



37 millioner fra PSO  
til bioenergi 3

Metanol kan sætte  
skub i salget af elbiler 4

Kulstof er lige så vigtig  
som energi 6

Bæredygtige  
biobrændstoffer 7

Vælg de rigtige afgrøder  
til biogasanlægget 8

Online styring af  
biogasprocessen 10

Nye ansøgningsrunder 12

Afsluttede projekter 13

Historisk løft til  
energiforskning 16

## *Energinet.dk om forgasningsanlæg:*

# Det er nu eller aldrig

Med en samlet bevilling på godt 18 millioner kroner vil Energinet.dk nu have testet, om forgasningsteknologien er bæredygtig eller ej. Pengene går dels til en to-trins forgasser hos Hadsund Fjernvarme, dels til udvikling af en fluid-bed forgasser, så kraftværkerne i højere grad kan bruge affald i stedet for kul.

*Af Torben Skøtt*

Det har taget lang tid, og for lang tid vil mange sikkert mene. Siden de første forgasningsprojekter blev lanceret i starten af 1990'erne er der blevet brugt omkring en halv milliard kroner på udvikling af teknologien, men det store gennembrud lader stadig vente på sig.

En enkel succeshistorie er det dog blevet til i årenes løb. I Harboøre har det lokale fjernvarmeværk siden 2003 haft et forgasningsanlæg i stabil drift, men det tog også ti år at komme så

langt. Der gik fire år med at få forgaseren til at fungere optimalt, tre år med at få anlægget til at producere el og yderligere tre år inden en række problemer med rensning af spildevandet var løst.

Fiaskoer har der været nok af. I 1990'erne blev et anlæg i Blære opgivet, i 2003 opgav Herning Kommunale Værker at få et forgasningsanlæg i landsbyen Høgild til at fungere, og senest er et forgasningsanlæg i Gjøl i Nordjylland blevet indstillet til skrotning, før det overhovedet er kommet i gang. I Skive, hvor man har bygget et forgasningsanlæg til 250 millioner kroner, har man ikke opgivet håbet endnu, men man er stærkt forsinket i forhold til den oprindelige tidsplan, ligesom budgettet er blevet overskredet indtil flere gange.

Det bemærkelsesværdige er, at vi faktisk er nået langt, når man ser på resultaterne af de mange forsknings- og udviklingsprojekter. Danske forskere har ofte gjort sig internationalt bemærket, når det drejer sig om udvikling af



foto: torben skott/biopress

*Forgasningsanlægget i Harboøre har nu været i stabil drift siden 2003, men ellers er det småt med succeshistorierne.*

► teknologier, der kan omsætte biomasse til tjærefri gas, og når det handler om forgasningsanlæg, der kan bruge mange forskellige typer affald som råvare. Der er således nok af succeshistorier fra laboratorier og forsøgsanlæg, men når det drejer sig om at få teknologien opskaleret og ud i det virkelige liv, kniber det gevaldigt.

### Totrins forgasser

Det vil Energinet.dk, der administrerer PSO-midlerne, have gjort noget ved. I første omgang har man afsat godt 18 millioner kroner til formålet, og hvis det bliver en succes, er selskabet indstillet på at bruge endnu flere penge på området.

– Det er nu eller aldrig. Der er brugt masser af penge på forskning og udvikling, og med vedtagelse af VE-loven kan anlæggene se frem til nogle fornuftige rammevilkår, så nu skal vi have afprøvet, om det kan fungere i praksis, siger Kim Behnke, der er sektionschef hos Energinet.dk.

Langt hovedparten af pengene fra Energinet.dk går til idriftsættelse og demonstration af en såkaldt totrins forgasser hos Hadsund Fjernvarme. Teknologien er baseret på forskningsresultater fra Danmarks Tekniske Universitet og erfaringer fra et pilotanlæg hos kedelfabrikken Weiss A/S i Hadsund.

Det specielle ved anlægget er, at det er i stand til at producere en ren gas, der kan anvendes direkte i et

motoranlæg. Derved sparer man en dyr og kompliceret gasrensning, og man får et anlæg, der kan producere el og varme med en høj virkningsgrad. På den måde er der basis for, at anlægstypen kan blive en værdig afløser for de mange små naturgasfyrede værker, som ofte kæmper med en anstrengt økonomi.

Anlægget får en eleffekt på 500 kW og skal indtil videre anvende skovflis som brændsel. Energinet.dk støtter projektet med 10 millioner kroner fra ForskEL programmet og 5 millioner kroner fra ForskVE programmet.



foto: torben skott/biopress

### Fluid bed forgasser

Udover anlægget i Hadsund har Energinet.dk bevilget 3,2 millioner kroner til design af et demonstrationsanlæg, som er udviklet af Danish Fluid Bed Technology. Anlægget, der flere gange har været omtalt her i bladet, er i stand til at afgasse organisk affald, herunder gødningsfibre og andre restprodukter fra landbruget. Teknologien er blevet grundigt testet i pilotskala på Danmarks Tekniske Universitet, og det er nu planen at få det opskaleret med en faktor ti. Støtten fra Energinet.dk går dog kun til et designstudie, hvorefter der skal træffes beslutning om opførelse af anlægget i tilknytning til et af DONGs kraftværker.

– Hvis projektet bliver en succes, vil vi se positiv på en ansøgning om støtte til et egentlig demonstrationsanlæg, siger Kim Behnke. Han ser store perspektiver i teknologien, ikke mindst fordi det giver kraftværkerne gode muligheder for at kunne skifte en del af kullene ud med affald.

– I det seneste energiforlig fra februar fik kraftværkerne lov til at fyre med visse typer affald, så vi har brug for at få udviklet en teknologi, som kan håndtere affaldet på en fornuftig måde. Her kan fluid bed forgasseren vise sig at være en god løsning, fordi den kan omdanne affald til gas, der efterfølgende kan brændes af i en kraftværkskedel, forklarer Kim Behnke. ■

*15 millioner fra årets PSO-pulje går til at bygge en totrins forgasser, baseret på forskningsresultater fra Danmarks Tekniske Universitet og erfaringer fra et pilotanlæg hos kedelfabrikken Weiss A/S.*



## 37 millioner fra PSO til bioenergi



foto: torben skøtt/biopress

Elbiler og brændselsceller blev de store topscorer ved uddeling af PSO-midlerne for 2009, men bioenergi er også godt repræsenteret med et samlet støttebeløb på 37 millioner kroner.

Næsten halvdelen af de 130 millioner kroner, som ForskVE programmet råder over i 2009, går til elbiler og brændselsceller. Et stort elbil-projekt på Bornholm får ikke mindre end 32 millioner kroner og et projekt til udvikling af brændselsceller får 25 millioner kroner i støtte.

Bioenergi er dog også godt repræsenteret i de tre forskningsprogrammer, som Energinet.dk administrerer. Fra ForskEL programmet går knap 29 millioner til bioenergi, fra ForskVE programmet er det 5 millioner ud af en samlet ramme på 50 millioner, og fra ForskNG går hele bevillingen på 3 millioner kroner til et biogasprojekt.

De største bevillinger er gået til termisk forgasning, som omtalt i foregående artikel, men der er også bevilget støtte til projekter om håndtering og forbrænding af biomasse, og derudover har fire forskellige projekter om biogas fået støtte.

Der er således bevilget godt fem millioner kroner til udvikling af en teknik til termisk forbehandling, hvorved biomassen bliver mere homogen, får en større energitæthed, bliver lettere at neddele og mere lagerstabil.

*Biogasanlægget i Foulum, hvor forskerne blandt andet skal i gang med at undersøge, hvordan man kan optimere gasudbyttet fra husdyrgødning.*

Inden for forbrænding af biomasse og affald har to projekter fået i alt 2,3 millioner kroner i støtte. Det ene projekt kan bruges til at danne todimensionelle billeder af røggassen i et kedelanlæg, mens det andet projekt skal udvikle en metode, så man kan vurdere hvor meget biomasse, der er i brændbart affald.

### Biogasprojekter

Biogas kan modtage støtte fra såvel ForskEL programmet som ForskNG programmet. Under førstnævnte program skal der være et element af miljøvenlig elproduktion, mens det under ForskNG mere drejer om transport og forædling af biogas.

Fra ForskEL programmet har Energinet.dk bevilget i alt 8,1 millioner kroner i støtte til tre forskellige biogasprojekter. De handler om forbehandling af biomassen og udvikling af metoder til overvågning af den biologiske proces. Derudover får Forskningscenter Foulum 3 millioner kroner i støtte fra det forholdsvis nye ForskNG program. Pengene skal bruges til et projekt, der skal optimere biogasudbyttet fra husdyrgødning og undersøge om forbehandling af gyllen kan være med til at sætte gasproduktionen i vejret. TS

## 8 millioner fra EUDP til biogas

**Nordic Bioenergy og Novozymes skal forske i, hvordan man kan optimere transporten af gylle fra landmændene til de store centrale biogasanlæg.**

Med det seneste energiforlig er der lagt op til, at biogasproduktionen skal tredobles fra de nuværende 4 PJ til 12 PJ om året. En mindre del vil formentlig blive produceret på de store svinebrug, men langt hovedparten af udbygningen vil efter alt at dømme blive baseret på fælles biogasanlæg, der modtager gylle fra de omkringliggende landbrug.

