



## DTU-studerende vandt endnu engang Eco-Marathon



I 2015 kommer brintbilerne på gaden



Nyt anlæg til halmolie



Lyt til dit biogasanlæg



Foto: Shell Eco-Marathon

Brændselsceller • side 3



Foto: Volvo Trucks

Biobrændstoffer • side 6



Foto: Anita Rye Ottosen/Kommunekemi

Bioaske • side 12



Foto: Torben Skøtt/BioPress

Biogas • side 14

## Elektronisk nyhedsbrev

Få flere og hurtigere nyheder om forskning i bioenergi, brint og brændselsceller. Den trykte udgave af FiB bliver nu suppleret af et elektronisk nyhedsbrev. Klik ind på [www.biopress.dk](http://www.biopress.dk) og få et gratis abonnement.

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

3. 509 kilometer på en liter benzin
4. I 2015 kommer brintbilerne på gaden
5. Brændselsceller skal være en del af det intelligente elnet
6. Nyt anlæg til halmolie hos grønt energiselskab
8. Fremtidens brændstof hedder DME
10. Lastbil til flydende biogas
11. Prestigefyldt patentpris til Dall Energy
12. Fra bioaske til gødning
14. Gaspotentiallet i husdyrgødning
16. Lyt til dit biogasanlæg
18. Kan man køre på halmgas?
20. Affald skal behandles nænsomt
22. Sådan hæver man tørstofindholdet i gylle
23. Mere gas med mekanisk forbehandling
23. Millioner til brændselscelleforskning
24. Lettere og billigere adgang til forskning
25. Afsluttede projekter
32. Fæld stammerne og fjern rødderne i én arbejdsgang

## Rettelse

I artiklen "Affald kan øge produktionen af biogas med 75 procent" i sidste nummer skrev vi, at EUDP havde bevilget et tilskud på 38 millioner kroner. Det er imidlertid det samlede budget. EUDP-tilskuddet er på 22 millioner kroner. Vi beklager fejlen.

# 509 kilometer på en liter benzin

Studerende fra DTU leverede et fremragende resultat, da økobilen Dynamo beviste, at den kunne køre 509,4 kilometer på, hvad der svarer til en liter benzin. Med den præstation vandt holdet af ingeniørstuderende ikke mindre end to priser.

Af Torben Skøtt

De studerende, der kalder sig DTU Roadrunners, vandt prisen for at have den mest brændstoføkonomiske bil i UrbanConcept-kategorien, hvor et af kravene er, at køretøjet skal være udformet som en almindelig bil. Dynamo kørte mere end 100 kilometer længere på literen end nærmeste konkurrent, og da det samtidig skete ved at køre på bioethanol frem for benzin, fik DTU Roadrunners overrakt endnu en pokal. Og resultatet bliver ikke mindre imponerende af, at det er første år, at holdet kører med det nye brændstof.

– Vi må udfordre os selv, og derfor stiller vi ikke op med det samme fra år til år. I år er vi skiftet til bioethanol som brændstof. Det er bevidst gjort for at tilgodese det danske erhvervsliv, da der er mange firmaer i Danmark, som beskæftiger sig med produktion af bioethanol. Nu kører vi på andengenerations-bioethanol, der er fremstillet hos Inbicon i Kalundborg, fortæller lektor Jesper Schramm fra DTU Mekanik, der er vejleder for de studerende.

## 30 procent virkningsgrad

Bortset fra 2008 har DTU Roadrunners vundet i bybil-klassen siden 2006. Først med DME, derefter med brint, GTL og nu altså på ren bioethanol, der er fremstillet af halm.

I år var motoren skiftet ud med en firetaks knallertmotor fra Yamaha på 49 cm<sup>3</sup>. Til forskel fra traditionelle knallertmotorer er motoren fra Yamaha ikke udstyret med karburator, hvilket giver mulighed for en mere præcis tilpasning til brændstoffet. Inden løbet havde de studerende da

også brugt tid på at optimere motorstyringen og øge kompressionsforholdet, for at få mest mulig energi ud af brændstoffet.

Og det må siges at være lykkedes ret godt. Firetaks motorer er generelt mindre effektive end totaks motorer på grund af den højere friktion, men alligevel opnåede de studerende at få skabt en bil, hvor 30 procent af energien når ud til hjulene.

Rekorden med at køre længst på literen nåede dog ikke helt op på samme niveau som i 2008, hvor Dynamo kørte 589 kilometer på, hvad der svarer til en liter benzin.

Dengang var brændstoffet DME, som kan give en højere virkningsgrad end ethanol, men Shell vil ikke længere have DME-biler med i løbet.

## Innovator udgik

Mens Dynamo kunne tage hjem med to præmier, var DTU's koncept-bil, Innovator, ramt af en serie uheld. I starten var der problemer med elsystemet, der blev overophedet, derefter lækkede brintstoftanken, og i det sidste løb punkterede bilen.

– Når man kører på grænsen af, hvad der kan lade sig gøre, kører man nogle gange ud over kanten. Vi var tæt på at gennemføre et løb, men så viste det sig, at den flaske brint, vi havde fået udleveret fra Shell, var utæt, så vi nåede alligevel ikke frem til målstregen, fortæller Jesper Schramm.

I 2009 vandt Innovator ved at køre 3.549 kilometer på, hvad der svarer til én liter benzin, og i år havde de studerende haft som mål at forbedre rekorden med mindst ti procent. Bilen henter energi fra en brintdrevet brændselscelle, leveret af IRD Full Cell, og de studerende har gjort alt for at minimere vægten og forbedre aerodynamikken. I koncept-klassen er der nemlig ikke krav om, at bilen skal ligne en almindelig bil – det gælder udelukkende om at køre længst på literen.

Shell Eco-marathon blev afviklet den 26.-28. maj på den 3,2 kilometer lange Eurospeedwaybane i Tyskland. 187 teams fra ti forskellige lande deltog i konkurrencen. ■



Foto: Torben Skøtt/BioPress

Den 19. maj blev Dynamo vist frem for pressen og en række indbudte gæster, herunder H.K.H. Prins Joachim.



Foto: Oliver Reck/DTU

Dynamo vandt ikke mindre end to priser ved dette års Shell Eco-Marathon.



Foto: Oliver Reck/DTU

DTU Innovator måtte udgå i år, men i 2009 vandt brintbilen ved at køre 3.549 kilometer på, hvad der svarer til én liter benzin.



Foto: Torben Skøtt/BioPress

Et kig ind i motorrummet på DTU Innovator. Elmotoren sidder ved siden af hjulet og til højre ses brændselscellen.

# I 2015 kommer brintbilerne på gaden

**I 2015 kan danskerne købe en brintbil til samme pris som en benzinbil, og der vil højst være 150 kilometer til den nærmeste tankstation. Det forudser Mikael Sloth fra H2Logic, der leverer brændselscellesystemer og tankstationer til brint.**

– I dag er brændselscellerne der, hvor vindmøllerne var i 1979. Vi har styr på teknologien, og nu skal vi have gang i masseproduktionen for at få anlæggene ud på markedet, sagde Mikael Sloth på en konference om brændselsceller i København den 7. juni.

Og på det punkt var han enig med stort set samtlige indlægsholdere på konferencen, der var arrangeret af Det Strategiske Forskningsråd og Partnerskabet for Brint og Brændselsceller: Teknologien er moden, men endnu for kostbar til at den for alvor kan konkurrere på et frit marked.

Ifølge Mikael Sloth koster et komplet brændselscellesystem på 1 kW i dag omkring 3.000 kroner, men priserne er på vej ned, og i 2015 forventer han, at en brintbil uden afgifter vil koste det samme som en benzinbil med afgifter. Dermed vil brintbilerne være konkurrencedygtige i Danmark men ikke i for eksempel Tyskland og Sverige, hvor der er en hel anden afgiftsstruktur.



– Vi regner med at bygge 15 tankstationer til brint inden 2015, fortalte Mikael Sloth fra H2Logic.



Direktør for Partnerskabet for Brint og Brændselsceller, Aksel Mortensgaard, fik lejlighed til at prøve en tur i den nye Hyundai Tucson med brint i tanken. Bilen kan tankes op på cirka tre minutter og har en rækkevidde på 5-700 kilometer.

Mikael Sloth ankom til mødet i en Tucson ix35 fra koreanske Hyundai/KIA med brint i tanken. Bilen har en rækkevidde på 5-700 kilometer og tanken kan fyldes op på omkring tre minutter ved en af de nye tankstationer med 700 bars tryk.

– Vi regner med at bygge 15 tankstationer til brint inden 2015, så der højst vil være 150 kilometer mellem hver station, fortalte Mikael Sloth. Han forventer, at udviklingen for alvor vil tage fart efter 2015, når det går op for forbrugerne, at brintbiler er et reelt alternativ til benzin- og diesel-drevne køretøjer.

Med et tryk på 700 bar, som i dag er standarden inden for personbiler, bruger man 12-15 procent af energien på at distribuere og opbevare brinten. Det er prisen for at sikre en hurtig optankning og en lang rækkevidde.

Alternativet kan for eksempel være metanol, der konverteres til brint i bilen, men den løsning tror Mikael Sloth ikke meget på:

– Bilfabrikanterne satser på brint. Biomasse i form af metanol eller metangas er en begrænset resurse, der skal reserveres til den tunge trafik. Til personbiler vil brint være fremtidens løsning, mente Mikael Sloth. TS

## Milliardomsætning i sigte

**I Tyskland mener man, det er bilindustrien, der skal bane vejen for, at brændselsceller kan blive hver mands eje. I Danmark kan det være mikrokraftvarme, der kommer til at skabe et kommercielt gennembrud.**

Ti mikrokraftvarmeanlæg er for tiden ved at blive testet ude hos almindelige forbrugere. Inden 2013 skal tre gange så mange anlæg være i drift, og frem mod 2017 skal der gerne være 10.000 anlæg på markedet.

– Men uden offentlige tilskud går det ikke, sagde direktøren for Partnerskabet for Brint og Brændselsceller, Aksel Mortensgaard, på Brændselscellekonferencen den 7. juni:

– Der vil være brug for et offentligt tilskud på 425 millioner kroner for at skabe et kommercielt gennembrud.

Det lyder måske af meget, men i betragtning af, at der er udsigt til et europæisk marked på mellem 45 og 80 milliarder kroner om året, kan det vise sig, at være en overordentlig god investering, pointerede direktøren.

– Danske virksomheder er med helt fremme, når det gælder mikrokraftvarme, men de kan ikke selv løfte opgaven. Alene Topsoe Full Cell bruger hvert år 90 millioner kroner på udvikling af brændselsceller, og de andre aktører inden for branchen bruger ligeledes store beløb, sagde Aksel Mortensgaard.

Ud over mikrokraftvarme pegede han på markedet for backup-systemer til teleindustrien, hvor der er udsigt til en omsætning på 35 milliarder kroner om året. Igen et område hvor Danmark står stærkt med firmaer som Dantherm Power. TS

# Brændselsceller skal være en del af det intelligente elnet

**Brændselsceller fik ikke nogen central plads i Klimakommissionens rapport fra 2010, der viser, hvordan Danmark kan blive fri for fossile brændsler i 2050. Er det så klogt, at vi fortsat bruger betydelige midler på forskning og udvikling af et område, som måske kun kommer til at give et mindre bidrag til energiforsyningen?**

– Ja, det er klogt, og det vil fortsat være klogt, sagde sektionschef Kim Behnke fra Energinet.dk på Brændselscellekonferencen den 7. juni i København.

– Brændselsceller kan være én af de brikker, der får energisystemet til at hænge sammen. Vi opfatter brændselsceller som en vigtig brik i spillet omkring smart grid, og derfor skal brændselsceller ses i et samlet intelligent energisystem og ikke som enkeltstående projekter, sagde Kim Behnke.

Han opfordrede deltagere til at fokusere på, hvordan brændselsceller kan være med til indpasse store mængder vindkraft i energisystemet og til at satse på nøglefærdige løsninger:

– Hvis brændselscellerne skal kunne sælges, skal det være lige så let som at stikke et USB-stik ind i en computer, vurderede Kim Behnke.

## Har brugt 365 millioner

Energinet.dk har gennem ForskEL-programmet støttet udviklingen af brint og brændselsceller med 365 millioner kroner siden 1998.

– Det er et område, vi fortsat vil støtte, og tiden er måske moden til, at ForskVE-programmet udvides til også at omfatte brændselsceller. Noget tyder nemlig på, at vi kommer til at mangle "fyrtårnsprojekter" i de kommende år, sagde Kim Behnke og kom med et eksempel på, hvordan store projekter kan få gang i markedet:

– Vi brugte på et tidspunkt 22 millioner kroner på et projekt i Skive med 1 MW solceller på kommunens



bygninger. To år senere kostede det kun 9 millioner i tilskud at få lavet et lignende projekt på Bornholm, så det har virkelig en effekt at få etableret "fyrtårnsprojekter".

## Decentral kraftvarme

70 procent af ustabiliteten i elsystemet stammer i dag fra vindmøllerne, og Energinet.dk ser med bekymring på planerne om, at de decentrale kraftvarmeværker får frit brændselsvalg.

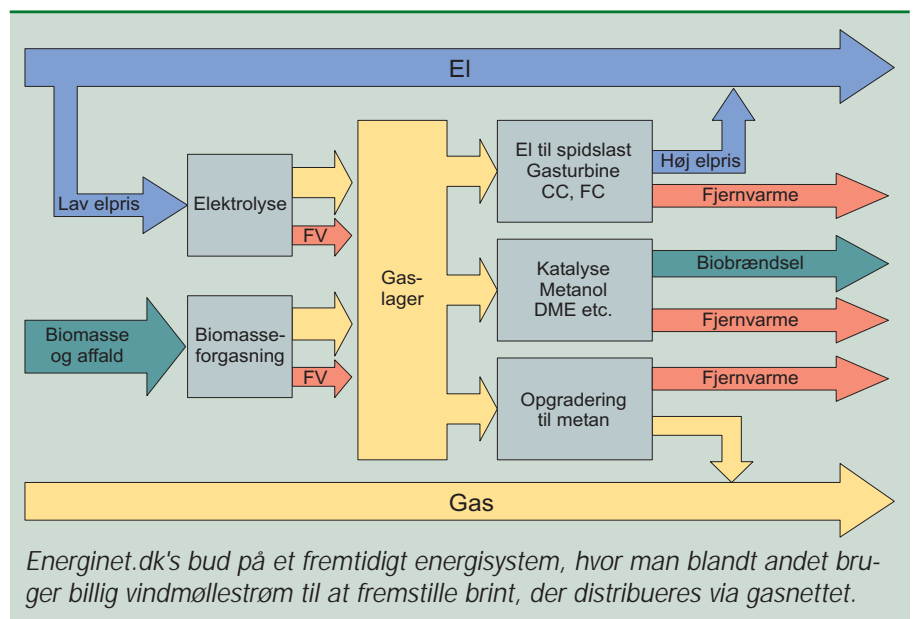
På nudansk betyder det, at de ikke får ret mange driftstimer. I stedet for

– Det er klogt, og det vil fortsat være klogt at støtte udviklingen af brint og brændselsceller, sagde sektionschef Kim Behnke fra Energinet.dk på brændselscellekonferencen i København den 7. juni. Knap 70 repræsentanter fra virksomheder og videninstitutioner deltog i konferencen, der havde fokus på værdikæden fra forskning til marked.

kraftvarme vil de i stor stil gå over til ren varmeproduktion på biomasse. For det enkelte værk er det en fornuftig løsning, men for elsystemet er det problematisk. Det kunne være fantastisk, hvis de værker på sigt kunne få mulighed for at supplere elproduktionen med brændselsceller, sagde Kim Behnke.

Et særskilt ledningsnet til brint gav han til gengæld ikke meget for:

– Teknisk set kan det godt lade sig gøre, men vi tror ikke på det. Det er smartere at bruge metan, der har en højere energitæthed, og med gasnettet kan vi transportere flere typer VE-gas i de samme rør. Der er en stor lagerkapacitet i det danske gasnet, og det spiller fint sammen med den stadigt stigende vindmølleproduktion, pointerede Kim Behnke. TS



# Nyt anlæg til halmolie hos grønt energiselskab

Organic Fuel Technology, der siden 2009 har arbejdet med at omdanne halm til olie, er parat til at bygge et kontinuert anlæg hos energiselskabet Verdo i Randers. Anlægget, der skal producere 100 liter halmolie i timen, vil primært blive finansieret af selskabets aktionærer.

