

Volvo vil bruge flydende biogas	3
Fang alger med liner	4
Røggas giver over 40 procent mere søsalat	6
Biogas og andet godt i søsalat	8
Bioethanol fra halm er en dyr løsning	10
Optimering af biogasproduktionen	12
Afsluttede projekter	14
125 millioner til benzin fra træ	16

## Mere biogas med kemisk affaldssortering

Et nyt koncept til håndtering af husholdningsaffald kan blive en hård konkurrent til traditionel affaldsforbrænding. Ved i stedet at koge affaldet og tilsætte enzymer får man en langt mere fleksibel energiproduktion, der samtidig har en række miljømæssige fordele.

*Af Torben Skøtt*

Den 1. december var der officiel indvielse af et nyt demonstrationsanlæg hos Amagerforbrænding, og det var ikke uden grund en meget stolt projektgruppe, der kunne vise anlægget frem.

– Det her er en verdensnyhed. Det er fuldt ud konkurrencedygtigt med traditionel affaldsforbrænding, vi får en superfleksibel energiproduktion, og vi kan genbruge næringsstofferne, fortalte projektleder Erik Ravn Schmidt fra DONG Energy ved indvielsen.

Energinet.dk har støttet anlægget med 29 millioner kroner ud af et samlet budget på 55 millioner. Udover DONG Energy har Haldor Topsøe, Novozymes, Amagerforbrænding, Københavns Uni-

versitet og DTU deltaget i udviklingen af anlægget, der har fået navnet REnescience. Det står for Renewables, Science and Renaissance of the energy system.

Projektet bygger videre på de erfaringer, DONG Energy har opnået med forbehandling af halm til produktion af bioethanol. Halm og organisk affald har flere lighedspunkter, og på et tidspunkt erfarede forskere, at de teknikker, der var udviklet til forbehandling af halm, også kunne bruges til affald.

Ved indvielsen af anlægget lagde Amagerforbrændingens direktør, Ulla Röttger, da heller ikke skjul på, at det er forbehandling af affaldet, der er det mest fascinerende:

– For 15 år siden havde vi et forsøgsprojekt, hvor en gruppe medarbejdere sorterede affald manuelt, men det blev lukket på grund af dårligt arbejdsmiljø. I dag kan enzymerne klare den opgave, og det er da ganske imponerende, sagde Ulla Röttger.

### Kogt affald

REnescience-projektet består af to hovedelementer: Først bliver affaldet kogt, og der tilsættes enzymer, så man

*REnescience-projektet har til huse i et hjørne af Amagerværket, hvor man tidligere sorterede affald manuelt. I dag har enzymerne overtaget den funktion.*

- ▶ får en flydende fraktion, der indeholder det organiske materiale. Resten består af forskellige faste fraktioner, hvoraf hovedparten kan bruges som brændsel, mens en mindre del i form af metal og glas kan gå til genbrug.

Når først det biologiske materiale er koncentreret i en form, hvor det kan pumpes rundt i systemet, er der mange anvendelsesmuligheder. Oprindeligt var det tanken, at biomassen skulle anvendes i et tryksat forgasningsanlæg sammen med kul, men for nylig blev den løsning droppet til fordel for et traditionelt biogasanlæg.

– Biomassen indeholder 3-4 gange så meget gas som gylle, og gas kan bruges til både kraftvarme, i transportsektoren og som erstatning for naturgas. Med gas får vi en meget fleksibel elproduktion, og vi får en virkningsgrad, der er næsten dobbelt så høj som på et affaldsforbrændingsanlæg, forklarer Erik Ravn Schmidt.

For Energinet.dk, der har støttet projektet, har fleksibel elproduktion høj prioritet. Hurtig regulering af elproduktionen er en forudsætning for at kunne indpasse store mængder vedvarende energi i elsystemet, så enhver ansøgning, der kan bidrage i den retning, bliver vel modtaget hos Energinet.dk.

En høj elvirkningsgrad har især betydning på eksportmarkederne, hvor fjernvarmesystemer ofte er et ukendt begreb. Her kan det være afgørende, at gas giver mulighed for en elvirkningsgrad på godt 45 procent, mens

*I REnescience bliver den organiske del omdannes til biogas, der kan bruges til kraftvarme, sendes ud i naturgasnettet eller konverteres til benzin. Den faste fraktion går til genbrug eller bruges som brændsel.*

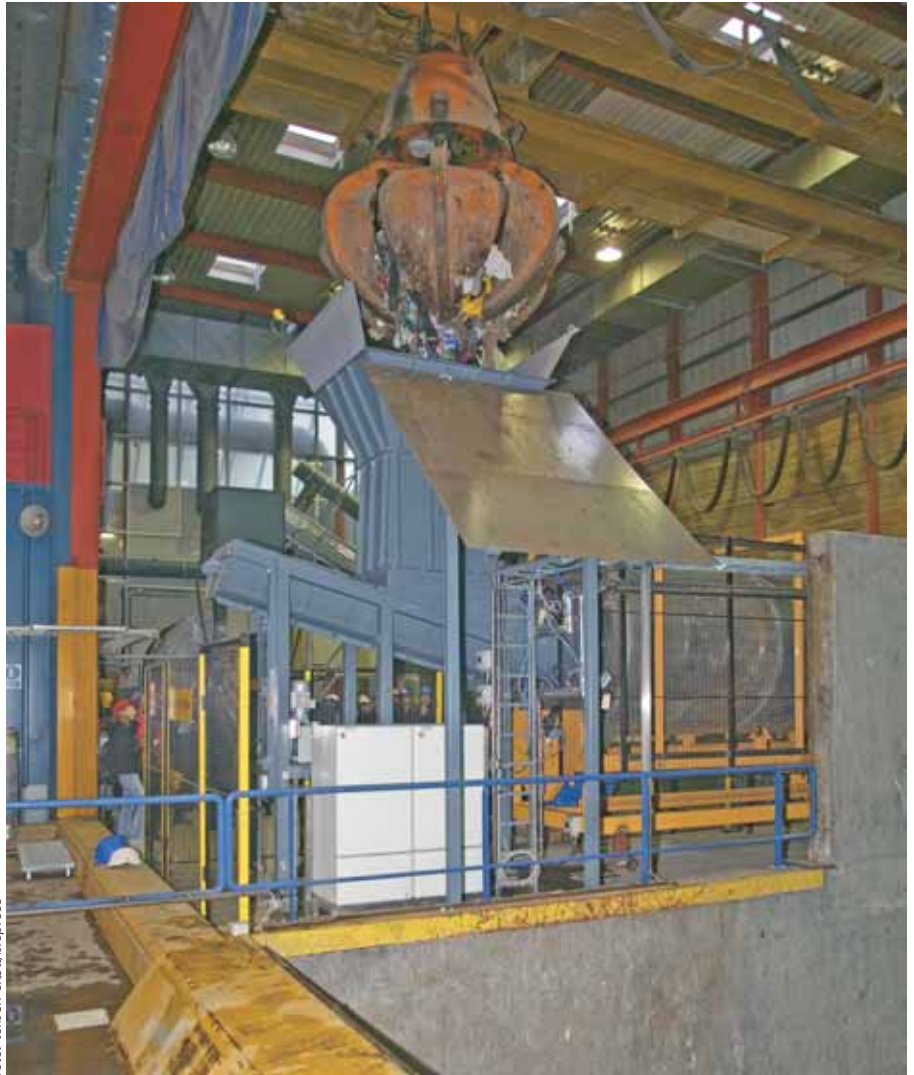


foto: torben skøtt/biopress

den typisk ligger på omkring 25 procent for et affaldsforbrændingsanlæg.

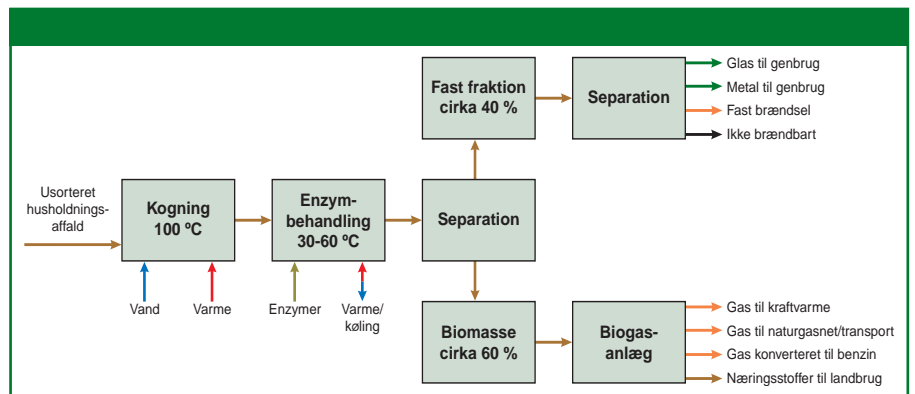
### Genbruger næringsstofferne

Men det er ikke kun, når det drejer sig om energiproduktion, at det nye koncept er bedre end affaldsforbrænding. Det er også mere miljøvenligt, fordi man kan genbruge metal og glas, ligesom det formentlig vil være muligt at genbruge visse plasttyper. Derudover får man udnyttet næringsstofferne i

den afgassede biomasse, når den ender ude på landbrugsjorden.