Nye biogasanlæg kan ikke forvente at få tilført industriaffald, så de må indstille sig på, at økonomien udelukkende skal baseres på afgasning af den mere magre husdyrgødning. Det stiller særlige krav til håndtering og transport af gylle, og det har fået bestyrelsen for EUDP-programmet til at bevilge otte millioner kroner til udvikling af en teknologi, der kan bruges til at forbehandle gylle, så omkostningerne til transport minimeres.

Bevillingen er gået til Nordic BioEnergy – et nystiftet selskab, der bygger videre på den teknologi, som Bioscan udviklede fra 1985 og frem til selskabets konkurs i februar 2007. I samarbejde med Novozymes vil Nordic BioEnergy udvikle et anlægskoncept, hvor gyllen separeres ude hos de enkelte landmænd. Derefter skal fiberfraktionen gøres flydende ved hjælp af enzymer, så den kan transporteres i tankvogne til det nærmeste biogasanlæg, mens den tynde fraktion bliver hos landmanden.

– Det handler om at få opkoncentreret husdyrgødningen på den billigste og mest effektive måde. Vi ændrer ikke noget på biogasanlægget – det er logistikken, der skal forbedres, forklarer Lars Rohold, der er direktør for Nordic BioEnergy.

EUDP-projektet forventes at være afsluttet om tre år.

TS

Med en nyudviklet brændselscelle til metanol kan elbilernes aktionsradius tredobles, og da metanol kan distribueres på samme måde som benzin, kan brændselscellen være med til at give elbilerne det afgørende gennembrud.



foto: torben skøtt/biopress

*Ved indvielse af Energibyen Frederikshavn var der mulighed for at få en prøvetur i de forskellige eldrevne biler*

## Metanol kan sætte skub i salget af elbiler

Af Torben Skøtt

Det er ikke mange år siden biobrændstoffer blev lanceret som det grønne, miljøvenlige alternativ til benzin og diesel, men siden da har der været en til tider meget voldsom kritik af den "grønne" olie. NGO'er fra det meste af verden frygter, at en storstilet anvendelse af biobrændstoffer vil gå ud over fødevarer sikkerheden, og flere forskere har fremlagt dokumentation for, at de miljømæssige fordele ved at bruge biodiesel og bioethanol er yderst sparsomme.

Omvendt har elbilerne på det seneste fået en del medvind, blandt andet med et nyt lovforslag fra klima- og energiminister Connie Hedegaard (K), der vil have EU til at vurdere biler ud fra deres evne til at fortrænge fossile brændstoffer. Det vil stille elbilerne langt bedre end de forskellige former for biobrændstoffer, blandt andet fordi en elmotor har en betydelig højere virkningsgrad end en forbrændingsmotor.

Elbilens ømme punkt er fortsat rækkevidden, der typisk ligger på 150 – 200 kilometer. Det vil for mange mennesker være helt uacceptabelt, og det er formentlig en af de væsentlige årsager til, at elbilerne aldrig rigtig er slået igennem.

Men hvorfor ikke kombinere elbilernes effektivitet med biobrændstoffernes evne til at kunne lagre energien

over lang tid? Det er filosofien bag et nyt koncept, som det nordjyske udviklingselskab, SerEnergy, står bag. Med en nyudviklet brændselscelle er de i stand til at tredoble elbilens aktionsradius, og da cellen drives ved hjælp af metanol, undgår man besværet med at opbygge en dyr og kompliceret infrastruktur til brint.

### Fra biomasse og affald til el

Det nye koncept blev præsenteret den 3. november i forbindelse med den officielle indvielse af Energibyen Fre-

derikshavn. Her har byrådet besluttet, at byen skal være selvforsynende med vedvarende energi i 2015, og allerede i september 2009 åbner den første grønne tankstation, hvor borgerne og hjemmeplejen kan få tanket de nye miljøvenlige biler.

Ideen med at kombinere brændselsceller og batterier er på ingen måde ny, men det er unikt, at man i Frederikshavn har valgt at bruge et flydende brændstof som metanol, der først omdannes til brint i en transformer, som er indbygget i brændselscellen. På den måde undgår man at skulle opbygge et dyrt og kompliceret distributionssystem, fordi metanol – til forskel fra brint – kan distribueres og lagres på samme måde som benzin og diesel.

Metanol, der også kaldes træsprit, er i dag et af de mest anvendte kemikalier i verden, og det koster stort set det samme som diesel. Det bliver blandt andet brugt som frostvæske og opløsningsmiddel, ligesom det indgår i fremstillingen af forskellige kemikalier. Metanol kan produceres på basis af fossile brændsler som kul og naturgas, men man kan også bruge biomasse som råstof.

– Vores system bygger bro mellem fortid og fremtid. Vi kan komme i gang i dag, fordi vi benytter et velkendt brændstof som metanol, og vi kan forbedre det hen ad vejen i takt med, at vi bliver bedre til at producere



foto: torben skøtt/biopress

*Anders Korsgaard fra SerEnergy med en af de brændselsceller, der kan give elbilerne en større aktionsradius.*

Teknologi	CO <sub>2</sub> Kg/GJ	SO <sub>2</sub> Kg/GJ	NO <sub>x</sub> Kg/GJ	Partikler Kg/GJ
Konventionel diesel	333	0,01	0,62	0,02
Konventionel benzin	352	0,01	0,13	0,00
Naturgas	294	0,01	0,10	0,00
Bioethanol (1. gen. E85)	225	0,04	0,57	0,00
Bioethanol (2. gen. E85)	139	0,02	0,27	0,00
Biodiesel (RME)	150	0,01	1,02	0,02
Rapsolie	138	0,01	1,03	0,02
Methanol fra biomasse	80	0,02	0,18	0,00
Brint	402	0,16	0,67	0,00
Elbiler	185	0,07	0,31	0,00
DME	120	0,04	0,74	0,02

metanol på basis af biomasse og affald, forklarer Anders Korsgaard, der er direktør for SerEnergy. Han betragter metanol som en genial metode til at få mere vedvarende energi ind i transportsektoren. Vindmøller kan oplagre bilens batterier i perioder med overskudsstrøm, og når batterierne ikke længere slår til, kan man gå over til metanol, der via en brændselscelle leverer energi til elmotoren.

### Energistyrelsen bakker op

I Energistyrelsens rapport fra januar 2008 "Alternative drivmidler i transportsektoren" peger man ligeledes på de mange miljømæssige fordele ved at kombinere elbiler med brændselsceller til metanol. Såvel CO<sub>2</sub>-udslippet som udslippet af svovl og NO<sub>x</sub> er således markant lavere for metanol end for bioethanol og biodiesel, ligesom metanol beskrives som en løsning med god energiudnyttelse og stor fleksibilitet (se figur 1).

Ulempen er, at det er en dyr løsning, så længe produktionen af brændselsceller er begrænset. Først når der finder en egentlig masseproduktion sted, kan vi forvente at se biler med brændselsceller i større stil.

Biomasse kan ikke umiddelbart omdannes til metanol, men det kan omdannes til gas og herefter kan gasen indgå i produktionen af metanol. Efterfølgende skal metanol så omdannes til brint, der igen bliver til el via brændselscellen, så der er altså tale om en lang række konverteringer af energien, der hver især indebærer et tab, men det bekymrer ikke Anders Korsgaard:

– Det kan godt være, at det i sidste ende kun er en fjerdedel af biomassen, der reelt bliver omsat til mekanisk energi, men det betyder mindre, hvis vi på den måde kan få udnyttet vindkraften optimalt og få gang i salget af elbiler, siger direktøren for SerEnergy.

### Dobbelt så effektiv

Ved den officielle indvielse af Energi-byen Frederikshavn fik pressen fremvist en række forskellige el-biler, som fremover kommer til at præge bybilledet. Udvalget spændte fra små to-personers bybiler over varevogne til en lastbil med åbent lad.

Størst interesse samlede sig om en en otte-personers el-drevet Fiat, som inden længe vil blive udstyret med brændselsceller fra SerEnergy. Ved præsentationen var bilen udstyret med

*Tabel 1. Miljøbelastningen ved anvendelse af forskellige teknologier i transportsektoren i 2025. Miljøbelastningen er angivet i Kg/GJ mekanisk energi. Kilde: Alternative drivmidler i transportsektoren, Energistyrelsen, januar 2008.*

en el-motor på 60 kW og en serie lithium-ion batterier, men planen er, at der skal monteres tre brændselsceller med en samlet effekt på godt 13 kW.

Markedet for brændselsceller har tidligere været delt op i lav- og højtemperaturceller, der arbejder ved henholdsvis ved 60-70 grader og 600-1.000 grader, men SerEnergy har valgt at konstruere en brændselscelle, hvor temperaturen typisk vil ligge på omkring 160 grader. Derved har man opnået en robust konstruktion, der bedre kan klare, at kvaliteten af brændstoffet varierer end de typer, der i dag er på markedet.