Af Torben Skøtt

Det vakte en del opsigt, da en ny-startet dansk virksomhed i 2009 investerede 3,5 millioner kroner i et anlæg, der kan omdanne halm til olie ved hjælp af mikrobølger.

Efter en del indkøringsproblemer blev anlægget indviet den 14. september 2009, og blandt deltagerne var daværende miljøminister Troels Lund Poulsen, der havde mange rosende ord til overs for projektet:

– Det er en god dag for dansk landbrug og en rigtig god dag for dansk miljøteknologi. Vi har brug for rigtig mange af den slags projekter, sagde ministeren, da han fik æren af at tappe den første olie af anlægget.

Siden da har bestyrelsen bag anlægget arbejdet intenst på at forbedre anlægget, og selv om det langt fra har været nogen dans på roser, regner man fortsat med at få etableret et produktionsanlæg inden for de nærmeste år.

Nye aktionærer og samarbejdspartnere er trådt til, og forskere fra universiteterne i Aalborg og Aarhus deltager nu i udvikling af teknologien.

## Nyt anlæg hos Verdo

Der har givet et gevaldigt skub fremad, og i løbet af efteråret forventer man, at have et nyt anlæg klar hos Verdo i Randers, der betegner sig selv som et af de grønneste energiselskaber i Danmark.

Det nye anlæg får en kapacitet på 100 liter olie i timen eller cirka dobbelt så meget, som det nuværende anlæg hos gårdejer Erik Poulsen i Spørring nord for Århus kan præstere.

– Anlægget er designet til kontinuerlig drift, og udformning af reaktoren er ændret, så vi opnår en bedre og mere ensartet olie kvalitet, forklarer Hans Greve Madsen, der er teknisk chef i Organic Fuel Technology.

Han lægger ikke skjul på, at der har været mange problemer, siden selskabet i 2009 købte anlægget hos en tysk leverandør, der betegnede teknologien som færdigudviklet.

– Vi har fået meget bedre styr på det elektriske felt fra mikrobølgerne, og nu kan vi gentage processen med



## Sådan bliver halm til olie

Kom halmpiller ind i en mikrobølgeovn, tilsæt en katalysator, og i løbet af en time er halmen omdannet til olie. Det er i princippet det, der sker, når Organic Fuel Technology producerer olie ud fra halm. Katalysatoren er et naturprodukt, der i pilotanlægget har kostet cirka 40 øre/liter olie, men i et produktionsanlæg forventer man at kunne gøre pulveret mere effektivt eller genbruge en del af det.

I mikrobølgeovnen eller reaktoren, som den også kaldes, er der et svagt undertryk og en temperatur på cirka 300 grader. Derved fordampes vandet i halmen, og der udvikles forskellige gasarter. Det er i princippet det samme, der sker i første trin i et forgasningsanlæg, men ved samtidig at tilsætte en katalysator opnår man, at halmmolekylerne bogstaveligt talt bliver klippet i stykker og får form som molekylerne i råolie. Tilbage er der en askefraktion på cirka 15 procent med forskellige næringsstoffer, der kan føres tilbage til landbrugsjor-

samme resultat talrige gange, lyder det fra den tekniske chef, der har en fortid som driftsleder for kraftvarmeverket i Randers.

Det nye anlæg bliver bygget hos Maskinfabrikken Reka, der har en betydelig erfaring i produktion af biokedler og har deltaget i flere forskningsprojekter inden for bioenergi.

### Ministeren kom forbi

Rygterne om de kreative østjyder fik for nylig klima- og energiminister Lykke Friis (V) til at besøge anlægget. Den 9. maj kom ministeren således forbi anlægget i Spørring, hvor hun ved selvsyn kunne konstatere, at der kommer olie ud af anlægget. I gennemsnit går der 3,3 kg halm til at producere en liter olie, og dertil kommer en gasmængde på omkring 20 procent af halmens energiindhold. Gassen kan bruges til kraftvarme og kan på den måde sikre, at anlægget er selvforsynende med energi.

Under mødet med ministeren fik folkene bag anlægget mulighed for at pege på nogle af de problemer, de ser som en hindring for at få udbredt teknologien.

Og det handler primært om rammevilkårene. Mens der er nogenlunde klare regler for tilskud og afgifter, når det gælder andre former for vedvarende energi, er det lidt af en gråzone, Organic Fuel Technology befinder sig i. Gælder der samme vilkår for gassen som for biogas, er der afgift på olien, og afhænger det i givet fald af, hvad olien bliver brugt til, var nogle af de spørgsmål, bestyrelsen bad ministeren om at undersøge nærmere.

### Støtte fra EU

På mødet med klimaministeren blev der også lejlighed til at diskutere finansieringen af et kommende produktionsanlæg. Bestyrelsesformand Kim Frimer så gerne, at det offentlige bidrog mere til udvikling af teknologien, men lagde dog mest vægt på at få fornuftige og langsigtede rammebetingelser.

Hidtil er det stærkt begrænset, hvor mange støttekrone der er tilfaldet Organic Fuel Technology. Fødevarerministeriet bevilgede i sin tid 1,4 millioner kroner til etablering af pilotanlægget, men bortset fra det er det aktionæ-



Foto: Torben Skott/BloPress

*Klima- og energiminister Lykke Friis (V) og direktør for Organic Fuel Technology, Erik Rose Andersen. Det er en halmpille ministeren holder mellem fingrene.*

rerne, der frem til i dag har brugt omkring 12 millioner kroner på projektet. EUDP har givet afslag to gange, Forsyningsfonden har ligeledes vendt tommelfingeren nedad, men meget tyder dog på, at EU vil bidrage til projektet.

– Vi er meget tæt på at få et samlet tilskud på 12 millioner kroner til et konsortium, der skal arbejde videre med teknologien i de kommende år, fortæller direktør Erik Rose Andersen.

Ud over Organic Fuel Technology består konsortiet af Aalborg Universi-

tet, DHI, Cambridge University i England, et Polsk forskningscenter og to mindre virksomheder i henholdsvis England og Tyskland. Hovedparten af midlerne er øremærket til at undersøge, hvordan man bedst raffinerer olien, så den kan sælges til den højst mulige pris.

EU-tilskuddet kan således ikke bruges til at bygge et nyt anlæg i Randers. Her er det aktionærene, der må ty til lommerne, lyder det fra direktøren. ■

# Fremtidens brændstof hedder DME

Et godt bud på fremtidens brændstof er dimethylether – også kaldet DME. Det kan fremstilles ud fra biomasse og affald, det er mere effektivt end benzin og diesel, forureningen er minimal, og så kan det bruges til både transport, kraftvarme og brændselsceller.

*Af Søren Bredmose Simonsen*

I de senere år har der været meget debat om anvendelse af biobrændstoffer i transportsektoren til erstatning for benzin og diesel. Debatten har især handlet om biodiesel og ikke mindst første- og andengenerations bioethanol, men der er også andre muligheder.

Et godt bud på fremtidens brændstof er dimethylether – også kaldet DME. Det er et rent brændstof, som forurener mindre end de traditionelle brændstoffer. Det kan bruges i transportsektoren og til produktion af kraftvarme, og det kan fremstilles ud fra biomasse eller affald fra blandt andet papirindustrien.

DME har været kendt siden 1800-tallet. Indtil nu er stoffet blevet brugt

til mange forskellige formål – som opløsningsmiddel og som drivmiddel i spraydåser. Allerede i dag bruges det til madlavning og opvarmning i blandt andet Kina, hvor man ikke har direkte adgang til olie, og hvor man ofte har en dårlig infrastruktur. Her er det en stor fordel at have et brændstof som DME, fordi det let kan transporteres i gasflasker.

Men DME kan også bruges i større skala i kraftværker eller i brændselsceller til produktion af el og varme. Det nyeste er at bruge DME som brændstof i biler, og bilfabrikanter som Volvo anser DME for at være et godt bud på fremtidens dieselbrændstof.

## Hvad er DME?

DME står som nævnt for dimethylether og hører til den gruppe stoffer, vi

kalder ætere. Et DME-molekyle består af ni atomer, fordelt på:

- 2 x C (kulstofatomer)
- 6 x H (brintatomer)
- 1 x O (iltatom).

Ved stuetemperatur er DME en gas, men hvis trykket er over 5 bar, eller hvis temperaturen er under minus 25 grader, omdannes DME til en væske. Det betyder, at man let kan få flydende DME på dåse ligesom den gas, vi kender fra campingturen. Det er en stor fordel, fordi det er lettere at transportere og opbevare væsker end gasser.

## Flere energikilder

DME kan fremstilles ud fra mange forskellige energikilder. Det meste DME fremstilles i dag ud fra metanol, som er produceret ud fra metan i form af enten biogas eller naturgas.

DME kan også fremstilles ud fra syntesegas, som er en blanding af brint og kulilte. Det sker ved først at lave metanol ud af syntesegassen og

*Et kig ind i motorrummet på en Volvo lastbil til DME. Der er tale om en traditionel 13-liters dieselmotor, der med få ændringer i tanksystemet, indsprøjtningssystemet og motorstyringen er tilpasset DME. Bag ved rattet er alt som det plejer. Ydelse og køreegenskaber er præcis de samme som i en lastbil med dieselmotor, men kørslen bliver langt mere miljøvenlig, når der er DME i tanken.*



Foto: Volvo Trucks

## Volvo satser på DME

Da Volvo i 2005 sendte den første DME-drevne lastbil på gaden udtalte den administrerende direktør for Volvo AB, Leif Johansson:

– DME har mange miljømæssige fordele, og vi er sikre på, at DME bliver et fortræffeligt brændstof til fremtidens kommercielle transporter.

Frem til 2012 tester Volvo 14 FH lastbiler med DME i tanken hos udvalgte kunder i fire forskellige områder i Sverige. Feltesten er kommet i stand gennem et bredt samarbejdsprojekt mellem blandt andet EU, de svenske energimyndigheder, olieselskaber og transportindustrien.

Volvo vurderer, at DME kan erstatte halvdelen af den mængde diesel, der bruges til transportformål i Europa. Den største udfordring ligger i at skabe en infrastruktur for distribution af brændstoffet.

*Kilde: Volvo Trucks*



Foto: Volvo Trucks

derefter fremstille DME ud fra metanolen. Det er smart, fordi syntesegassen kan fremstilles ved forgasning af næsten alt, hvad der indeholder kul- og brintatomer, det vil blandt andet sige biomasse og affald.

Et godt eksempel er Volvos lastbilprojekt. Her fremstilles syntesegassen ud fra et affaldsprodukt fra de svenske papirfabrikker, som kaldes sortlud. Man regner med, at DME produceret fra den svenske sortlud alene vil kunne erstatte en fjerdedel af al benzin og diesel i Sverige.

### Mindre forurening

Når diesel eller benzin brændes af i bilens motor, dannes der en række stoffer. Det drejer sig om:

- CO (kulilte) som kan binde sig til kroppens røde blodlegemer og forhindre dem i at transportere ilt.
- NOx (kvælstofoxid) som i sollys bliver omdannet til smog, der kan skade lungevævet og kan forurene jorden, hvis den omdannes til syreregn.
- HC (kulbrinter), som er rester af diesel og benzin, der ikke er blevet

fuldstændig afbrændt. Kulbrinterne kan ligesom NOx danne smog, og man regner med, at kulbrinterne er kræftfremkaldende.

- sod, der forårsager astma, kronisk bronkitis og lungekræft.
- en række andre sundhedsskadelige stoffer som blandt andet svovl, der kommer fra urenheder i benzin og diesel.

DME er renere end benzin og diesel. Det indeholder ingen svovl og er ikke kræftfremkaldende. Der dannes heller ikke sod, når DME brændes af. Faktisk bruger man DME som brændstof, når man skal fremstille glas, der skal være helt fri for sodpartikler.

Nogle kokke foretrækker DME i stedet for almindelig flaskegas, fordi det ikke soder. Når DME brændes af, er også mængden af CO, NOx og HC væsentligt lavere end fra benzin og diesel. Det er derfor, at DME kan bruges som gas i køkkenet og til opvarmning af huse, som man ser det mange steder i Kina.

Benzin- og dieselmotorer udleder foruden de giftige udstødningsgasser

også CO<sub>2</sub>. Der dannes også CO<sub>2</sub>, når man kører på DME, men det er et mere effektivt brændstof end benzin og diesel. CO<sub>2</sub> udslippet er således lavere, og hvis DME er fremstillet ud fra biomasse eller affald er det CO<sub>2</sub>-neutralt.

### DME i dag og i morgen

I Kina er produktionen af DME stærkt stigende, og man forventer, at stigningen fortsætter de næste år. Størstedelen bruges i spraydåser, men forbruget til opvarmning og madlavning er stigende. Som nævnt afprøves DME nu i bilmotorer. DME testes også til brændselsceller, og fremtiden vil muligvis byde på DME-drevne kraftværker. DME er en af vejene til at omdanne forskellige typer af affald til brændstof. Det er en måde at få energi fra mange forskellige kilder og ikke bare fra fossile brændstoffer, og samtidig er DME en vej til et renere miljø.

*Søren Bredmose Simonsen er Ph.D.-studerende hos Haldor Topsøe, e-mail sbrs@topsoe.dk.* ■

# Lastbil til flydende biogas

**Volvo sender nu deres nye lastbil på markedet, hvor brændstoffet er en kombination af flydende metangas og diesel. Det giver en høj virkningsgrad og et lavt CO<sub>2</sub>-udslip.**

Lastbilen, der siden efteråret 2010 er blevet testet af udvalgte transportselskaber, vil i første omgang blive solgt i 6-8 europæiske lande. Markedsføringen starter i Holland, Storbritannien og Sverige, da de har den bedste infrastruktur til distribution af gas.

Testperioden har blandt andet vist, at metan/diesel-teknologien giver samme høje driftssikkerhed som en konventionel dieselmotor. Hvis gastanken løber tør, skifter systemet automatisk til diesel.

– I de nærmeste år forventer vi at kunne sælge omkring 400 Volvo FM MethaneDiesel lastbiler om året, siger Claes Nilsson, der er bestyrelsesformand for Division Europa hos Volvo Trucks. Han understreger dog, at det i høj grad afhænger af, hvor hurtigt der kan etableres tankstationer til flydende metangas.

Volvo er den første lastvognsproducent i Europa, der kan levere motorer, hvor man kombinerer dieselmotorens høje virkningsgrad med de miljømæssige fordele ved at bruge gas som brændstof. Teknologien er baseret på Volvos gennemprøvede Euro 5 dieselmotor, hvor virkningsgraden er 30-40 procent højere end for tidligere generationers gasmotorer.

Den nye lastbil er forsynet med en særlig velisoleret brændstoftank, der holder gassen nedkølet til de 140 minus grader, som er kravet til opbevaring af flydende gas.

Med flydende metan og diesel i forholdet 75-25 er rækkevidden for en lastvogn med en totalvægt på 40 tons på omkring 500 kilometer, afhængigt af kørselsforholdene. Det er en fordobling i forhold til de metangasbiler, som kører på komprimeret gas.

Med naturgas reduceres udslippet af CO<sub>2</sub> med omkring ti procent. Klimaeffekten kan dog blive forøget markant, hvis der i stedet for naturgas bliver brugt biogas, og med en kombi-



Foto: Volvo Trucks

*Volvo lastbil til diesel og flydende metangas. Til højre ses den velisolerede gastank, hvor der skal være en konstant temperatur på minus 140 grader for at holde gassen flydende.*

Foto: Volvo Trucks

nation af biogas og biodiesel i tankene kan transporten blive helt CO<sub>2</sub>-neutral.

– Vi er overbeviste om, at flydende gas er et af de vigtigste fremtidige alternativer til transportsektoren, siger

Lars Mårtensson, der er direktør for Environmental Affairs hos Volvo Trucks.

Ud over metangas satser Volvo også på DME som et fremtidigt brændstof til transport. TS

## Svensk forskningscenter for forgasning

**Luleå University of Technology har fået til opgave at lede Svensk Förgasningscentrum, der skal forske i, hvordan benzin og diesel kan erstattes med grønne brændstoffer.**

Sverige har i de senere år satset betydelige midler på udvikling af forskellige forgasningsteknologier. Nu får forskningen et ekstra skub fremad gennem et særligt center, der får fokus på tre forskellige teknologier.

Det bliver Luleå University of Technology, der skal lede centret, som kommer til at arbejde tæt sammen med industrien og andre universiteter.