– Vi har testet produktet for tungmetaller, og alt tyder på, at vi kan overholde kravene i “slambekendtgørelsen”, fortæller projektmedarbejder Nanna Nørholm fra DONG Energy.

Hun understreger dog samtidig, at der kan være stor forskel på affald, så der kan opstå situationer, hvor man kan komme i konflikt med “slambekendtgørelsen”.



## Hvad koster det?

Ved etablering af et nyt forbrændingsanlæg til affald skal man forvente, at behandlingsprisen typisk vil ligge på omkring 200 kroner/ton affald.

– Det kan vi sagtens konkurrere med, fortæller Erik Ravn Schmidt. Han vil ikke komme med et konkret bud på, hvad behandlingsprisen bliver i REnescience – kun at det bliver på under 200 kroner/ton.

I dag er det cirka en tredjedel af udgifterne, der går til enzymer, mens resten går til afskrivninger og øvrige driftsudgifter. I løbet af de sidste fem år er prisen på enzymerne blevet halveret, og alt tyder på, at priserne vil falde markant i takt med at efterspørgslen stiger.

## Næste fase

– Det spændende er, at jo mere vi arbejder med det her projekt, jo flere muligheder får vi øje på. Vi har hele tiden tænkt, at nu må der komme et eller andet problem, som vi får svært ved at løse, men det er altså ikke sket endnu, siger Erik Ravn Schmidt.

Han regner med, at det næste års tid skal bruges til at optimere teknologien yderligere, og at man derefter kan gå i gang med at projektere et fuldskalaanlæg, som forhåbentlig kan stå færdigt i 2012. ■



– Det spændende er, at jo mere vi arbejder med det her projekt, jo flere muligheder får vi øje på, sagde projektleder Erik Ravn Schmidt ved indvielsen.

## Volvo vil bruge flydende biogas



**Svensk affaldsselskab og Volvo samarbejder om at etablere et anlæg i Skåne, der kan levere flydende biogas til transportsektoren. Energigtætheden er tre gas større end for den komprimere biogas, som sælges på over 100 tankstationer i Sverige.**

Det er et af Volvo's mange datterselskaber, Terracastus Technologies, der har underskrevet en hensigtserklæring med Skånes Renhållningsbolag om at etablere et anlæg til produktion af flydende biogas. Anlægget, der forventes at stå færdigt i efteråret 2011, skal kunne levere flydende biogas, svarende til 15.000 liter diesel om året, og bliver dermed verdens største anlæg af den type.

Inden biogassen kan komme på flydende form, skal den først renses for CO<sub>2</sub>, svovlbrente og andre urenheder. Derefter skal den køles ned til minus 162 grader, som er det temperaturniveau, hvor gas kondenserer ved en atmosfæres tryk.

Fordelen ved flydende biogas er, at energigtætheden er tre gange større end den komprimere biogas, som sælges på over 100 tankstationer i Sverige. Til almindelige personbiler vil teknikken med nedkøling af gas være for kompliceret, så Volvo sat-

*Volvo har testet teknikken med flydende biogas på to renovationsvogne. Til almindelige personbiler vil teknikken med nedkøling af gas være for kompliceret, så Volvo satser i første omgang kun på busser og lasbiler.*

ser i første omgang kun på busser og lasbiler.

Teknikken til rensning og nedkøling af gassen er baseret på en teknologi, som Terracastus Technologies har udviklet i Sverige. Her har man igennem en længere periode haft et pilotanlæg i New Jersey, hvor der blev produceret flydende biogas til to renovationsvogne fra Volvo's amerikanske datterselskab.

Ifølge Dansk Gastekniks Center er nedkøling af naturgas i fremgang over hele verden, da det giver mulighed for at skabe et globalt gasmarked. Knap 30 procent af den mængde naturgas, der transporteres mellem de enkelte lande, er i form af flydende gas, ligesom der foregår en udvikling hen imod distribution af flydende gas i mindre målestok. I den sammenhæng er Skandinavien langt fremme med Norge i spidsen, efterfulgt af Sverige, hvor man blandt andet har planer om at indføre flydende naturgas i Stockholm fra 2010. TS

# Fang alger med liner

Alle taler om alger, men kun få gør noget ved det. En af dem, der ved noget om det og rent faktisk lever af det, er Rasmus Bjerregaard, der har virksomheden Marifood. I dag leverer han makroalger til fødevarerindustrien, men han er overbevist om, at det inden længe vil være muligt at producere alger til fremstilling af bioethanol.



foto: marifood

Af Torben Skøtt

Overalt i verden bruges der enorme summer på at forske i biobrændstoffer udvundet af mikroalger, men spørger man en af de virksomheder, som rent faktisk lever af at dyrke alger, møder man ikke megen forståelse for den tankegang.

– Mikroalger er helt afhængige af gode lysforhold og en passende temperatur, så i Nordeuropa kan man slet ikke dyrke mikroalger om vinteren, fortæller indehaveren af Marifood, Rasmus Bjerregaard.

Han har mange års erfaringer med dyrkning af alger i Århusbugten, og selv om han kan være fascineret af mikroalgernes enorme vækspotentiale, så tvivler han på, at det kan blive rentabelt til energiproduktion. Det fortalte han om på den årlige Bioenergidag, der sædvanen tro var arrangeret af DANBIO.

– I større målestok kræver det nogle meget indviklede rørsystemer, og det er både sårbart og kostbart at etablere. Det er også dyrt og energi-krævende at høste algerne, for det foregår ved centrifugering, forklarede Rasmus Bjerregaard.

## Makroalger på 30 meters dybde

Til forskel fra mikroalger så vokser makroalger (tang) hele året. Flere ar-

Rasmus Bjerregaard i færd med at høste sukkertang i Århusbugten. I løbet af cirka 6 måneder vokser sukkertang fra 2-3 millimeter til omkring 1,5 meter.

ter kan vokse under meget dårlige lysforhold og kan således klare sig, selv på store havdybder.

Makroalger har en meget effektiv fotosyntese. I de første meter under havets overflade findes grønalger i form af blandt andet søsalat. Lidt længere nede findes brunalger og rødalger, og på den californiske vestkyst har man nogle kæmpealger, der kan gro fra 30 meters dybde og op til havoverfladen.

– Kæmpealger findes desværre ikke i vores farvande, og man vil næppe få lov til at importere nye arter til lan-

det, fortæller Rasmus Bjerregaard og fortsætter:

– Men vi har andre arter som sukkertang, der kan være oplagt til produktion af bioethanol. De indeholder over 60 procent kulhydrater, der kan omsættes til ethanol ved almindelig fermentering. Udbyttet er 3-4 gange højere end fra sukkerrør, og det er en plante, som er forholdsvis let både at dyrke og høste.

## Tang på liner

Rasmus Bjerregaard har tidligere drevet forretning fra Limfjorden, men i

### Mikro- eller makroalger

#### Mikroalger:

- + Hurtig vækst ved optimale nærings- og lysforhold
- + Visse arter indeholder betydelige mængder fedt, der kan bruges til biodiesel
- Lysforholdene i Nordeuropa lukker for vækst om vinteren
- Dyrt at etablere produktionsanlæg på land
- Høst er dyr og energikrævende, da det foregår ved centrifugering.

#### Makroalger

- + Vækst hele året – for visse arter primært om vinteren
- + Bedre udnyttelse af fotosyntesen end mikroalger
- + Makroalger kan hæfte sig til liner og kan derfor produceres i havet
- Langsommere vækst end for mikroalger

Kilde: Rasmus Bjerregaard, Marifood



foto: marifood

*Sukkertang på liner i Århusbugten. Hver line med tang er fem meter lang. De mange liner er fæstnet til en 250 meter lang hovedline, som er spændt ud mellem to bøjer og fastgjort til havbunden med et anker.*



foto: marifood

dag er produktionen flyttet til Århusbugten og et mindre tankanlæg i Grenaa. Produktionen består især af tang, blåmuslinger og østers, hvoraf langt hovedparten afsættes som fødevarer.

En væsentlig del af produktionen består af sukkertang, der dyrkes på lange liner i bugten ud for Århus. Hver hovedline er på 250 meter, udspændt mellem to bøjer og fæstnet til havbunden med et anker. På hovedlinen er der med passende mellemrum monteret fem meter lange liner med sporer, som i løbet af cirka et halvt år bliver til sukkertang på hver halvanden meters længde.

Dyrkning af tang er fortsat en nicheproduktion i Danmark, og Rasmus Bjerregaard har faktisk svært ved at følge med efterspørgslen. Han får omkring 80 kroner/kg tang, men er overbevist om, at produktionsprisen kan reduceres markant ved stordrift.

– En hovedline vil kunne give et udbytte på 10-20 tons tang om året, og den vil kunne etableres for under 6.000 kroner. Tidsforbruget på havet er minimalt. Det store arbejde består i at fastgøre sporerne, så det skal mekaniseres, hvis det skal op i industriel skala, forklarer Rasmus Bjerregaard.

Han vurderer, at man kan komme ned på en produktionspris på omkring 300 kroner/ton, og så begynder det at ligne noget – især hvis man kan få tilskud for at fjerne næringssalte fra bugten. Århus kommune bruger i dag betydelige beløb på at undgå iltsvind i bugten, og hvis det i stedet blev brugt på dyrkning af tang, kunne produk-

tionsprisen komme ned på omkring 100 kroner/ton.