Anders Korsgaard vurderer, at el-bilen med brændselsceller vil få en samlet virkningsgrad på omkring 50 procent, og dermed vil den være mindst dobbelt så effektiv som en traditionel benzindrevet bil. Med batterier vil driftsomkostningerne ligge på omkring 75 øre/kWh og knap 100 øre/kWh, når der anvendes metanol som brændstof. ■



### Arbejdsgruppen bag "Alternative drivmidler i transportsektoren" anbefaler blandt andet:

*"..... at udviklingsindsatsen indenfor den termo-kemiske omdannelse af biomasse og affald til biobrændstof via forgasning styrkes under de nationale forsknings- og udviklingsprogrammer for ny energiteknologi. Denne teknologi kan indebære nogle grundlæggende fordele i form af bedre energiudnyttelse og en øget fleksibilitet i forhold til biologisk omdannelse."*



Thomas Hartung fra Aarstiderne ved stirling motoren, der fremover skal dække virksomhedens varmebehov og 60 procent af elbehovet. I baggrunden ses pyrolysereaktoren, der dels leverer gas til stirling motoren, dels leverer koks til jordforbedring.

foto: torben skøtt/biopress



## Kulstof er lige så vigtig som energi

Økofirmaet Aarstiderne har for nylig indviet et avanceret forgasningsanlæg med tilhørende stirling motor, der ikke blot skal producere el og varme. Halvdelen af brændslet skal nemlig omdannes til koks, som Aarstiderne vil bruge til at forbedre jordens frugtbarhed.

Af Torben Skøtt

Er det bedre at brænde halm af på kraftværkerne end at pløje halmen ned i jorden? Umiddelbart vil de fleste formentlig svare ja, men vi kan ikke længere se bort fra, at når vi bruger halm på kraftværkerne, så skal vi modregne den mængde kulstof, som vi kommer til at mangle i jorden.

Forklaringen er, at Danmark, som et af de få lande i verden, har valgt, at ændringer i jordens kulstofbalance, skal tælle med i klimaregnskabet. Det betyder, at vi ikke længere kan nøjes med at holde styr på mængden af drivhusgasser, vi udleder til atmosfæren. Fremover skal vi også kunne redegøre for, om vi har opbygget eller tæret på jordens kulstoflager.

Når kulstofindholdet i jorden kan få indflydelse på klimaregnskabet, er det fordi, den mængde kulstof, som jorden får tilført ved for eksempel at pløje halmen ned, ikke længere optræder i atmosfæren som CO<sub>2</sub>. I realiteten sker der imidlertid hele tiden en

udveksling af kulstof mellem jord og atmosfære, så i praksis kan det blive vanskeligt at gøre regnestykket op, og fra flere sider er ordningen da også blevet kritiseret for at lægge op til kreativ bogføring.

Men kulstof i jorden handler ikke kun om et større eller mindre udslip af drivhusgasser. Når jorden indeholder meget kulstof, er den god til at holde på vand og næringsstoffer, og det har især betydning for økologiske landmænd, der ikke har mulighed for at supplere op med handelsgødning.

### Verdens første

Hos Aarstiderne, der leverer økologisk frugt og grønsager til 40.000 familier i Danmark, spiller jordens frugtbarhed en afgørende rolle. Derfor er det heller ikke så mærkeligt, at det netop er Aarstiderne, der for nylig kunne indvie verdens første anlæg, der er i stand til at omdanne biomasse til både energi og et koksholdigt produkt, som kan bruges til jordforbedring.

Kernen i anlægget er en pyrolyse-reaktor, hvor halvdelen af biomassen omdannes til gas, mens den anden halvdel bliver til koks. Efterfølgende bliver gassen afbrændt i en kedel, som dels leverer varme til virksomheden, dels driver en stirling motor, der er koblet til en elgenerator. På den måde kan Aarstiderne med det nye anlæg få en mere frugtbar jord, få dækket hele varmebehovet og 60 procent af elbehovet.

– Det kan virke paradoksalt, at vi kun omdanner halvdelen af biomassen til energi, men for os er der tale om en langstrakt strategi, der handler om opbygge jordens kulstoflager, fortæller Thomas Hartung, der er medejer af Aarstiderne. Han er overbevist om, at koksfraktionen fra anlægget er et langt bedre jordforbedringsmiddel end den uforarbejdede biomasse.

– Hvis man lader halm ligge på jorden bliver 95 procent til CO<sub>2</sub>, og kun 5 procent bliver tilbageholdt i jorden. Vælger vi i stedet at omdanne halm til koks, er det cirka halvdelen vi kan lagre i jorden, og på den måde kan vi få opbygget jordens kulstofpulje, forklarer Thomas Hartung.

### Indianerne vidste det

At bruge koks til at opbygge jordens kulstoflager, og dermed forbedre frugtbarheden, er ikke nogen ny opfindelse. Ifølge Thomas Hartung var det en hollandsk forsker ved navn Wim Sombroek, som i 1950'erne opdagede nogle meget frugtbare jordtyper langs med Amazonfloden i Brasilien.

Det område er ellers kendetegnet ved udpinte jorde, men det viste sig, at der i forbindelse med indianernes bosættelser langs floden var områder, der bestod af en mørk og meget frugtbar jord.

Nærmere analyser viste, at jordene var tusinder af år gamle, og at den sorte farve skyldtes tilførsel af en form for trækul eller koks. Indianerne

må således allerede dengang have været klar over, at trækul er i stand til at forbedre jordens frugtbarhed mærkbart.

### Serendipity

Serendipity er engelsk betegnelse for det forhold, at man ofte finder noget interessant, mens man leder efter noget helt andet. For Aarstiderne er det et tilbagevendende fænomen, og man har derfor valgt at stifte et udviklings-selskab af samme navn. Dets første opgave bliver at kommercialisere de tanker og patenter, der er indeholdt i det nye kombinerede energi- og jordfordringsanlæg.

Serendipity arbejder tæt sammen med Stirling Danmark, der har stået for de tekniske installationer, og her forventer man at skulle bruge de kommende måneder på at få rettet diverse børnesygdomme, så anlægget kan komme i fuldautomatisk drift først i det nye år.

– Det er første gang, vi har leveret den type anlæg, fortæller Lars Jagd, der er direktør for Stirling Danmark. Virksomheden, der er baseret på 15 års udviklingsarbejde, har specialiseret sig i produktion af stirling motorer, der drives ved hjælp af varme, som produceres uden for motoren. Det kan være varme fra en fliskedel eller en kedel, der fødes med gas fra en pyrolysereaktor, som det er tilfældet hos Aarstiderne.

Ved pyrolyse varmes biomassen op uden tilstedeværelse af ilt. Derved sker der en spaltning af materialet, så man får gas, der kan bruges til opvarmning og koks, der kan bruges som jordforbedring eller fast brændsel. Pyrolyse er en form for simpel forgasning, hvor man kun får omsat en del af materialet til gas – en teknik, man blandt andet bruger til fremstilling af trækul.

– Den store fordel ved pyrolyse er, at vi kan bruge stort set alle former for biomasse og affald, og temperaturen er så lav, at der ikke er nogen risiko for, at koksfraktionen kan indeholde skadelige stoffer, forklarer Lars Jagd. Han vurderer, at der er et stort potentiale for den type anlæg, da det er muligt at arbejde med besværlige brændsler, hvilket især vil være attraktivt i udviklingslande. ■

## Bæredygtige biobrændstoffer

**50 procent af benzinforsbruget og 9 procent af dieselforsbruget vil kunne dækkes med biobrændstoffer, uden det går ud over produktionen af fødevarer.**

EU lægger i et direktivforslag fra januar 2008 op til, at produktionen af biobrændstoffer skal være bæredygtig, hvis de skal nyde godt af en afgiftslettelse i forhold til fossile brændstoffer. Det har fået forskere fra RISØ og Danmarks Tekniske Universitet til at udarbejde en rapport om, hvad der skal til, for at produktionen af de grønne brændstoffer kan betegnes som bæredygtig.

Af rapporten fremgår det, at skovbruget og landbruget med tilhørende følgeindustrier vil kunne levere betydelige mængder råvarer til produktion af biobrændstoffer, uden at det vil ske på bekostning af fødevarerproduktionen. Ressourcerne vil således kunne dække 50 procent af benzinforsbruget og 9 procent af dieselforsbruget, og hvis en del af dyrkningsarealet til foder og fødevarer inddrages, vil potentialet være endnu større.

– Hvis vi skal inddrage en del af markerne til produktion af brændstof, bør afgrøderne også have en anden funktion, forklarer Henrik Hauggaard-Nielsen, der har udarbejdet rapporten sammen med Steffen Bertelsen Blume og Erik Steen Jensen.

