videnskabsminister Helge Sander besøger DTU som opfølgning på universitetsfusionerne. Forud for besøget udtaler han: "I debatten om universiteterne og deres opgaver bliver der ofte opstillet en modsætning mellem at bedrive grundforskning og at være mere anvendelsesorienteret. Som om at man ikke både kan skabe innovation og kommer-

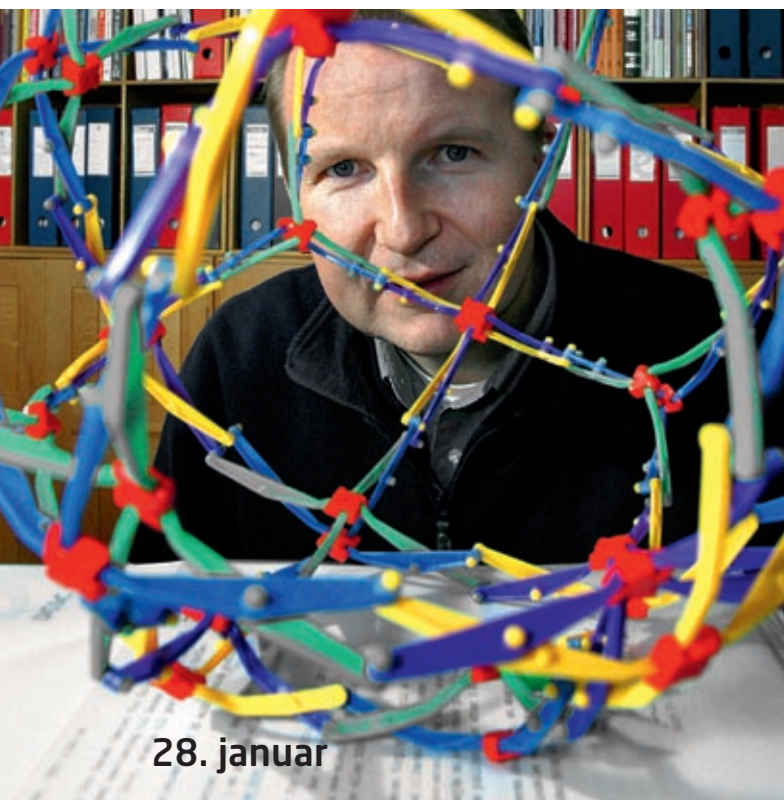
cialisere sine forskningsresultater samtidig med, at man laver banebrydende grundforskning på eliteplan. Danmarks Tekniske Universitet er et levende bevis på, at det kan man sagtens."

22. februar

DONG Energy og DTU underskriver en ny samarbejdsaftale på energiområdet. I forbindelse med aftalen donerer DONG Energy omkring 30 mio. kr., der skal sikre højtuddannede ingeniører inden for energi- og klimaområdet og styrke samarbejdet mellem forskningsmiljøer og energibranchen omkring udviklingen af fremtidens energiforsyning.

3. marts

To af de i alt 10 eksperter, der udgør regeringens nye klimakommission, kommer fra DTU. Forskningsspecialist Poul Erik Morthorst, Risø DTU,



28. januar



11. april

og institutdirektør Niels Buus Kristensen, DTU Transport, skal bidrage med ekspertviden inden for henholdsvis energi- og transportområdet.

Klimakommissionen skal i 2010 give sit bud på, hvordan regeringen kan nå sin vision om, at Danmark bliver uafhængig af fossile brændstoffer.

26. marts

Technische Universiteit Eindhoven, Hollands førende tekniske universitet med stærke industrirelationer, optages som medlem i den strategiske universitetsalliance European University Alliance in Science and Technology, der blev stiftet af DTU og Technische Universität München i 2006.

Alliancens formål er at etablere et forpligtende partnerskab mellem ledende tekniske universiteter i Europa omkring samarbejde om forskning og uddannelse på højeste internationale niveau.

4. april

Videnskabsministeriet godkender 12 eliteuddannelser, heraf tre på DTU: Industriel Matematik, Brændselsceller samt Kemisk og Biokemisk Teknologi.

7. april

Tryk Fonden bevilger 750.000 kr. til et forskningsprojekt på DTU Transport, hvor psykologer anvender en ny kørselssimulator til at undersøge, hvad der påvirker opmærksomheden hos danske bilister.

11. april

DTU underskriver, som det første universitet uden for USA, en aftale om udveksling af studerende med Rensselaer Polytechnic Institute i New York State. Ved årsskiftet starter det første hold med 28 studerende på DTU, hvor de skal læse i et semester.

23. april

DTU's Strategi 2008-2013 vedtages af DTU's bestyrelse. Strategien tjener som grundlag for den langsigtede udvikling af universitetet og fastlægger DTU's mål og midler på et overordnet plan.

DTU's mission er: "DTU skal udvikle og nyttiggøre naturvidenskab og teknisk videnskab til gavn for samfundet."

Læs hele strategien på www.dtu.dk/Om_DTU/DTUs_strategier_og_politikker.

25. april

Videnskabsminister Helge Sander besøger havforskningsskibet DANA i forbindelse med Forskningens Døgn, hvor DTU Aqua holder "åbent skib" på Langeliniekaj. DANA er Danmarks største havforsknings-skib.

SKET I ÅRET



25. april



13. maj

25. april

Hendes Majestæt Dronningen deltager sammen med Hans Kongelige Højhed Prins Henrik og over 4.000 øvrige gæster i DTU's traditionsrige årsfest, hvor DTU's akademiske grader og hædersbevisninger uddeles. Professor Patrice Courvalin, Pasteur Institutet i Paris, udnævnes til æresdoktor, og Haldor Topsøe modtager Julius Thomsens Guldmedalje.

De studerende på DTU vælger Klaus Braagaard Møller, DTU Kemi, til årets underviser på diplomingeniøruddannelsen og Gunnar Dan Christiansen, DTU Fysik, til årets underviser på civilingeniøruddannelsen.

28. april

I anledning af Simon Spies Fondens 25-års-jubilæum uddeler bestyrelsesformand Janni Kjær på fondens vegne en forskningspris på 1 mio. kr. til professor Søren Brunak, adjunkt Thomas Skøt Jensen og lektor Christopher Workman fra DTU Systembiologi for projektet "Integrativ Cancer Systembiologi".

6. maj

Som led i DTU's indgåelse af kontrakter om forskningsbaseret myndighedsbetjening besøger Transportministeriets departementschef Jacob Heinsen DTU's myndighedsbetjening og præsenteres bl.a. for DTU's vejprøvemaskine og mulighederne for anvendelse af bæredygtig energi i transportsektoren.

7. maj

Seniorforsker Henrik Svensmark, DTU Space, modtager 250.000 kr. fra Marie & M.B. Richters Fond, der i år har 70-års-jubilæum. Henrik Svensmark får legatet som anerkendelse for sin forskning i, hvordan kosmisk stråling påvirker jordens klima.

13. maj

Hans Kongelige Højhed Prins Joachim besøger DTU og overværer testkørslen af økobilerne DTU Dynamo og DTU Innovator, der senere på måneden dyster med biler fra hele verden om at køre længst på literen ved Shell Eco-marathon 2008 i Sydfrankrig.

Tidligere på året underskrev DTU og FLSmidth en sponoraftale, der sikrer økobilerne to mio. kr. over de næste to år. Samtidig skiftede holdet bag bilerne navn til FLSmidth Roadrunners.



23. maj

21. maj

Højteknologifonden bevilger 18 mio. kr. til forskning i biodiesel. Parterne bag forskningsprojektet er DTU Management, DTU Kemiteknik, Aarhus Universitet samt de danske virksomheder Novozymes og Emmelev A/S i Otterup.

22. maj

Times Higher Education offentliggør Top 20-listen over de førende ingeniørvitenskabelige institutioner i hele verden. DTU ligger nr. 20 på verdensplan og nr. tre i Europa, målt på gennemslagskraft i internationale videnskabelige tidsskrifter inden for kategorien "engineering".

23. maj

Ingeniøren foretager årligt en imageundersøgelse af studerende og færdiguddannede ingeniørers vurdering af

de mest attraktive danske arbejdspladser blandt ingeniørvirksomheder. I 2008 placerer de ingeniørstuderende DTU som nummer tre efter Novo Nordisk og Danfoss, og ingeniørerne placerer DTU som nummer syv ud af 111. Det er et markant skridt op ad ranglisten for DTU.

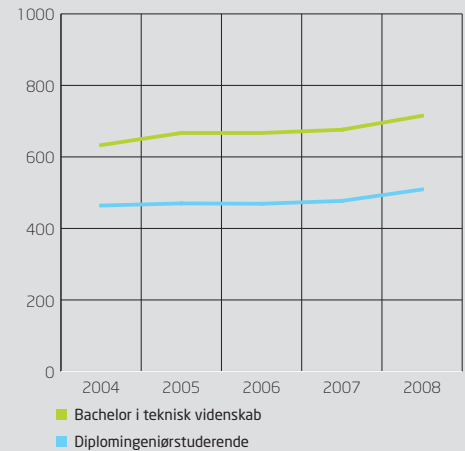
4. juni

Risø DTU fejrer sit 50-års-jubilæum. Med Niels Bohr i spidsen for atomenergikommissionen blev Risø oprindeligt etableret for at forske i fredelig udnyttelse af kernekraft. I dag er Risø som Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi dedikeret til forskning i vedvarende energiteknologier.

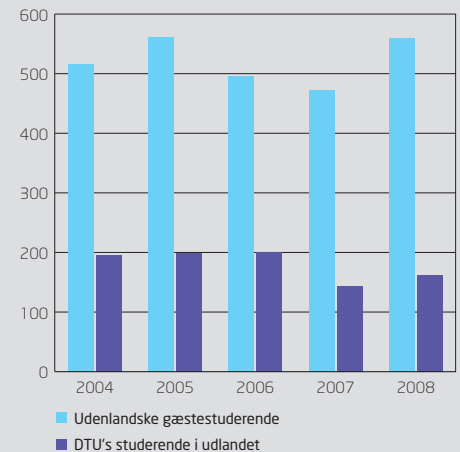
Jubilæet markeres med udgivelse af jubilæumsbogen "Energi til fremtiden – fra atomkraft til bæredygtig energi" og en række festforelæsninger.