### Perspektiver

Marifood har for nylig indledt et samarbejde med Danish Biofuels, der er langt fremme med planerne om at etablere en ethanolfabrik på Grenaa Havn. Fabrikken skal i første omgang bruge korn som råvare, men virksomhedens direktør, Svend Brandstrup, ser store perspektiver i at kunne indtage biomasse fra havet.

– Jeg tror, det er realistisk at etablere en produktionslinie til makroalger om 5-10 år, siger Svend Brandstrup.

– Sukkertang vil umiddelbart kunne omdannes til ethanol, og den vil

passer langt bedre ind i vores produktion end for eksempel søsalat, lyder det fra direktøren.

Han er indstillet på at bruge de kommende år på at undersøge fænomenet nærmere, herunder hvordan podningen af de mange liner kan gøres mere rationel.

Hvis en procent af Kattegats areal, svarende til 300 km<sup>2</sup>, blev brugt til sukkertang, vil man kunne høste to millioner tons tang om året. Det vil give en produktion af bioethanol på 100.000 m<sup>3</sup> om året eller nok til dække fem procent af danskernes benzinforsbrug. ■

### Alger i praksis

- Verdens samlede produktion af alger er på omkring 16 millioner tons om året, hvoraf knap 90 procent består af makroalger. Langt hovedparten bliver produceret i Asien, hvor Kina, Korea, Japan og Filippinerne hører til blandt de store producenter.
- Makroalger bliver primært dyrket på liner. Det er forsvindende få steder, hvor man bruger tanke til makro- og mikroalger. Knap to millioner tons makroalger bliver høstet med maskiner, men flere steder er det blevet forbudt.
- Alger indbringer i gennemsnit cirka 400 dollar/ton, men det omfatter også alger til sushi, som vokser langsomt, og som er ekstremt dyrt at producere. Den samlede produktion "koster" i dag 34 milliarder kroner og har et energiindhold på 5.000 GWh. Det giver en gennemsnitlig pris pr. kWh på 6,80 kroner.
- Over 60 procent af algerne bliver anvendt som fødevarer, og i Asien er det næsten det eneste, der er fokus på. I resten af verden bliver algerne primært brugt som tilsætningsstoffer til fødevarer.

*Kilde: Rasmus Bjerregaard, Marifood*

Røgen fra et kraftværk indeholder 300 gange så meget CO<sub>2</sub> som atmosfærisk luft, og det er noget, der kan sætte skub i produktionen af alger. Billedet er fra en forsøgsopstilling på Teknologisk Institut, hvor Danmarks Miljøundersøgelser for tiden udfører forsøg med at dyrke søsalat til energi-produktion.

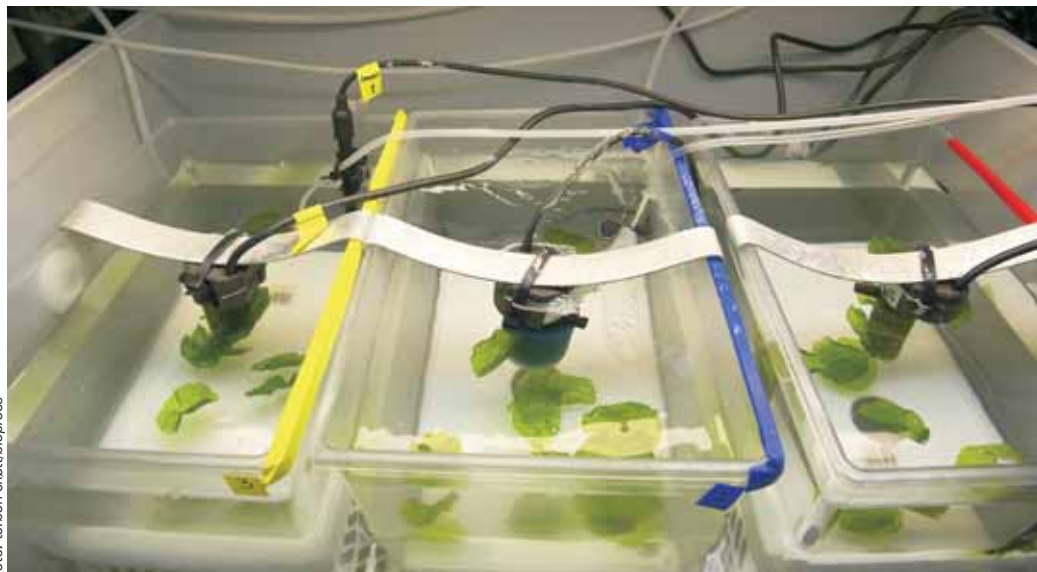


foto: torben skøtt/BIOPRESS

## Røggas giver over 40 procent mere søsalat

Røg indeholder mere end 300 gange så meget CO<sub>2</sub> som atmosfærisk luft, og dermed kan den bruges til at øge produktionen af makroalger markant. Igangværende analyser vil vise, om tungmetaller fra røgen ophobes i algerne, og om røgen påvirker algernes kemiske sammensætning.

Af Annette Bruhn og Michael Bo Rasmussen

Alger kan fange og udnytte CO<sub>2</sub>-indholdet i røggas. Det viser en række forsøg udført på Teknologisk Institut i Århus af forskere fra Danmarks Miljøundersøgelser.

CO<sub>2</sub> er et vigtigt næringsstof for alger, og da røg indeholder omkring 13 procent CO<sub>2</sub> – eller mere end 300 gange så meget som der findes i atmosfærisk luft – kan røggas være med til at øge algernes vækstrate markant.

Ved at lade røggassen boble igennem bassiner med alger kan et spildprodukt på den måde sætte skub i produktionen af biomasse, der efterfølgende kan bruges til at fortrænge fossile brændsler. Udnyttelsen af røggas til produktion af alger giver således et ekstra plus i klimaregnskabet, og det kan vise sig at være en billig metode til at fjerne CO<sub>2</sub> fra kraftværkerne.

### Bedre end ren CO<sub>2</sub>

Princippet med tilførsel af røggas er tidligere blevet afprøvet på mikroalger med gode resultater. I visse tilfælde gror mikroalgerne endnu bedre på røggas end på ren CO<sub>2</sub> i tilsvarende koncentrationer. I Israel dyrker firmaet Seambiotic således mikroalger i stor skala ved hjælp af røggas fra et kulfyret kraftværk.

Danmarks Miljøundersøgelser ved Aarhus Universitet gennemfører i disse måneder de første forsøg med at dyrke makroalger på røggas. Forsøget er en del af ”søsalat-projektet”, der ledes af Teknologisk Institut. De øvrige



foto: torben skøtt/BIOPRESS

partnere i projektet er Risø DTU og DONG Energy.

Søsalat-projektet går i sin helhed ud på at undersøge, hvordan man mest effektivt udnytter biomasse fra makroalger til produktion af vedvarende energi. Den grønne makroalge, søsalat (*Ulva lactuca*), er valgt som modelorganisme på grund af dens høje vækstrater og høje indhold af kulhydrater.

### Ikke helt let

Det er ikke helt problemfrit at udføre forsøg med røggas. Røggassen kan nemlig ikke komprimeres, fordi vanddamp i røgen kondenserer ved afkøling og kompression, hvorved vandopløselige komponenter som NO<sub>x</sub> og SO<sub>2</sub> udfældes i vandet. Netop disse to komponenter kan være af betydning for algernes vækst, da en høj koncentration af SO<sub>2</sub> hæmmer væksten, mens NO<sub>x</sub> muligvis kan stimulere væksten.

I praksis er det således ikke muligt at komprimere og transportere røggas, så det er nødvendigt at udføre forsøgene ved kilden. De første pilotforsøg med at dyrke søsalat på røggas blev derfor udført på Teknologisk Institut i Århus, hvor røggassen blev leveret di-

Annette Bruhn viser nogle af de alger frem, som har fået tilført røggas fra et træpillefy.

rekte fra et træpillefyrt og ned i forsøgsakvarierne. Samtidig blev der løbende udført røggasanalyser, og væksten blev sammenlignet med vækst på "kunstig røggas" og ren atmosfærisk luft. Den kunstige røggas bestod af 13 procent CO<sub>2</sub>, 6 procent O<sub>2</sub> og resten N<sub>2</sub>.

### 43 procent mere søsalat

De første spæde resultater viser, at søsalat trives fint på røggas. Vækstraten øges med op til 43 procent, når den grønne makroalge tilføres enten urensset røggas eller en "kunstig røggas" i forhold til væksten med atmosfærisk luft. Der er således ikke noget, der tyder på, at sporstofferne i den ægte røggas fra træpiller påvirker væksten af søsalat i hverken negativ eller positiv retning.

Igangværende analyser vil vise, om der ophobes tungmetaller fra røggassen i algerne, eller om røgen påvirker algernes biokemiske sammensætning. Senere vil der blive udført forsøg med røggas fra forskellige typer brændsler for at se, om det kan påvirke væksten.

*Annette Bruhn er forsker ved Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet, e-mail anbr@dmu.dk.*

*Michael Bo Rasmussen er seniorrådgiver ved Danmarks Miljøundersøgelser, Aarhus Universitet, e-mail mir@*

## Halmethanol fra 2010

Fra 2010 får danskerne mulighed for at tanke 2. generationsbioethanol hos Statoil. Brændstoffet kommer fra Inbicons nyindviede anlæg i Kalundborg, der kan omdanne 30.000 tons halm om året til bioethanol, foder og brændselspiller.