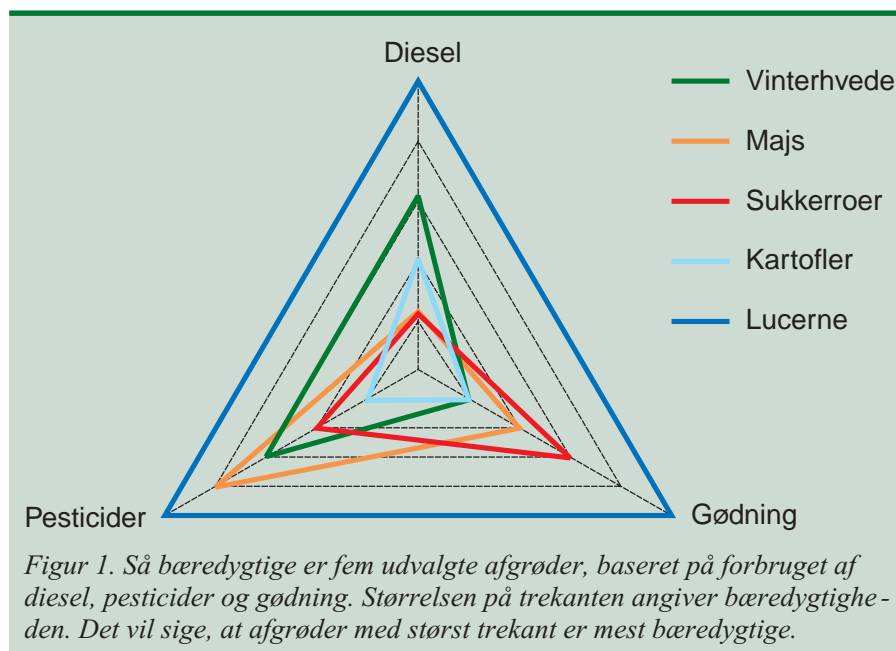
Afgrøde	Liter
Majs	7.587
Lucerne	6.805
Sukkerroer	6.741
Vinterhvede	5.126
Pil	5.000
Vårhvede	2.607

Tabel 1. Udbyttet af biobrændstoffer/hektar for udvalgte afgrøder.

Det vil derfor ikke være bæredygtigt at basere en produktion af biobrændstoffer på afgrøder som kartofler, majs og sukkerroer, der har et stort forbrug af diesel, gødning og pesticider. Derimod kan flerårige og kvælstoffikserende afgrøder som lucerne og kløver være en bæredygtig løsning, da deres behov for markarbejde, gødning og pesticider er minimalt.

Lucerne er fra flere sider blevet fremhævet som den mest bæredygtige afgrøde, og da den samtidig hører til i den bedre ende af skalaen, hvad angår energiudbytte vil det være et oplagt valg for de landmænd, som vil levere råvarer til produktion af biobrændstoffer. TS

Kilde: Opgørelse af den danske biomasseressource til brug for fremstilling af biobrændstoffer til transportsektoren frem mod 2020, Risø-R-1665.





## Vælg de rigtige afgrøder til biogasanlægget

Med den rette kombination af forskellige dyrkningssystemer kan landmændene året rundt levere energiafgrøder med et højt gaspotentiale til biogasanlæggene.

*Af Poul Erik Lærke, Margrethe Askegaard, Henrik B. Møller og Uffe Jørgensen*

Med det seneste energiforlig, hvor der blev lagt op til en udvidelse af biogasproduktionen fra de nuværende 4 PJ om året til 12 PJ inden 2025, bliver der kamp om det organiske affald, som hidtil har sikret økonomien i de fleste biogasanlæg. Mange af de nye anlæg skal således være indstillet på, at de kun kan få tilført den mere magre husdyrgødning eventuelt suppleret med energiafgrøder, der ofte vil indeholde et betydeligt gaspotentiale.

En gruppe forskere under ledelse af Center for Biomasse og Miljøteknologisk Innovation (CBMI) har på den baggrund valgt at undersøge, hvordan landmændene kan optimere produktionen af energiafgrøder. På en sandblandet lerjord på Foulum forsøgsstation har de registreret energiproduktionen i 2006/2007 fra ni

*Foderroer er den absolutte topscorer blandt de testede energiafgrøder, både når det handler om udbytte og energiproduktion.*

forskellige dyrkningssystemer, og her viser det sig, at der findes en række forskellige kombinationer, som kan gøre det interessant for landmanden at dyrke afgrøder til produktion af biogas.

Sammensætning af afgrøderne i de forskellige systemer fremgår af figur 1, hvor første afgrøde i system 1 til 6 blev etableret i efteråret 2006, mens afgrøderne i system 7 til 9 først blev etableret henholdsvis den 30. marts, 11. april og 17. april 2007. Datoerne for høst fremgår af figurene.

Beregning af energiproduktion fra afgrøderne er baseret på produktionen af metan i små forsøgsanlæg, hvilket giver en god simulering af forholdene i et fuldskala biogasanlæg. Gaspotentia-

let var størst i grønrug, hvor produktionen kom op på 395 m<sup>3</sup> metan/ ton organisk stof og mindst i toppen fra jordskokkerne, hvor der kun blev produceret 300 m<sup>3</sup>/metan. De øvrige afgrøder havde et gaspotentiale på omkring 350 m<sup>3</sup> metan/ton organisk stof.

Efterfølgende er nettoenergiproduktionen beregnet ved at fratække energiforbruget til markarbejde og gødning, samt forbruget af el og varme på biogasanlægget. Der er ikke taget højde for energiforbrug forbundet med transport af biomassen og et eventuelt behov for opbevaring af afgrøderne.

### Foderroer er topscorer

Foderroer var den absolutte topscorer i forsøget, både når det handler om udbytte og energiproduktion. Her blev der produceret godt 22 tons tørstof/hektar, hvilket resulterede i en nettoenergiproduktion på 250 MJ/hektar.

I den anden ende finder vi system 8 med vårtriticale/rajgræs, hvor produktionen kun nåede op på knap 11 tons/hektar efterfulgt af hamp med en produktion på godt 13 tons/hektar. I de øvrige dyrkningssystemer blev der produceret mellem 16 og 18 tons tør-

### FiB på dansk og engelsk

Forskning i Bioenergi bliver kun trykt i en dansk version, men den elektroniske version findes både i en dansk og engelsk udgave. Gå ind på [www.biopress.dk](http://www.biopress.dk), hvis du vil abonnere på bladet eller ændre i dit nuværende abonnement.

**BioPress**

☎ 8617 8507

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



## Gensplejsning skal gøre bioethanol billigere

En gruppe amerikanske forskere har gensplejset en bakterie, som kan reducere produktionsomkostningerne for bioethanol markant.

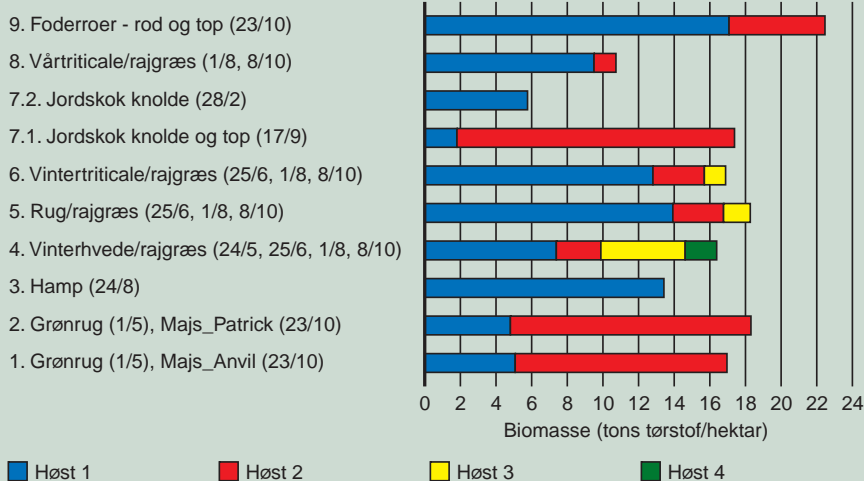
Overalt i verden arbejder forskere intensivt på at udvikle den såkaldte 2. generations teknologi, der skal gøre det muligt at fremstille bioethanol på basis af celluloseholdige restprodukter som halm og træaffald. Derved undgår man at bruge råvarer, som normalt anvendes til produktion af fødevarer, og man får mulighed for at bruge en bred vifte af forskellige restprodukter, der normalt betragtes som affald.

Produktionen af bioethanol er hidtil foregået ved hjælp af naturligt forekomne bakterier. Når der er tale om sukkerholdige afgrøder, har det været uproblematisk, men ved anvendelse af affald og restprodukter har det været nødvendigt at supplere med enzymer, da bakterierne ikke er i stand til at holde processen i gang, når temperaturen kommer over 37 °C.