ÅRET I TAL UDDANNELSE

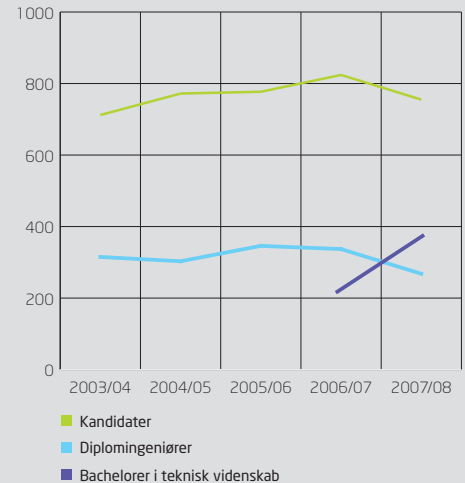
Studenteroptag



Internationalisering



Færdiguddannede



SKET I ÅRET



20. juni

19. juni

Workshoppen Bæredygtige bygninger indleder DTU's Energi- og klimaworkshop-serie. Serien på i alt otte workshops, to forskerkonferencer og en afsluttende high-level konference skal styrke og udvikle viden og samarbejde om teknologiske løsninger og processer på klimaområdet.

20. juni

Videnskabsminister Helge Sander indvier 200 nye kvadratmeter i DTU Danchips reentrum. Med 1.500 kvadratmeter laboratorium råder DTU dermed over den største og mest avancerede offentlige reentrumsfacilitet i Norden.

23. juni

DTU udgiver Nanoteknologiske Horisonter, der er en omfattende lærebog til de gymnasiale ungdomsuddannel-



23. juli

ser om nanoteknologiens udvikling og anvendelse. Bogen er skrevet af 57 forskere ved centret Nano DTU i samarbejde med videnskabsjournalister.

24. juni

DTU Klima Center etableres på DTU. Centret skal rådgive danske og internationale myndigheder, danske erhvervsorganisationer og virksomheder om at løse samfundsmæssige udfordringer på klimaområdet.

2. juli

Villum Kann Rasmussen Fonden støtter med 10 mio. kr. et nyt projekt mellem DTU og Københavns Universitet, hvor forskerne vil forsøge at opnå kontrol over lyset. Det kan bl.a. bruges til at udvikle fremtidens supercomputere.

11. juli

The India Solar Home Systems Project, som ledes fra UNEP Risø Centre, modtager fra FN's generalsekretariat en UN21 Award for 2007. India Solar Home Systems Project har skabt en ny forretningsmodel til at finansiere små solenergisystemer til private husstande og har skaffet solenergi til mindst 100.000 mennesker.

23. juli

Forskere på DTU Space har udviklet et magnetometer, der skal måle magnetfeltet på overfladen af Mars og dermed bl.a. kaste lys over gåden om Mars' tilsyneladende forsvundne atmosfære. Det danske magnetometer skal med på den europæiske mission ExoMars og bliver det første nogensinde på Mars.



20. august

20. august

Verdens første solfangeranlæg med lodretstillede vakuumrør installeres på Knud Rasmussens Højskole i Sisimiut, Grønland. Anlægget, der opføres af ARTEK med støtte fra forskellige fonde og Grønlands hjemmestyre, udnytter også midnatssolen i det arktiske.

25. august

Søren Linderoth, Risø DTU, modtager AEG Elektronfondens Elektronpris 2008 på 50.000 kr. for sit store bidrag til udviklingen af keramiske brændselsceller, som er en effektiv og miljøvenlig teknologi til fremstilling af elektricitet. Brændselsceller er en af de senere års mest succesfulde danske forskningsindsatser inden for bæredygtig energi.

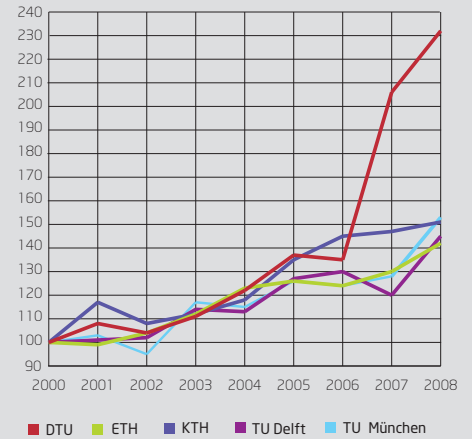
25. august

Undervisningsminister Bertel Haarder holder tale for DTU's nye diplomingeniører. De bliver, som de første i Danmark, uddannet efter filosofien CDIO (Conceive-Design-Implement-Operate), som DTU nu indfører på samtlige diplomretninger.

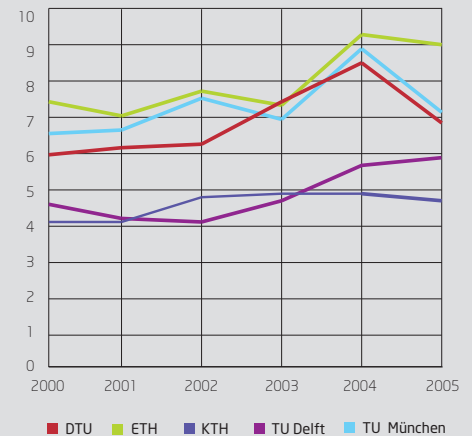
CDIO er et banebrydende internationalt og helhedsorienteret uddannelseskoncept, der oprindeligt blev udviklet i samarbejde mellem Massachusetts Institute of Technology (MIT), Kungliga Tekniska Högskolan (KTH), Chalmers Tekniska Högskola og Linköpings Universitet med input fra akademikere, industrifolk, ingeniører og studerende.

ÅRET I TAL FORSKNING

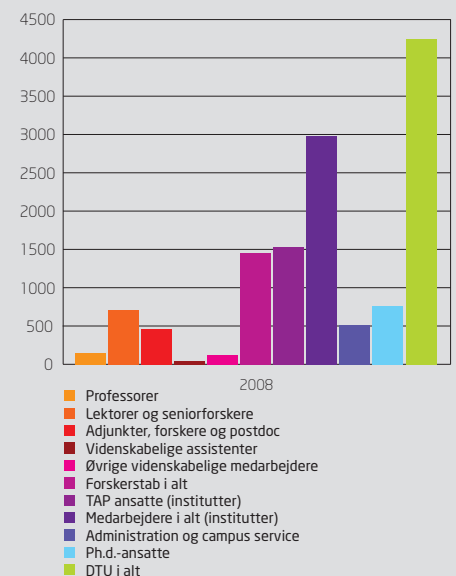
Indekseret antal videnskabelige publikationer fra fem tekniske universiteter, 2000-2008



Citation impact for fem tekniske universiteter, 2000-2005



DTU's videnskabelige personale 2008
Antal årsværk inkl. ph.d.-ansatte



SKET I ÅRET



1. september



5. september

1. september

Det første hold studerende starter på DTU's nye kandidatuddannelse i bæredygtig energi, der sigter mod at udanne eksperter inden for forskellige bæredygtige energiteknologier og energisystemer. Øvrige nye kandidatuddannelser med start i 2008:

- Anvendt IKT
- Bygningsdesign
- Fødevareteknologi
- Systembiologi
- Vindenergi

1. september

På den store cleantech-messe COPEN-MIND i Bella Centret underskriver DTU og erhvervslivet tre nye projekter, der skal føre til en renere verden. Cleantech-projekterne, der støttes af Højteknologifonden med i alt 57 mio. kr., omhandler bedre vindmølevinger, brintdrevne gaffeltrucks og udnyttelse af affaldsolier til fremstilling af biodiesel.

5. september

Fødevareminister Eva Kjer Hansen besøger DTU for at få indblik i, hvordan den forskningsbaserede myndighedsbetjening inden for fødevarer, veterinære forhold og fiskeri integreres og opnår synergi med det øvrige DTU.

9. september

DTU Veterinærinstituttet fylder 100 år. I alle årene har instituttet spillet en afgørende rolle inden for forskning og rådgivning af myndigheder om forbedring af sundhed og velfærd for husdyr.

12. september

Miljøministeriets departementschef Marianne Thyrring besøger DTU i forbindelse med underskrivning af rammeaftale om forskningsbaseret myndighedsbetjening. Departementschefen besøger endvidere DTU Miljø og DTU Kemiteknik.

17. september

Postdoc Hilmar Danielsen fra DTU Mekanik modtager Heinrich-Mandel Preis 2008 fra det tyske VGB (Vereinigung der Grosskessel Betreiber), der er Europas største kraftværksorganisation.

Danmark er verdensmester i kulfyrede kraftværker, og Hilmar Danielsens stålforskning baner vejen for yderligere 10 pct. reduktion i udledningen af CO₂ fra de hidtil bedste kraftværker (læs mere i artiklen side 32).

30. september

Professor Anne S. Meyer, DTU Kemiteknik, tildeles Grundfosprisen på 1 mio. kr. for sin forskning i produkt- og procesudvikling ved hjælp af naturens egne enzymer. Prisen overrækkes af Grundfos' koncernbestyrelsesformand Niels Due Jensen.



13. oktober

1. oktober

VKR Fonden donerer 25 mio. kr. til et nyt Villum Kann Rasmussen (VKR) Centre of Excellence på DTU. Det nye NATEC center skal forske i, hvordan lyspartikler vekselvirker med nanostrukturer inden for en ultrakort tidskala. Centret ledes af professor, dr. techn. Jesper Mørk fra DTU Fotonik.