Under klimatopmødet i København har Inbicon leveret brændstof til 30 limousiner samt 10 Volvo V70, som Udenrigsministeriet råder over.

Bioethanol fra Inbicon reducerer udledningen af CO<sub>2</sub> med 85 procent sammenlignet med benzin. Brændstoffet, der bruges under klimatopmødet, består af 85 procent bioethanol og 15 procent benzin.

## Vil bruge plasticmåtter til dyrkning af alger

**Norske Statoil er med i et amerikansk projekt, hvor man vil høste alger ved hjælp af plasticmåtter. Forskerne håber på den måde at kunne få et nyt råstof til produktion af biodiesel og samtidig skabe liv i de vandmiljøer, der er ødelagt af næringsstoffer fra landbrug og industri.**

Det største flodudløb i USA, Chesapeake Bay, har brug for kunstigt åndedræt. I dag ligger området nærmest øde hen på grund af for meget kvælstof og fosfat. Det har sat skub i produktionen af alger, og når de på et tidspunkt rådner op, bruger de ilten, og så forsvinder fiskene fra området.

Det problem skal et stort amerikansk forskningsprojekt med deltagelse fra blandt andet Statoil samt universiteterne i Maryland og Arkansas gøre noget ved. Ifølge det norske tidsskrift Teknisk Ukeblad, vil Statoil i første omgang bidrage med cirka 15 millioner kroner til projektet, der skal gøre det muligt at høste alger ved hjælp af store plasticmåtter placeret under havoverfladen.

Teknologien er oprindelig udviklet af Dr. Walter Adey til rensning af forurenset vand, men forskerne vurderer, at princippet også kan bruges til produktion af alger i industriel skala.

– Det er en enkelt og billig teknologi forklarer professor i marinbiologi ved Elizabeth Canuel Virginia Institute of Marine Science.

Alger på måtter vil efter hendes vurdering have gode vækstbetingelser, fordi de hele tiden får tilført frisk næringsrigt vand. Efter cirka en uges ophold i vandet skal måtterne tages op, algerne skrubes af, hvorefter måtterne igen vil blive sænket ned i havet.

Informationschef for Statoils afdeling for ny energi, Øistein Johannesen, siger til Teknisk Ukeblad, at selskabet ikke går ind i projektet for at få et "grønt" image:

– Vi mener helt oprigtigt, at der er gode forretningsmuligheder i bioenergi, havvindmøller og CO<sub>2</sub>-opsamling. Derfor deltager vi i flere forskellige projekter for at positionere os og for at få et overblik over udviklingen inden for de forskellige områder, siger informationschefen.

Statoil samarbejder endvidere med den norske forskningsinstitution Sintef om at dyrke tang til produktion af bioethanol. Der er blandt andet udført forsøg med at dyrke sukkertang i tilknytning til anlæg, hvor man opdrætter laks. Erfaringerne herfra viser, at man får rensset vandet, samtidig med at sukkertang får de optimale vækstbetingelser. TS

## Svenske forskere laver brændstof af papiraffald

**For første gang nogensinde er det lykkedes svenske forskere at producere metanol af papiraffald.**

Sveriges papirfabrikker har enorme mængder affald til rådighed i form af det såkaldte sortlud. Ud af et ton træ er det kun cirka 500 kg, der omdannes til papirmasse. Resten er sortlud, der i et vist omfang anvendes til energiformål, men ofte med en alt for lav virkningsgrad.

Nu er det imidlertid lykkedes forskere fra Luleå Universitet og Energiteknologencentret i Piteå at omdanne sortlud til metanol, der kan bruges som brændstof i transportsektoren. Derved kan man hente mere energi ud af sortlud, og man får et brændstof,

der kan bruges i mange forskellige sammenhænge.

Teknologien er baseret på forgasning med efterfølgende omdannelse af gassen til flydende brændstof i en katalysator enten i form af metanol eller DME, der af mange bliver betegnet som fremtidens form for dieselolie.

Danske Haldor Topsøe deltager i projektet, der også rummer aktører som Volvo og svenske Chemric, der har leveret en tryksat forgasser til projektet.

Projektet, der har fået støtte fra blandt EU's 7. rammeprogram og den svenske energistyrelse, forventes afsluttet i 2012.

TS

Værsgod og spis. Det ser måske ikke så lækkert ud, men søsalat har et stort potentiale som råvare til fødevarerindustrien. Det kan indtages som kostfibre, hvor det kan være med til at sænke kolesteroltallet og således bruges til forebyggelse og behandling af diabetes, overvægt og hjerte/karsygdomme.



foto: Lars Nikolaisen/teknologisk institut

## Biogas og andet godt i søsalat

Søsalat indeholder ikke noget stort gaspotentiale, men til gengæld er der en række værdifulde stoffer i algerne, som vil kunne udnyttes af fødevarer- og medicinalindustrien. Økonomisk set vil det således være mest oplagt at kombinere energiproduktionen med en produktion af højværdi-produkter.

for nogen videre forbehandling. Forsøgene har vist, at algen i ubehandlet form giver et metanudbytte på omkring 175 m<sup>3</sup>/tons organisk materiale, hvilket er i underkanten af udbyttet fra gylle. Forbehandles biomassen i en blender, kan metanudbyttet dog øges med 50-60 procent, og derved nærmer man sig udbyttet fra en afgrøde som kløvergræs.

En væsentlig faktor ved alger i forhold til landplanter er det høje vand-

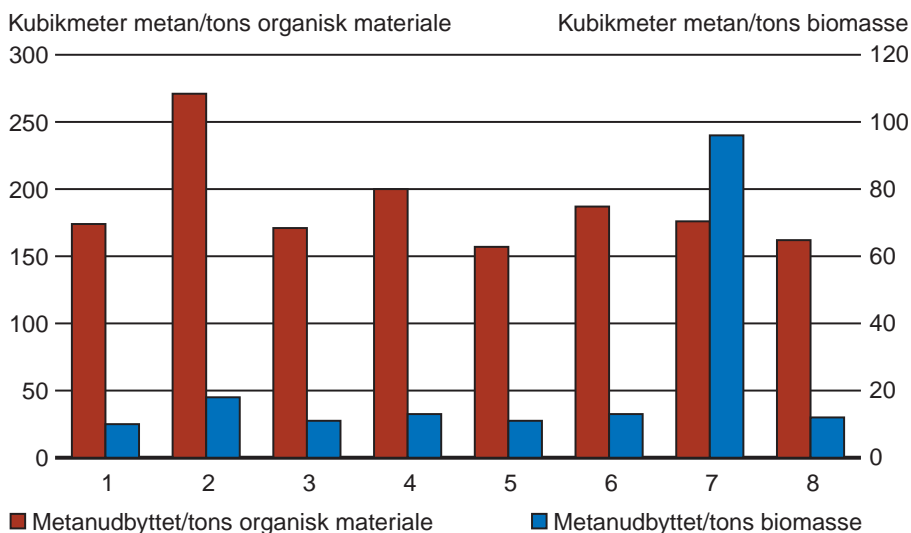
indhold, der let når op på 85-90 procent. Det reelle metanudbyttet pr. ton biomasse er derfor kun på omkring en femtedel af udbyttet fra kløvergræs. Tørres søsalat til et vandindhold på 10-15 procent, opnås imidlertid et udbytte på 100 m<sup>3</sup> metan/tons eller det samme, som gælder for kløvergræs.

Tørring er en energikrævende proces, men den giver mulighed for at søsalaten kan opbevares i længere tid, da den ikke så let går i forrådnelse.

Af Henrik Bangsø Nielsen

På Risø DTU er der igennem det seneste år blevet udført en række laboratorieforsøg med henblik på at vurdere, om søsalat (*Ulva lactuca*) er velegnet til produktion af biogas.

Som udgangspunkt kan processen forløbe forholdsvis enkelt. Algen kan på ægte "dansk" vis udrådnes sammen med gylle, men kan også udrådnes alene. Metanudbyttet er dog relativt moderat, når algen ikke udsættes



Figur 1. Metanudbyttet fra søsalat ved forskellige forbehandlingsmetoder. Bortset fra forsøg nr. 8 blev der anvendt en reaktortemperatur på 55 °C. De røde søjler viser udbyttet i forhold til mængden af organisk materiale, mens de blå søjler er baseret på mængden af biomasse.

1. Rå uvasket alge, hakket.
2. Rå uvasket alge, blendet.
3. Rå vasket alge, hakket.
4. Rå vasket alge, blendet.
5. Rå vasket alge, hakket, forbehandlet ved 110 °C i 20 min.
6. Rå vasket alge, hakket, forbehandlet ved 130 °C i 20 min.
7. Tørret uvasket alge.
8. Rå uvasket alge, hakket og udrådnede ved 37 °C



Det kan være en stor fordel set i lyset af algens begrænsede vækstsæson.

### Udfordringer og muligheder

Teoretiske beregninger baseret på den kemiske sammensætning af søsalat indikerer, at algens metanpotentiale er større, end hvad der opnås i praksis.

Nøglen til en mere effektiv udnyttelse ligger først og fremmest i forbehandlingen af algen. Cirka 15 procent af tørstofindholdet udgøres af en kompleks gruppe biofibre kaldet ulvan (opkaldt efter algen), hvis funktion netop er at gøre algen modstandsdygtig over for mikrobiel nedbrydning.