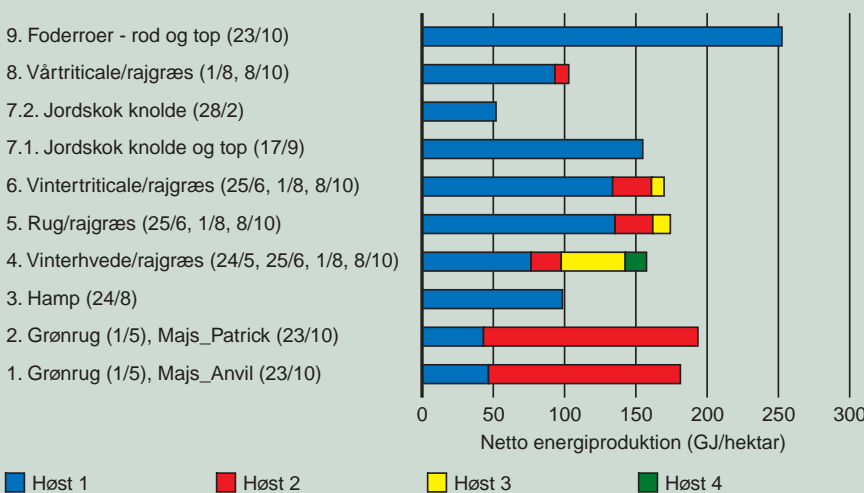
Den nye gensplejsede bakterie, som har fået navnet ALK2, kan fermentere alle de sukkerstoffer, der findes i biomassen, og den fungerer ved temperaturer på op til 50 °C. Derved kan tilførslen af de kostbare enzymer reduceres markant. Kontrollerede forsøg ved Dartmouth College i New Hampshire, viser således, at mængden af enzymer kan reduceres med to en halv gang ved at bruge ALK2 i stedet for de naturligt forekomne bakterier.

En anden fordel ved den gensplejsede bakterie er, at der ikke produceres biprodukter i form af organisk syre. Det eneste organiske produkt, der udskilles med ALK2, er ren ethanol.

Kilde: [www.biofuels.com](http://www.biofuels.com)



Figur 1. Produktion af biomasse i 9 forskellige dyrkningssystemer. Dataerne i parentes angiver høsttidspunktet.



Figur 2. Nettoproduktionen af energi i de 9 dyrkningssystemer. Dataerne i parentes angiver høsttidspunktet.

stof/hektar, svarende til en nettoproduktion af energi på mellem 150 og 200 MJ/hektar.

Resultaterne viste endvidere, at mindre end halvdelen af den mængde tørstof, jordskokkerne kan levere, findes i knoldene efter at toppen er visnet. Det er derfor nødvendigt, at høste toppen inden den visner for at opnå et acceptabelt samlet udbytte af afgrøden.

### Vælg flere afgrøder

Ved at vælge afgrøder fra flere forskellige dyrkningssystemer vil det være muligt at reducere omkostningerne forbundet med opbevaring af biomassen. En sådan strategi kan se ud som følger:

Høst af grønrug i foråret inden såning af majs, høst af græsmarker gennem sommeren, fortsat med toppen af jordskokker efterfulgt af roer eller majs i vinterens løb. Sidst på vinteren kan der suppleres med knolde fra jordskokker, hvis der er behov for udtynning i knoldene før den efterfølgende vækstsæson.

Undersøgelsen "Produktion af bioenergi og biobrændsler fra biomasse" er udarbejdet med støtte fra Videnskabsministeriet og Fødevarerministeriet.

Poul Erik Lærke, Margrethe Askegaard, Henrik B. Møller og Uffe Jørgensen er alle ansat på Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet på Århus Universitet, [www.agrsci.dk](http://www.agrsci.dk). ■

# Online styring af biogasprocessen



foto: torben skott/biopress

Styring og regulering af biogasanlæg bliver et interessant marked i årene fremover. I Tyskland, hvor der i dag er 3.800 biogasanlæg, er overvågning og styring af biogasprocessen et af de områder, der tiltrækker betydelige forskningsmidler, og i Danmark er vi også ved at være godt med.

*Af Jens Bo Holm-Nielsen*

På Center for Bioenergi under Aalborg Universitet arbejder vi blandt andet med online styring af biogasprocessen ved hjælp af såkaldte procesanalytiske teknologier. Arbejdet foregår dels på Aalborg Universitets laboratorier i Esbjerg, dels på Århus Universitet og endelig er der blevet udført en række fuldskala forsøg på biogasanlæggene i Lintrup og Ribe.

Et af de områder vi har fokus på er, hvordan man udtager prøver, som giver et korrekt billede af biomassens sammensætning. Råvarerne er som bekendt temmelig uensartede, da der både er tale om organisk affald og husdyrgødning, og det gælder således

*Biogasanlægget i Ribe er et af de steder, hvor forskerne har udført forsøg i fuld skala.*

om at få et repræsentativt udsnit af de forskellige typer biomasse.

Et andet område, vi arbejder med, er online overvågning af den biologiske proces. Produktion af biogas involverer tusindvis af bakteriegrupper, og de individuelle processer er endnu ikke beskrevet i detaljer.

Løbende opsamling af pålidelige data er afgørende for at kunne styre processen. Det gælder både for biogasanlæg og de mange nye bioraffinaderier, som fremover skal kunne levere flydende brændstof til transportsektoren. Nye forskningsresultater inden for biogas vil således let kunne få afsmittende virkning inden for andre former for bioenergi, ligesom det omvendte naturligvis også kan være tilfældet.

## Proces analytiske teknologier

En nødvendig forudsætning for at kunne optimere biogasproduktionen er en langt bedre overvågning og analyse af den biologiske proces end tilfældet er i dag.

Til det formål arbejder vi på at udvikle en række teknologier, så biogas-

anlæggenes driftsledere får bedre mulighed for hurtigt at gribe ind, hvis der opstår ubalance i processen (se figur 1). De metoder, der anvendes i dag er både upræcise og langsomme, og der findes talrige eksempler på biogasanlæg, som har lidt store tab, fordi den biologiske proces er kommet ud af balance.

En dybere forståelse for dynamikken i processerne genererer ofte nye informationer, der kan være med til at optimere systemerne i fremtiden. Der arbejdes i dag intensivt på at udvikle procesanalytiske teknologier til medicin-, foder- og fødevarerindustrien, men biogassektoren kan absolut godt være med i det udviklingsforløb.

## Prøver og sensorer

For at overvinde vanskelighederne med at udtage en korrekt prøve af biomassen har en forskergruppe ved Aalborg Universitet udviklet et koncept, hvor man transformerer indholdet i en 3-dimensional bioreaktor til en 1-dimensional pumpe-løje (se figur 2). Det giver langt bedre mulighed for at kunne foretage en korrekt



analyse af den biomasse, som findes i reaktoren.

Dernæst er det afgørende at vælge sensorer med omhu. Vi har valgt at arbejde med såkaldt nær-infra-rød spektroskopi (NIR), hvor der anvendes lysstråler med bølgelængder fra 780 nm til 2500 nm.

Det system har vist sig at være meget anvendeligt til karakterisering af det organiske materiale i en biogasreaktor. I praksis foreår det ved, at lysstrålerne rammer væsken fra biogasreaktoren, hvorved de molekyler, som indeholder organisk syre (VFA), begynder at vibrere. Noget af lyset bliver absorberet, mens andre lysstråler bliver kastet tilbage. Det er ud fra disse lysspektre, der ligger rigtig mange informationer gemt, og ud fra de forskellige lysbånd kan man vurdere indholdet af VFA i biomassen.

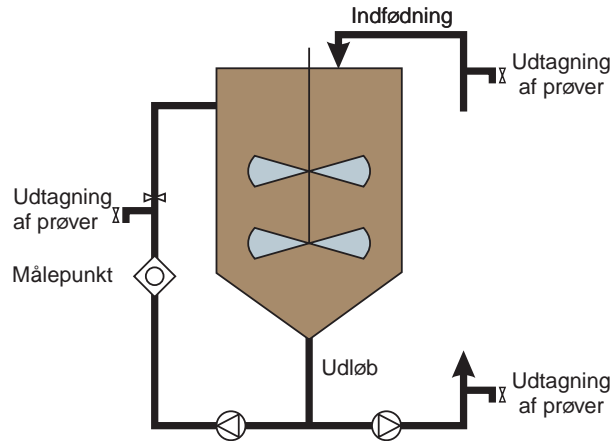
NIR spektroskopi er gennem de seneste årtier blevet anvendt til at karakterisere kvaliteten af forskellige fødevarer og foderstoffer, og i dag er det rutine på de store laboratorier.

Ud over NIR-spektroskopi arbejder vi med forskning og udviklingen inden for det midt-infra-røde spektrum (MIR), hvor lysstrålerne har en bølgelængde på 2500 nm til 6.000 nm.

Endelig arbejder vi med at kunne karakterisere forskelle i organisk tørstof med akustiske sensorer. Det vil i praksis sige små acceleratore, der måler vibrationsforskelle på de enkelte ind- og udpumpningssteder.

### Proces analytisk kemometri

Procesanalytisk kemometri er alt afgørende i enhver form for fermente-



ringsindustri, herunder produktionen af biogas. Det er kommercielle software programmer, som kan håndtere store datamængder. Det vigtigste er, at informationerne om blandt andet VFA og ammonium udviser et vist spænd. Til udvikling af modellerne skal der nemlig bruges både lave, mellem og høje værdier.

### Aktuelle resultater

Det er lykkedes at lave gode og robuste kalibreringsmodeller over alle VFA syrer, herunder en stærk model for propionat. Det har dog ikke været muligt at modellere organiske syrer med meget lave niveauer i et fuldskalaanlæg, hvor niveauerne ofte er mellem 0 – 1.000 mg/liter.