Centret får et budget på 58 millioner kroner til de første to år, hvoraf den svenske energistyrelse betaler de 19 millioner. Godt 6 millioner kommer fra forskningsprojektet Bio-4Energy, mens resten finansieres af universiteter og industrien.

Det bliver professor ved Luleå University of Technology, Rick Gebart, der kommer til at lede det nye center.

– Jeg tager udnævnelsen som et bevis på, at vores forskning inden for forgasningsteknologier har vakt både national og international opmærksomhed, udtaler Rick Gebart i en pressemeddelelse.

*Kilde: [www.mynewsdesk.com/se](http://www.mynewsdesk.com/se).*

# Prestigefyldt patentpris til Dall Energy

Den 19. maj blev den europæiske patentpris for første gang uddelt til en dansk iværksætter og opfinder, stifteren af Dall Energy, Jens Dall Bentzen. Han vandt prisen for udvikling af en særlig biomasseovn, der i dag producerer fjernvarme til 6.000 indbyggere i Bogense.

Den Europæiske Patentpris, der også bliver betegnet som "de gyldne palmer", blev uddelt i Budapest ved European Inventor Award 2011. Jens Dall Bentzen fra Dall Energy vandt i kategorien "bedste opfinder i små- og mellemstore virksomheder".

I forbindelse med prisoverrækkelsen udtaler økonomi- og erhvervsminister Brian Mikkelsen:

– Det er iværksættervirksomheder, som Dall Energy, der er med til at skabe vækst og ikke mindst at sikre nye, danske arbejdspladser. Jeg er stolt over, at dansk erhvervsliv igen viser, at landet er med helt fremme, når det gælder miljøvenlige teknologier.

– Dall Energy er en helt ung virksomhed, der beviser, at man ikke behøver at være stor for at kunne udtage patenter i verdensklasse. Med prisen høster både Dall Energy og Danmark international anerkendelse, der bidrager til at sætte Danmark på det europæiske landkort.

## Med i afslutningsdebatten

Også statsminister Lars Løkke Rasmussen fik prisoverrækkelsen med i



Foto: European Patent Organization

sin tale ved Folketingets afslutning den 31. maj:

– I Bogense får 6.000 fynboer varme fra en særlig biomasseovn. Det varmer de sig ved. Og det varmer mig, at ovns opfinder har fået tildelt Den Europæiske Patentpris. Den ære tilfaldt Jens Dall Bentzen for 12 dage siden.

– Højdespringere som Dall Bentzen skaber vækst. Og vi skal have vækst! Så virksomhederne kan skabe jobs. Så danskerne kan tjene flere penge. Så vi får flere muligheder, sagde statsministeren.

Og prismodtageren vil gerne gøre sit til, at teknologien skaber nye jobs og tjener penge ind til landet:

*Jeg er meget beæret over prisen. Nu er næste mål at gøre vores biomasseovn til en dansk eksportsucces, udtalte Jens Dall Bentzen i forbindelse med prisoverrækkelsen.*

– Jeg er meget beæret over prisen. For mig er det meget vigtigt hele tiden at undersøge, om tingene kan gøres anderledes og bedre, og det er fantastisk at opleve, at en idé, jeg fik for tre år siden, og som først ikke bestod af andet end en hurtig skitse, i dag modtager international anerkendelse. Nu er næste mål at gøre vores biomasseovn til en dansk eksportsucces, lyder det fra prismodtageren.

## Forgasning og forbrænding

Jens Dall Bentzens biomasseovn udmærker sig ved at kombinere de bedste egenskaber fra forgasning og forbrænding. Derved er det lykkedes at konstruere en ovn, der er meget fleksibel, og hvor udslippet af NO<sub>x</sub>, CO og støvpartikler er mindre end fra et traditionelt ristefyret anlæg.

I en traditionel kedel blæses forbrændingsluften nemlig ind med et relativt højt tryk for at udligne tryktabet over risten, men det betyder samtidig, at der bliver hvirvlet en masse støv op. I den nye ovn er brændkammeret udformet som i et forgasningsanlæg, hvor de brændbare gasser bevæger sig langsomt op gennem flisen, og det giver langt mindre støv.

En prototype af ovnen blev testet i december 2009, og allerede i maj 2010 blev den første kontrakt indgået med Bogense Fjernvarme. Her står der nu en 8 MW ovn, som producerer fjernvarme til 6.000 indbyggere

Jens Dall Bentzens biomasseovn har modtaget 2,5 millioner kroner i støtte fra EUDP.

Biomasseovnen er nærmere omtalt i FiB nr. 35 fra marts 2010. Bladet kan ses på [www.biopress.dk](http://www.biopress.dk) under publikationer/download tidsskrifter. TS

*Jens Dall Bentzen ved biomasseovnen hos Bogense Fjernvarme.*



Foto: Torben Skott/BioPress

# Fra bioaske til gødning

Der er stort energipotential i forbrænding af animalsk biomasse, men den værdifulde fosfor går tabt, hvis asken efterfølgende deponeres. For nylig er det imidlertid lykkedes at udvikle forskellige processer til fremstilling af gødning ud fra animalske bioasker, og hvis alt går vel, kan det første anlæg stå klart i 2013.

*Anita Rye Ottosen, Kommunekemi*

Animalske biomasser er rige på fosfor, og da fosfor er en begrænset ressource, er der god fornuft i at få fosforen tilbage i fødekæden.

Efter forbrænding er der ingen gødningsværdi i aske, da fosfor har reageret med calcium og dannet calciumfosfat. Calciumfosfat er ikke opløseligt i vand, kun svagt opløseligt i citrat og derfor ikke egnet til gødning af etårige afgrøder.

Siden 2007 har Kommunekemi arbejdet målrettet på at udvikle en proces til oparbejdning af fosfor fra animalske asker, hvor fosforen kommer på en vandopløselig form, der er lettilgængelig for planter. Derudover er der et ønske om at fjerne tungmetaller, jern og aluminium.

Arbejdet er blevet støttet af ForskEL-programmet under Energinet.dk, og

senest har Miljøstyrelsen støttet en videreudvikling af teknologien, ligesom Kommunekemi selv har finansieret en stor del af udviklingsarbejdet.

Ud over Kommunekemi har Syddansk Universitet og firmaet Aqueous Solution Aps deltaget i projektet. Sidstnævnte har udviklet et computerprogram, mens Syddansk Universitet har undersøgt hvilke parametre, der har indflydelse på askekvaliteten.

## Aske er ikke bare aske

De mest almindelige animalske bioasker stammer fra afbrænding af gylle, spildevandsslam samt kød- og benmel. Selv om de alle er rige på fosfor, er der stor forskel på indholdet af fosfor, tungmetaller og øvrige salte.

Aske fra kød- og benmel hører under kategorien "rene asker", mens spildevandsslam betegnes som "uren aske" på grund af indholdet af tungmetaller.

Aske fra gyllefibre vil normalt høre under kategorien ren aske, men kan i visse tilfælde blive betegnet som uren. Ved indsamling, forbrænding og analyse af aske fra gyllefibre har det nemlig vist sig, at hvis gyllen er separeret med polymer, vil der være et højt indhold af kobber og zink i fibre, og så er der tale om uren aske.

Fibre fra ren kvæggylle vil heller ikke kunne gå ind under betegnelsen ren aske – ikke på grund af indholdet af tungmetaller, men fordi der også stilles krav om et minimumindhold af fosfor på 11 procent. For kvæggylle ligger fosforindholdet normalt på omkring det halve, hvorimod svinegyلة og blandet gylle fra biogasanlæg typisk vil kunne opfylde kravene til fosforindhold.

Hvis der skal udvikles én proces, der kan håndtere alle typer aske, vil procesomkostningerne blive alt for



Foto: Anita Rye Ottosen/Kommunekemi

Siden 2007 har kommunekemi arbejdet målrettet på at udvikle processer til oparbejdning af fosfor fra animalske asker. En proces til fremstilling af majs-gødning ud fra rene asker er i dag økonomisk rentabel, hvorimod processen for urene asker stadig er for kortbar.



Foto: Anita Rye Ottosen/Kommunekemi

Forskellige typer aske. De to bunker til venstre er aske fra to forskellige typer slam. Derefter er det aske fra kød- og benmel, og længst til højre er det gylleaske. Teknikken til anvendelse af slamaske er forholdsvis kostbar på grund af indholdet af tungmetaller, jern og aluminium.

Tabel 1. Indholdet af henholdsvis vand- og citratopløselig fosfor i procent af den totale mængde fosfor i forskellige typer gødning.

	Vandopløselig P (procent af total P)	Vand- og citratopløselig P (procent af total P)
Gylleaske	1 %	27 %
Slamaske	4 %	30 %
Kød- og benmelaske	1 %	29 %
Majsgødning (konventionel)	60-80 %	90 %
Majsgødning fra rene asker	65-75 %	90 %
Majsgødning fra urene asker	85-95 %	100 %

høje. Der er derfor udviklet to forskellige processer: en billig løsning, der kan håndtere de rene asker, og en dyrere proces, der kan håndtere de urene asker.

De rene asker kan behandles i en vådkemisk proces, og på den måde kan der fremstilles en gødning, som indeholder 70 procent vandopløselig fosfor. I processen bliver der imidlertid ikke taget hånd om tungmetaller, der således forbliver i gødningen og ender på landbrugsjorden.

I teorien kan både de rene og urene asker anvendes i den lidt dyrere proces, men af økonomiske årsager anvendes kun de urene. Igennem en vådkemisk behandling af den urene aske laves en gødning, som indeholder 90 procent vandopløselig fosfor. Askens indhold af metallerne jern og aluminium samt tungmetaller fjernes fra gødningen.

### Minder om majsgødning

Majsgødning er en NP-gødning med et NP-forhold på 20 – 10 + 5S. Det vil sige, at der er 20 procent nitrat, 10 procent fosfor og 5 procent svovl. Gødningerne, der laves ud fra aske, minder meget om majsgødning.

Gødningen, lavet ud fra urene asker, har et lidt lavere indhold af fosfor, mens gødningen fra rene asker har et lidt lavere indhold af nitrat.

Det er muligt at anvende gødningerne direkte som majsgødning, men i den situation vil landmanden selv skulle gøde ekstra med nitrat eller fosfor. Alternativt kan gødningen blandes mekanisk med andre typer gødning, så det færdige resultat bliver en NPK-gødning.

### Plantetilgængelighed

Jo kortere tid en afgrøde vokser, jo større er dens behov for lettilgængelig fosfor. Derfor anvender man primært vandopløselig fosfor til etårige afgrøder som korn, majs og raps. De flerårige afgrøder som pil og elefantgræs har længere tid til at optage fosforen og kan derfor i en vis udstrækning nå at optage den mindre tilgængelige type fosfor.

Hvis de fremstillede gødninger skal anvendes som majsgødning, er det derfor vigtigt, at størstedelen af gødningens fosfor er vandopløselig.

### Pilotforsøg og procesanlæg

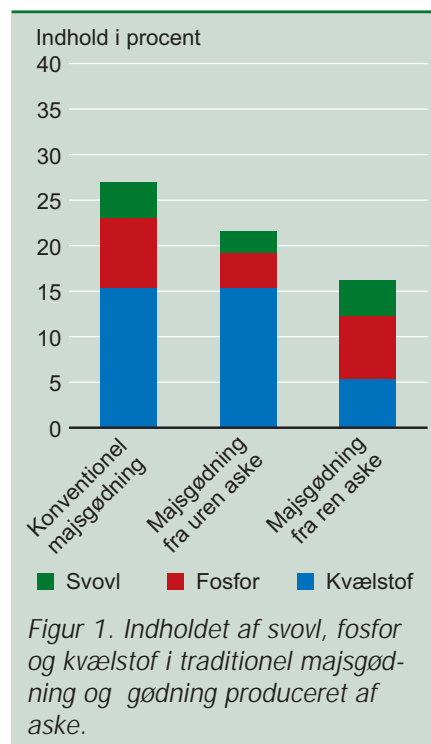
Processen med fremstilling af majsgødning ud fra rene asker er på nu-

værende tidspunkt økonomisk kommerciel, hvorimod processen for urene asker stadig er for kostbar.

En af de teknologiske vanskeligheder ved processen for de rene asker er tørring og pelletering af den våde gødning. Tørres produktet forkeret, vil fosforen ikke være vandopløselig efter tørring, og man kan risikere, at en stor del af nitraten er dampet af. Derudover skal anlægget kunne håndtere afdampning af klor og en lav pH, og det skal kunne tåle sand og silikater, som giver øget slid på maskineriet.

I juni 2011 skal de første pilotforsøg med tørring og pelletering gennemføres i Tyskland. Til forsøget anvendes en kød- og benmelaske fra England. Hvis der kommer vellykkede resultater ud af pilotforsøgene, og gødningen godkendes, skal der sikres askeleverancer, så der kan stå et procesanlæg klar til drift i 2013.

Anita Rye Ottosen er kemiingeniør og ansat ved Kommunekemi, e-mail: [ary@kommunekemi.dk](mailto:ary@kommunekemi.dk) ■



Figur 1. Indholdet af svovl, fosfor og kvælstof i traditionel majsgødning og gødning produceret af aske.

# Gaspotentialiet i husdyrgødning

Biogaspotentialiet i den danske husdyrgødning er faldet med cirka 15 procent inden for de senere år, da en stor del af smågrisene ikke længere bliver opfedet i Danmark. Potentialiet kan dog øges markant gennem forbehandling af biomassen og mere effektive biogasanlæg.

Foto: Torben Skøtt/BioPress

Af Henrik B. Møller

Husdyrgødning er udpeget til at være den største energikilde, når de danske biogasanlæg ifølge Grøn Vækst skal producere omkring 19 PJ om året i 2020. Det betyder, at op mod halvdelen af gødningen til den tid skal anvendes til biogas.

Der har imidlertid været en del usikkerhed om, hvor store mængder energi der faktisk kan udvindes af gyllen, da den seneste opgørelse af potentialiet er næsten ti år gammel. For at få et bedre grundlag over potentialiet har Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet ved Aarhus Universitet derfor udført en række nye beregninger, baseret på de seneste data om husdyrbestand, normtal og gaspotentialer. Projektet har modtaget støtte fra ForskNG, der administreres af Energinet.dk.

## Energipotentialiet

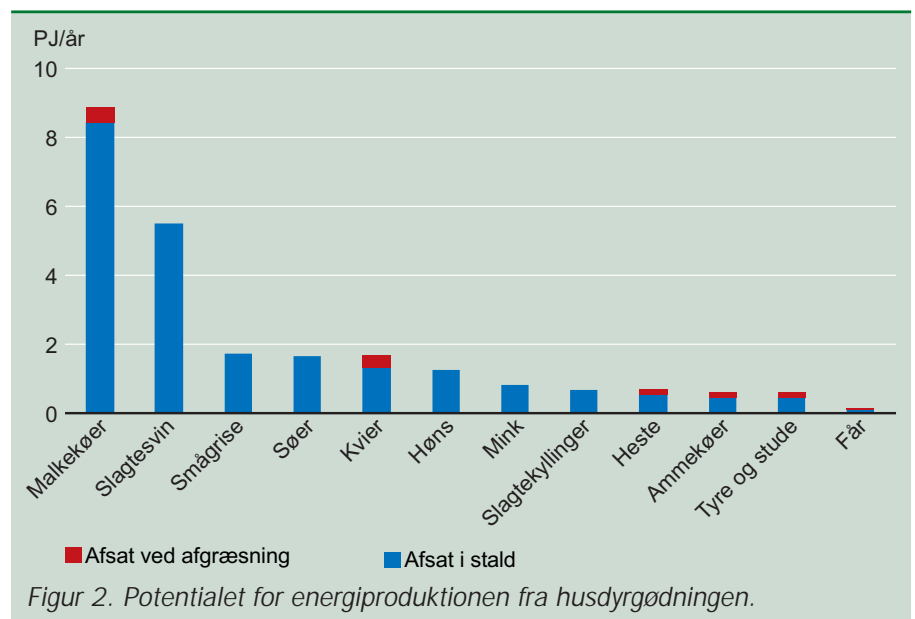
På baggrund af Danmarks statistik og normtal kan mængden af organisk tørstof i husdyrgødning beregnes til 2,8 millioner tons om året. Fordelingen af organisk materiale fra de forskellige husdyr er vist i figur 1.