Traditionel højtemperaturforbehandling så som vådoxidation giver ikke umiddelbart et merudbytte af hverken biogas eller bioethanol for den sags skyld. Derfor er Risø DTU for tiden i gang med at udvikle nye forbehandlingsmetoder, som fjerner biofibrene på en skånsom måde.

Det lyder både besværligt og dyrt, men ulvan er spået et stort potentiale som råvare til fødevarer- og farmaceutindustrien. Det kan indtages som kostfibre, hvor det kan være med til at sænke kolesteroltallet og således bruges til forebyggelse og behandling af diabetes, overvægt og hjerte/karsygdomme. Ulvan menes også at have en vis hudplejende effekt, og endelig kan det bruges til udvikling af nye nanostruktur materialer. Økonomisk set kan det således være en fordel at fjerne ulvan og bruge det til produkter af høj værdi.

Tilsvarende kan det være gavnligt at fjerne indholdet af sulfat, hvoraf en del faktisk findes i biofibrene. Sulfat er nemlig også med til at hæmme produktionen af biogas, og derudover giver det anledning til svovlbrinte i biogassen, som kan ødelægge motorer og kedler.

Nedenstående resultater er alle baseret på forsøg med søsalat fra Seden strand ved Odense. Hvis man via en kontrolleret vækst i bassiner kan forhøje indholdet af letomsættelige kulhydrater i forhold til den naturligt forekommende art, vil det også kunne øge udbyttet af metan.

*Henrik Bangsø Nielsen er ansat som forsker på Risø DTU, Afdeling for Biosystemer, e-mail hbni@risoe.dtu.dk. ■*

## 25 millioner til energiafgrøder og biogas



### Stort nordisk energiprojekt sætter fokus på energiafgrøder i miljøfølsomme områder, og hvordan biomassen efterfølgende kan udnyttes til produktion af biogas.

Det er Agrotech i Århus, der står i spidsen for det ambitiøse projekt med deltagelse af forskere fra både Danmark, Norge og Sverige. Opgaverne spænder lige fra dyrkning og høst af energiafgrøder til behandling af afgrøderne i biogasanlæg og efterfølgende rensning af gassen, så den kan bruges i transportsektoren.

I Region Midtjylland vil der således blive etableret 1.500 hektarer med energipil ved Ringkøbing Fjord. I Nørreådalen vil 500 hektarer med græs blive høstet og anvendt til produktion af biogas. Det skal ske i en ny økologisk reaktor, som skal etableres i tilknytning til biogasanlægget på Forskningscenter Foulum.

Projektet starter 1. januar 2010 og løber frem til udgangen af 2012. Det er støttet af Region Midtjylland og EU's Kattagat-Skagerak-program.

*Kilde: www.agrotech.dk.*

## Mere energi og mad med bioteknologi

### Bioteknologi kan give mere energi og flere fødevarer, samtidig med at CO<sub>2</sub>-udledningen reduceres.

Landbruget kan få meget mere ud af jorden, hvis man bruger bioteknologi. Det er hovedkonklusionen på en undersøgelse, som Landbrug og Fødevarer, Klimakonsortiet og Novozymes står bag.

Undersøgelsen, der blev lanceret under Klimatopmødet den 16. december, illustrerer med praktiske eksempler, hvordan landbruget kan producere mere kød og mere energi, samtidig med at CO<sub>2</sub>-udledningen reduceres.

For at give en idé om potentialet har Novozymes gennemført en sammenlignende undersøgelse af produktiviteten af konventionelle landbrugsmetoder og et landbrug, baseret på bioteknologiske løsninger. Sidstnævnte omfatter blandt andet:

- Podning af sædekorn, så afgrøderne bedre kan optage naturlig fosfor.

- Enzymer i svinefoderet, der fremmer fordøjelsen og dermed produktiviteten.
- Enzymer, der gør det muligt at frigøre mere kød fra ben, når grisene er slagtet.
- Enzymer der kan omdanne halm til biobrændstof.

Brugen af disse løsninger vil betyde, at en hektar jord ville kunne give et merudbytte på 285 kg kød, 1.100 liter biobrændstof, 1.600 kWh strøm samt 350 m<sup>3</sup> biogas og gødning, samtidig med at CO<sub>2</sub>-udledningen vil blive reduceret med 2,2 tons.

Hvis man forestiller sig, at metoderne vandt indpas i halvdelen af verdens landbrugsproduktion, ville det få kødproduktionen til at stige med i alt 6 millioner tons om året, og udledningen af drivhusgasser ville falde med 50 millioner tons om året. Sidstnævnte svarer til at fjerne 12 millioner biler fra vejene.

TS

# Bioethanol fra halm er en dyr løsning

Bioethanol produceret af halm er en dyr og energikrævende løsning, og det er usikkert, om brændstoffet vil være kommercielt tilgængeligt i 2020, hvor ti procent af transportsektorens brændstof skal være "grønt".

Af Torben Skøtt

Brændstof produceret på 2. generationsanlæg ud fra restprodukter giver et større bidrag til løsning af transportsektorens problemer end brændstof, hvor råvarerne består af landbrugsafgrøder. Det er en af konklusionerne i en hvidbog, som Teknologirådet har udarbejdet for Partnerskabet for Biobrændstoffer.

Problemet er blot, at det kan blive meget svært at få etableret 2. generationsanlæg inden for en overskuelig fremtid. Det fremgår dels af hvidbogen, dels af en konference hos Dansk Industri, arrangeret af Partnerskabet for Biobrændstoffer, DI Energibranchen og Dansk Biotek.

## Notat fra Ea Energianalyse

På konferencen blev der blandt andet fremlagt et notat fra Ea Energianalyse, der viser, at det i 2015 vil koste 677 kroner at reducere CO<sub>2</sub>-udslippet med et ton ved at bruge 2. generationsbiobrændstoffer eller næsten tre gange så meget, som den forventede pris på CO<sub>2</sub>-kvoter.

Produktionsprisen forventes at blive på 6 kroner/liter benzinækvivalent. Det er 1,60 kroner mere end prisen på benzin, men i følge projektleder Camilla Hay fra Ea Energianalyse, skal der ikke meget til for at ændre på de forudsigelser. Hun fremhævede især udviklingen i halmprisen, benzinprisen og prisen på biprodukter som afgørende for, hvordan regnskabet vil falde ud i 2015.

– Hvis halmprisen bliver 30 procent højere, end Energistyrelsen vurderer, vil reduktionsprisen nå op på 1.080 kroner/ton CO<sub>2</sub>, og omvendt vil prisen falde til godt 180 kroner/ton, hvis det



foto: torben skøtt/biopress

*Halmprisen er afgørende for økonomien i 2. generations bioethanol. Stiger halmprisen med 30 procent, stiger prisen på at reducere CO<sub>2</sub>-udslippet fra 677 til 1.080 kroner/ton.*

bliver muligt at sælge CO<sub>2</sub> som industriel gas, forklarede projektlederen.

Notatet peger endvidere på, at den proces der kræves for at omdanne halm til bioethanol, er temmelig energikrævende. Omkring 30 procent af energien bliver således tabt i processen, og dermed er tabet nogenlunde lige så stort som den mængde brændstof, der bliver leveret til transportsektoren.

Ud over bioethanol producerer et 2. generationsanlæg betydelige mængder foder og brændsel. Salg af biprodukter har således en væsentlig ind-

flydelse på økonomien, hvor salg af CO<sub>2</sub> er bare ét eksempel. Et andet eksempel er salg af brændsel, der kan få CO<sub>2</sub>-reduktionsprisen ned på godt 200 kroner/ton, hvis man kan opnå samme pris for brændslet som for halmpiller.

## Klare udmeldinger

Notatet fra EA Energianalyse er udarbejdet i forbindelse med Teknologirådet hvidbog om biobrændstoffer. Her bliver der blandt andet henvist til EU Kommissionens Joint Research Center, der vurderer, at det er usikkert, om 2. generationsbiobrændstoffer vil være konkurrencedygtige med 1. generation i 2020.

Et centralt element i hvidbogen er en række anbefalinger til politikerne, herunder et råd om at der er behov for en klar definition af rammebetingelserne for biobrændstoffer.

Den anbefaling blev hilst velkommen af direktør Svend Brandstrup fra Danish Biofuel:

– Vi har brug for nogle klare politiske beslutninger, der favoriserer biobrændstoffer i forhold til deres evne til at fortrænge CO<sub>2</sub>. Så kan vi udvikle vores teknologier på lige vilkår i stedet for at hænge fast i de gamle ter-

## Elektronisk nyhedsbrev

Få flere nyheder om forskning i bioenergi. Den trykte udgave af *Forskning i Bioenergi*, der udkommer fire gange om året, bliver nu suppleret af et elektronisk nyhedsbrev. Klik ind på [www.biopress.dk](http://www.biopress.dk) og få et gratis abonnement på den trykte og/eller elektroniske udgave af bladet.

**Biopress**

☎ 8617 8507

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

mer om 1. eller 2. generation, sagde direktøren. Han forventer, at Danish Biofuel kan have et anlæg, der bruger korn til fremstilling af ethanol og foder, i drift i 2012. CO<sub>2</sub>-fortrængningen vil være på 80 procent eller nogenlunde det samme, som fra et 2. generationsanlæg.