På baggrund af forsøg på biogasanlægget i Lintrup i Sønderjylland, er det lykkedes at lave modeller over total VFA, acetat, propionat og  $\text{NH}_4$ , hvilket er meget interessante styringsparametre, der kan advare driftslederen om en eventuel ubalance i processen.

Figur 2. Biogasreaktor med placering af målepunkter og aftapningshaner til prøver. Konceptet er udviklet til fuldskala reaktorer inden for fermenteringsindustrier og biogasanlæg.

En kritisk parameter er, at velfungerende biogasanlæg, der ikke kommer op i nærheden af den kritiske grænse for overbelastning, ikke vil kunne få lavet så gode styringsmodeller. Der vil således være behov for opfølgende og videreudvikling af værktøjerne og ikke mindst gøre systemerne robuste og enkle at håndtere og vedligeholde.

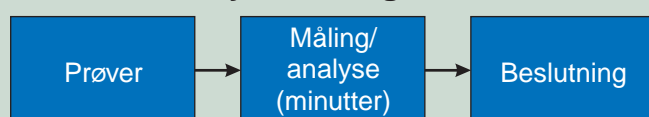
Det vigtigste er løbende at følge biogasanlæggets VFA niveau. Er det stigende, faldene eller stabilt. Der skal sættes aktivt ind, hvis online målinger kommer over et på forhånd fastlagt niveau på for eksempel 3.500 mg VFA/liter biomasse.

Jens Bo Holm-Nielsen er ansat på Center for Bioenergi under Aalborg Universitet og har lavet en Ph.D. afhandling om online styring af biogasprocessen ved hjælp af procesanalytiske teknologier (PAT). En elektronisk udgave af afhandlingen kan fås ved at sende en e-mail til [jhn@aaue.dk](mailto:jhn@aaue.dk).

### Central laboratorie strategi



### Decentral analyse strategi



Figur 1. Forskellige strategier til overvågning og styring af biogasprocessen. Med den decentrale strategi, som forskerne arbejder på at udvikle, får driftslederne langt bedre mulighed for hurtigt at gribe ind, hvis processen viser tegn på ubalance.

## 17 millioner til bioraffinaderi

Professoren Birgitte Ahring, der i mange år forskede i bio-brændstoffer på Danmarks Tekniske Universitet, men nu er ansat på Aalborg Universitet, har fået 17 millioner kroner fra Forskningsstyrelsen. Pengene skal bruges til et bioraffinaderi, der skal fremstille 2. generations biobrændstof, foder, antibiotika samt tilsætningsstoffer til foder og fødevarer. Raffinaderiet skal ligge i Ballerup og drives af Birgitte Ahrings firma, Biogasol, og Aalborg universitet.

Ud over at være direktør for Biogasol leder Birgitte Ahring både opbygningen af Aalborg Universitets center for bioenergi og bioprodukter, samt Washington State University's center for Bioproducts og Bioenergy. ■

## Butanol er bedre end ethanol

Forskere ved californiske Joint BioEnergy Institute har fremstillet en gærtype, der som en del af dens stofskifte producerer 2. generations biobrændstoffet butanol, skriver ugebladet Ingeniøren.

Butanol er en kulbrintetype, som er endnu mere velegnet til biler end ethanol. Den kan bruges i den eksisterende infrastruktur, og bilerne vil kunne køre på op til 85 procent butanol, endda helt uden at foretage ændringer på bilen. I en artikel i tidsskriftet Microbial Cell Factories skiver forskerne, at de har tidoblet gærens evne til at fremstille butanol, og at de forventer at kunne øge produktiviteten yderligere. ■

### Ny ansøgningsrunde til Højteknologifonden

**Den 27. januar er der ansøgningsfrist om støtte til højteknologiske projekter og platforme.**

Højteknologifonden inviterer forskere og virksomheder til at byde ind med fremtidig højteknologi, der kan skabe værdi for det danske samfund.

Højteknologifonden investerer i højteknologiske projekter og platforme, hvor forskningsinstitutioner og virksomheder samarbejder. Siden 2005 har Fonden investeret 807 millioner kroner i 60 højteknologiske projekter og platforme, herunder projekter inden for energi og miljø.

Et højteknologisk projekt er afgrænset og sigter målrettet mod at skabe et konkret resultat, som øger parternes mulighed for at forbedre deres videns- og markedsposition. Højteknologiprojekter har en varighed af 2 – 4 år og et samlet budget på 5 – 30 millioner kroner. Højteknologifondens investering er på 2,5 – 15 millioner kroner.

En højteknologisk platform er et samarbejde mellem forskningsinstitutioner og virksomheder og fremstiller en radikalt ny teknologi, som baner vej for at de delta-gende parter kan indlede indtil flere nye kommercielle aktiviteter og har en varighed af 3-5 år og et samlet budget på 30-150 millioner kroner. Højteknologifondens investering er på 15-75 millioner kroner.

I 2009 er der frist for indsendelse af interessetilkendegivelser den 27. januar og den 1. september. Udvalgte ansøgere bliver herefter bedt om at indsende ansøgninger henholdsvis den 30. marts og den 28. oktober.

Yderligere oplysninger om Højteknologifonden kan fås på [www.hoejtekologifonden.dk](http://www.hoejtekologifonden.dk)



### Ny ansøgningsrunde til EUDP

**Den 25. februar 2009 er der ansøgningsfrist til EUDP. I efteråret 2009 kommer der endnu en ansøgningsrunde, men i efterårsrunden kan der maksimalt søges om 5 millioner kroner i støtte til hvert projekt.**

EUDP's næste ansøgningsrunde gennemføres allerede i begyndelsen af 2009 med ansøgningsfrist den 25. februar. Indkaldelsesmateriale kan hentes på [www.ens.dk/eudp](http://www.ens.dk/eudp) fra medio januar 2009.

Der kan søges om tilskud til projekter vedrørende alle typer af energiteknologier, der opfylder EUDP-lovens formål.

I efteråret 2009 vil der også blive mulighed for at indgive ansøgninger til EUDP, men kun om støtte på maksimalt 5 millioner kroner pr. projekt. Der skal derfor senest den 25. februar indgives ansøgning vedrørende projekter med ansøgt støtte over 5 millioner kroner, hvis der ønskes støtte i 2009.

Ansøgningerne skal udfærdiges på engelsk, hvis det ansøgte tilskud er større end 3 millioner kroner.

I bedømmelsen af projektansøgningerne lægges der i høj grad vægt på de kommercielle perspektiver i ansøgningerne herunder, at der er medsendt en velunderbygget og klar forretningsplan.

EUDP står for Energiteknologisk Udviklings- og Demonstrations Program – se [www.ens.dk/eudp](http://www.ens.dk/eudp). EUDP har en selvstændig bestyrelse og sekretariat i Energistyrelsen.

EUDP vil invitere alle potentielle ansøgere til et informationsmøde om forårets ansøgningsrunde i slutningen af januar 2009. Nærmere information vil blive lagt på EUDP's webside.





## Råvarer til biogasanlæg

**Seminar om optimering af råvarer til biogasanlæg på Forskningscenter Foulum**  
29. januar 2009 klokken 10 – 16

### Program:

- Velkomst og introduktion.  
*Michael Støckler, CBMI.*
- Hvor store er de potentielle biomasseressourcer i Danmark til biogas?  
*Uffe Jørgensen, DJF, Århus Universitet.*
- Hvilke økonomiske muligheder giver det seneste energiforlig for biogasproduktion og for betaling for nye råvarer?  
*Kurt Hjort-Gregersen, Fødevareøkonomisk Institut, Københavns Universitet.*
- Sammenligning af tørstofudbytte, biogasomsættelighed og nettoenergioverskud mellem forskellige afgrøder til biogas.  
*Poul Erik Lærke, DJF, Århus Universitet.*
- Tørstofudbytter og biogasomsættelighed af majs og rajsvingel på forskellige lokaliteter og høsttidspunkter.  
*Søren Ugilt Larsen, AgroTech.*
- Muligheder for at optimere energiindholdet i husdyrgødning.  
*Henrik B. Møller & Alastair James Ward, DJF, Århus Universitet.*
- Energiudnyttelse af græs fra ekstensive arealer.  
*Lisbeth Nielsen Natur & Landbrug og Henrik B. Møller, DJF, Århus Universitet.*
- Hvordan kan omsætteligheden af biomasse til biogas eller ethanol øges ved forbehandling, og hvad vil det koste?  
*Hinrich Uellendahl, Center for Bioteknologi & Bioenergi, Aalborg Universitet København*
- Er der fremtid i en decentral produktion af ethanol, biogas og foder ud fra roer?  
*Karl Martin Schelde, CBMI.*

**Pris:** 100 kroner for studerende og 300 kroner for andre inklusive frokost.

**Tilmelding:** Senest den 22. januar til Mette Toft Christensen, e-mail [mtc@cbmi.dk](mailto:mtc@cbmi.dk)  
☎ 8999 2503



COPENHAGEN INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
AALBORG UNIVERSITET KØBENHAVN

### Forgasningsanlæg til affald

**Titel:** 4781 – Højtemperatur slaggende affaldsforbrenner, Fase 1

**Ansvarlig:** TK Energi, Thomas Koch, ☎ 4618 9000

**Tilskud:** PSO – 4.194.000 kroner

Projektet har haft til formål at evaluere et koncept for et forgasningsanlæg til affald samt projektere udvalgte komponenter til et pilotanlæg.