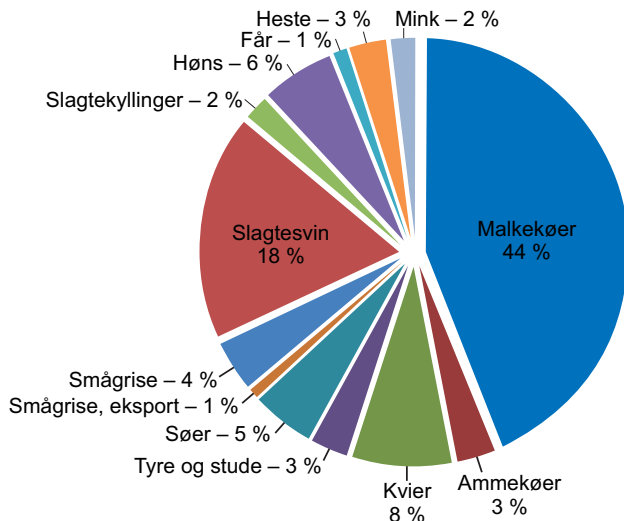
Beregningerne er baseret på en række forudsætninger, herunder at der hvert år eksporteres syv millioner smågrise.

Med den nuværende husdyrproduktion og de nyeste værdier for biogaspotentialer vil der kunne produceres cirka 24 PJ om året (figur 2), men hvis der tages hensyn til, at en del af gødningen efterlades på mar-

ken, reduceres energiproduktionen til omkring 22 PJ.

Potentialiet er cirka 15 procent lavere end tidligere antaget. Den væsentligste årsag er, at en stor del af smågrisene ikke længere bliver opfedet i Danmark, men eksporteres. I 2009 blev der således eksporteret omkring syv millioner smågrise – primært til Tyskland.





Figur 1. Fordelingen af udskilt organisk stof fordelt mellem husdyrkategorier.

## Konsortier efterlyses

**Energinet.dk ser gerne, at flere større konsortier søger om støtte under ForskEL-programmet for 2012, men for at komme i betragtning skal ansøgerne først prækvalificeres.**

Konsortieansøgninger er karakteriseret ved, at forskningsinstitutioner går sammen med virksomheder om at udvikle et produkt eller et koncept. Udviklingen skal række helt frem til anvendelse, hvorfor det er vigtigt, at slutbrugeren inddrages på et tidligt tidspunkt i processen.

Energinet.dk opfordrer til, at potentielle ansøgere etablerer konsortier med mulighed for at opnå en væsentlig bevilling. Ansøgerne inviteres til at fremsende større gennemarbejdede ansøgninger og lade disse konkurrere om en bevilling på for eksempel 25-40 millioner kroner ud af en samlet ramme på 130 millioner kroner.

I år er proceduren imidlertid strammet op for at sikre, at kun de mest kvalificerede konsortier kan modtage støtte, og at konsortier ikke bruger unødvendige resurser på at skrive ansøgninger, der alligevel ikke imødekommes.

Der er derfor indført en obligatorisk prækvalifikation af ansøgninger til konsortier. Deadline for indsendelse af interessetilkendegivelse er mandag den 27. juni 2011 klokken 12.00.

Kun de konsortier, der senest den 1. juli 2011 får en positiv tilbagemelding om, at de kan gå videre med at udarbejde en ansøgning, vil være berettigede til at indsende en fuld konsortieansøgning til den ordinære ansøgningsfrist den 7. september 2011.

Anmodning om prækvalificering indsendes til [forskel@energinet.dk](mailto:forskel@energinet.dk).

Yderligere oplysninger om konsortieansøgninger fås ved henvendelse til:

Energinet.dk  
Jesper Bergholdt Sørensen  
☎ 7622 4529  
✉ [jbh@energinet.dk](mailto:jbh@energinet.dk)

En anden årsag kan være, at der udskilles mindre gødning per kg mælk som følge af stigninger i produktiviteten. Gaspotentialet i kvæggødningen har dog samtidig været stigende, og det trækker i den anden retning.

Kvæg- og svineproduktionen bidrager med langt den største del af biogaspotentialet med en lille overvægt fra produktionen af kvæg. De beregnede potentialer bygger på en effektiv biogasproduktion med "dagens" teknologi og med hurtig udslusning af gylle og/eller gyllekøling. I dag hersker der langt fra sådanne forhold i den danske husdyrproduktion.

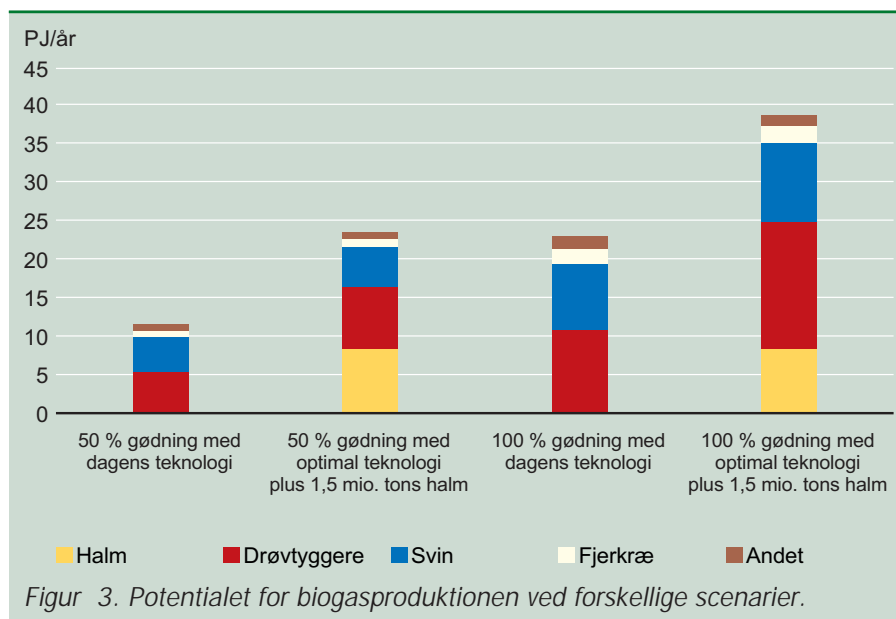
### Potentialet kan øges

I dag er det kun cirka halvdelen af gyllens organiske stof, der udnyttes i biogasprocessen. Teoretisk set burde

det imidlertid være muligt at øge omsætteligheden til 70-80 procent. Det vil dog kræve forbehandling af biomassen og en ny generation af mere effektive biogasanlæg.

Det er dog muligt at nå et stykke ad vejen ved simple foranstaltninger som længere opholdstid og forbehandling af biomasser med et højt tørstofindhold. Endvidere vil anvendelse af halm, som er en anden af landbrugets store resurser, kunne bidrage til, at der kan udvindes væsentligt mere energi. Det fremgår af figur 3, at hvis biogasteknologien optimeres maksimalt, og hvis anlæggene tilsætter halm til gyllen, øges det teoretiske biogaspotentiale til 38 PJ.

Henrik B. Møller er seniorforsker ved Aarhus Universitet, e-mail [HenrikB.Moller@agrsci.dk](mailto:HenrikB.Moller@agrsci.dk)



Figur 3. Potentialer for biogasproduktionen ved forskellige scenarier.

# Lyt til dit biogasanlæg



*Biogasanlægget LinkoGas i Sønderjylland, hvor der er udført forsøg med at forbedre styringen af den biologiske proces.*

Akustiske og optiske fænomener åbner op for bedre styring af biogasprocessen. For de største biogasanlæg burde investeringen til akustiske onlinemålinger kunne tjenes hjem inden for et par måneder, mens de optiske teknikker er betragteligt dyrere og stiller andre krav til kalibrering og vedligeholdelse af udstyr.

Af Michael Madsen

Et trængt marked for organisk affald og en anstrengt økonomi er nogle af de problemer, som mange biogasanlæg slås med. Til alt held er der en række særdeles veldrevne biogasanlæg, som mange kan tage ved lære af, og takket være en massiv forskningsindsats har procesforståelsen fået et nøk opad.

Man ved, at ammonium (ammoniak) kan være en dræber for processen. Ligeledes er organiske fede syrer værd at have et god øje til da en opkobning af disse også kan få fatale konsekvenser. Men hvad bliver kravene til overvågning af fremtidens biogasanlæg?

Rapporten "Fremtidens biogasfælesanlæg: nye anlægskoncepter og økonomisk potentiale" fra Fødevarøkonomisk Institut, 2007 skitserede nogle af de udfordringer, som biogasanlæggene vil stå overfor om føje

tid. Udvikling af avanceret forbehandling til fiberfraktionen fra separeret gylle og indfødnings af energifgrøder er blandt de forslag, der skal sikre branchens overlevelse.

Højere gasproduktion per enhed reaktorvolumen virker tiltalende. Det vil alt andet lige forbedre økonomien. Ligeledes må termofil drift være at foretrække ud fra et veterinært synspunkt selvom mesofil drift traditionelt har været lettere at styre. Potentielle udfordringer må derfor ligge i at regulere tørstofindholdet og holde blandt andet ammonium i skak. Måleparametre, som for tiden ikke er en del af standardpakken. Men det er der råd for.

Nærværende forskningsprojekt er udført i samarbejde med biogasfælesanlægget LinkoGas A.m.b.a. i perioden december 2008 til marts 2011. En stor tak skal rettes til bestyrelsen for økonomisk støtte. En lige så stor tak skal rettes til den daglige

ge ledelse, uden hvem forsøgene aldrig var blevet til noget.

## Akustisk analyse

Det første, der slår én, når man træder ind et maskinrum på et biogasanlæg, er larmen. Høreværn er påbudt af arbejdsmiljømæssige årsager, men gemt i denne "støj" vi som mennesker helst vil være foruden, ligger nøglen til bedre styring af biogasprocessen. Det er et spørgsmål om at lære at afkode de gode vibrationer i pumpestrøge, for her er der penge at hente.

Små vibrationsfølere, såkaldte accelerometre, har vist sig at være særdeles velegnede til at føle fysiske parametre i gylle, der flyder i en rørstrækning. Ud fra én og samme akustiske signatur kan blandt andet tørstofprocenten, flowet i rørstrækningen og gyllens temperatur beregnes. Selve kalibreringsarbejdet bør overlades til fagfolk, da der er rigeligt med

faldgruber for uindviede. Indgående kendskab til korrekt prøvetagning, dataanalyse og ikke mindst flair for gyllehåndtering er nyttige kompetencer at have.

### Optisk analyse

Det kemiske miljø i en biogasreaktor, herunder niveauet af ammonium, kan derimod ikke bestemmes akustisk vej. Til gengæld kan det gøres optisk.

Vibrationsspektroskopi, der for snart en menneskealder siden så dagens lys inden for netop vand-, protein- og sukkeranalyse af foderstoffer, kan uden videre bruges til at indikere, om ammoniumniveauet er acceptabelt, eller om en kritisk tilstand er nært forestående. Alt der kræves er en optisk grænseflade til processen, gerne i en pumpestrøg. Dertil kommer en matematisk behandling af ammoniumniveauet, da en kompliceret ligevægt med mange indgående parametre bestemmer, hvorvidt biogasprocessen er i balance eller ej.

Det er dokumenteret, at sensorerne kan kalibreres og valideres i området fra 5,8 til 10,8 procent tørstof. Det område er interessant for mange anlæg, der typisk arbejder med omkring 6 procent tørstof, men vil kunne håndtere en tørstofbelastning på op mod 10-12 procent.



Foto: Michael Madsen

Tilsvarende vil sensorerne kunne kalibreres til et ammoniumindhold på 2,5-8,5 gram/liter, hvor 2,5 gram/liter er karakteristisk for en velfungerende proces, mens 8 gram/liter hører til i den kritiske ende af skalaen for termofile anlæg.

### Økonomien

Såvel den akustiske som den optiske metode vurderes at kunne gøre gavn i eksisterende og fremtidige anlæg, og begge metoder er nu under udgivelse i videnskabelige tidsskrifter.

*En optisk målecelle kan bruges til at indikere, om ammoniumniveauet i reaktoren er acceptabelt, eller om en kritisk tilstand er nært forestående. Sensorerne vil kunne kalibreres til et ammoniumindhold på 2,5-8,5 gram/liter, hvor 2,5 gram/liter er karakteristisk for en velfungerende proces, mens 8 gram/liter hører til i den kritiske ende af skalaen for termofile anlæg.*

Der er endnu ikke udført detaljerede beregninger over økonomien i fuld skala, men umiddelbart ser det lovende ud. En akustisk løsning, der kan overvåge fem reaktorer samtidigt og levere vitale oplysninger om udviklingen i tørstofindholdet til biogasanlæggets centrale styring i realtid, vil inden for kort tid kunne realiseres for under 250.000 kroner. For de største anlæg burde investeringen kunne tjenes hjem inden for et par måneder afhængigt af den øgede biogasproduktion.

Optiske teknikker er endnu betragteligt dyrere og stiller andre krav til kalibrering og vedligeholdelse af udstyr. Den teknologiske udvikling på området går imidlertid meget stærkt, og det forventes, at priserne presses ned i et interessant leje inden for en overskuelig fremtid.

Foruden den økonomiske og tekniske støtte fra LinkoGas A.m.b.a. skal der lyde en tak til Aalborg Universitet for økonomisk støtte gennem Ph.d.-stipendium 562/06-7-28027.

*Michael Madsen er Ph.d.-stipendiat ved Aalborg Universitet, Sektion for Kemiteknologi, e-mail: mima@bio.aau.dk.* ■

## Teknikker til procesanalyse

Procesanalytiske teknikker stormer frem i stort set alle bioteknologiske foretagender med undtagelse af blandt andet biogasbranchen, der ikke er hoppet med på vognen endnu. Nedenstående tabel giver et lille indblik i nogle af de metoder, som inden for kort tid – med rimelig stor sandsynlighed – vil blive implementeret på biogasanlæg verden over. Priserne rasler ned, instrumenterne bliver mere og mere robuste, og de økonomiske gevinster ved indførelse af en øget grad af automatisk proceskontrol er ikke til at kimse af.

Parameter	Egnede analytiske metoder	Sværhedsgrad
Temperatur	Traditionel instrumentering	Let
Gasproduktionsrate	Traditionel instrumentering	Let
Gaskvalitet	Traditionel instrumentering, spektroskopi	Middelsvær
Tørstof	Spektroskopi, akustisk, mikrobølger	Middelsvær
Surhedsgrad (pH)	Elektrokemi, spektroskopi	Svær
Flygtige organiske syrer	Spektroskopi, elektrokemi, kromatografi	Svær
Ammonium	Spektroskopi, elektrokemi	Svær
Råvarekvalitet	Spektroskopi, mikrobølger, elektrokemi	Svær

# Kan man køre på halmgas?

Ja, det kan man sagtens. Landbrugets overskudshalm har potentiale til at fordoble gasudbyttet fra biogasanlæggene, og gassen kan bruges til kraftvarme, til transport og til brændselsceller. Det store problem er håndteringen på biogasanlæggene, men det kan løses med de rette forbehandlingsteknikker.

Af Torben Skøtt

Artiklen i sidste nummer om halm i biogasanlæg på side 12 gav anledning til en del kommentarer. Flere gav udtryk for, at det var oplagt og en langt billigere metode til produktion af transportbrændstoffer end 2. generations bioethanol. Andre gav udtryk for, at gaspotentialet var undervurderet, og endelig var der dem, der mente, at halm indeholder for store mængder lignin til, at det kan omsættes i en biologisk proces.

Til den sidstnævnte gruppe hører seniorprojektleder Anders Evald fra Force Technology, der blandt skriver: *"..... som udgangspunkt er halm dårligt til biologisk omsætning, fordi indholdet af hurtigt omsættelige stoffer er lavt, og indholdet af langsomt omsættelig fiber er højt"*.

Vi har spurgt seniorforsker Henrik B. Møller fra Forskningscenter Foulum om ligninindholdet i halm, og han forklarer:

– Der er cirka 10-15 procent lignin i halm, mens der i kvæggylle ofte er over 15 procent. Foderet indeholder måske kun nogle få procent lignin, men da dyrene ikke kan fordøje det, vil det, der kommer ud i den anden ende, indeholde 5-10 gange så store mængder.

– Man kan generelt få mere gas ud af halm end kvæggylle, målt per kg organisk tørstof, lyder det fra seniorforskeren, der vurderer, at det metanudbytte, som blev nævnt i artiklen på 150 m<sup>3</sup>/ton halm, er et konservativt skøn.