1. oktober

DTU modtager i 2008 det højeste antal ansøgere nogensinde og optager 1.118 nye studerende på sine ingeniøruddannelser. Det er godt otte pct. flere optagne end i 2007.

13. oktober

Undervisningsminister Bertel Haarder deltager i den officielle åbning af Biotech Academy Camp 2008. Her får 24 udvalgte gymnasieelever fra hele landet mulighed for at arbejde med højaktuelle emner inden for bioteknologi i en hel uge. Campen er arrangeret af bioteknologistuderende fra DTU Systembiologi.

27. oktober

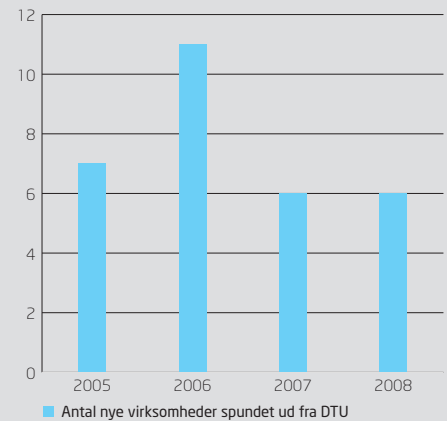
10 førende europæiske forskningsinstitutioner og nationallaboratorier, heriblandt Risø DTU, underskriver på den første europæiske konference om Low Carbon Technologies i Paris en hensigtserklæring om at opbygge European Energy Research Alliance (EERA).

ÅRET I TAL INNOVATION

Anvendelse af DTU-teknologi



Nye spin-off virksomheder



Antal personer på en deltidsuddannelsesaktivitet



SKET I ÅRET



18. november



19. november

18. november

Professor Kim Dam-Johansen, DTU Kemiteknik, er ifølge en ny undersøgelse fra det verdensomspændende nyheds- og analyseinstitut Thomson Reuters verdens mest citerede forsker inden for emnet forbrænding.

19. november

Med en donation på 25 mio. kr. etableres IT-Centret MT-LAB som et Villum Kann Rasmussen Centre of Excellence med professor Flemming Nielson, DTU Informatik, som leder. DTU samarbejder i centret med Aalborg Universitet og IT-Universitetet.

Formålet med MT-LAB er gennem frontforskning i IT-modellering at udvikle integrerede matematiske og datalogiske metoder, der skal få komplicerede computersystemer til at kommunikere med hinanden med samme stabilitet og pålidelighed, som vi ken-

der det fra de relativt simple isolerede tekniske systemer i vaskemaskiner, musikanlæg og biler.

21. november

Efter indstilling fra DTU's bestyrelse udpeger DTU's Repræsentantskab følgende eksterne medlemmer af DTU's bestyrelse: Greta Jakobsen, adm. direktør for Højmarklaboratoriet og Danish Fish Protein, Klavs F. Jensen, institutleder og professor på MIT, USA, Erik Bisgaard Madsen, direktør i Danske Slagterier, Birgit W. Nørgaard, adm. direktør for Grontmij Carl Bro, Ulla Röttger, adm. direktør for Amagerforbrænding, og Sten Scheibye, bestyrelsesformand for Novo Nordisk A/S og tidl. adm. direktør for Coloplast.

Efter valg blandt medarbejdere og studerende indtræder Anette Frøhling og Peter Szabo som repræsentanter for medarbejderne og Rasmus Schmidt

Olsen og Henrik Ringgaard Pedersen som repræsentanter for de studerende i bestyrelsen.

26. november

Lektor Anders Baun fra DTU Miljø modtager Danmarks største og mest prestigefyldte miljøpris for sit pionerarbejde med at undersøge og risikovurdere nanomaterialers miljøpåvirkning. Prisen på 250.000 kr. uddeles af Aase og Ejnar Danielsens Fond.

27. november

Kaspar Sinding Meyer bliver med karakteren 12 for forsvaret af sit kandidat-eksamensprojekt ved DTU Elektro den første kandidat ved DTU, som er uddannet efter den nye Bologna-model, hvor man først gennemfører en treårig bacheloruddannelse og derefter en toårig masteruddannelse. Kaspar gennemførte sit studium på kun fire år.



18. december

10. december

En mikrobiel brændscelle fra DTU bliver patentansøgning nummer 2 millioner hos det europæiske patentkontor, EPO, der blev oprettet i 1978. Bag ansøgningen, der efter de obligatoriske 18 måneder bliver godkendt i 2008, står professor Irini Angelidaki og hendes forskerhold fra DTU Miljø.

Den mikrobielle brændscelle kan være med til at rense spildevand samtidig med, at der udvindes elektricitet fra processen.

17. december

Videnskabsminister Helge Sander bevilger 120 mio. kr. til et tværfagligt forskningscenter på DTU med professor Jens Kehlet Nørskov, DTU Fysik, i spidsen. Formålet med projektet er at

udvikle metoder til omdannelse af vedvarende energi som sol og vind til brændstoffer.

Bevillingen fra UNiversitetsforskningens InvesteringsKapital (UNIK) er en af de største offentlige enkeltbevillinger nogensinde.

18. december

Forskere på DTU Fotonik i High-speed optical communications gruppen, under ledelse af professor Anders Bjarklev, genererer et datasignal på 1280 Gigabit i sekundet, hvilket svarer til at downloade omkring 80 dvd-film fra internettet på ét sekund. Det er ny verdensrekord og overskridelse af Terabit-muren – den magiske grænse for dataoverførsel.

TEKST: MORTEN DAHL

FOTOS: MIKKEL ADSBØL, JESPER SCHEEL, THØRKILD AMDI CHRISTENSEN, BØ JARNER, PER DAUGAARD, SIMON KLEIN KNUDSEN, AMIR, ÖZLEM SARDAN, POUL LINNERT CHRISTIANSEN, HENRIETTE HANSEN, IBEN JULIE SCHMIDT, DAVID TRODD, THOMAS NIELSEN, BENT HULSRØJ, ESA, REACH

ÅRET I TAL REGNSKAB

Resultatopgørelse*

1. januar – 31. december 2008 DKK 1.000

Uddannelse	471.037
Forskning	1.443.714
Øvrige indtægter på finansloven	187.357
Eksterne midler til forskning	989.634
Kommerciel indtægtsdækket virksomhed	225.885
Andre indtægter	182.616
Indtægter	3.500.243

Uddannelse	418.180
Forskning	1.823.245
Formidling og vidensudveksling	115.522
Myndighedsbetjening	180.046
Generel ledelse, adm. og service	308.151
Bygningsdrift	573.969
Ordinære driftsomkostninger	3.419.113

Resultat af ordinær drift 81.130

Andre driftsposter (Andre kapitalandele) -760

Resultat før finansielle poster 80.370

Finansielle indtægter 34.882

Finansielle omkostninger 113.604

Årets resultat 1.648

Balance

Pr. 31. december 2008

Aktiver i alt	5.996.830
Egenkapital	2.193.294
Passiver i alt	5.996.830

* Udkast til årsrapport som forelagt DTU's bestyrelse den 21. april 2009

SE HELE ÅRSRAPPORTEN PÅ
HJEMMESIDEN: WWW.DTU.DK

NYE PROFESSORER

Jan-Dierk Grundwaldt >	Professor i Chemical Engineering (The Haldor Topsøe chair) ved Institut for Kemiteknik pr. 1.1.08
Rasmus Larsen >	Professor (med særlige opgaver) i Image Analysis ved Institut for Informatik og Matematisk Modellering i perioden 1.1.08 – 31.12.12
Søren Salomo >	Professor i Innovation Management ved Center for Technology, Economics and Management pr. 1.1.08
Morten Kielland-Brandt >	Professor i Fermenteringsfysiologi og Metabolic Engineering ved Institut for Systembiologi pr. 1.1.08
Ulla B. Vogel >	Professor (med særlige opgaver) i Toxicology and Cancer ved DTU Fødevareinstituttet i perioden 1.2.08 – 31.1.13
Lars Hvam >	Professor i Product Configuration ved Institut for Planlægning, Innovation og Ledelse pr. 1.5.08
Jens Juul Rasmussen >	Professor i Plasma Physics og Head of Plasma Physics and Technology Research Program ved Risø DTU pr. 1.5.08
Niels Henrik Mortensen >	Professor i Product based platform Development ved Institut for Planlægning, Innovation og Ledelse pr. 1.5.08
Jørn Dalgaard Mikkelsen >	Professor (med særlige opgaver) i Chemical and Biochemical Engineering (The Danisco- LMC professor position) ved Institut for Kemiteknik i perioden 1.5.08 – 31.3.13
Peter Heegaard >	Professor (med særlige opgaver) i Innate Immunology of pigs and cattle ved Veterinærinstituttet i perioden 1.6.08 – 31.5.13
Peter Uhd Jepsen >	Professor (med særlige opgaver) i Optical Terahertz Science and Technology ved Institut for Fotonik i perioden 1.6.08 – 31.5.13
Hans-Jørgen Albrechtsen >	Professor (med særlige opgaver) i Public Health Engineering ved DTU Miljø i perioden 1.08.08 – 31.07.13
Robert Madsen >	Professor ved Institut for Kemi pr. 1.8.08
Vladislav Akhmatov >	Professor (med særlige opgaver) i Electric Power Engineering ved Institut for Elektroteknologi i perioden 1.8.08 – 31.7.13
Ingemar Cox >	Professor i Information and Communication ved Institut for Informatik og Matematisk Modellering pr. 1.9.08 (8 timer pr. uge)
Søren Linderoth >	Professor i Functional Ceramics for Energy Purposes ved Risø DTU pr. 1.9.08
Hanne Riis Nielson >	Professor i Computer Science and Engineering ved Institut for Informatik og Matematisk Modellering pr. 1.10.08
Michael Z. Hauschild >	Professor (med særlige opgaver) i Life Cycle Assessment of Environment and Resources Dimensions within Products and Systems ved Institut for Planlægning, Innovation og Ledelse i perioden 1.11.08 – 31.10.13
Nils Olsen >	Professor (med særlige opgaver) i Geofysik ved Institut for Rumforskning og -teknologi i perioden 1.11.08 – 31.10.13
Anders Kristensen >	Professor i Miniaturized Sensor and Actuator Technology ved Institut for Mikro- og Nanoteknologi pr. 1.12.08
Henrik Svensmark >	Professor (med særlige opgaver) i Atmospheric effects of Cosmic Rays ved Institut for Rumforskning og -teknologi i perioden 1.12.08 – 31.11.13
Kristoffer Almdal >	Professor i Polymers in Nanotechnology ved Institut for Mikro- og Nanoteknologi pr. 1.12.08
Mette Boye >	Professor (med særlige opgaver) i Animal Health ved Veterinærinstituttet i perioden 1.12.08 – 31.11.13
Thomas Kiørboe >	Professor i Biological Oceanography ved Institut for Akvatiske Ressourcer pr. 1.12.08
Henrik Gislason >	Professor i Fish Community Analysis and Modelling ved Institut for Akvatiske Ressourcer pr. 1.12.08