– Bioethanol importeret fra Brasilien koster i dag 4 kroner/liter inklusive told. Kan man ikke matche det, kan man ikke få finansieret en kommerciel virksomhed. Så enkelt er det, sagde Svend Brandstrup.

Han tvivlede på, at man kan etablere selvstændige 2. generationsanlæg i Danmark:

– Politikerne havde troet, at de mange midler til forskning i biobrændstoffer havde ført til nye produktionsanlæg, men det sker ikke, for der er ikke økonomi i de anlæg, og der er ikke tilstrækkeligt med råvarer.

– Hvis vi skulle basere vores produktion på halm, ville det kræve 6-700.000 tons om året. Så meget halm er der ganske enkelt ikke til rådighed inden for en overskuelig radius, forklarede Svend Brandstrup, der i stedet argumenterede for, at man skulle kombinere 1. og 2. generationsteknologien på samme anlæg.

Teknologirådets "Hvidbog om biobrændstoffer i Danmark" kan læses på [www.teknologiraadet.dk](http://www.teknologiraadet.dk). ■

## Prisen på enzymer rasler ned

Prisen på enzymer til bioethanol er halveret i løbet af de seneste tre år, og frem mod 2015 forventes et prisfald på yderligere 40 procent.

Prisen på enzymer til fremstilling af bioethanol har hidtil været anset som en af de store barrierer for et kommercielt gennembrud for 2. generations-teknologierne, men på det punkt er der sket meget i løbet af de seneste år. Siden 2006 er enzymprisen således blevet halveret, og frem mod 2015 forventes den at blive reduceret med yderligere 40 procent. Det fremgår af en hvidbog om biobrændstoffer, som Teknologirådet står bag.

De danske biotekvirksomheder Novozymes og Danisco er i dag førende inden for udvikling og produktion af enzymer til biobrændstoffer, og de sidder tilsammen på omkring 80 procent af verdensmarkedet.

Det er især virksomhedernes datterselskaber i USA, der oplever en tiltagende efterspørgsel, men den forplanter sig i stigende grad til både Europa og Asien. I 2008 udgjorde salget af enzymer til produktion af bioethanol på basis af landbrugsafgrøder

således omkring 17 procent af Novozymes samlede omsætning.

Generelt er Nordamerika et interessant marked for eksport af teknologi til bioethanol. Det demokratiske parti i USA er kommet med udmeldinger om, at de ønsker en markant forøgelse af den nuværende produktion af bioethanol frem mod 2020. Det gør de ved hjælp af Renewable Fuel Standards, som sætter årligt voksende mål for 1. og 2. generationsbioethanol. Samtidig er lånemulighederne til forskning og produktionsanlæg favorable og producenterne får omkring en kvart dollar i statsstøtte for hver liter bioethanol, der produceres. De danske virksomheder Danisco og Novozymes er derfor begge etableret med afdelinger i USA.

### Satser på begge leverandører

Hos Inbicon, der for nyligt indviede et stort demonstrationsanlæg i Kalundborg til produktion af bioethanol ud fra halm, har man valgt at bruge enzymer fra både Novozymes og Danisco.

– Begge firmaers produkter kan anvendes i vores proces, og vi samarbejder med dem begge. Det er noget, vores kunder sætter pris på, for når de køber vores teknologi, er de ikke nødsaget til at vælge en bestemt leverandør, fortæller vicedirektør Michael Person fra Inbicon.

Han lægger ikke skjul på, at enzymprisen tidligere har været en af de helt store omkostninger, men at det i dag i lige så høj grad drejer sig om at få reduceret kapitalomkostningerne og energiforbruget til processen.

– Alle nye energiteknologier har behov for støtte i starten, og det gælder også for 2. generations ethanolanlæg, siger Michael Persson, der tidligst forventer at se et fuldskalanlæg i slutningen af 2012.

– Det er formentlig ikke nogen, der går i gang, før vi har ½-1 års erfaringer med anlægget i Kalundborg, og da det tager to år at bygge et fuldskalanlæg, vil det tidligst komme i drift i løbet af efteråret/vinteren 2012, siger direktøren. TS

Kilde: Hvidbog om perspektiver for biobrændstoffer i Danmark. Teknologirådet 2009. ■

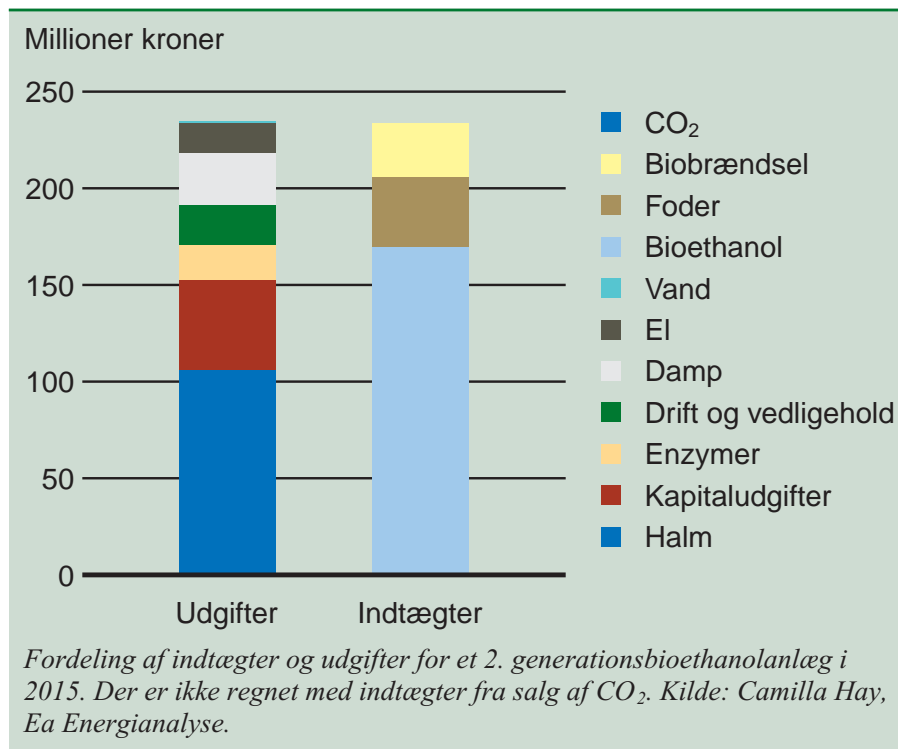




foto: torben skott/biopress

# Optimering af biogasproduktionen

En dynamisk model for produktion af biogas kaster nyt lys over den komplicerede proces, som jævnligt vækker undren hos driftsledere. Modellen kan blandt andet bruges til at forklare, hvorfor der opstår en synnergieffekt, når man blander gylle med kulhydrater eller fedtstoffer i form af for eksempel fiskeolie og blegejord.

Af Lars Ellegaard og  
Rena Angelidaki

Biogasprocessen er en naturligt forekommende proces, som har været kendt i århundreder og udnyttet af industrien og landbruget i årtier. De praktiske erfaringer er omfattende. Alligevel har mange driftsledere oplevet, at processen til tider har reageret på overraskende måder, uden at de har kunnet finde logiske forklaringer herpå.

Det skyldes ikke mindst, at det, der foregår i en biogasreaktor, er temmelig komplekst. Det er en alsidig proces, der kan nedbryde et utal af organiske råvarer. Men den er langt fra kortlagt og forstået i alle detaljer.

Op gennem 1990'erne blev der på DTU udført en række projekter, hvor grundlæggende forhold omkring biogasprocessen blev undersøgt. Sammen med tilsvarende arbejder publiceret i faglitteraturen blev der på basis heraf opstillet en matematisk mo-

*Vegger-anlægget i Nordjylland var et af de første steder i landet, hvor man udførte forsøg med tilsætning af blegejord og fiskeolie.*

del, som kan bruges til at afklare en række forhold om processen.

Et særligt kendetegn ved DTU-modellen er evnen til at forklare den komplicerede ligevægt, der indtræder ved en proces, som er domineret af ammoniakhæmning, hvilket ofte er tilfældet for termofile processer, men den giver også en god forståelse for, hvorfor en mesofil proces er mere tolerant over for ammonium.

DTU-modellen er nærmere beskrevet i en artikel på [www.biopress.dk](http://www.biopress.dk), men i det følgende vil vi kort redegøre for nogle af de resultater, som modellen har dannet baggrund for.

## Samudrådning

Umiddelbart skulle man forvente, at en øget belastning med biomasse ville medføre et højere VFA-niveau (flygtige fedtsyrer) og en mindre effektiv omsætning. Det sker imidlertid ikke, hvis man vælger at øge tørstofkoncentrationen i den tilførte biomasse uden at øge mængden af biomasse, da

VFA-niveauet primært er dikteret af opholdstid. Det kunne i praksis svare til en situation, hvor man tilsætter et produkt med højt fedtindhold som fiskeolie eller blegejord eller i lidt mere moderat omfang en energiafgrøde med et højt tørstofindhold og et stort gaspotentiale.