– Et udbytte på 200-250 m<sup>3</sup>/ton er ikke urealistisk, men det afhænger af

mange faktorer, herunder halmkvaliteten, opholdstiden og hvor godt halmen bliver blandet op i gyllen, forklarer Henrik B. Møller.

Hos virksomheden Eurotec Biomass i Århus, der også har arbejdet en del med tilsætning af halm i biogasanlæg, peger man ligeledes på et udbytte tæt på 250 m<sup>3</sup> metan/ton halm.

Vi har fået testet udbyttet hos Risø DTU, og resultaterne viser, at biogasprocessen udmærket kan håndtere lignocellulose. I en totrins proces blev omkring 20 procent af ligninen omsat i første trin, mens 10-15 procent blev omsat i det efterfølgende trin, fortæller biolog Niels Østergaard fra Eurotec Biomass.

## 50 procent mere gas

I et biogasanlæg udvikler metanbakterierne enzymer, og det gør, at processen i en vis udstrækning kan

håndtere de mere "besværlige" biomasser som halm. Gærsvampe, der bruges til fremstilling af bioethanol, kan derimod kun udnytte sukkerstofferne, så her er man nødt til at forbehandle halmen ved hjælp af blandt andet trykkogning og enzymer.

Men man kan også vælge at forbehandle halm, der skal i et biogasanlæg, så enzymerne og i sidste ende metanbakterierne lettere kan få fat på sukkerstofferne. Det vil ifølge Henrik B. Møller kunne øge gasudbyttet med omkring 40 procent.

En kendt teknologi til forbehandling af halm er trykkogning, der også bliver brugt til 2. generations bioethanol. Det kan sætte skub i gasproduktionen, men det kræver energi at forbehandle halmen på den måde, så det har aldrig vundet den store udbredelse.

## Halmpresning øger udbyttet

Selskabet BioFuel Technology og C.F. Nielsen, der er en af verdens førende producenter af briketpressere, har for nylig fået knap to millioner kroner fra EUDP til udvikling af et forbehandlingsanlæg, som har et markant lavere energiforbrug end trykkogning. Teknologien er baseret på en mekanisk proces, hvor halmen komprimeres så hårdt, at der nærmest sker en eksplosion. På den måde kan enzy-

*Sverige har i dag 129 tankstationer til metangas og 35.000 biler, der kører på gas. Leverancerne af metangas øges løbende, og i første kvartal 2011 var forbruget steget med 37 procent i forhold til for et år siden.*



Foto: Svensk Biogas



Foto: Lemvig Biogas

Systemet med at forbehandle halm med et kraftigt tryk skal nu testes hos Lemvig Biogas. Målet er at lette håndteringen, så halmen bedre kan blandes op i gyllen og samtidig opnå et højere gasudbytte.

merne lettere få nedbrudt de mere tungtomsættelige stoffer, og da der er tale om en tør proces, er energiforbruget begrænset.

Teknisk direktør i BioFuel Technology, Torben A. Bonde, forklarer, at flere af de kendte teknologier til forbehandling af halm kræver tilførsel af 3-4 gange så meget vand som halm. Det giver et stort energiforbrug og reducerer reaktorkapaciteten, så de metoder har man udelukket.

Systemet med halmpresning er i øjeblikket ved at blive testet i samarbejde med forskere fra Århus Universitet. Senere på året skal det afprøves hos Lemvig Biogas, ligesom der er overvejelser om at etablere et anlæg på Forskningscenter Foulum til håndtering af enggræs.

### Gas er lige så godt som ethanol

Torben A. Bonde ser store perspektiver i, at biogasanlæggene bliver bedre til at håndtere halm. Det kan sætte skub i produktionen af klimavenlig energi uden at man skal bygge nye kedler eller avancerede ethanolanlæg.

– Metangas har mange anvendelsesmuligheder, og det kan distribue-

res gennem naturgasnettet. Det kan bruges til kraftvarme og er et lige så fornuftigt alternativ til benzin som bioethanol, forklarer Torben A. Bonde.

Han har for nylig været med i forarbejdet til et stort biogasanlæg i Tønder, der efter planen kan tilføres 50.000 tons halm om året i kombination med gylle og andre energifærdige grøder. En del af gassen skal leveres til naturgasnettet og kan således bruges til kraftvarme og transportformål, ligesom det på sigt kan bruges som brændstof til brændselsceller.

– Der er ikke meget affald tilbage til biogasanlæggene, men der er masser af gylle og halm. I den samlede mængde husdyrgødning og organisk affald er der et energipotential på 30-40 PJ. Det svarer nogenlunde til den mængde overskudshalm, landbruget ligger inde med, så hvis vi bærer os fornuftigt ad, kan vi fordoble gasudbyttet fra biogasanlæggene, vurderer Torben A. Bonde.

### Svært at håndtere

Biogasanlæggene er primært indrettet til at håndtere råvarer, der kan pumpes rundt i anlægget, så det er

lidt af en udfordring at modtage halm, der skal blandes med gylle og forskellige former for industriaffald.

På Forskningscenter Foulum bruger man blandt andet dybstrøelse i centrets biogasanlæg, ligesom man også tilfører enggræs, hvor ligninindholdet er på niveau med halm. I øjeblikket har man et forholdsvist simpelt system, hvor græsset drysses ned i en strøm af gylle, inden det pumpes ind i reaktoren. Det har dog krævet en del opsyn, så systemet bliver nu ændret og udbygget, da man fra næste år skal håndtere enggræs fra et areal på omkring 500 hektar eller cirka fem gange så meget græs, som man får tilført i dag.

– Vi kan godt håndtere både halm og enggræs i mindre doser uden forbehandling, men det er en klar fordel at få biomassen behandlet. Det giver færre driftsstop, mulighed for at håndtere langt større mængder, og så stiger gasudbyttet markant, siger Henrik B. Møller. ■

# Affald skal behandles nænsomt

Flere kommuner har fået øjnene op for, at husholdningsaffald rummer andet end blot energi. I Fredericia og hos det vestjyske affaldsselskab nomi i/s vil man nu se nærmere på DONG's REnescience teknologi, der er i stand til at omdanne husholdningsaffald til biogas og brændsel, og som giver mulighed for at genanvende næringsstoffer samt glas og metal.

Af Torben Skøtt

Den 5. maj underskrev DONG Energy og Fredericia Kommune en samarbejdsaftale, der skal sikre en mere intelligent udnyttelse af Fredericias husholdningsaffald i de kommende år.

– Fredericias vision er at vende håndteringen af spildevandsrensning og husholdningsaffald fra at være et bekosteligt problem til at være en værdifuld resurse, udtalte Fredericias borgmester Thomas Banke i forbindelse med underskrivelse af aftalen.

Aftalen er en direkte forlængelse af det klimapartnerskab, som kommunen og DONG Energy indgik i 2008. Fredericia har længe satset på at blive en af Danmarks førende klimakommuner, og samarbejdet med DONG har blandt andet betydet, at

kommunen nu er indehaver af landets første opgraderingsanlæg til biogas, har fået energirenoveret en række bygninger, indkøbt vindmøllecertifikater og igangsat miljøvenlige transportprojekter.

Næste fase bliver en mere effektiv, nænsom og miljøvenlig behandling af husholdningsaffaldet, som DONG Energy har udviklet gennem deres REnescience-projekt, hvor man populært sagt er i stand til at skille husholdningsaffaldet i tre fraktioner: Organisk affald, som kan booste gasproduktionen i biogasanlæg, glas og metal til genbrug og en restfraktion bestående af blandt andet plast, der kan bruges som brændsel.

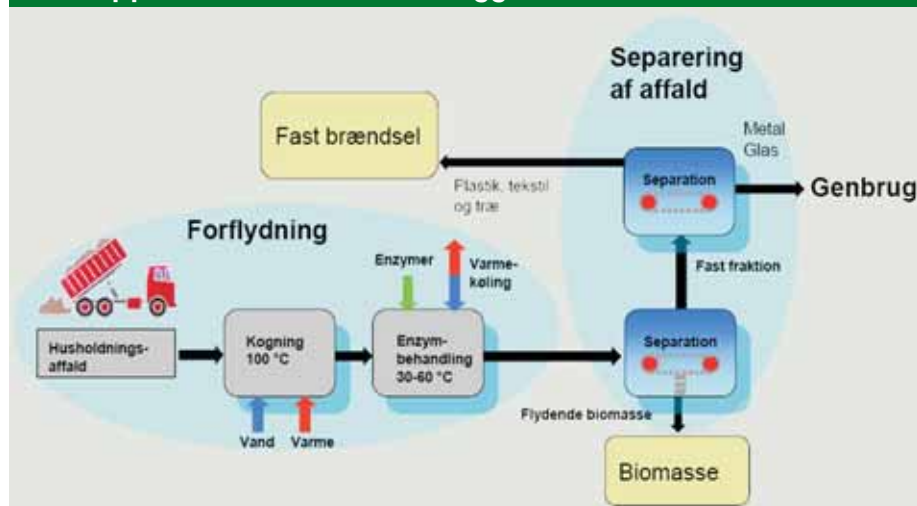
Med støtte fra Energinet.dk og EU DP er systemet med stor succes blevet testet på Amagerforbrænding, og Fre-

dericia kan meget vel blive den første kommune i landet, hvor man får integreret teknologien i et større sammenhængende system. I første omgang skal kommunens teknikere dog koncentrere sig om at få analyseret potentialet og økonomien i et fuldskalaanlæg, så man kan fremlægge et beslutningsforslag for byrådet i januar 2012.

På det lokale rensningsanlæg har man igennem de senere år fået optimeret produktionen af biogas, og til september indvier man landets første opgraderingsanlæg. Derved kan gasen sendes ud på naturgasnettet og bruges til transportformål, herunder som brændstof i bybusserne.

Ifølge Erik Jespersen, der er teknisk direktør i kommunen, er man løbende på jagt efter nye råvarer til

## Princippet i REnescience-anlægget



1. Usorteret husholdningsaffald bliver kogt på samme måde som kartofler.
2. Der tilsættes enzymer, som opløser det organiske materiale, så det bliver flydende.
3. Biomassen frasepareres og udnyttes i et biogasanlæg. Den afgasse biomasse bringes ud på landbrugsjorden, så næringsstoffer i form af blandt andet fosfor bliver genbrugt.
4. Metal og glas frasepareres og går til genbrug.
5. Restfraktionen i form af blandt andet plast, tekstil og træ bliver brugt som brændsel.

biogasanlægget. Husholdningsaffaldet vil i den forbindelse kunne give et pænt bidrag, men man har også planer om, at grøde fra kommunens åer og vandløb skal bruges til produktion af biogas.

### Det kan blive meget større

Ved underskrivelse af aftalen lagde administrerende direktør i DONG Energy, Anders Eldrup, ikke skjul på, at nok er REnescience-teknologien vigtig for Fredericia og for Danmark, men perspektiverne rækker ud over landets grænser:

– Langt de fleste steder i verden deponerer man affald, og det er rent ud sagt noget bras, sagde Anders Eldrup.

– I Danmark og flere andre lande brænder man affaldet. Det er meget bedre, men det er ikke optimalt. Ved forbrænding ødelægges vi en række grundstoffer som fosfor, der er en begrænset resurse, og som vi skal passe overordentligt godt på.

– I dag taler vi meget om, at der bliver mangel på energi, men i fremtiden bliver der mangel på alle mulige råstoffer. Det skal vi have mere fokus på, sagde Anders Eldrup, der så aftalen som et eksempel på, hvordan lokale initiativer kan være med til at løse klimaproblemet.

– Man kan spørge sig selv, om der nogen sinde kommer en global klimaaftale? Det ser ikke lovende ud, og vi kan ikke længere vente på, at verdens politikere løser problemet. Det skal løses nedefra – det er den eneste farbare vej, lød det fra direktøren.

### Tester 200 tons vestjysk affald

I Holstebro har man ligesom i Fredericia fået øjnene op for forsøgene hos Amagerforbrænding, og bestyrelsen for det fælleskommunale affaldsselskab nomi i/s har i første omgang valgt at bruge 1 million kroner på at sende 200 tons dagrenovation til testforarbejdning på det københavnske pilotanlæg.

Folkene bag nomi ser REnescience-teknologien som en vigtig brik i en samlet plan, der skal sikre, at lokalområdet bliver selvforsynende med energi, selvom affaldsmængderne falder, og det lokale Måbjergværk lige nu mangler 100.000 tons affald om året.



Foto: Torben Skott/BlePress

Administrerende direktør i DONG Energy, Anders Eldrup (tv), med den fraktion, der går til genbrug og bruges som brændsel. Til højre er det borgmester Thomas Banke med en prøve af den organiske fraktion, som skal bruges til produktion af biogas.

– Når der ikke længere er affald nok, er vi nødt til at tænke energiforsyning på nye måder. Én af dem er at udnytte den dagrenovation, vi kender fra de grønne containere mere effektivt, end vi gør i dag, forklarer Finn Thøgersen, der er bestyrelsesformand i nomi i/s.

– REnescience-teknologien løfter affaldsbehandlingen op på et helt nyt niveau, og harmonerer med Miljøstyrelsens planer om, at nyttiggørelsen af den organiske del af dagrenovationen skal nå 65 procent i 2035. Og så passer det fint ind i Holstebro Kommunes klimaplan, der satser massivt på vindenergi, solceller, bio-

masse og affald, forklarer bestyrelsesformanden.

Hos nomi mener man, der er forskel på, hvad vestjyder og østdanskerne smider i skraldespanden. Derfor vil man have det lokale affald testet på anlægget i København, inden man beslutter sig for at etablere et anlæg på Affaldsterminal Måbjerg i Holstebro.

– Men vi er ret optimistiske, og bestyrelsen er meget positiv, lyder det fra Finn Thøgersen, der spændt venter på at få analyseret resultaterne fra forsøgene på Amagerforbrænding. ■

# Sådan hæver man tørstofindholdet i gylle

**Tørstofindholdet i gylle har stor betydning for biogasanlæggenes økonomi. For et fællesanlæg, der behandler 1.000 ton biomasse dagligt, vil en forøgelse af tørstofindholdet på ét procentpoint give en gevinst på lidt over tre millioner kroner om året.**

Og det er slet ikke så svært at hæve tørstofindholdet i gyllen. Det var en af konklusionerne på en workshop i maj måned i Agro Food Park i Skejby. Arrangørerne var AgroTech i samarbejde med DLBR-Specialrådgivning om Biogas og Gylleseparering, og deltagerne spændte fra leverandører af staldanlæg til driftsledere på biogasanlæg.

Biogasanlæg modtager ofte gylle med meget forskelligt tørstofindhold, afhængigt af leverandøren. I en undersøgelse af gylleleverancerne til Linkogas i Sydjylland varierede tørstofprocenten i svinegylle således fra 3 til 9 procent og i kvæggylle fra 3,5 til 9,5 procent.

Undersøgelsen viste samtidig, at der ikke er de store udsving i tørstofindholdet fra den enkelte leverandør. Det må således være muligt at øge mængden af tørstof hos de landmænd, der har for meget vand i gyllen. Det kan blandt andet ske ved at:

- reducere mængden af protein, kalium og/eller natrium i foderet til malkekvæg



Foto: Torben Skott/BioPress

Ribe Biogas har valgt at belønne de landmænd, som leverer gylle med et højt tørstofindhold, og straffe dem, der leverer tynd gylle.

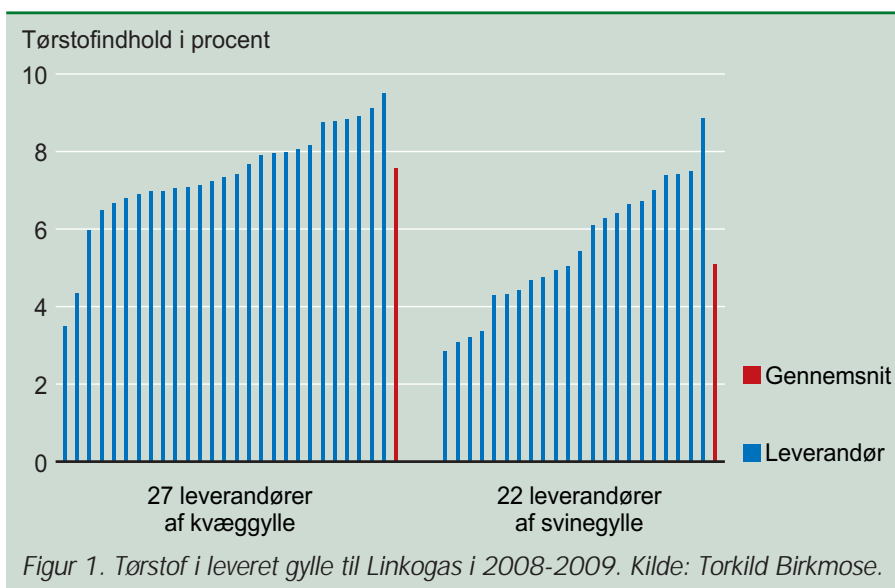
- lede vaskevandet fra stalden til en særskilt beholder
- anvende lunkent vaskevand i stedet for koldt
- anvende drikkekopper eller placere drikkeventiler over trugene
- bruge mere halm i stalden
- indføre kilde-separering af urin og fæces i stalden.