NYE DOKTORER

Michael Pedersen >	Forsvarede den 23.5 2008 sin afhandling med titlen ”Boundary Control of Plate-Like Models, Theory, Modelling and Applications”, Institut for Matematik
Karsten Rottwitt >	Forsvarede den 30.5 2008 sin afhandling med titlen ”Raman Amplifiers in Optical Fibers: Principles and Applications”, Institut for Fotonik

NYE DOCENTER

Anders Gorm Pedersen >	Institut for Systembiologi
Ann Bettina Richelsen >	Institut for Mekanisk Teknologi
Bjarne Kjær Ersbøll >	Institut for Informatik og Matematisk Modellering
Jens E. Wilhjelm >	Institut for Elektroteknologi
Kristian Hertz >	Institut for Byggeri og Anlæg
Mogens Kilstrup >	Institut for Systembiologi
Per Goltermann >	Institut for Byggeri og Anlæg
Peter Kjeldsen >	Institut for Vand og Miljøteknologi

FRATRÅDTE PROFESSORER

Inge Lundt, Institut for Kemi, 15. januar 2008 • Karin Hammer, Institut for Systembiologi, 28. februar 2008 • Claus Jacob Hviid Christensen, Institut for Kemi, 30. juni 2008 • Jens Bredal Nielsen, Institut for Systembiologi, 30. juni 2008 • Birgitte Kiær Ahring, Institut for Systembiologi, 15. august 2008 • Michael Christian Givskov, Institut for Systembiologi, 31. august 2008 • Peter Friis Hansen, Institut for Mekanisk Teknologi, 31. oktober 2008

PH.D.-GRADER

Fødevareinstituttet

Marianne Linde Damstrup	Process Development of Enzymatic Glycerolysis for Industrial Monoacylglycerol Production
Eva Høy Engelund	Meal Elements and Lean Manufacturing: Two Frameworks for Institutional Meal Production
Nuzul Amri bin Ibrahim	Structured Triacylglycerol of Palm-based Margarine Fat by Enzymatic Interesterification

Institut for Byggeri og Anlæg

Mads Bendixen	Rådgivende ingeniørers udfordringer
Lars Dick-Nielsen	Modeling of ECC Materials using Numerical Formulations based on Plasticity

Institut for Elektroteknologi

Cecilia Cappelin	Antenna Diagnostics for Spherical Near-Field Antenna Measurements
Torsten Djurhuus	Methods for Stability and Noise Analysis of Coupled Oscillating Systems
Torsten H. Leth Elmkjær	Foundations of Active Control: Active Noise Reduction Helmets
Lars Tønnes Jakobsen	High Performance Low Cost Digitally Controlled Power Conversion Technology
Jacob Kortbek	Synthetic Aperture Sequential Beamforming and other Beamforming Techniques in Ultrasound Imaging
Petter Lindelöw	Fiber Based Coherent Lidars for Remote Wind Sensing
Torsten Lund	Analysis of Distribution Systems with a High Penetration of Distributed Generation
Niels Oddershede	Synthetic aperture vector flow imaging
Gilles Pigasse	Deriving cochlear delays in humans using otoacoustic emissions and auditory evoked potentials
Tonny Rubæk	Microwave Imaging for Breast-Cancer Screening
Vitaliy Zhurbenko	Design of Microwave Camera for Breast Cancer Detection

Institut for Fotonik

Jakob Due Buron	Control and Data Plane Design for Optical Networks
Grigoriy Andreev Emiliyanov	Microstructured Polymer Optical Fiber Based Biosensors
Jesper Bevensee Jensen	Multilevel Modulation Formats for Optical Communication Systems
Christoffer Felix Jespersen	High-Speed Integrated Circuits for Electrical/Optical Interfaces at 100 Gb/s
Jeppe Johansen	Decay Dynamics of Quantum Dots in Nanophotonic Structures
Rasmus Kjær	Raman amplification in optical communication systems
Hans Christian Hansen Mulvad	All-Optical Signal Processing for 640 Gbit/s Applications
Per Dalgaard Rasmussen	Light propagation in Liquid-infiltrated Microstructured Optical Fibers
Lars Henning Rindorf	Photonic Crystal Fiber Long-Period Gratings for Biosensing
Sarah Renée Ruepp	Dynamic Protection of Optical Networks
Dzmitry Mikalayevich Shyroki	General Covariance in Computational Electrodynamics
Henrik Rokkjær Sørensen	Beam and Waveguide Manipulations using UV-induced Index Engineering
Mo Wu	Advanced Video Coding
Qi Zhang	Novel Concepts and Applications of Cooperative Wireless Networking

Institut for Fysik

Jacob L. Bonde	New Materials for Hydrogen Evolution
Jiri Janousek	Investigation of non-classical light and its application in ultrasensitive measurements
Daniel Esmarch Madsen	Nanoparticles of Antiferromagnetic Materials
Wiktor Mazin	Exploring the biological basis of affective disorders
Poul Georg Moses	Transition metal sulfide catalysts - A DFT study of structure and reactivity
Ture Rønved Munter	Towards Catalysis Informatics - Materials Design using Density Functional Theory PhD Thesis
Anca Păduraru	Simulations of Mechanical Properties of CuZr and CuMg Metallic Glasses
Nana Maria Piil Schumacher	Nanoscale Modification of Copper for Novel Methanol and Water-Gas Shift Catalysts
Mikkel Strange	Structure and transport properties of atomic chains and molecules
Guido Walther	Methane oxidation on supported gold catalysts

PH.D.-GRADER

Institut for Informatik og Matematisk Modellering

Thomas Beierholm	Minimum Mean-Square Error Single-Channel Signal Estimation
Thomas Bøvith	Detection of Weather Radar Clutter
Tim Bjørn Dyrby	Modelling Brain Tissue using Magnetic Resonance Imaging
Ling Feng	Cognitive Component Analysis
Jeppe Eliot Revall Frisvad	Light, Matter, and Geometry: The Cornerstones of Appearance Modelling
Han Gao	Analysis of Security Protocols by Annotations
David Alberg Holm	Monitoring angiogenesis using magnetic resonance methods
Morten Mørup	Decomposition Methods for Unsupervised Learning
Hildur Ólafsdóttir	Analysis of Craniofacial Images using Computational Atlases and Deformation Fields
Kourosh Marjani Rasmussen	The Mortgage Choice Problem
Dan Saugstrup	User involvement in the innovation process: In a mobile service and application development perspective
Camilla Schaumburg-Müller	Mathematical models and methods for analysis of distributed power generation on market conditions
Saowanee Thongthammachart Schou	Mobile location services for the next generation wireless network
Hans Henrik Brandeborg Sørensen	Computational aspects of electronic transport in nanoscale devices
Kashif Virk	System-Level Design Methodologies for Networked Multiprocessor Systems-on-Chip
Kehuai Wu	Reconfigurable Architectures: from Physical Implementation to Dynamic Behaviour Modelling

Institut for Kemi

Anne Hauch	Solid Oxide Electrolysis Cells - Performance and Durability
Per Hjalmarsson	Strontium and nickel substituted lanthanum cobaltite as cathode in Solid Oxide Fuel Cells
Masood Hosseini	Synthesis of Pyrrolidinone Containing Peptides and Studies in Microwave-Assisted Asymmetric Organocatalysis
Mikkel Jessing	Synthetic Studies on Halichlorine and the Haouamines A and B
Betina Jørgensen	Catalytic Conversion of Biofuels
Lars Linderoth	Enzyme Triggered Drug Delivery Synthesis and Characterization of SPLA ₂ Sensitive Phospholipids
Jimmi Nielsen	Solid-Oxide-Fuel-Cell cathodes: Dynamics of interfaces
Jette Oddershede	X-ray Characterisation of Nanostructured Materials
Jeppe Rass-Hansen	Fuel and Chemicals from Renewable Alcohols
Signe Smedegaard Helt	Studies of ferredoxins and dCTP deaminase:dUTPase
Rasmus Zink Sørensen	Metal Ammine Complexes as Hydrogen Storage Materials

Institut for Kemiteknik

Niels Bech	In Situ Flash Pyrolysis of Straw
Søren Prip Beier	Dynamic Microfiltration Critical Flux and Macromolecular Transmission
Francesco Castellino	Deactivation of SCR Catalysts by Additives
Henrik Christensen	Analysis of a Buchwald-Hartwig Amination Reaction for Pharmaceutical Production
Joanna Maria Drews	Surface Polymerisation Methods for Optimised Adhesion
Corinne D. Eenschooten	Development of soft nanocarriers from novel amphiphilic hyaluronic acid derivatives towards drug delivery
Rúni Ditlev Egholm	Emulsion Design Analysis of Drop Deformations in Mixed Flows
Tobias Dokkedal Elmø	Deposition of flame-made nanoparticles on porous media
Florin Paul Davidescu	Optimal experimental design for grey-box models
Philip Loldrup Fosbøl	Carbon Dioxide Corrosion: Modelling and Experimental Work Applied to Natural Gas Pipelines
Brian Brun Hansen	Crystallisation of Gypsum and Prevention of Foaming in Wet Flue Gas Desulphurisation (FGD) Plants
Thomas Steen Hansen	All Polymer Micropump
Jakob Kjøbsted Huusom	Developments in the Iterative Feedback Tuning Framework
Jacob Skibsted Jensen	Prediction of wine color from phenolic profiles of red grapes
Kent Johansen	Statistical Methods for History Matching