Under sådanne forhold kan man ifølge modelberegningerne for den "ekstra" biomasse forvente at opnå noget nær det teoretisk maksimale metanudbytte, da tilsætningen ikke giver anledning til forøget udvaskningstab. Det strider måske mod den intuitive opfattelse, at øget belastning må give forøget tab. Men det er erfaret på anlæg, hvor tilsætning af for eksempel blegejord ikke gav anledning til stigning i VFA-niveauet, snarere tværtimod.

For at belyse dette emne er der udført en række simuleringer, hvor koncentrationen af forskellige typer biomasse er øget i forhold til et basisniveau, der svarer til udrådning af gylle.

Scenarie	Basis	+ 10 gram/ liter kulhydrat	+ 10 gram/ liter lipid	+ 10 gram/ liter protein
VFA total	11,7	7,7	9,8	40,2
Metanindhold	0,733	0,995	1,365	0,707
Ændring i procent	–	+ 15,6	+ 2,6	- 14,6

*Tabel 1. Ændring af VFA og metanindhold ved at supplere den tilførte gylle med henholdsvis kulhydrat, lipid og protein.*

Som det fremgår af tabel 1 viser beregningerne, at VFA-niveauet faktisk falder ved tilsætning af rent, omsætteligt kulhydrat eller lipid, medens det omvendte er tilfældet for protein. Det betyder, at der for kulhydrat og lipid kan opnås en synergieffekt ved samudrådning frem for selvstændig udrådning, hvor man kun ville kunne forvente et udbytte på lidt under 100 procent af det maksimale modeludbytte. Bemærk, at de 15,6 procent merudbytte under kulhydrat er regnet i forhold til den tilsatte mængde kulhydrat. Men dette merudbytte kommer naturligvis fra gyllen, idet der selvsagt ikke kan opnås mere end 100 procent omsætning af det tilsatte kulhydrat. Regnet i forhold til basisgyllen udgør merudbyttet i dette tilfælde cirka 5 procent.

De opnåede marginale merudbytter for opløst kulhydrat og lipid skal ses på baggrund af et udbytte for basisprocessen, der kun udgør 92 procent af det maksimale modeludbytte for den pågældende sammensætning af biomasse.

### Tidsmæssige variationer

Normalt anses jævn og regelmæssig belastning af biogasprocessen for den sikreste driftsform. Herved undgås eventuel risiko for ophobning af hæmmende mellemprodukter, og sammensætningen af mikroorganismer vil være i balance med sammensætning af biomassen.

Hvis der er behov for at variere gasproduktionen, kan den fornødne fleksibilitet til en vis grad opnås ved lagring af biogassen. Gaslagre til mere end et døgn vil dog normalt være for dyre at etablere, så det er selvfølgelig interessant, om produktionen kan varieres ved skiftende belastning eller ved at ændre sammensætningen af biomasse.

Figur 1 viser et eksempel, hvor der er tilført 20 gram lipider/liter biomasse i tidsrummet 6:00 til 18:00 oven i en jævn dosering af gylle svarende til 15 døgners opholdstid. Til sammenligning vises et forsøg på at variere biogasproduktionen ved at variere indpumpningen af gylle, så der indpumpes 80 procent af gennemsnittet i aften/nattetimerne og 120 procent i dagtimerne.



Biogaslægget i Hashøj råder over to gaslagre, der tilsammen kan dække forbruget i cirka et døgn.

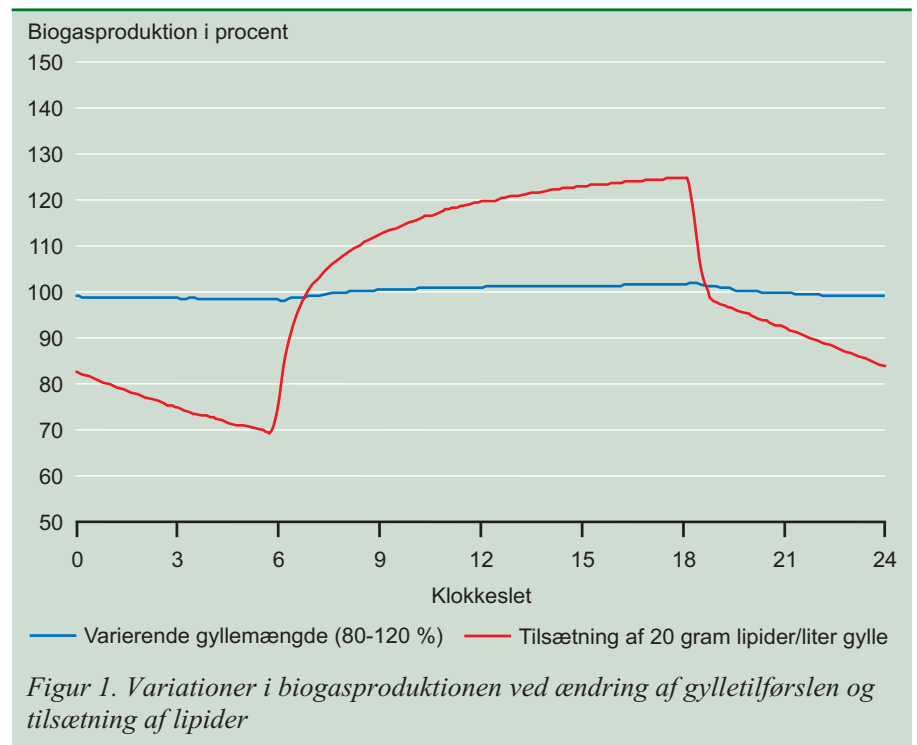
Som det fremgår af figuren, kan gasproduktionen varieres fra cirka 85 procent om natten til cirka 115 procent om dagen ved at tilsætte lipider. Variationen ved at ændre belastningen udelukkende med gylle er til gengæld yderst begrænset.

Døgnvariation ved tilsætning af lipider bør dog ske med omtanke. Der skal være tale om en sund proces, der langsomt bliver vænnet til en kombination af gylle og lipider. En god rettesnor kan være, at hvis man ikke ser en variation i gasproduktion, der nogenlunde svarer til forventningerne, skal man stoppe med tilsætning af de mere koncentrerede biomasser som fiskeolie og blegejord.

### Seriedrift

Ved seriekobling af to reaktorer kan der opnås en lidt bedre udrådning, end hvis der kun anvendes én reaktor – især hvis der optræder variationer i belastning og sammensætning af biomasse. Også dette forhold er DTU-modellen i stand til at gengive. Dels er der mindre risiko for hurtig gennemløb af uomsatte partikler, men der indtræder også en gunstig graduering af processen, som forbedrer hydrolysering og mindsker tab af VFA.

Det aktuelle merudbytte vil i praksis afhænge af biomassens beskaffenhed. Jo højere andel af strukturelt og tungtomsætteligt materiale, jo højere merudbytte kan forventes ved serie-



Figur 1. Variationer i biogasproduktionen ved ændring af gylletilførslen og tilsætning af lipider

## Nye ansøgningsrunder

**Den 27. januar og 24. februar er der ansøgningsfrist til henholdsvis Højteknologifonden og EUDP.**

Højteknologifonden, der råder over 520 millioner kroner i 2010, yder støtte til højteknologiske platforme og projekter. I november 2009 blev der opslået et udbud om både projekter og platforme med frist for interesse-tilkendegivelser den 27. januar og aflevering af ansøgninger i april. Opslag til anden runde i 2010 bliver til maj med interessetilkendegivelser i august, ansøgninger i oktober og tilsagn i december. Læs mere på [www.hojteknologifonden.dk](http://www.hojteknologifonden.dk).

EUDP råder over 409 millioner kroner i 2010, der fordeles gennem to runder. Den 24. februar er der ansøgningsfrist til første runde, hvor der er en pulje på omkring 300 millioner kroner. Ansøgningsfristen til anden runde er i september, hvor puljen er på 100 millioner, og hvor der højst kan søges om fem millioner kroner til et projekt. Læs mere på [www.ens.dk](http://www.ens.dk) under menu-punktet "Ny teknologi".

- drift. Det kan have særlig betydning for omsætning af energiafgrøder, som fremover vil kunne forventes at få en større betydning, efterhånden som der bliver mangel på organisk affald med et højt gaspotentiale.

### Fremtidigt arbejde

Et af de mere overraskende resultater af DTU-modellen er beregningerne for samudrødning af gylle og andre typer biomasse.

Som det fremgår af tabel 1, er effekten af tilsat kulhydrat væsentligt større end effekten af tilsat lipid. Det kan have stor praktisk betydning, og det er nærliggende, at forsøge at få det bekræftet eksperimentelt.

Det kunne ske ved at sammenligne effekten af tilsat fedt og kulhydrat for eksempel i form af GTO og ren cellulose. Eksperimentet kunne suppleres med et forsøg, hvor der tilsættes findelt halm med henblik på at konstatere, om effekten af rene kulhydrater (cellulose) kan opnås ved tilsætning af halm. Hvis det er tilfældet, vil det åbne nye perspektiver for brug af halm i biogasanlæg.

Resultaterne angående gasproduktionsdynamik viser, at der er mulighed for regulering af produktionen på døgnbasis, hvis et anlæg har rådighed over koncentrerede fedtholdige produkter og kan dosere disse separat. Denne mulighed har en del af biogasanlæggene allerede i dag. Relativt tungtomsættelige biomasser såsom cellulose kan ikke bruges til døgnregulering. De vil derimod være velegnede til sæsonregulering, det vil sige øget produktion i vinterhalvåret.