Hos Ribe Biogas har man erfaret, at landmændene skal have et økono-

misk incitament for at hæve mængden af tørstof. Derfor har man indført et system, hvor landmænd, som leverer gylle med et højt tørstofindhold, belønnes økonomisk på bekostning af landmænd, som leverer meget tynd gylle til biogasanlægget. Ligevægtpunktet, hvor der ikke sker en afregning, er ved 5,4 procent og 9,4 procent tørstof for henholdsvis svine- og kvæggylle. Ved leverance af tyndere gylle sker et fradrag i afregningen, mens der modsat udbetales et tillæg ved gylleleverancer med højere tørstofindhold.

Deltagerne på workshoppen konkluderede, at der skal arbejdes videre på sagen, hvis halvdelen af husdyrgødningen skal udnyttes til produktion af grøn energi i 2020. Der er behov for at få undersøgt de forskellige tiltag nærmere, herunder økonomien for den enkelte landmand. TS

Læs mere på [www.agrotech.dk](http://www.agrotech.dk).



Figur 1. Tørstof i leveret gylle til Linkogas i 2008-2009. Kilde: Torkild Birkmose.

## Mere gas med mekanisk forbehandling

**Forskere fra Aarhus Universitet har undersøgt en metode til forbehandling af biomasse, der kan øge gasudbyttet fra biogasanlæg markant.**

Ved metoden, der kaldes ekstrudering, gennemgår biomassen en mekanisk behandling i en kontinuerlig proces. Råmaterialet fodres ind i den ene ende af ekstruderen og transporteres igennem systemet af en snekeskrue. I løbet af processen bliver materialet blandet, neddelte og opvarmet. Processen bevirker, at planternes fibre og cellevægge bliver revet op, således at især sukkerstoffer bliver mere tilgængelige for bakterierne i biogasprocessen.

Forskerne har undersøgt fem forskellige typer biomasse med et tørstofindhold på over 20 procent, herunder halm, græs, gødning fra svin og kvæg samt dybstrøelse. Resultaterne viste, at ekstruderingen især påvirkede store partikler og forbedrede



Foto: Torben Skøtt/BioPress

*Mekanisk forbehandling af halm kan øge gasudbyttet i biogasanlæg med 70 procent, viser forsøg på Aarhus Universitet.*

nedbrydning af langsomt fordøjelige organiske stoffer. Nogle organiske stoffer, som normalt ikke er fordøjelige, blev også nedbrudt.

Metanudbyttet steg for alle de undersøgte materialer. For halm og dybstrøelse blev der registreret stigninger på henholdsvis 70 og 37 procent ef-

ter 28 dage. Energiforbruget var beskedent i forhold til merudbyttet af biogas.

Undersøgelsen blev udført med støtte fra Energinet.dk og Forsknings- og Innovationsstyrelsen.

Kilde: [www.agrsci.au.dk](http://www.agrsci.au.dk).

## Millioner til brændselscelleforskning

**Aalborg Universitet har fået en bevilling på 3,4 millioner kroner af Den Obelske Familiefond. Pengene skal bruges til at indkøbe nyt udstyr til test af brændselsceller.**

Bevillingen vil give et kæmpeløft til forskningen i brændselsceller på Aalborg Universitet, der selv bidrager med et tilsvarende beløb til køb af nyt udstyr.

– Vi har haft forskningsaktiviteter i gang inden for området i de seneste 10-11 år, og gennem årene har vi selv bygget det udstyr, som vi bruger, når vi afprøver vores brændselsceller. Nyt testudstyr, som er internationalt anerkendt, vil øge troværdigheden af vores forsøg, siger professor Søren Knudsen Kær.

Men det er ikke den eneste fordel, der er ved at investere i nyt udstyr.

– Fabriksfremstillet udstyr er markant mere brugervenligt end det udstyr, som vi selv har lavet gennem årene. Med det nye udstyr bliver det



Foto: Aalborg Universitet

meget nemmere for master- og ph.d.-studerende at sætte sig ind i, hvordan udstyret fungerer, og det betyder, at de hurtigere vil kunne komme i gang med at lave egentlige forsøg, lyder det fra Søren Knudsen Kær.

– Nyt testudstyr, som er internationalt anerkendt, vil øge troværdigheden af vores forsøg, vurderer professor Søren Knudsen Kær.

Han forventer, at antallet af ansatte inden for produktion af brændselsceller og brændselscellesystemer vil vokse markant inden for de kommende år.

– Der er helt klart ved at ske en kommerialisering af området. Det gælder ikke mindst nødgeneratorer, som sikrer uafbrudt elforsyning til kritiske installationer som computercentraler, kommunikationsnetværk og militære feltoperationer. De vil også kunne sikre en relativt stabil elforsyning i eksempelvis katastroferamte områder. Danske firmaer er godt med fremme, hvad angår produktion af brændselsceller, og firmaerne vil naturligvis også nyde godt af de resultater, vi kan frembringe med det nye udstyr, siger Søren Knudsen Kær. TS

# Lettere og billigere adgang til forskning

**Små og mellemstore virksomheder har vanskeligt ved at få adgang til forskningsartikler, patenter, tekniske rapporter og markedsinformation, viser en ny undersøgelse. Lettere og billigere adgang til viden vil skabe både innovation og vækst i samfundet.**

– Danmark skal leve af viden og teknologi, og nye idéer og opfindelser fra forskningen er et vigtigt led i fødekæden. Derfor er der brug for at sikre, at den viden, der for eksempel bliver til på universiteterne, også er tilgængelig for danske små og mellemstore virksomheder, så de kan gøre sig gældende i den globale sammenhæng, siger videnskabsminister Charlotte Sahl-Madsen.

Mere end to tredjedele af de adspurgte virksomheder angav, at de har vanskeligt ved at få adgang til markedsundersøgelser, rapporter, specialeopgaver eller afhandlinger, og 55 procent angav, at de har vanskeligt ved at få adgang til forskningsartikler.

Disse adgangsbarrierer og forsinkelser koster penge. Ifølge undersøgelsen vil det i gennemsnit have taget 2,2 år længere at udvikle eller introducere nye produkter uden brug af den akademiske forskning. For nye



Foto: Martin Lydtskov Rønne

produkter vil en forsinkelse på 2,2 år medføre, at et firma gennemsnitligt mister omkring 36 millioner kroner i omsætning.

– Jeg er meget optaget af at få ny forskning fra vidensinstitutionerne ud i samfundet, hvor den gør gavn. Vi skal fjerne barriererne, så danske virksomheder får fri adgang til danske forskningspublikationer. Det skal dels ske ved at få gjort viden lettere tilgængelig for alle, men også ved at øge incitamenterne for, at der bliver

– *Jeg er meget optaget af at få ny forskning fra vidensinstitutionerne ud i samfundet, hvor det gør gavn. Vi skal fjerne barriererne, så danske virksomheder får fri adgang til danske forskningspublikationer, siger videnskabsminister Charlotte Sahl-Madsen.*

ansat flere videnskabeligt uddannede medarbejdere i virksomhederne, så forskningsresultaterne på effektiv vis kan omdannes til innovation og vækst. Det vil være en gevinst for danske virksomheder, dansk forskning og det danske samfund i det hele taget, siger videnskabsminister Charlotte Sahl-Madsen.

Siden ministeren tiltrådte har hun haft fokus på at øge danske virksomheders adgang til viden. Blandt andet har hun i november nedsat en arbejdsgruppe til at se på, hvordan vidensspredningen kan forbedres. Gruppen kom i marts med deres anbefalinger. Derudover er vidempilotordningen blevet udvidet her i foråret. Ordningen giver støtte til små og mellemstore virksomheder, som ansætter deres første akademiker.

Rapporten "Access to Research and Technical Information in Denmark" kan læses på [www.fi.dk](http://www.fi.dk) TS

## Nye tider i Foulum

**Omrokeringer på Århus Universitet betyder, at der skal forskes mere i miljø og vedvarende energikilder på Forskningscenter Foulum.**

Ændringerne medfører dog også, at der generelt bliver skåret ned på antallet af arbejdspladser i Foulum, men centret vil fortsat skulle huse de to store institutter for jordbrugsøkologi og husdyr. Det er endnu ikke endeligt besluttet, hvilke nye områder der skal forskes i, men overvejelserne går på, at der blandt andet skal være mere fokus på udvikling af miljøvenligt jordbrug, herunder dyrkning og raffinering af energiafgrøder. TS

## Forgasningsstrategien

**Arbejdet med forgasningsstrategien skrider planmæssigt frem, og sidst i maj blev der afholdt et afgørende møde i den internationale fokuseringsgruppe.**

På mødet gennemgik man de danske forgasningsteknologier og branchen som helhed. Nu venter en proces med fortolkning af resultaterne fra mødet, yderligere analyser af markedet og input fra aktørerne. Det skal føre frem til et samlet notat, der forventes at blive sendt i høring medio juli. Den endelige udgave af forgasningsstrategien vil være færdig før EUDPs og Energinet's næste ansøgningsfrist 7. september 2011. TS

## Solum Gruppen i USA

**Fredag den 13. maj 2011 underskrev Solum Gruppen en samarbejdsaftale med den amerikanske cleantech projektudvikler, Turning Earth LLC.**

Underskrivelsen fandt sted i New York City under overværelse af miljøminister Karen Ellemann. Aftalen er en milepæl i udbredelsen af Solum Gruppens såkaldte Aikan teknologi, som omdanner organisk husholdningsaffald til biogas og gødning. Solum Gruppens mål er at etablere adskillige Aikan-anlæg i Nordamerika inden for en kort årrække. Aikan teknologien har været anvendt i fuldskala drift i Danmark siden 2003. TS

## Højere gasudbytte ved forbehandling af kvæg fibre

Forbehandling af kvæggylle ved tilsætning med mikroorganismer har ikke den store effekt på gasudbyttet. Til gengæld kan trykkogning forøge udbyttet med 48 procent, viser et projekt, som Xergi har udført i samarbejde med Novozymes.

Projektet bestod af en indledende screening, hvor forskellige mikroorganismer blev brugt til forbehandling af kvægfibre, der efterfølgende blev udrådnet i små forsøgsanlæg. Der blev opnået udbytteforbedringer for nogle mikroorganismers vedkommende i størrelsesordenen 10 – 20 procent, men generelt var forbedringerne begrænsede og resultaterne svingende.

En vis synergieffekt blev konstateret ved kombination af trykkogning og biologisk behandling, hvorefter der blev udført en række forsøg baseret på alkalisk-termisk behandlede fibre i et 2-trins pilotanlæg. Metoden, der kaldes NiX®, er baseret på et patent, som Xergi er medejer af.

NiX®-metoden viste udbytteforbedringer på 48 procent for afgassede kvægfibre, hvilket blev bekræftet ved parallelle batchtest. Kombination af NiX®-behandling og mikrobiel behandling øgede ikke gasudbyttet.

Projektet har dokumenteret, at NiX®-behandling er en egnet metode til forøgelse af biogasudbyttet fra fiberholdige biomasser som afvandet kvæggylle. Økonomien i forbehandlingen vil dog være afhængig af rammebetingelserne og det konkrete anlæg.



Foto: Xergi

Xergi's forsøgsanlæg til trykkogning af biomasse.

Titel:	Identifikation af mikroorganismer til optimering af behandling af gylle i biogasanlæg
Ansvarlig:	Xergi A/S, Anders Peter Jensen ✉ apje@xergi.com, ☎ 9935 1600
Sagsnr.:	ENS-64009-0051
Tilskud fra:	EUDP
Tilskud:	1.861.000 kroner

## Biogas i Ringkøbing Skjern

I 2020 vil Ringkøbing Skjern Kommune være selvforsynende med vedvarende energi, og det indebærer blandt andet, at der skal etableres et gasnet til distribution af biogas. Målet er en produktion på 60 millioner kubikmeter metangas om året, hvoraf halvdelen skal stamme fra landmændenes gylle.



Foto: Torben Skøtt/BioPress

I 2020 skal 80 procent af gyllen i Ringkøbing Skjern Kommune udnyttes til produktion af biogas.

Projektet har haft til formål at klarlægge fordele og ulemper ved et stort biogasnet i Ringkøbing Skjern Kommune, der har som mål at blive selvforsynende med vedvarende energi i 2020. Det er vurderet, at biogaspotentiallet i kommunen svarer til cirka 60 millioner kubikmeter metangas om året. Halvdelen vil kunne opnås ved at udrådne 80 procent af området gylle, mens den anden halvdel vil kunne produceres ud fra energi-afgrøder. Det vil kræve et areal svarende til fem procent kommunens landbrugsareal.

Ideen er, at der etableres 60-80 decentrale og 1-3 store centrale biogasanlæg, og at den producerede biogas distribueres til naturgasfyrede decentrale kraftværker. Med udgangspunkt i disse rammer er der blevet undersøgt en række forhold omkring etablering af et biogasnet. Det drejer sig om:

- sammenhængen mellem biogasproduktion og -behov
- biogas set i forhold til det overordnede energisystem
- rensning og måling af biogas
- konvertering af naturgasfyrede kraftvarmeverker til biogas
- værdien af biogas for kraftvarmeverker
- design af biogasnet
- ejer- og ansvarsforhold
- mulige forretningsmodeller

En detaljeret beskrivelse af de enkelte emner findes i rapporten "Establishment of a biogas grid and interaction between a biogas grid and a natural gas grid". Rapporten kan downloades fra [www.dgc.dk](http://www.dgc.dk) – klik på DGC publikationer/rapporter/rapporter 2010/2011.

Titel:	Rammebetingelser for samspil mellem biogas- og naturgasnet .
Ansvarlig:	HMN Naturgas I/S, Per Jensen, ✉ pej@naturgas.dk, ☎ 6225 9639
Sagsnr.:	ForskNG-10529
Tilskud fra:	PSO
Tilskud:	1.408.000 kroner

## Fra biomasse til gas til flydende brændstoffer

Der findes i dag en lang række forskellige metoder til at omdanne biomasse til flydende brændstoffer. En af de mindre kendte – men måske mere perspektivrige – metoder, er forgasning af biomasse, der efterfølgende konverteres til metanol eller DME via en katalytisk proces.

På Risø DTU har forskerne undersøgt, hvordan man via forgasning og en katalytisk proces kan omdanne biomasse til metanol og DME, også kaldet dimethylether. Metanol og DME har mange lighedspunkter, men hvor metanol er flydende, er DME en gasart ved atmosfærisk tryk. Trykket skal dog kun hæves til fem bar, før DME bliver flydende, og bilproducenter som Volvo anser i dag DME for at være fremtidens dieselbrændstof.

I projektet er DTU's Viking forgasser blevet brugt til at omdanne biomasse til gas, der efterfølgende er konverteret til metanol i et laboratorieanlæg. Computermødel har vist, at sådanne anlæg vil kunne konvertere 51 – 58 procent af energien i biomassen til DME/metanol. Derudover vil der blive produceret el, og ved at bruge spildvarmen fra anlæggene til fjernvarme, vil der kunne opnås totalvirkningsgrader på 87 – 88 procent.

I laboratoriet er der endvidere udført forsøg med forgasning af træ og halm i en elektrisk opvarmet entrained flow forgasser, der i dag den foretrukne teknologi til forgasning af kul. Forsøgene viste blandt andet, at biomassen kan forgasses med et mindre iltforbrug end kul, og den organiske del af biomassen, som ikke omdannes til gas, bliver til sod. Computermødel af et anlæg viser, at 65 – 71 procent af energien i tør biomasse kan omdannes til DME/metanol.

Endelig viser en sammenligning af de forskellige metoder til konvertering af biomasse til flydende brændstoffer, at de forgasningsbaserede metoder er både attraktive og energieffektive.



Foto: Torben Skætt/BioPress

Viking forgasseren på DTU.