Carina Koch Kjellander	Characterisation of Chemical Degradation of Polymers
Morten Rode Kristensen	Development of Models and Algorithms for the Study of Reactive Porous Media Processes
Piotr Tomasz Mitkowski	Computer aided design and analysis of reaction-separation and separation-separation systems
Kim Hougaard Pedersen	Application of Fly Ash from Solid Fuel Combustion in Concrete
Jan Kamyno Rasmussen	Databased and mechanistic modelling of fed-batch cultivation
Anne Krogh Rovik	Nanomaterials for hydrogenation and dehydrogenation reactions
Jakob Sloth	Formation of Enzyme Containing Particles by Spray Drying
Vipasha Soni	Simultaneous model-based design of process and assisting structured materials
Amra Tihic	Group Contribution sPC-SAFT Equation of State
Institut for Matematik	
Mikael Sonne Hansen	Geometrical and Mechanical Aspects of Structure and Flexibility in Proteins
Mirza Karamehmeddovic	Continuation of Solutions to Boundary Problems
Jakob Lemvig	Wavelet Frames and Their Duals
Nikolaj Nordkvist	Motion Control along Relative Equilibria
Institut for Mekanisk Teknologi	
Jesper Ahrenfeldt	Characterization of Biomass Producer Gas as Fuel for Stationary Gas Engines in Combined Heat and Power Production
Jimmy Fugl	In-line measurement and quality control of micro objects
Rasmus Gjesing	Modelling the Breakup Mechanisms in the Sprayforming Process
Mohammad Aminul Islam	Two component micro injection moulding for moulded interconnect devices
Klaus Kjølhede	Experimental Contribution to the Problem of Model Parameter Identification in Rotating Machines via Active Magnetic Bearings
Britta Lindgreen	Large Deformations of Polymers
Tore Lucht	Analysis of Cracks in Large Diesel Engines
Thomas Frank Petersen	Numerical Modelling and Analysis of a Room Temperature Magnetic Refrigeration System
Martin Skjødt	Rapid Prototyping by Single Point Incremental Forming of Sheet Metal
Guido Tosello	Precision Moulding of Polymer Micro Components: Optimization, Simulation, Tooling, Quality Control and Multi-Material Application
Wei Jun Zhu	Aero-Acoustic Computations of Wind Turbines
Rasmus Christian Østergaard	Interface Fracture in Composite Materials and Structures
Institut for Mikro- og Nanoteknologi	
Troels Balmer Christensen	Lab-on-a-chip Technologies for Detection of <i>Campylobacter</i> and other Food Pathogens
Morten Gersborg-Hansen	Optofluidic dye lasers
Ómar Gústafsson	Microchip Electrochromatography
Sven Melker Hagsäter	Development of micro-PIV techniques for applications in microfluidic systems
Martin Heller	Numerical study of free surfaces and particle sorting in microfluidic systems
Anders Hyldegård	MEMS Multi-sensor for Data Storage Tags used in Fisheries Research
Stephan Keller	Fabrication of an autonomous surface stress sensor with the polymer SU-8
Michael Lillemose	Piezoresistive polymer composites for cantilever readout
Torsten Lund-Olesen	On-Chip Biological Analysis using Magnetic Beads
Lena Poulsen	DNA Microarray Based Assays Processed in Spatial Gradient Devices
Jacob Richter	Piezoresistivity in Microsystems
Institut for Planlægning, Innovation og Ledelse	
Toke Haunstrup Christensen	Informations- og kommunikationsteknologi i familiens hverdag
Chiara Gobbi	The reverse supply chain: configuration, integration and profitability: Considerations derived from a qualitative case study investigation
Erik W. Hallgren	Employee Driven Innovation; A Case of Implementing High-Involvement Innovation
Anders Haug	Representation of Industrial Knowledge - as a Basis for Developing and Maintaining Product Configurators
Niels Christian Kjærsgaard	Optimization of the Raw Material Use at Danish Slaughterhouses
Jesper Kløverpris	Consequential Life Cycle Inventory Modelling of Land Use induced by Crop Consumption

PH.D.-GRADER

Flemming Larsson	Managing the New Product Portfolio: Towards an end-to-end approach
Gudmundur Valur Oddsson	Knowledge Engineering for Embedded Configuration
Louise Kongsvold Sibbesen	Mathematical models and heuristic solutions for container positioning problems in port terminals
Søren Peter Skov-Hansen	Reduced Energy Consumption for Melting in Foundries

Institut for Rumforskning og -teknologi

Michael Thomsen	Instrumentation for In-situ Measurements of Magnetic Fields in the Solar System
------------------------	---

Institut for Systembiologi

Mikael Rørdam Andersen	Systems Biology Studies of Aspergilli – From Sequence to Science
Mohammad Ali Asadollahi	Establishment of Yeast Platform for Isoprenoid Production
Louise Feld	Transfer of wild-type plasmids harbouring tetracycline or erythromycin resistance genes from native strains of <i>Lactobacillus plantarum</i> to other bacteria in a gastrointestinal environment
Kasper Lage Hansen	Bioinformatics and Systems Biology of Human Diseases
Anne Christine Allgen Helms	Bacterial Diversity in Waterlogged Archaeological Wood
Jesper Juul Højer-Pedersen	Metabolome analysis – mass spectrometry and microbial primary metabolites
Jakob Haaber	Discovery and molecular biology of the abortive infection phage resistance system AbiV from <i>Lactococcus lactis</i>
Kristian B.R. Mørkeberg Krogh	Biomass degrading enzymes from <i>Penicillium</i> – cloning and characterization
Susan Lisette Meijer	Creation of an organic acid production platform in <i>Aspergillus niger</i> using a system-level approach
Martin Lee Miller	Linear motifs in phosphorylation-dependent signaling
Ninell Pollas Mortensen	Atomic Force Microscopy Investigation of Morphological and Nanomechanical Properties of <i>Pseudomonas aeruginosa</i> Cells
Pall Isolfur Olason	Data Mining and Integration in Biology
Rodrigo Gouveira-Oliveira	Contributions to the study of coevolution, at micro and macroscales
Azar Shahpiri	Hormone-dependence of gene and protein expression in barley aleurone layer & Characterization of NADPH-dependent thioredoxin reductase/thioredoxin system in barley seeds
Jeppe Skytte Spicker	Biomarkers and Data Integration in Toxicology
Renata Usaite	The Snf1 Protein Kinase in the Yeast <i>Saccharomyces cerevisiae</i>
Louise Hjerrild Zeuthen	Interactions Between the Gut Microbiota, Epithelial Cells and Dendritic Cells

Institut for Transport

Stefan Lindhard Mabit	Sample Selection and Taste Correlation in Discrete Choice Transport Modelling
Alex Landex Petersen	Methods to estimate railway capacity and passenger delays
Kim Bang Salling	Assessment of Transport Projects: Risk Analysis and Decision Support

Institut for Vand og Miljøteknologi

Larisa Maya Altamira	Influence of wastewater characteristics on handling food-processing industry wastewaters: Methane potential and sources of toxicity
Liu Dawei	Bio-hydrogen Production by Dark Fermentation from Organic Wastes and Residues
Jiří Hykš	Leaching from Municipal Solid Waste Incineration Residues
Aikaterini Tsitonaki	Treatment trains for the remediation of aquifers polluted with MTBE and other xenobiotic compounds

Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi

Jens F. B. Rasmussen	Study of Fuels based on Renewable Energy for use in Fuel Cells
Mette Skindersø	<i>Pseudomonas Aeruginosa</i> : interactions with organisms in the environment and cells of the immune defence
Rebecca Munk Vejborg	Bacterial Adhesion & Blocking Bacterial Adhesion

DTU ledes af bestyrelsen og rektor. Bestyrelsen er øverste ledelsesniveau, og den daglige drift varetages af rektor, der leder direktionen. Hvert af DTU's institutter ledes af en institutdirektør.