*Rena Angelidaki er professor på Institut for Vand & Miljøteknologi på Danmarks Tekniske Universitet, e-mail: [ria@er.dtu.dk](mailto:ria@er.dtu.dk)*

*Lars Ellegaard er ingeniør og ansat hos BWSC, e-mail: [lse@bwsc.dk](mailto:lse@bwsc.dk)* ■

## Catliq – fra affald til olie

**Titel:** Fra organisk affald til biobrændstoffer.  
Ny teknologi til optimering af bio-diesel.

**Ansvarlig:** SCF Technologies A/S, Andreas Rudolf,  
e-mail: [anr@scf-technologies.com](mailto:anr@scf-technologies.com), ☎ 22102517.

**Tilskud:** HF – 10.000.000 kroner

CatLiq processen er en ny dansk teknologi, der omdanner biomasse til brændbar olie. Der arbejdes med høje tryk og temperaturer og med katalysatorer, der får processen til at forløbe hurtigt.

I processen fungerer vand som både opløsningsmiddel og katalysator, og det er derfor muligt at omdanne en lang række forskellige former for vådt affald uden energikrævende tørring. Det kan for eksempel være spildevandsslam, gylle og husholdningsaffald.

Bioolien kan enten bruges til direkte forbrænding for at producere el og varme, eller den kan raffineres til diesel og andre petroleum produkter.

I de tre år, projektet har stået på, er nye katalysatorer blevet testet, og olien er blevet analyseret og afprøvet i en skibsmotor. Processen er blevet mere effektiv og stabil, blandt andet ved hjælp af bedre pumper og et mere effektivt system til at fjerne aske fra højtryksdelen.

Resultaterne fra projektet vil blive videreført i et nyt EUDP-projekt, som SCF Technologies står bag sammen med energiselskabet Vattenfall. Formålet er at designe og bygge et demonstrationsanlæg ved Nordjyllandsværket i Ålborg.



foto: torben skott/biopress

*Catliq-processen, der er udviklet af SCF-Technologies, er blevet mere effektiv og stabil. Det er blandt andet sket ved hjælp af bedre pumper og et mere effektivt system til at fjerne aske fra højtryksdelen.*

## Styring af biogasprocessen



foto: torben skovt/biopress

*Forsøg på biogasanlægget hos Forskningscenter Foulum har givet nye input til, hvordan biogasprocessen kan optimeres. Der er blandt andet udført forsøg med forbehandling, seriedrift og efterudrødning, proceshæmning samt proceskontrol.*

Titel:	Præcisionsstyring af biogasprocessen
Ansvarlig:	Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Århus Universitet, Henrik B. Møller, e-mail: henrikb.moller@agrsci.dk, © 8999 1936.
Tilskud:	EFP – 1.891.000 kroner

Projektet har haft til formål at optimere biogasprocessen. Der har været arbejdet med en række delområder, der kan opdeles i følgende hovedkategorier: Forbehandling, seriedrift og efterudrødning, proceshæmning samt proceskontrol.

Forhydrolyse af kvæggylle ved 68°C har givet lovende resultater med et øget gasudbytte på op til 26 procent, mens effekten ved forhydrolyse af svinegylle kun har givet et merudbytte på 10 procent.

På samme type biomasse er der udført forsøg med seriedrift, hvor opholdstiden var henholdsvis 15 og 5 dage i de to reaktorer. Resultaterne har vist et øget metanudbytte fra kvæggylle på 5 procent, mens efterafgasning på svinegylle med tilsætning af majs gav et merudbytte på godt 10 procent ekstra metan.

Forsøg med trykkogning i fuld skala har vist lovende resultater. Effekten er meget afhængig af omsætteligheden af biomassen inden trykkogning, og langt den største effekt opnås på meget tungt omsættelig biomasse som dybstrøelse fra kvægesætninger.

Det er især ammoniak, der kan hæmme biogasprocessen, og derfor har der været forsket i metoder, der kan fjerne ammoniak fra processen. Resultaterne er publiceret i en videnskabelig artikel og i et Ph.D. projekt.

Der er foretaget en række lovende forsøg med onlinemåling af procesparametre ved hjælp af nær infrarød spektroskopi (NIR). Teknikken blev anvendt til at forudsige indholdet af flygtige fedtsyrer (VFA) i tre forsøg med forskellige typer biomasse. Modeller til at forudsige propansyre blev anset for at være af størst interesse for en effektiv proceskontrol, idet målingerne var langt mere præcise end målingerne af eddikesyre.

## Mikrobiel brændselcelle

Titel:	Mikrobiel brændselcelle – anvendt til direkte konvertering af lignocelluloseaffald til energi
Ansvarlig:	Risø DTU, afdelingen for Biosystemer, Anne Belinda Thomsen, e-mail: abbj@risoe.dtu.dk, © 4677 4164.
Tilskud:	ENMI – 4.001.000 kroner

En mikrobiel brændselcelle er i stand til at producere elektricitet ved at nedbryde det organiske stof i spildevand. Bakterierne skaffer sig energi ved at hive elektroner og protoner ud af biomassen, og derved opstår der et spændingsfelt, som kan omsættes til elektricitet.

I projektet er der opbygget en mikrobiel brændselcelle, og diverse faktorer, som afstanden mellem elektroderne og anvendelse af forskellige bakteriegrupper, er blevet undersøgt.

Cellen er blevet testet på spildevand fra forbehandling af halm til produktion af bioethanol, og det har vist sig, at de stoffer, som ikke kan bruges til produktion af ethanol, i stedet kan udnyttes til fremstilling af elektricitet. Det drejer sig blandt andet om C5-sukker og eddikesyre, som kan omsættes uden tilsætning af enzymer. En anden mulighed er at bruge spildevand fra et rensningsanlæg, der først har været igennem et biogasanlæg.

Virkningsgraden for den mikrobielle brændselcelle er på omkring 70 procent, men det vil formentlig kunne forbedres gennem øget forskning og udvikling.

En mikrobiel brændselcelle er en meget lovende teknologi, som især vil kunne få stor betydning i områder, hvor der ikke er et udbygget elnet. Der findes i dag mindre pilotanlæg, men der er behov for yderligere forskning og udvikling for at opnå større stabilitet og bedre virkningsgrader.



foto: risø dtu

*Forsøg med mikrobiel brændselcelle på Risø DTU. Cellen er i stand til at omdanne spildevand fra produktion af bioethanol til el med en virkningsgrad på omkring 70 procent.*

**Fib** – Forskning i Bioenergi udgives med støtte fra 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:** 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:** BioPress og Marifood.

**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 2010.  
Deadline for redaktionelt stof er den 15. februar 2010.

## 125 millioner til benzin fra træ



foto: torben skøtt/biopress

**Danske Haldor Topsøe deltager i stort amerikansk forskningsprojekt, der skal konvertere træ til benzin.**

Haldor Topsøe er verdensmestre i at fremstille katalysatorer, der kan omdanne gas til flydende brændsler.

Et af de største anlæg findes i Qatar. Her har Topsøe leveret katalysatorer til et anlæg, hvor produktionen af diesel ud fra naturgas svarer til halvdelen af det samlede forbrug af diesel i Danmark.

I USA skal den danske virksomhed nu demonstrere, at der ikke kun er naturgas, der kan omdannes til flydende brændstof. I samarbejde med papirproducenten UPM-Kymmene og et af verdens største olieselskaber Conoco-Phillips skal Haldor Topsøe etablere et anlæg, der kan omdanne 25 tons træ om dagen til benzin. Det er sidste skridt, før der skal etableres kommercielle fuldskalaanlæg, der kan håndtere 1.000 tons træ om dagen.

– Det er et drømmeprojekt, fortæller Claus Hviid Christensen, vicepræsident for ny teknologi i Haldor Topsøe. Han lægger især vægt på, at de amerikanske partnere repræsenterer hele værdikæden fra råstof til tankstation.

– Det giver os gode muligheder for at demonstrere, at vores teknologi er den mest effektive, når det drejer sig

om at konvertere træ til flydende brændstof, siger vicepræsidenten.

Haldor Topsøes koncept kaldes for Tigas. Det står for Topsoe Integrated Gasoline Synthesis og er baseret på en teknologi, virksomheden udviklede i begyndelsen af 1980'erne. Dengang var projektet teknisk set en succes, og der blev blandt andet bygget et pilotanlæg i Houston i USA, men da olieprisen efterfølgende faldt, blev teknologien gemt af vejen.

Nu er konceptet mere interessant end nogensinde før. Klimadebatten, stigende oliepriser og den megen kritik af brændstof, der er produceret ved hjælp af fødevarer, har for alvor sat fokus på Tigas, der i princippet kan produceres ud fra alle typer biomasse og affald. I 1980'erne blev teknologien ganske vist udviklet til naturgas, men teknisk set er der ikke den store forskel på naturgas og den gas, der kan fremstilles på basis af biomasse.

Det nye demonstrationsanlæg skal opføres i tilknytning til The Gas Technology Institute i Illinois, der råder over et velfungerende anlæg, der kan omdanne træ til gas. Den amerikanske energistyrelse støtter projektet med ikke mindre end 125 millioner kroner. Partnerne i projektet forventer, at brændstoffet fra anlæg, der kan omsætte 1.000 tons træ om dagen, vil kunne konkurrere med fossile brændsler. *TS*