Den første analyse viste, at en såkaldt entrained flow forgasser ville være et fornuftigt valg. Teknologien er brugt kommercielt til kul, og efter alt at dømme vil tungmetallerne fra affaldet blive indkapslet i slaggen, så risikoen for udvaskning vil være minimal.

De indledende forsøg blev udført i en vertikal cyklonreaktor med tørret spildevandsslam som brændsel. Det lykkedes at få lidt slagge ud af forsøget, men det var ikke muligt at opnå en tilfredsstillende kontrol med forgasseren. Det blev derfor besluttet, at konstruere et nyt vandretliggende anlæg, hvor brændsel og ilt bliver blæst ind i den ene ende, mens forgasningsgas og slagge kommer ud af den anden ende. Fordelen ved det design er, at der dannes et slaggebædd i bunden af reaktoren, hvor store partikler bliver fanget. Dermed får de en længere opholdstid end gassen, hvilket stiller mindre krav til findeling af brændslet.

Forsøg med det nye anlæg viste, at det er muligt at forgasse spildevandsslam, men at udløbet på reaktoren skal ændres. Analyser af slaggen viste, at risikoen for udvaskning af tungmetaller er mindre end for slagge fra danske affaldsforbrændingsanlæg, og at slaggen overholder kravene til anvendelse som byggemateriale.

Med henblik på bygning af den næste forgasser er der lavet et designstudie af en række relevante komponenter, hvor der blandt andet er fokuseret på:

- En ny teknologi til forbehandling af affald ved lave temperaturer.
- Et nyt forgasserdesign som sikrer, at udløbet ikke kan stoppe til med slagge.
- Et nyt system til rensning af gassen.
- Et økonomisk studie, der gennemgår økonomien i et kommercielt anlæg.



foto: tk energi

Forsøg med afgasning af spildevandsslam i en vandretliggende forsøgsreaktor hos TK Energi.

### Optimering af trinopdelt forgasningsanlæg



foto: biosynergi proces

Et kig ned i reaktoren på forgasningsanlægget i Græsted

**Titel:** 5729 – Opgradering og optimering af anlægsdriften på trinopdelt forgasningsanlæg (Castoranlægget i Græsted)

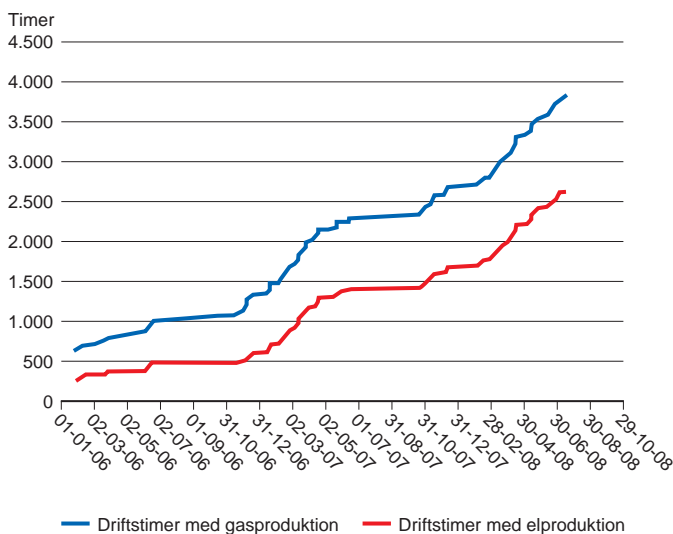
**Ansvarlig:** BioSynergi Proces ApS, Henrik Houmann Jakobsen, ☎ 4586 1430

**Tilskud:** PSO – 2.942.000 kroner

Med støtte fra Energistyrelsens Udviklingsprogram for Vedvarende Energi afsluttede BioSynergi Proces ApS i 2003/04 opførelsen af et såkaldt Open Core anlæg til forgasning af skovflis. Gassen anvendes til produktion af el og varme via en gasmotor, der er koblet til en elgenerator.

Nærværende projekt har drejet sig om videreudvikling af anlægget, hvor der især har været fokus på at reducere de daglige pasningsopgaver, samt sikre en stabil og ubemandet drift af anlægget. Derudover har der været en særlig delopgave, som har bestået i at få øget indsigt og opnå praktiske erfaringer med optimering af motordriften. Ved projektets start havde anlægget kun været i stand til at levere el til nettet i cirka 200 timer, men ved projektets afslutning var man nået op på 2.500 timers motordrift på forgasningsgas.

En nærmere beskrivelse af projektets resultater findes i to rapporter fra september 2008, der kan rekvireres ved henvendelse til BioSynergi Proces ApS.



Figur 1. Det akkumulerede antal driftstimer med forgasningsanlægget fra 1. januar 2006 til projektets afslutning i efteråret 2008.

### Optimering af gasudbyttet fra biogasanlæg

**Titel:** 33030-0017 – Metoder for optimering af biogasudbytte på gyllebaserede biogasanlæg

**Ansvarlig:** Danmarks Tekniske Universitet, Rena Angelidaki, ☎ 45251429

**Tilskud:** EFP – 7.000.000 kroner

Projektet har haft til formål at undersøge mulighederne for at forøge biogasproduktionen fra gylle ved seriedrift af reaktorer, ændring af omrøringsprocedurer samt efterbehandling af fibre.

Resultaterne viser, at når to reaktorer kobles i serie kan gasproduktionen øges med 11 – 17,8 procent i forhold til parallel drift. Forøgelse af gasproduktionen stammer hovedsageligt fra den anden reaktor i serien, og det er afgørende, at begge reaktorer opererer under samme temperatur for at sikre en stabil proces.

Forsøgene med ændring af omrøringsprocedurer viser, at gasproduktionen kan øges med 12,5 procent ved at gå fra kontinuerlig omrøring til at omrøre reaktorerne i kun ti minutter om dagen.

Ved efterbehandling af afgassede fibre kan der opnås et forbedret gasudbytte ved aerob behandling og findeling, mens kemisk behandling ikke giver nogen markant forbedring.

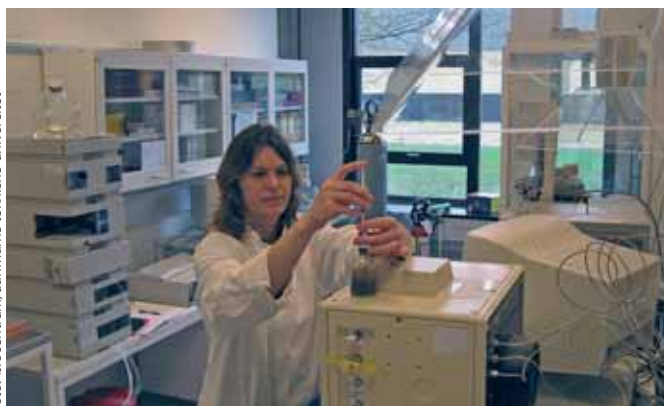


foto: biocentrum/danmarks tekniske universitet

Forsøg på Danmarks Tekniske Universitet viser, at biogasproduktionen kan øges ved seriedrift af reaktorer, ændring af omrøringsprocedurer samt efterbehandling af fibre.

### Markedet for biobrændstoffer

**Titel:** 33032-0146 – REFUEL – Renewable fuels for Europe

**Ansvarlig:** COWI, Henrik Duer, ☎ 4597 2211

**Tilskud:** EFP – 693.000 kroner

Refuel, der står for "Renewable Fuels for Europe", er et større EU finansieret projekt, hvor der er udviklet en såkaldt "road map", som beskriver, hvordan markedet for biobrændstoffer kan udvikle sig i EU frem mod 2030.

I projektet er markedsmuligheder og potentialer for biomasseressourcer analyseret for landene i EU 27 og Ukraine, og der er opstillet scenarier for udviklingen frem mod 2030. Derudover er der opstillet konkrete forslag til rammebetingelser, ligesom de politiske styringsmidler er blevet vurderet.

Projektet har vist, at der er tilstrækkeligt biomassepotentiale til at sikre en betydelig forsyning med biobrændstoffer, men at det er afgørende, at fremskynde udviklingen af nye 2. generationsteknologier for at sikre en bæredygtig udvikling.



**Røntgenanalyse af biobrændsler**

Titel: 5773 – Røntgenanalyse af CO<sub>2</sub>-neutrale brændsler

Ansvarlig: Teknologisk Institut, Lars Nikolaisen, ☎ 7220 1302

Tilskud: PSO – 617.000 kroner

De traditionelle kemiske analyser af biobrændsler og aske fra forbrænding af biomasse er både kostbare og langsommelige. Et oplagt alternativ kan være røntgenanalyser, der er både billigere og hurtigere, men erfaringerne fra nærværende projekt viser, at resultaterne i visse tilfælde kan afvige fra de traditionelle kemiske analyser.

Mest iøjnefaldende er en konsekvent stor afvigelse, når det drejer sig om grundstoffet silicium, men også ved de lettere grundstoffer er der tale om større eller mindre variationer. For de andre stoffer er der en ret god overensstemmelse mellem referencemetoden og røntgenanalyserne.