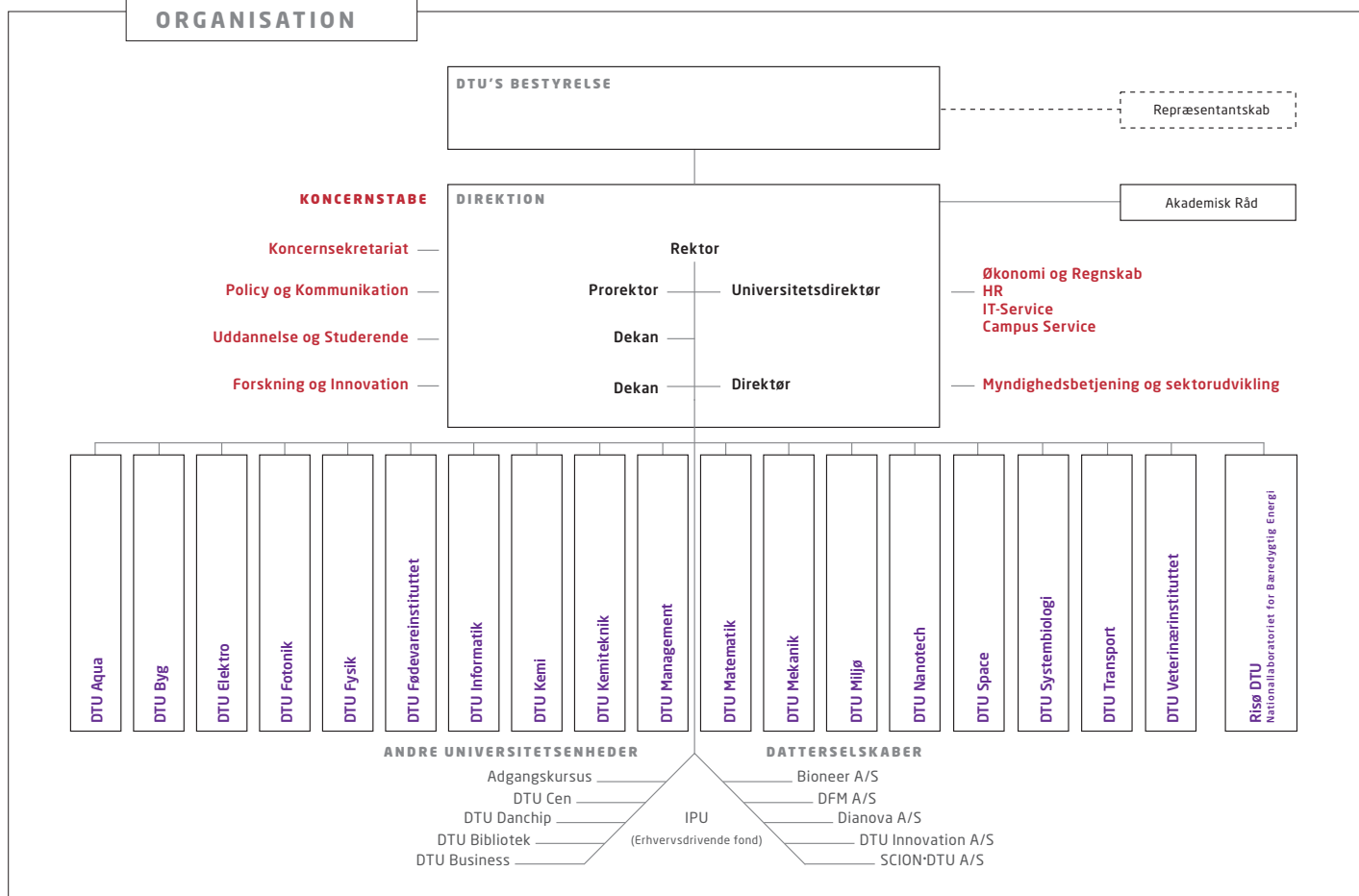
BESTYRELSE

Sten Scheibye (formand), Anette Frøhling, Greta Jakobsen, Klavs F. Jensen, Erik Bisgaard Madsen, Birgit W. Nørgaard, Rasmus Schmidt Olsen, Henrik Ringgaard Pedersen, Ulla Röttger, Peter Szabo.

DIREKTION

Rektor Lars Pallesen, prorektor Knut Conradsen, universitetsdirektør Claus Nielsen, direktør for myndighedsbetjening og sektorudvikling Niels Axel Nielsen, dekan for kandidat- og ph.d.-uddannelserne samt internationalisering Martin P. Bendsøe, dekan for bacheloruddannelserne og studiemiljø Martin Vigild.

ORGANISATION



DTU Aqua · Institut for Akvatiske Ressourcer

Bæredygtig udnyttelse af havets og de ferske vandes levende ressourcer · Populations- og økosystemdynamik · Monitoring · Bestandsvurdering og -prognoser · Fiskeriteknologi og miljøskånsomme redskaber · Metoder og systemer til bæredygtig akvakulturproduktion · Fiskeprodukters sikkerhed, kvalitet og holdbarhed · Kvalitetssikringssystemer og sporbarhed · Forvaltning af rekreativt fiskeri · Forskningsbaseret rådgivning til Fødevareministeriet og andre offentlige myndigheder

FRITZ KÖSTER, konstitueret institutdirektør
fwk@aquadtu.dk · Tlf. 21 45 69 77

**DTU Elektro** · Institut for Elektroteknologi

Antenner og feltteori · Mikrobølgeteknologi · Fysisk elektronik · Effektelektronik · Automation · Robotteknik · Industriel it · Styring og regulering · Elteknologi · Elektrisk energiforsyning · Medikoteknik · Ultralydbilledannelse · Akustisk miljø · Audiologi og elektroakustik · Playware

KRISTIAN E. STUBKJÆR, institutdirektør
krs@elektro.dtu.dk · Tlf. 45 25 36 54

**DTU Byg** · Institut for Byggeri og Anlæg

Bygningsprojektering · Bygningsdesign · Konstruktioner i beton, stål, træ, glas og tegl · Byggematerialer · Geoteknik og ingeniørgeologi · Brandteknik · Bygningsinstallationer, -fysik og -energi · Solvarme · Indeklima · Digitalt byggeri · Arktisk teknologi

JACOB STEEN MØLLER, institutdirektør
jsm@byg.dtu.dk · Tlf. 45 25 17 46

**DTU Fotonik** · Institut for Fotonik

Kommunikationsteknologi · Billed- og linjekodning samt modulation · Netværk og teletrafikteori · Systemer, optisk kommunikation · Optiske lysledere og specialfibre · Optisk signalbehandling, ulineær optik · Nanofotonik, optisk karakterisering, kvanteoptik · Biomedicinske og industrielle anvendelser af optik · Optiske sensorer og sensorsystemer · Energibesparelser med diodelys · Lasersystemer (diodelasersystemer) · Optiske materialer og tyndfilm

ANDERS BJARKLEV, institutdirektør
aobj@fotonik.dtu.dk · Tlf. 45 25 38 09

**DTU Cen** · Center for Elektronnanoskopi

Transmissions- og skanning-elektronmikroskopi · Karakterisering af materialer på nanoniveau · In situ eksperimenter · Elektronoptik · Samarbejde med akademiske og kommercielle partnere

RAFAL DUNIN-BORKOWSKI, direktør
rdb@cen.dtu.dk · Tlf. 45 25 64 65

**DTU Fysik** · Institut for Fysik

Eksperimentel overflade- og nanomaterialefysik · Teoretisk atomar-skala fysik · Katalyse og energiteknologi · Biofysik og komplekse systemer · Kvantefysik og informationsteknologi · Optik

HANS L. SKRIVER, institutdirektør
skrifer@fysik.dtu.dk · Tlf. 45 25 31 76

**DTU Danchip** · Danchip

Nationalt rentrumslaboratorium · Mikro- og nanoteknologi · Akademisk og industriel adgang · Forskning og uddannelse · Udvikling og produktion · Teknologioverførsel og -konsultering · Sensorer · Mikro/nano-elektromekaniske systemer · Fluid systemer · Lab-on-a-chip · Optoelektronik

JÖRG HÜBNER, konstitueret direktør
joerg.huebner@danchip.dtu.dk · Tlf. 45 25 57 62

**DTU Fødevareinstituttet** · Fødevareinstituttet

Forskning inden for mikrobiologisk og kemisk fødevarerikkerhed, fødevareteknologi- og processer, human ernæring, toksikologi samt miljø og sundhed · Risikovurdering og rådgivning for myndigheder og erhverv · Overvågning og diagnostik · Uddannelse og træning · Nationalt og internationalt referencelaboratorium for bl.a. EU og Verdenssundhedsorganisationen · Nationalt fødevarerikkerhedsberedskab

HENRIK CASPAR WEGENER, institutdirektør
hcwe@food.dtu.dk · Tlf. 72 34 74 11



DTU Informatik · Institut for Informatik og Matematisk Modellering

Scientific computing · Matematisk statistik · Billedanalyse og computergrafik · Intelligent signalbehandling · Software engineering · Indlejrede systemer · System-on-Chip · Sikre og pålidelige it-systemer · Modellering og analyse af it-systemer · Algoritmik, logik og videnbaserede systemer · Mobilservices · Menneske/maskine-interaktion



KAJ MADSEN, institutdirektør
km@imm.dtu.dk · Tlf. 45 25 33 70

DTU Matematik · Institut for Matematik

Geometri · Dynamiske systemer · Kodningsteori · Kryptologi · Topologioptimering · Anvendt funktionalanalyse · Computerstøttet undervisning · Forskningsformidling og didaktik · MATEMATICUM, det matematiske inspiratorium



LARS RAMKILDE KNUDSEN, konstitueret institutdirektør
lars.r.knudsen@mat.dtu.dk · Tlf. 45 25 30 48

DTU Kemi · Institut for Kemi

Bæredygtig kemi: Katalysatorer, miljøvenlig og ressourceeffektiv kemi ud fra fornybare materialer, organisk syntese · Kemi på grænsen til biologi: Metalloproteiner, computermodellering, lægemidler · Kemi i fremtidens energisamfund: Brændselsceller, fornybare brændstoffer, brintlagring, røggasrensning · Nano- og femtokemi: Elektrokemi og elektronik med enkeltmolekyler, scanning-probe mikroskopi, kemisk dynamik · Analyse: Kvalitetssikring, retskemi, proceskontrol



OLE W. SØRENSEN, institutdirektør
ows@kemi.dtu.dk · Tlf. 45 25 24 06

DTU Mekanik · Institut for Mekanisk Teknologi

Statik og dynamik · Faststofmekanik og materialer · Fluidmekanik · Energikonvertering og energisystemer · Fremstillingsmetoder og -processer · Maskinelementer og konstruktion · Maritime konstruktioner og vandbygning



HENRIK CARLSEN, institutdirektør
hc@mek.dtu.dk · Tlf. 45 25 41 71

DTU Kemiteknik · Institut for Kemiteknik

Kemisk og biokemisk processteknik · Matematisk modellering og modelanalyse · Separationsprocesser · Teknisk termodynamik · Reaktionsteknik · Enzymteknologi · Katalyse og biokatalyse · Forbrænding og forebyggelse af forurening · Procesregulering og -simulering · Miljøbeskyttelse · Polymerer · Olie- og gasteknologi · Design af kemiske og bioteknologiske produkter