Titel:	Produktion af methanol/DME ud fra biomasse
Ansvarlig:	Risø DTU, Ulrik Birk Henriksen, ✉ ubhe@risoe.dtu.dk, ☎ 4677 4248
Sagsnr.:	ENS 33032-0017
Tilskud fra:	EFP
Tilskud:	3.033.000 kroner

## Udvikling af HCCI-motor til DME

DME kan være et godt bud på fremtidens brændstof, men det kræver ændringer af de eksisterende dieselmotorer eller udvikling af nye motortyper. En løsning kan være en såkaldt HCCI motor, der kombinerer dieselmotorens høje virkningsgrad med benzinmotorens lave emissioner.

DME er nært beslægtet med metanol (træsprit), men hvor metanol er flydende, er DME en gasart ved atmosfærisk tryk. Trykket skal dog kun hæves til fem bar, før DME bliver flydende, og det er interessant som dieselbrændstof, da forureningen er markant mindre end for den traditionelle dieselolie.

Ved projektets start var der registreret problemer med DME's smøreevne, og meget tydede på, at det kunne løses ved at anvende en ny motortype kaldet HCCI, der er en mellemting mellem en benzinmotor og en dieselmotor.

Forbrændingsprocessen i en HCCI-motor kan imidlertid være vanskelig at styre, men der er også fordele ved motoren. Eksempelvis kan DME indsprøjtes ved et tryk på omkring 10 bar eller langt mindre end de cirka 500 bar, som kræves, når DME anvendes i en dieselmotor. Det vil betyde en kraftig reduktion af sliddet på blandt andet brændstofpumpen.

På DTU Mekanik har forskerne udviklet en model for forbrænding af DME og metanol, og hos NTSEL i Japan er der udført en række forsøg med en lastbilmotor med et kompressionsforhold på 14,5. Forsøgene viste blandt andet, at en dieselmotor med et lavt kompressionsforhold og direkte indsprøjtning kan fungere i både traditionel dieseldrift og HCCI-drift uden modifikationer udover ændringer i udstyret til brændstofindsprøjtning. I overensstemmelse med de teoretiske beregninger kan selvantændelse forsinkes ved tilsætning af en begrænset mængde metanol til indsugningsluften. Motorvirkningsgraden var på samme niveau som virkningsgraden for den umodificerede dieselmotor.

Akustiske forsøg viser, at motorstøjen kan reduceres ved at anvende flere små forbrændingskamre i stemplet. I et aktuelt forsøg med en to-cylindret dieselmotor blev den største reduktion dog opnået ved at anvende en traditionel stempeltop.

I dag findes der additiver, der forbedrer DME's smøreevne, og hos Volvo har man været i stand til at tilpasse en 9-liters dieselmotor til DME.

Titel:	Udvikling af HCCI motor til DME (DI Methyl Ether)
Ansvarlig:	DTU Mekanik, Jesper Schramm ✉ js@mek.dtu.dk, ☎ 4525 4179
Sagsnr.:	ENS 33032-0014
Tilskud fra:	EFP
Tilskud:	1.516.000 kroner

## Brænderøg og sundhed

Brænderøg er i de senere år blevet beskyldt for at påvirke menneskers generelle helbred og almene velbefindende negativt. Et nyere dansk forskningsprojekt har forsøgt at undersøge, hvordan kort tids udsættelse for høje koncentrationer af brænderøg påvirker raske mennesker.

I nærværende projekt er effekten af brænderøg på menneskers helbred blevet undersøgt. Det kontrollerede klimakammerforsøg viser, at kort tids udsættelse for brænderøgen kun i begrænset omfang kan måles i mennesker. Slimhindeirritation og milde tegn på betændelsestilstand i luftvejene er nogle af fundene i undersøgelsen.

På trods af at forsøget er baseret på simple målinger og signalstoffer, vidner resultaterne om, at mennesker påvirkes af brænderøg. Det er dog ikke muligt på baggrund af denne undersøgelse at fastslå typen eller omfanget af sygdomme ved længere tids udsættelse for brænderøg.

Det er derfor fortsat ønskværdigt at nedbringe forureningen fra brændeovne. Der bør især være fokus på de brændeovnsbrugere, som ikke fyrer korrekt, og dermed er de største bi-dragsydere til forureningen.

Titel:	Health effects related to exposure to indoor particle pollution from wood-burning stoves. HIPWOODS
Ansvarlig:	Afdeling for Miljø- og Arbejdsmedicin, Aarhus Universitet, Torben Sigsgaard, ✉ ts@mil.au.dk, ☎ 2899 2426
Sagsnr.:	2104-05-0045
Tilskud fra:	DSF
Tilskud:	1.800.000 kroner



Røg fra brændeovne kan give anledning til irritation af slimhinder og milde tegn på betændelse i luftvejene.

## Gødning fra bioaske

Ved afbrænding af animalsk biomasse går den værdifulde fosfor tabt, men nu er det lykkedes at udvikle en proces, der gør det muligt at udnytte næringsstofferne i asken til fremstilling af gødning.



Foto: Anita Rye Ottosen/Kommunekemi.

Gødning fremstilling hos Kommunekemi af "ren" aske.

Projektet har haft til formål at udvikle vådkemiske processer til oparbejdning af fosfor fra animalske asker (Kommunekemi). Desuden er det undersøgt, hvilke parametre der spiller ind på kvaliteten af gyllefiberaske (Syddansk Universitet), og der er udviklet et computerprogram til simulering af vådkemiske processer (Aqueous Solution Aps).

Gennem projektet er der udviklet en proces til fremstilling af gødning af aske fra gyllefibere og kød- og benmel, der overholder gødningsindustriens kvalitetskrav. Gødningen har således et lavt indhold af tungmetaller, og 70 procent af fosforindholdet er vandopløseligt. For at produktet kan anvendes som erstatning for kunstgødning, skal det imidlertid tørres og pelleteres, og den proces bliver der nu arbejdet videre med i et nyt projekt, støttet af Miljøstyrelsen.

Efter indsamling, forbrænding og analyse af gyllefibere fra nogle af landets separationsanlæg ses en klar sammenhæng mellem separationsteknik og askernes indhold af kobber og zink. Når der anvendes polymer, ender størstedelen af kobber og zink i gyllefibrene, mens det ved andre teknologier ender i den flydende fraktion. Gyllefiberaske, der er separeret med polymer, kan derfor ikke anvendes i ovennævnte proces til fremstilling af gødning.

Aske fra spildevandsslam kan heller ikke anvendes i processen på grund af det høje indhold af tungmetaller, jern og aluminium. Der er undersøgt forskellige andre muligheder, hvor den mest giftige er fremstilling af trinatriumfosfat. Processen er dog ikke rentabel på nuværende tidspunkt, og der er stor usikkerhed om afsætningsmuligheder for trinatriumfosfat. Derfor arbejdes der videre med udvikling af alternative processer til asker med et højt indhold af tungmetaller.

Titel:	Working up phosphate from ashes
Ansvarlig:	Kommunekemi, Ole Kristensen, ✉ ok@kommunekemi.dk, ☎ 4091 4163
Sagsnr.:	ForskEL 10111
Tilskud fra:	PSO
Tilskud:	2.700.000 kroner

## Katalysatorer til biomasse- og affaldsfyrede værker

Forskere på DTU Kemi og DTU Kemiteknik har fundet en række nye katalysatorer, der kan fjerne de skadelige kvælstofoxider i røgen fra biomassefyrede kraftværker og affaldsforbrændingsanlæg. Projektet har udmøntet sig i syv patentansøgninger, og katalysatorerne bliver nu videreudviklet i en række nye projekter.

Projektet har haft til formål at udvikle katalysatorer, der fjerner de skadelige kvælstofoxider (NO<sub>x</sub>) i røgen fra biomassefyrede kraftværker og affaldsforbrændingsanlæg. I disse anlæg har røggassen et højt indhold af kaliumforbindelser, som typisk vil deaktivere de traditionelle katalysatorer. Derudover er der undersøgt nye teknologier, som baserer sig på en beskyttende coating af katalysatorelementerne samt en metode, hvor ioniske væsker absorberer NO<sub>x</sub>.

I laboratorietest er der fundet fire forskellige katalysatorer, der udviser væsentligt bedre alkaliresistens end den type, som anvendes i dag. To af katalysatorerne udviser også væsentligt højere aktivitet uden alkaliforgiftning end den industrielt anvendte katalysator. Disse katalysatorer vil også være attraktive ved anvendelse af fossile brændsler og er derfor særligt stærke kandidater til kommercielle anlæg. Resultaterne af coatingundersøgelserne har også udmøntet sig lovende, især ved brug af magnesiumforbindelser, der kan fange alkalialtene, før de når at ødelægge katalysatoren. Teknologien er netop nu under afprøvning hos Haldor Topsøe A/S. Endelig har to ioniske væsker vist sig velegnede til absorption af NO<sub>x</sub> og er således også kandidater til videreudvikling.

De udviklede katalysatorer og teknologier har udmøntet sig i syv patentansøgninger i projektperioden, ligesom resultaterne er beskrevet i 36 tidsskriftartikler og conferencebidrag. En PhD-afhandling af Johannes-Due Hansen med titlen "Alternative deNO<sub>x</sub> Catalysts and Technologies" er også et resultat af projektet.

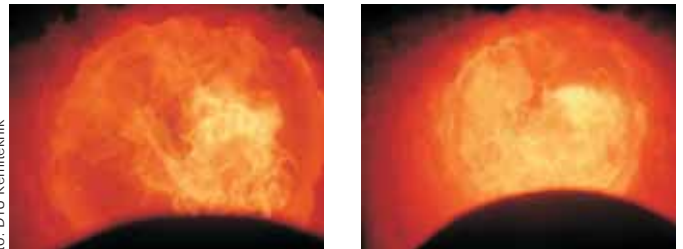
De mest værdifulde fund og nye ideer videreføres i:

- et proof of concept projekt fra Forskningsstyrelsen
- erhvervsforskerprojektet "DeNO<sub>x</sub>-katalysatorer til biomassefyredning" finansieret af DONG Energy og Vattenfall A/S
- Energinet.dk-projektet "Hydrocarbon Selective Catalytic Reduction" med de samme samarbejdspartnere som i nærværende projekt.

Titel:	Alternative alkali resistent deNO <sub>x</sub> technologies
Ansvarlig:	DTU Kemi, Rasmus Fehrmann, ✉ rf@kemi.dtu.dk, ☎ 4525 2389
Sagsnr.:	ForskEL-7318
Tilskud fra:	PSO
Tilskud:	3.100.000 kroner

## Mere ilt kan reducere kraftværkernes CO<sub>2</sub>-udledning

Ved at erstatte forbrændingsluften med ren ilt i recirkuleret røggas er det forholdsvist enkelt at isolere røggassens indhold af CO<sub>2</sub>. Teknikken kaldes oxyfuelforbrænding, og i kombinationen med CO<sub>2</sub>-lagring kan det give markante reduktioner i kraftværkernes CO<sub>2</sub>-udledning.



Forbrænding af en blanding af kul/halm i en hvirvelbrænder under henholdsvis luftforbrænding (til venstre) og oxyfuelforbrænding (til højre).

I nærværende projekt er der gennemført en række undersøgelser af oxyfuelforbrænding på et kraftværk, herunder:

- Undersøgelser af forbrændingen af kul, halm samt kombinationer af kul/halm. Undersøgelserne omfatter dels forbrænding med luft, dels forbrænding med forskellige blandinger af CO<sub>2</sub> og ilt. Forsøgene er udført i en hvirvelbrænder i laboratorieskala og illustrerer blandt andet en række vigtige problemstillinger omkring aske- og belægningsdannelse og emissioner af NO<sub>x</sub> og SO<sub>2</sub>.
- Laboratorieundersøgelser af fjernelse af NO<sub>x</sub> fra røggassen ved oxyfuelforbrænding.
- Laboratorieundersøgelser af våd røggasafsvøvlning ved oxyfuelforbrænding.
- Laboratorieundersøgelser i en entrained flow reaktor af pyrolyse og koksudbrænding samt udvikling af en detaljeret matematisk model til forudsigelse af udbrænding.
- Litteraturstudie og laboratorieundersøgelser af korrosion af hedeflader i røggasser fra oxyfuelforbrænding.
- Procesberegninger af varmeoptag på Studstrupværkets blok 4 ved tilsætning af henholdsvis forbrændingsluft som i dag og ved anvendelse af oxyfuelforbrænding.
- Supplerende beregninger ved brug af CFD af varmeoptag i fyrrummet på Studstrupværkets blok 4.

Projektet har ført til en række vigtige nye erkendelser for oxyfuelforbrænding generelt, og i særdeleshed hvad angår oxyfuelforbrænding af biomasse. Overordnet set har projektet vist, at der forbrændingsteknisk ikke er noget til hinder for at bruge teknikken i fuld skala.

Titel:	Oxy-fuel combustion for below zero CO <sub>2</sub> emissions
Ansvarlig:	DTU Kemiteknik, Anker Degn Jensen, aj@kt.dtu.dk ✉, ☎ 4525 2841
Sagsnr.:	ForskEL-7171
Tilskud fra:	PSO
Tilskud:	1.943.000 kroner

## Målinger af forbrænding med forhøjet iltkoncentration

Forskere på DTU Kemiteknik og DTU Risø har undersøgt tre optiske metoder til at diagnosticere forbrændingsprocesser under både almindelig luftforbrænding og under såkaldt oxyfuelforbrænding, hvor forbrændingen sker i CO<sub>2</sub> med en forhøjet koncentration af ilt.

I projektet har forskerne især haft fokus på følgende teknikker:

- IR målinger (infrarøde målinger) af partikeltemperaturer i en såkaldt hvirvelbrænder (swirl burner).
- IR målinger af partikeltemperaturer i en fixed bed reaktor i laboratorieskala.
- FTIR målinger af gastemperaturer og gaskoncentrationer i en hvirvelbrænder. FT (Fourier Transformation) er en matematisk model, der giver mulighed for at analysere de enkelte stoffer i en kompleks gasblanding.

Resultaterne fra hvirvelbrænderen viser, at FTIR teknikken er et værdifuldt værktøj til bestemmelse af gastemperaturen og giver mere nøjagtige og væsentligt højere værdier end målinger med termoføler. Samtidig opnås informationer om hurtige fluktuationer i reaktoren. Teknikken udviser endvidere en høj grad af præcision, når det drejer sig om at bestemme koncentrationerne af H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> og CO.

IR-teknikken viste sig at være pålidelig, når det handler om at bestemme partiklernes størrelse, temperatur og koncentration. For hvirvelbrænderen var den efterfølgende databehandling i en vis grad følsom over for optiske forstyrrelser, men det vil kunne undgås ved at sætte skrapere krav til softwaren. I fixed bed reaktoren viste brugen af IR teknikken sig at være et særdeles værdifuldt værktøj til fortolkning af dannelse af nitrogenoxid.

Projektet har givet værdifulde informationer om styrker og svagheder ved de anvendte teknikker til diagnosticering af forbrændingsprocesser og har givet værdifuld ny viden om støvforbrænding af store biomassepartikler.

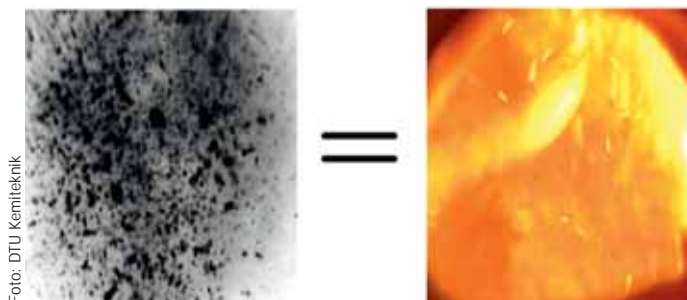


Foto: DTU Kemiteknik

Til venstre ses et termisk billede af halmpartikler i flammen i hvirvelbrænderen, mens billedet til højre er taget med et digitalt kamera og viser flammen i hvirvelbrænderen.

Titel:	Avancerede målemetoder anvendt på Oxyfuel forbrændingsprocesser
Ansvarlig:	DTU Kemiteknik, Anker Degn Jensen, aj@kt.dtu.dk ☒ , ☎ 4525 2841
Sagsnr.:	ForskEL-10069
Tilskud fra:	PSO
Tilskud:	1.784.000 kroner

## Fra gylle til bioolie

SCF-Technologies har i de senere år arbejdet intenst på at udvikle CatLiq-teknologien, der kan omdanne gylle til bioolie. Et af målene var etablering af et stort demonstrationsanlæg i tilknytning til Vattenfalls kraftværk i Aalborg, men anlægsværten sprang fra, og for nylig blev teknologien solgt til et konsortium i Tyrkiet.