For de fleste brændsler passer massebalancen for klor særdeles præcist med afvigelser helt ned til 0 procent. Det kan hænge sammen med, at klor hovedsageligt findes i røgen og kun i mindre grad i asken.

Omvendt forholder det sig med svovl. Her findes hovedparten af grundstoffet i asken og kun en mindre del i røggassen. I flere tilfælde blev der fundet mere svovl ved røntgenanalysen end ved referencemetoden, mens der i andre tilfælde var en fin overensstemmelse mellem de to metoder. Årsagen til de afvigende massebalancer for svovl er ukendt.

**Forgasning af biomasse til brændselsceller**

Titel: 33030-0113 og 33031-0093 – GreenFuelCell – Integreret forgasnings-brændselscelleanlæg (SOFC)

Ansvarlig: TK Energi A/S, ☎ 4618 9000

Tilskud: ENS – 1.729.000 kroner

Projektet har haft til formål at udvikle et skalerbart trinopdelt forgasningskoncept, hvor gassen er så ren, at den kan bruges i en brændselscelle.

I projektet blev der udviklet to sideløbende spor – et hos ECN i Holland og et hos TK Energi i Køge. Samtidig arbejdede forskere på Danmarks Tekniske Universitet og Risø med at fjerne tjæreindholdet i gassen. ICT i Tjekkiet og CEA i Frankrig arbejdede med at kunne fjerne uorganiske komponenter fra gassen. I Frankrig arbejdede CEA sammen med hollandske ECN om at udvikle brændselscellerne, mens Force Technology i Danmark stod for systemstudiet.

ECN's forgasningskoncept mislykkedes, da systemet til gasrensning genererede store mængder sod. TK Energi havde i første omgang held med at eftervise konceptet, men i den endelige udgave opstod der problemer med den del af reaktoren, hvor pyrolysen foregår. På Danmarks Tekniske Universitet og Risø fik forskerne ny viden om, hvordan man fjerner tjære fra et trinopdelt forgasningsanlæg, mens ICT og CEA ikke havde held til at finde nye metoder til rensning af gassen. Hos ECN og CEA fandt forskerne nye grænser for, hvor følsomme brændselsceller er over for typiske forurenninger i gassen.

Projektet har, udover støtte fra Energiforskningsprogrammet, fået støtte fra EUs 6. rammeprogram.

**Samfyring af biomasse og naturgas**

Titel: 6526 – Samfyring af biomasse med naturgas og NO<sub>x</sub> dannelse ved biostøvfyning

Ansvarlig: DONG Energy, Peter Simonsen, ☎ 9955 1111

Tilskud: PSO – 4.500.000 kroner

Projektet har haft til formål at opnå ny viden om samfyring af biomasse og naturgas på kraftværker, der anvender støvfyning. I den forbindelse er der udført målinger på såvel Avedøre II som et mindre forsøgsanlæg på Danmarks Tekniske Universitet, og der er opnået en række værdifulde erfaringer om emission af kvælstofoxid (NO), udbrænding af træpartikler og dannelse af belægninger i kraftværkskedler.

Resultaterne viser blandt andet, at uanset kombinationen af brændsel kan emissionen af NO reduceres ved at opdele forbrændingen i to trin, ligesom det ved Avedøre II er muligt at minimere emissionen ved passende valg af driftsparametre. Den højeste emission blev målt ved fyring med olie. Ved anvendelse af træ i kombination med naturgas var emissionen uafhængig af andelen af træ.

Projektgruppen har udarbejdet en detaljeret beskrivelse af forbrænding af træpartikler ved støvfyning. På Danmarks Tekniske Universitet blev træpartiklerne udsat for kraftig opvarmning, hvilket resulterede i en betydelig afgivelse af pyrolyseprodukter og en lav koksfraktion på 2 – 7 procent. I de fleste forsøg med kraftig opvarmning blev der dannet kugleformede, meget porøse kokspartikler. Forsøgene på Avedøreværket viste, at op mod 99,8 procent af træet udbrændte ved et indhold af O<sub>2</sub> så lavt som 1,5 procent.

Anvendelse af biomasse på kraftværker kan som bekendt give problemer med belægninger og korrosion, men på Avedøreværket blev der kun konstateret moderate belægninger. Når træ afbrændes sammen med olie eller naturgas optræder alkalimetall typisk som sulfat i belægningerne, mens der næste ikke er noget klor. Ved tilsætning af flyveaske fra kulfyning er der et forøget indhold af alkali-Al-silikat i belægningerne.

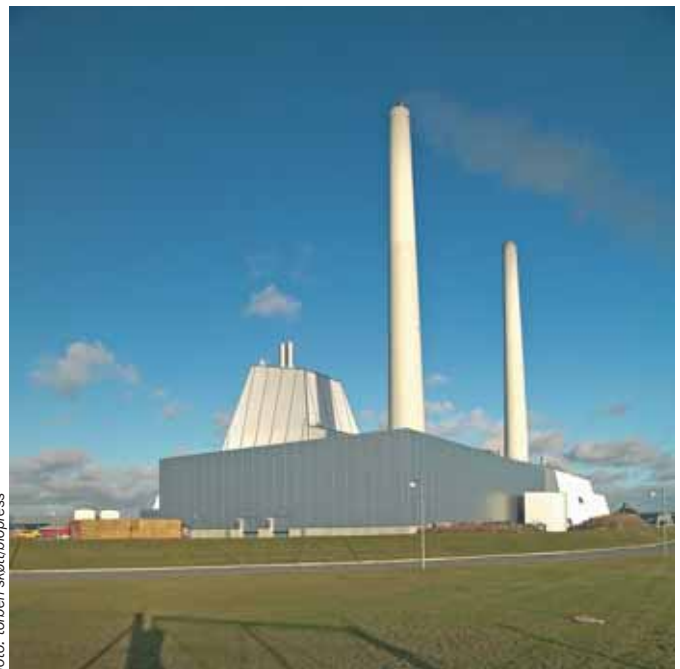


foto: torben skott/biopress

På Avedøreværket i København blev der kun konstateret moderate belægninger i kedlen til biomasse.

**FIB** – Forskning i Bioenergi udgives med støtte fra Energiforskningsprogrammet, der administreres af Energistyrelsen. Nyhedsbrevet, der er gratis, udkommer fire gange om året i en dansk og en engelsk udgave. Begge udgaver kan downloades fra Internettet på adressen [www.biopress.dk](http://www.biopress.dk)

**Den danske version** af nyhedsbrevet findes endvidere i en trykt version, der kan rekvireres hos BioPress, telefon 8617 8507, e-mail [biopress@biopress.dk](mailto:biopress@biopress.dk).

**Ansvarshavende redaktør:**  
Journalist Torben Skøtt

**ISSN:** 1604-6331

**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:** Torben Skøtt  
og TK Energi

**Oplag:** 4.000 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 marts 2009.  
Deadline for redaktionelt stof er den 15. februar 2009.

## Historisk løft til energiforskning



foto: torben skøtt/biopress

**I starten af november faldt forhandlingerne om globaliseringsmidlerne på plads. Det betyder, at der i 2009 vil være afsat 750 millioner kroner til energiforskning og -udvikling.**

– Det er et historisk højt beløb. Aldrig nogensinde har der været sat så mange penge af til energiforskning. Vi har fordoblet midlerne på fire år, siger klima- og energiminister Connie Hedegaard om de 750 millioner kroner, hvoraf de 43 millioner er øremærket til klimaforskning.

Ansvar for bevillingen ligger hos forligspartierne bag globaliseringsmidlerne. Det vil sige regeringen, Dansk Folkeparti, Socialdemokratiet og De Radikale. De har samtidig besluttet, at beløbet til energiforskning skal stige til en milliard kroner i 2010.

– De grønne teknologier er fremtidens vækstområder, som vil skabe både job, vækst og udvikling i Danmark. Men sådan en udvikling kommer ikke fra markedet alene: Staten skal hjælpe med til, at de bedste og mest levedyg-

tige teknologier bliver udforsket, udviklet og afprøvet, så de klarer overgangen fra idé til marked. Derfor er det så afgørende, at vi prioriterer penge til forskning og udvikling, siger klima- og energiminister Connie Hedegaard (K).

Eksporten af dansk energiteknologi til udlandet har gennem de senere år været en stor succes. I 2007 blev der således eksporteret for 52 milliarder kroner. Det er 13 procent mere end året før og ti gange mere end væksten i vareeksporten i øvrigt – den steg kun med 1,3 procent.

Aftalen om at bruge 750 millioner til energi- og klimaforskning i 2009 bliver fra mange sider hilst velkommen, men flere organisationer peger på, at det langt fra er nok. I en fælles pressemeddelelse opfordrer Dansk Industri, Dansk Metal, Dansk Energi og Ingeniørforeningen således politikerne til at afsatte fire milliarder kroner til området i 2020. Det er nødvendigt, mener de fire organisationer, hvis Danmark fortsat skal udvikle sit bæredygtige energisystem og reducere udledningen af klimagasser. *TS*