KIM DAM-JOHANSEN, institutdirektør
kdj@kt.dtu.dk · Tlf. 45 25 28 45

DTU Miljø · Institut for Vand og Miljøteknologi

Vandressourcer: Hydrologi, geokemi, geofysik, jordforurening · Vand i byer: Vandforsyning, byernes vand, spildevandsrensning · Residuale ressourcer: Fast affald, bioenergi · Mjølækemi og miljømikrobiologi: Økotoxikologi og mjølækemi, analytisk mjølækemi, mikrobiel økologi, nano-risk



MOGENS HENZE, institutdirektør
moh@er.dtu.dk · Tlf. 45 25 14 77

DTU Management · Institut for Planlægning, Innovation og Ledelse

Innovation · Produktudvikling og konstruktion · Operationsanalyse · Operationsmanagement · Byggeledelse · Fremsyn og innovation · Sikkerhed og pålidelighed · Teknologi, organisation og arbejde · Bæredygtighed



PER LANGÅ JENSEN, institutdirektør
per.langaa@man.dtu.dk · Tlf. 45 25 48 00

DTU Nanotech · Institut for Mikro- og Nanoteknologi

Mikro- og nanoteknologi · Bioteknologi · Processteknologi · Teoretisk nanoteknologi · Mikroelektromekaniske systemer · Optiske sensorer · Biosensorer · Mikro- og nanostrukturering af polymerer · Miniaturiserede sensorer og aktuatorer · Biomedicinske mikrosystemer · Mikro- og nanofluidik



MOGENS RYSHOLT POULSEN, institutdirektør
mogens.poulsen@nanotech.dtu.dk · Tlf. 45 25 57 57

DTU Space · Institut for Rumforskning og -teknologi

Nationalt center for rumforskning, geodæsi og rumfartsteknologi med tilhørende myndighedsbetjening, især i forhold til Danmarks medlemskab af European Space Agency (ESA) · Astrofysik og planetfysik · Observation og overvågning af Jorden · Klima og kryosfære · Tyngde- og magnetfelter · Geodætiske referencemodeller · GPS/GALILEO · GIS · Satellitmissioner og måleinstrumenter (optisk, radar, røntgen og magnetisk)

EIGIL FRIIS-CHRISTENSEN, institutdirektør
efc@space.dtu.dk · Tlf. 35 32 57 07

**DTU Veterinærinstituttet** · Veterinærinstituttet

Forskning og udvikling af diagnostiske tests og vacciner, forskning i sygdomsudvikling, mikrobiologi, immunologi, vaccinologi og epidemiologi · Huser internationalt forskningscenter for veterinær epidemiologi (International EpiLab) · Nationalt og EU/OIE referencelaboratorium for husdyrsygdomme · Koordinerer den nationale overvågning af veterinær medicinanvendelse (Vetstat) · Ansvarlig for det laboratoriemæssige veterinære beredskab

KRISTIAN MØLLER, institutdirektør
krmol@vet.dtu.dk · Tlf. 72 34 61 89

**DTU Systembiologi** · Institut for Systembiologi

Medicinsk biologi - Industriel bioteknologi:
Bioinformatik · Systembiologi · Cellen som kemisk fabrik · Mikrobiologi · Molekylærbiologi · Kemisk biologi · Nutrigenomics · Immunologi · Enzymteknologi · Fødevarebioteknologi og -sikkerhed · Biobrændstoffer

OLE FILTENBORG, institutdirektør
of@bio.dtu.dk · Tlf. 45 25 26 20

**Risø DTU** · Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi

Forfølger nationale og internationale strategiske mål inden for bæredygtig energi · Klimateknologiske løsninger · Vindenergi · Brændselsceller og brint · Bioenergi og biomaterialer · Drivhusgasser og klimaeffekter · Solenergi · Fusionsenergi · Analyse af energisystemer · FN-center for energi, miljø og bæredygtig udvikling · Nationalt kompetencecenter for strålingsforskning og nukleare teknologier · Medicinske anvendelser af nukleare metoder

HENRIK BINDSLEV, direktør
henrik.bindslev@risoe.dk · Tlf. 46 77 46 02

**DTU Transport** · Institut for Transport

Trafikplanlægning · Transportøkonomi og -politik · Modellering af trafik og trafikantadfærd · Trafiksikkerhed og trafikpsykologi · Beslutningsmodeller og vurderingsmetoder · Logistik og Transportoptimering · Intelligente transportsystemer og Trafikinformatik · Bæredygtig transport · Kollektiv trafik og jernbaner · Netværksdesign og fremkommelighed

NIELS BUUS KRISTENSEN, institutdirektør
nbu@transport.dtu.dk · Tlf. 45 25 65 00



DET SKER PÅ DTU

TID OG STED	AKTIVITET	ARRANGØR	INFO
29. april Kl. 14 Bygning 303 DTU Campus	H.C. Ørsted Lecture Photonic Band Gap Materials: Light Trapping Crystals At the lecture professor Sajeev John, University of Toronto, discusses consequences of PBG materials in classical and quantum electrodynamics.	DTU	oersted@dtu.dk www.dtu.dk
12.-13. maj DTU Campus	Workshop: Climate Changes and Ecosystem Productivity The workshop raises the question: How will the expected climate changes affect marine and terrestrial productivity, and which feedback mechanisms exist from ecosystem changes to climate?	DTU Aqua Risø DTU	Fritz Köster fwk@aqua.dtu.dk www.dtu.dk/klima
27.-28. maj DTU Campus	Workshop: Combustion, Carbon Capture and Storage The workshop raises the question: How to minimize the net-emission of greenhouse gases from power production and high temperature industrial processes?	DTU Kemiteknik	Kim Dam-Johansen kdj@kt.dtu.dk www.dtu.dk/klima
8.-12. juni Risø DTU H.H. Koch auditorium	PhD Summer School: Remote sensing for wind energy This 5-day school will focus on advances in remote sensing techniques useful in wind energy.	Risø DTU	Charlotte Bay Hasager charlotte.hasager@risoe.dk www.risoe.dtu.dk
16.-18. juni Bygning 116 DTU Campus	1. Nordic Meeting in Physics The first Common Meeting of the Nordic Physical Societies in collaboration with the Finnish, Icelandic, Norwegian and Swedish Physical Society.	DTU Fotonik The Danish Physical Society	Britt Boding brbo@fotonik.dtu.dk www.dfs.nbi.dk www.fotonik.dtu.dk
17.-23. juni DTU Campus	Summer School: Iso-geometric analysis The course will concentrate on theory and practice of iso-geometric analysis. Iso-geometric analysis is an alternative to traditional finite element analysis, that allows for a smooth and exact representation of a geometry.	DTU Mekanik DTU Matematik	Allan Roulund Gersborg arg@mek.dtu.dk www.dcamn.dk
29. juni-3. juli Auditorium 83 DTU Campus	4th Kuhmo-Nectar Conference and Summer School Transport and Urban Economics The summer school aims to offer a high-quality programme, primarily targeted at PhD students and practitioners who are looking for a condensed programme that introduces them to recent advances in academic research in Transport and Urban Economics.	DTU Transport	Mogens Fosgerau kuhmonectar2009@transport.dtu.dk www.transport.dtu.dk
21. august Kl. 13 DTU Campus	Gensynsdag Alle alumner fra DTU, DTH og DIA inviteres til gensynsdag.	DTU's Alumnetværk	Gitte Andresen alumne@dtu.dk www.alumne.dtu.dk
1. september DTU Campus	Workshop: Infrastructure and Climate Changes The workshop raises the question: Which solutions are needed within infrastructure engineering in order to take account of climate changes related to rain, sea and wind?	DTU Byg DTU Miljø	Karsten Arnbjerg-Nielsen kan@env.dtu.dk www.dtu.dk/klima
14.-16. september Niels Bohr og H.H. Koch auditorier Risø DTU	International Energy Conference The conference aims at identifying mixes of existing and new energy technologies and future energy systems that can meet the CO ₂ reduction requirements on a global, regional and local scale.	Risø DTU	Vivi Nymark Morsing viha@risoe.dtu.dk www.risoe.dtu.dk
17. september DTU Campus	High-level Conference At the final round-up conference in September 2009, the Technical University of Denmark will present a summary of climate change technology solutions and viewpoints.	DTU Klimateknologi	Niels Axel Nielsen nan@adm.dtu.dk www.dtu.dk/klima

ET HALVT ÅRHUNDREDE I TEKNOLOGIENS GRÆNSELAND

I anledning af sit 50-års-jubilæum besøgte Hans Møller Rasmussen det "nye" DTU for første gang.

Hans Møller Rasmussen jonglerede med fjernskriverstrimlerne fra Danmarks ældste computer, eksperimenterede med de tidligste transistorer og prægede Europas første plan mod det galoperende energiforbrug. Men målet om at blive ingeniørstuderende krævede en 11 år lang omvej, der kunne have sprængt ham i stumper og stykker

MADS NYVOLD >

Hans Møller Rasmussen prøver at møve sig ud af et tæt pakket lokale med en 3. klasse i Nordjylland. Han har til fornøjelse for poderne i sit barnebarn Anne-Mettes klasse lige afsluttet en fortælling om sin opvækst. På vej ud griber en pige fat i Hans Møller Rasmussen hånd. Titter spørgende op.

”Du, Anne-Mettes morfar, har du levet i stenalderen?” lyder det fra hende.

Hans Møller Rasmussen ler, men bliver også en kende betuttet. Så meget er da heller ikke forandret i det halve århundrede op til i dag. Og dog. Det måtte den i dag 82-årige ingeniør erkende ved nærmere eftertanke. Den teknologiske udvikling i hans tid har givetvis taget større tigerspring end nogensinde før.