Foto: Torben Skott/BloPress

Pilotanlægget hos SCF-Technologies i Herlev.

I efteråret 2009 gik SCF-Technologies i gang med at designe et CatLiq-demonstrationsanlæg til Nordjyllandsværket, hvor gylle under høje tryk og temperaturer omdannes til bioolie. Undervejs i forløbet er der arbejdet på at optimere teknologien, og SCF's pilotanlæg i Herlev har i den forbindelse været i drift i knap 700 timer. Ud fra det arbejde kan det blandt andet konkluderes, at:

- de opnåede resultater med gyllefibre overstiger de oprindelige forventninger
- et system til mekanisk forbehandling af gyllen har forbedret forbehandlingen markant
- gyllefibre med et tørstofindhold på 22 procent kan pumpes rundt i anlægget
- en såkaldt MVR enhed giver mulighed for at genvinde organiske komponenter
- olien har et højt askeindhold

Projektparterne har undervejs oplevet stor opbakning til etablering af demonstrationsanlægget, men i 2010 valgte Vattenfall at trække sig ud af projektet, SCF Technologies kom i økonomiske vanskeligheder, og i januar 2011 blev selskabets CatLiq-aktiviteter solgt til et tyrkisk konsortium.

Titel:	Demonstration af produktionen af bæredygtig bioolie baseret på CatLiq teknologien – fase 1
Ansvarlig:	SCF Technologies A/S, Morten Nielsen ☒ info@scf-technologies.com, ☎ 8830 3200
Sagsnr.:	ENS-64009-0030
Tilskud fra:	EUDP
Tilskud:	9.379.000 kroner

## Keramiske brændselsceller til kraftvarme

Levetiden for keramiske brændselsceller (SOFC) er forøget markant, og den elektriske effekt er steget med 130 procent. Det er opnået ved nyt design af forbindelsen mellem de enkelte celler, forbedrede celler og bedre udnyttelse af cellearealet.

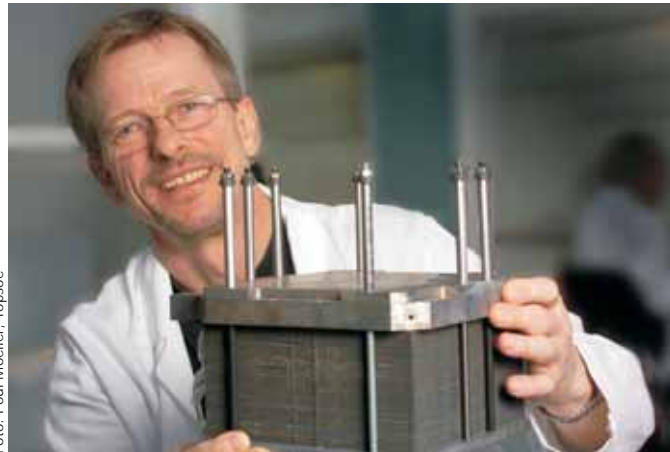


Foto: Poul Moeller, Topsoe

*Keramisk brændselscelle fra Topsoe Full Cell.*

Projektet har fokuseret på at undersøge tre aspekter, der er vigtige for kommercialiseringen af keramiske brændselsceller. De tre overordnede emner er:

- levetid og holdbarhed af keramiske brændselsceller
- design af skalerbare enheder
- forøgelse af den elektriske effekt.

Undersøgelserne spænder bredt – fra fundamentale materialeundersøgelser af de komponenter, der indgår i en stak, til undersøgelse af hvilke krav fra systemet, der påvirker designet og den elektriske forbindelse af de enkelte celler.

I tidligere design har levetiden været begrænset af korrosion af den metalplade, som elektrisk og mekanisk forbinder de enkelte brændselsceller i en stak. I dette projekt har undersøgelser af forskellige kommercielle ståltyper imidlertid vist, at levetiden kan forøges markant ved at vælge den rette ståltype og en optimal driftstemperatur. I projektet nåede levetiden af stålet således op på omkring syv år, og samtidig er stålet både billigere og stærkere end det, der hidtil har været anvendt.

Et andet vigtigt resultat fra projektet er en markant forøgelse af den elektriske effekt. Sammenlignet med et resultat fra det tidligere projekt, PSO 2008-1-10207, er den elektriske effekt for en stak med samme areal, samme driftstemperatur og samme celledspænding forøget med 130 procent. Det er opnået ved nyt design af forbindelsen mellem de enkelte celler, forbedrede celler og bedre udnyttelse af cellearealet.

Titel:	Keramiske brændselsceller til kraftvarme produktion
Ansvarlig:	Topsoe Fuel Cell A/S, Rasmus Barfod, ✉ raba@topsoe.dk, ☎ 4527 2330
Sagsnr.:	ForskEL-10440
Tilskud fra:	PSO
Tilskud:	7.995.000 kroner

## Markedsintroduktion af mikrokraftvarme

Mikrokraftvarme baseret på brændselsceller kan være rentable i ældre boliger, hvis der indføres en nettomålerordning, hvor måleren løber baglæns, når der leveres el til nettet. I et nyere hus, som har omtrent det halve varmeforbrug, ville der kræves en yderligere investeringsstøtte på cirka 7.500 kroner/ kW for at sikre rentabilitet.

Formålet med projektet har været at undersøge, hvordan en markedsintroduktion af mikrokraftvarme kan finde sted. Projektet er udført i et samarbejde mellem Risø DTU, EIFER (Frankrig) og Simbiente (Portugal).

I projektet er der fokuseret på brændselsceller i størrelsen 1-2 kW i almindelige parcelhuse tilknyttet naturgasnettet. Det er således tanken, at en brændselscelle leverer varme til huset og i samme ombæring producerer el til eget forbrug, mens overskuddet leveres til elnettet. Anvendelse af brændselscellen er teknisk blevet simuleret på timebasis for et år under hensynstagen til, hvilket støttesystem eller ejerforhold der bedst fremmer introduktionen af et sådant anlæg. De forskellige støttesystemer omfatter:

- nettomålerordningen, hvor måleren løber baglæns, når der leveres el til nettet, svarende til den ordning der anvendes til solceller.
- feed-in tariffer med/uden egetforbrug, hvor der betales en ekstra høj pris for den mængde el, der leveres til nettet.
- en ordning, hvor et energiselskab ejer og driver en række anlæg.

De vigtigste resultater viser, at baseret på 2008-priser er en 1 kW-brændselscelle rentabel i et ældre hus, såfremt nettomålerordningen indføres. I analyserne antages det, at det årlige forbrug er på knap 20.000 kWh, og installationsomkostningerne for brændselscellen er på 37.000 kroner/kW. I et nyere hus, som har omtrent det halve varmeforbrug, vil der kræves en yderligere investeringsstøtte på cirka 7.500 kroner/kW for at sikre rentabilitet. Blev der i stedet anvendt en feed-in tarif, skulle den være på 2,70 kroner/kWh for at gøre investeringen rentabel i et nyt hus og 2,50 kroner/kWh i et ældre hus. De tilsvarende resultater med nettomålerordningen i Frankrig og Portugal er langt mindre favorable, da begge lande har en lavere forbrugerpris på el.

Læs mere om projektet på [www.fc4home.com](http://www.fc4home.com).

Titel:	SEE-microFC – Systemanalyse af Mikro Brændselsceller (Hyco-Eranet projekt)
Ansvarlig:	Risø DTU, Poul Erik Morthorst ✉ pemo@risoe.dtu.dk, ☎ 4677 5106
Sagsnr.:	ENS-63011-0211
Tilskud fra:	EUDP
Tilskud:	1.250.000 kroner

## Bioethanol fra halm kræver betydelig offentlig støtte

**Produktionen af bioethanol fra halm er hverken samfunds- eller selskabsøkonomisk lønsom, og det vil næppe være muligt at etablere et produktionsanlæg uden væsentlig offentlig støtte.**

De to projekter om økonomien i bioethanol har ikke kunnet gennemføres i henhold til den oprindelige intention, da det ikke har været muligt at fremskaffe de fornødne data fra projektets partnere. Nedenstående beskrivelse er derfor kun en begrænset rapportering fra projektes fase 1.

I projektet er der fokuseret på to metoder til produktion af 2. generationsbioethanol. Det drejer sig om:

- IBUS-konceptet, hvor anlægget til produktionen af bioethanol tilknyttes et kraftvarmeværk. Konceptet blev oprindeligt udviklet af ELSAM og og videreført af DONG Energys datterselskab Inbicon, der i dag har et stort demonstrationsanlæg i drift i Kalundborg.
- Risø-DTU konceptet, hvor der foregår en samproduktion af bioethanol, kraftvarme og biogas. Det første pilotanlæg blev opført på DTU og videreført af Biogasol ApS, der har planer om at etablere et stort demonstrationsanlæg på Bornholm.

Beregninger af økonomien i IBUS konceptet viser, at produktionen af bioethanol fra halm ikke vil være samfunds- og vel-færdsøkonomisk lønsom. Den udvidede samfundsøkonomiske analyse udviser en betydelig negativ nuværdi for projektet.



Foto: Torben Skott/IBioPress

*IBUS-konceptet blev oprindeligt udviklet af ELSAM. Billedet er fra indvielsen af et af de første pilotanlæg på Fynsværket. Senere blev anlægget flyttet til Skærbækværket, og i 2010 blev et stort forsøgsanlæg indviet i Kalundborg.*

**Titel:** Samfunds- og selskabsøkonomisk analyse af bioethanol-produktion i Danmark i samproduktion med kraftvarme og biogas (IBUS koncept). Fase 1.

**Ansvarlig:** DTU Risø, Lars Henrik Nielsen,  
✉ lani@risoe.dtu.dk, ☎ 4677 5110

**Sagsnr.:** ENS 33031-0063

**Tilskud fra:** EFP

**Tilskud:** 1.247.000 kroner

Det har dog ikke været muligt at opgøre værdien af en række relevante eksternaliteter for konceptet. Det handler blandt andet om de konsekvenser, projektet vil have på olieforbrændning, energiforsyningsikkerhed og sikkerhedspolitik. Dertil kommer projektets mulige konsekvenser for videre teknologisk udvikling på området samt projektets muligheder for eksport og øget beskæftigelse.

De selskabsøkonomiske beregninger viser, at projektet under de valgte forudsætninger er forbundet med en betydelig økonomisk risiko. Der er dog en betydelig spredning på de selskabsøkonomiske resultater afhængigt af de valgte forudsætninger, men det må konkluderes, at projektet på det foreliggende beregningsgrundlag fremstår som ikke attraktivt og endog meget risikofyldt. Det vil således næppe være muligt at etablere et sådant produktionsanlæg uden væsentlige besparelser og/eller merindtægter i form af for eksempel offentlig støtte.

Projektets fase 2, der omhandler Risø-DTU konceptet, har fra starten stødt på betydelige vanskeligheder. Sent i projektets fase II var de forventede data endnu ikke tilvejebragt. En oversigt samt visse tekniske data blev præsenteret af Biocentrum-DTU sent i 2007, men i foråret 2011 forelå de overordnede tekniske data samt forudsatte drifts- og investeringsforhold endnu ikke. Der er desuden uklarhed om det analyserede koncept, der af Biocentrum-DTU skiftevis er blevet betegnet som Risø-DTU-, MaxiFuel- og Biogasolkonceptet. Samarbejdet med Biocentrum-DTU har generelt været præget af skiftende kontaktpersoner, og det har i perioder været umuligt at få kontakt til Biocentrum-DTU. Konsekvensen har været, at der ikke foreligger nogen beregninger af hverken samfunds- eller selskabsøkonomien i Risø-DTU konceptet.



Foto: Torben Skott/IBioPress

*Maxi-Fuel anlægget på DTU, hvor teknologien er baseret på samproduktion af bioethanol, kraftvarme og biogas. Konceptet bliver i dag videreført af Biogasol ApS, der har planer om at etablere et demonstrationsanlæg på Bornholm.*

**Titel:** Samfunds- og selskabsøkonomisk analyse af bioethanol-produktion i Danmark i samproduktion med kraftvarme og biogas. Fase 2: Bioethanol-produktion i Danmark i samproduktion med kraftvarme og biogas (Risø DTU konceptet)

**Ansvarlig:** DTU Risø, Lars Henrik Nielsen,  
✉ lani@risoe.dtu.dk, ☎ 4677 5110

**Sagsnr.:** ENS 33032-0044

**Tilskud fra:** EFP

**Tilskud:** 467.000 kroner

FiB – udgives med støtte fra Energinet.dk og Energiteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram (EUDP), der administreres af Energistyrelsen. Der udkommer fire tidsskrifter og otte nyhedsbreve om året. Gratis abonnement kan tegnes via hjemmesiden [www.biopress.dk](http://www.biopress.dk) eller ved henvendelse til BioPress på telefon 8617 8507.

**BioPress** bringer løbende nyheder fra forskernes verden. Følg med på [www.biopress.dk](http://www.biopress.dk), hvor du kan downloade tidsskrifter og nyhedsbreve.

**Ansvarshavende redaktør:**  
Journalist Torben Skøtt

**ISSN:** 1904-6960

**Produktion:**  
BioPress  
Vestre Skovvej 8  
8240 Risskov  
Telefon 8617 8507  
E-mail: [biopress@biopress.dk](mailto:biopress@biopress.dk)  
Hjemmeside: [www.biopress.dk](http://www.biopress.dk)

**Forsidefoto:**  
Oliver Reck, DTU

**Oplag:** 3.500 stk.

**Tryk:**  
CS Grafisk. Bladet er trykt på svanemærket offset papir.

**Gengivelse** af artikler og illustrationer må kun ske efter aftale med BioPress. Citater fra artikler må gerne bruges med tydelig kildeangivelse.

**Næste nummer:**  
– udkommer medio september 2011. Deadline for redaktionelt stof er den 15. august 2011.

## Fæld stammerne og fjern rødderne i én arbejdsgang



Arkivfoto: Torben Skøtt/BioPress

**Svenske forskere vil undersøge, om det er muligt at fælde træer og fjerne rødderne i én arbejdsgang. De første forsøg bliver foretaget i løbet af sommeren på et areal nord for Umeå.**

I dag fjernes rødderne i de svenske skove med særskilte maskiner, efter at stammerne er fældet og transporteret væk. Det giver ekstra arbejde og øgede transportomkostninger i forhold til et system, hvor det hele foregår i én arbejdsgang.

Men nu er en gruppe forskere fra Sveriges Lantbruksuniversitet gået i gang med at udvikle en maskine, som kan skære rødderne fri under jorden. Det lyder måske som ren science fiction, men i slutningen af 1970'erne arbejdede man med sådanne systemer på forsøgsbasis.

Maskinen vil kunne lette arbejdet i skoven, og da rødderne bliver på stammerne, vil man kunne transportere det hele væk med traditionelle tømmer-transporter.

Forskerne har regnet ud, at for hver gang man fjerner 1.000 kubikmeter råtræ fra skoven, vil man få 80 kubikmeter rødder, svarende til en forøgelse af biomassen på 8 procent. Stammerne vil for størstepartens vedkom-

*Ved traditionel skovning fældes først træerne, hvorefter rødderne tages op med gravemaskiner. Det er en dyr og arbejdskrævende proces, som måske kan forenkles, vurderer svenske forskere.*

mende blive anvendt i træindustrien, mens rødderne vil blive brugt som biobrændsel.

Det er skovfoged Simon Berg, der står for de praktiske forsøg som led i et ph.d.-projekt. I løbet af sommeren skal der udføres en række tests nord for Umeå, hvor man blandt andet vil finde ud af, hvor stort et moment der skal til for at presse et antal knive ned i jorden og skære rødderne fri.

I Trångsviken i Jämtland har opfinderen Lennart Nyman arbejdet med lidt af den samme idé, som Sveriges Lantbruksuniversitet nu forsker i. Han har blandt andet patenteret et roterende rør med en diameter på 70 cm, der kan monteres på en mejetærsker og skære rødderne fri. Som systemet fungerer i dag, kræver det, at stammen først er fældet, men måske kan røret deles op i to halvdele, så det kan få fat om rødderne, mens stammen stadig står der.

*Kilde: [www.lantbruk.com](http://www.lantbruk.com).*