Halvlederes indtog

”Det virkelig store vendepunkt har været de elektroniske halvlederes indtog. Men det, som især har slået mig, er udviklingen inden for transistorer lige fra 1959, hvor jeg fik den kæmpechance at indkøbe dem parvis og eksperimentere med dem, og så til i dag, hvor de findes i milliarder – endog i f.eks. mobiltelefoner. Det er ikke til at fatte,” siger Hans Møller Rasmussen.

Episoden i klasseværelset ansporede ham til at nedfælde sine erindringer.

De foreligger nu i bogen ”De fem enkle maskiner”. Udgivelsen sker samtidig med, at han kan markere sit 50-års-jubilæum som ingeniør. 50 år på første parket til den teknologiske evolution.

70 kg harddisk

Hans Møller Rasmussen anvendte som en af de første en computer til tekniske beregninger. Resultaterne blev spyttet ud i meterlange fjernskriverstrimler af DASK. Den fyldte spise-stuen i en villa og havde en 70 kg tung harddisk samt et indre lager af ferritkerner syet sammen i et net af kobbertråde. Det gav en størrelse på 5.210 byte og indebar, at en addition tog 56 mikrosekunder. Altså omkring en million gange langsommere end en moderne bærbar pc.

Hans Møller Rasmussen fungerede som laboratorieingeniør, direktør og til sidst som rådgivende ingeniør. I den stilling formidlede han støttekroner til de første vindmølleproducenters 15 og 22 kW anlæg. Gigantiske efter datidens opfattelse, men gnallinge sammenlignet med nutidens tre megawatt. Og i 1974 pålagde EF, at Hans Møller Rasmussen skulle (være med til at) finde ud af, hvordan Europa kunne sikre, at stigningstakten i energiforbruget blev reduceret med mindst 20 pct. inden for de næste 25 år.



September 1950. US Army Artillery Communications School, Fort Sill, Oklahoma. Uddannelsen varede 6 måneder og omfattede feltmæssig operation såvel som praktisk fejlfinding i de fleste systemer fra telefoner til radar og mikrobølge.

”Det var en drømmeopgave, men også skelsættende,” mindes Hans Møller Rasmussen.

En hurdle var nemlig, at EF var overbevist om, at industriens store elmotorer var årsagen til den øgede brug af kul på kraftværkerne. Over to år krævede det, før Hans Møller Rasmussen fik ørenlyd for, at bortset fra tabet af varme ved gnidning og modstand i maskinen selv så bruger elmaskinerne

kun den energi, som de fragiver gennem deres aksel i form af hestekraft-timer eller kilowatt-timer.

Men at Hans Møller Rasmussens karrierevej overhovedet udformede sig sådan, havde han ellers helt opgivet drømmen om.

Belejlige blodforgiftning

I 1927 kom Hans Møller Rasmussen til verden. Hans far var ingeniør, en af de allerførste årgange uddannet i elektroteknik. Faderen solgte radioer og var elektroinstallatør i Løgstør.

I en tidlig alder var Hans Møller Rasmussen kendt i provinsbyen som elektronikeksperten. Som besad han magiske evner, fiktede han folks ødelagte radioer i et snuptag. Ofte var tjansen dog ganske overskuelig. Typisk var antennen blot forbundet forkert, anodebatteriet udbændt eller jordledningen installeret med en dårlig forbindelse.

Allerede som 10-årig var han fast besluttet på enten at blive arkitekt eller ingeniør. Men da realeksamen var i hus, buldrede 2. verdenskrig løs. Løgstør var besat, og nærmeste gymnasium lå 50 kilometer væk i Aalborg.

Den adgangsgivende studentereksamen var for langt væk, når pengene var svindende og rutebilen med gas-generator til bølgebrænde blot trillede én gang om dagen. Ingeniørdrømmen måtte opgives, i stedet begyndte Hans Møller Rasmussen som søfartselev i Svendborg.

I 1943 påmønstrede han en tremastet skonnert. Første tjans bestod i at laste uhøvlede brædder, men Hans Møller Rasmussen fik en del splinter i hænderne, og få måneder senere blev han tvunget til at gå i land for at blive behandlet for blodforgiftning efter en byld i hånden.

Nogle uger senere gik skonnerten ned. Minesprængt. Tre af eleverne omkom. Hans Møller Rasmussen kunne ligeså godt have været en af dem, så han valgte at sige op.

Kombination skaber gennembrud

I en årrække påtog Hans Møller Rasmussen sig forskellige småjob, før han indledte en seks år lang karriere inden for forsvaret. Lange nætter med rande under øjnene blev brugt til at læse til adgangseksamen på Den Polytekniske Læreanstalt. Og omsider i 1954, 11 år

efter realeksamen og afskeden til ingeniørdrømmen, var Hans Møller Rasmussen stud. polyt.

”Jeg sætter stor pris på, at jeg blev nødt til tage omvejen til studiet. Et af mine vigtigste ærinder med bogen er derfor også at vise den betydning, som søfartsskolen og militæret har haft på mit arbejde som ingeniør. Blandt andet med praktisk håndlag, fordi naturlove er en god ballast, men der skal mere til. Og størstedelen af alle ingeniører havner på et tidspunkt i en form for lederstilling. Der havde jeg god erfaring fra militæret, hvilket gjorde, at jeg turde skære igennem,” fastslår Hans Møller Rasmussen.

Af samme årsag er han derfor imod en stigende specialisering. Fællesnævneren for de fremskridt og gode påfund, som han har oplevet i sin tid, er nemlig, at de hver især er opstået ved tætte møder af ellers vidt forskellige teknologier eller videnskaber.

”Moderne farmaceutisk forskning ville ikke være nået så langt, hvis ikke biokemi og genteknologi var kombineret. Eller hvad med de effektive analyse- og diagnosteknikker, som er et resultat af 1960'ernes medikoteknik, hvor læger og ingeniører stak hovederne sammen. Det er ærgerligt, og vi risikerer at forsinke andre gennembrud på grund af den forsnævrende specialisering, der griber om sig lige fra folkeskolen til DTU,” mener Hans Møller Rasmussen. <

”De fem enkle maskiner” er udkommet på Forlaget Ådalen med støtte fra Velux Fonden. Titlen refererer til de fem principper, som vi dårligt tænker over, men dagligt benytter. Nemlig vægtstangen, kilen, skruen, håndsvinget og rullen, først beskrevet af den græske matematiker Pappos i Alexandria i 290 e.Kr.

BLÅ BOG



Født 1927 Vokser op i Løgstør
1943 Elev, søfartsskole i Svendborg
1948-54 Rekrut, værnepligtig sekondløjtnant, uddannet som Division Signal Officer, USArmy, Fort Sill, Oklahoma, løjtnant af reserven ved telegraftropperne
1954 Den Polytekniske Læreanstalt, stærkstrømsstudiet
1959 Civilingeniør, laboratorieingeniør, Titan
1960-64 Laboratorieforsker, Dansk Servoteknik, Søren T. Lyngsø
1965-67 Direktør Amplidan A/S
1967-70 Overingeniør og innovationssekretær hos Laur. Knudsen
1970-76 Direktør, konstruktion og udvikling, derpå salgsdirektør, Thrige-Titan
1976 Rådgivende ingeniør

FAGLIGT FÆLLESSKAB HELE LIVET

VELKOMMEN TIL GENSYNSDAG 2009

PÅ DTU DEN 21. AUGUST

Invitationen er på vej til alle DTU's 36.000 alumner – sæt kryds i kalenderen allerede nu. Gensynsdagen sætter fokus på netværk og dialog og bliver en rigtig god lejlighed til at mødes med studiekammerater, undervisere og DTU. Gensynsdagen byder også på oplæg om nye udviklingstendenser og forskningsresultater på DTU.

Sæt  i kalenderen 21. august, og følg forberedelserne på www.alumne.dtu.dk

ALUMNE DONERER STORT GAVEBELØB TIL DTU'S JUBILÆUMSFOND

Civilingeniør Preben Hejberg, der afgik ved døden den 7. november 2008, har i sit testamente doneret omkring kr. 7,5 mio. til DTU's Jubilæumsfond. Preben Hejberg blev uddannet civilingeniør ved DTU i 1964 med retningen elektro.

Jubilæumsfonden, der blev stiftet i 2004 i anledning af DTU's 175-års-jubilæum, er etableret som en alment velgørende fond med det formål at støtte tiltag på DTU, som DTU ikke selv har mulighed for at gennemføre. Midler fra Jubilæumsfonden gives til aktiviteter, der fremmer DTU som

attraktivt og tidssvarende universitet for studerende og ansatte.

Jubilæumsfonden har hjemsted på DTU i Lyngby-Taarbæk Kommune og er godkendt af skattemyndighederne, jf. ligningslovens § 8. Fondens midler må ikke anvendes til formål, som det efter lovgivningen eller praksis normalt er statens opgave at varetage.

Læs mere om Jubilæumsfonden på www.alumne.dtu.dk

JOBANK FOR DTU ALUMNER

DTU lancerer nu sin egen portal "DTU Jobbank". Via den nye facilitet kan studerende og alumner profilere sig over for virksomheder, få information om brancher, jobsøgning og karriere.

DTU Jobbank tilbyder studerende og alumner et stort, specialiseret og lettilgængeligt jobbudbud. Virksomheder kan rekruttere kommende medarbejdere ved at oprette kunde profiler og formidle stillingsannoncer, projekter og traineestillinger.

Som et relevant supplement til DTU Jobbank er der adgang til en database med artikler om job, rådgivning og karriere.

Interaktion og integration med samfund og erhvervsliv står højt på DTU's dagsorden. Det er DTU Jobbank et konkret bevis på.

Jobbanken findes i både en dansk og engelsk version.

DTU Jobbank kan ses på www.jobbank.dtu.dk



 YDERLIGERE OPLYSNINGER

Tlf.: 45 25 11 11

www.alumne.dtu.dk

