

# Den blå biomasse

*Alger har et stort potentiale for udnyttelse til energi. De kan dyrkes i damme på land, og udbyttet kan være betydeligt højere end traditionelle afgrøder, der bruges til energi.*

Foto: Annette Bruhn & Lone Thybo Mouritsen

Af Peter Daugbjerg Jensen og Annette Bruhn

■ From well to wheel er en ofte brugt frase, som bl.a. anvendes til at udtrykke udledningen af CO<sub>2</sub> ved brug af forskellige biobrændsler. Biobrændslerne er typisk produceret af korn, majs og sukkerrør og fælles for produkterne er, at de regnes for CO<sub>2</sub>-neutrale, men også at de udgør vigtige basisråvarer for verdens fødevarerproduktion. Kritikken over for brug af fødevarer til produktion af brændstof og det øgede pres på ressourcerne af traditionel biomasse fra eksempelvis skovbruget har resulteret i fornyet interesse for akvatisk biomasse eller "den blå biomasse", som den også kaldes.

Interessen for brug af den blå biomasse i form af alger til energiformål er eksploderet over det seneste par år. Alger har flere umiddelbare fordele: de vokser hurtigt, de kan dyrkes i bassin-

er på landområder, som ikke er egnet til fødevarerproduktion, overskydende næringsstoffer fra landbruget og CO<sub>2</sub> fra kraftværker kan potentielt anvendes som henholdsvis gødning og kulstofkilde, og endeligt er der kun en meget begrænset konflikt mellem brug af alger til energiproduktion og fødevarerproduktion.

Perspektiverne er med andre ord enorme og energiselskaber, olieproducenter, bilfabrikanter, flyselskaber og Bill Gates er da også ved at falde over benene på hinanden for at deltage i jagen på de nye "oliefelter". For nylig har også USA's militær og flyproducenter som Boeing og Air New Zealand udmeldt, at de forventer at have fly på vingerne inden for de næste 5 – 10 år som er drevet af "algeolie". Så udtrykket from well to wheel skal måske i fremtiden omskrives til from pond to plane.

## Fra alger til energi

Alger opdeles på baggrund af deres størrelse i mikro- og makroalger. Mikro- og makroal-

ger har forskellige umiddelbare potentialer for anvendelse til energiformål, og kræver forskellige dyrknings- og håndterings-



Foto: Prof. Ami Ben-Amotz

*Raceways til dyrkning af mikroalger. Bassinerne hér tilhører firmaet Seambiotic Ltd. i Israel, der dyrker mikroalger til både biobrændstof og tilsætningsstoffer til fødevarer. Som de første i verden udnytter de røggassen fra kulfyrede kraftværker i dyrkningen af alger.*

betingelser, som primært beror på algerne størrelse. Dyrkning af mikroalger til energiproduktion er undersøgt bl.a. i U.S. Department of Energy, som i en årrække fra 1978 til 1996 støttede et program til at udvikle brændsler til transport fra mikroalger. Programmet blev lukket under Clinton-regeringen, men det har nu fået en renaissance i den fornyede interesse for mikroalger. Flere arter af mikroalger har et højt indhold af lipider, som efter forbehandling potentielt kan anvendes til fremstilling af biodiesel eller jetfuel.

### Reaktor med lys og liv

Mikroalger dyrkes som monokulturer i lukkede systemer kaldet fotobioreaktorer eller i åbne bassiner som typisk omtales ved den engelske betegnelse raceways, der referer til bassinets væddeløbsbane-lignende form. Fordelen ved fotobioreaktorer er dels, at algerne kan dyrkes i en meget høj koncentration, dels at algerne kan holdes i en ren monokultur. Det betyder, at man kan dyrke specifikke alger med et højt indhold – eller en favorabel sammensætning – af lipider. En række eksempler fra forsøgsanlæg, som er blevet lukket pga. kontaminering, viser dog, at det er forbundet med betydelige vanskeligheder at holde algekulturer rene for konkurrerende arter. En yderligere ulempe ved fotobioreaktorer er, at vandet skal pumpes rundt for at sikre en optimal algevækst, og det begrænser mulighederne for at opskalere systemet. For de typer af fotobioreaktorer, der anvendes i dag, betyder det, at en opskalering i praksis foregår ved, at flere enheder opsættes uafhængigt af hinanden med selvstændige pumper, ventiler til tilsætning af næringsstoffer osv.

### Endnu ikke rentabelt

Dyrkning af mikroalger i raceways foregår bl.a. i Israel, USA, Thailand, Indien, Kina og Pakistan, hvor produktionen er rettet mod fødevarer- og medicinalindustrien. Modsat fotobioreaktorerne er tætheden af biomasse i de åbne raceways betydeligt mindre og samtidig er algerne udsat



Foto: Lars Nicolaisen

Dyrkning af søsalat i et landbaseret forsøgsanlæg ved Dansk Skaldyrcenter, Nykøbing Mors.

## Alger - den blå biomasse

Alger er vandlevende organismer, der ligesom planter lever af fotosyntese. Ved fotosyntese omdannes energi fra solen, CO<sub>2</sub> og vand til kulhydrater og ilt. Fotosyntese sker ligesom hos planter i grønkorn; og som planter behøver alger lys og CO<sub>2</sub>, næringsstoffer – især kvælstof og fosfor – spormetaller og vitaminer. De inddeles i mikro- og makroalger på baggrund af deres størrelse. Begge grupper er meget heterogene, og rummer adskillige overordnede "riger" af alger, der udviklingsmæssigt er forskellige, og som derfor bl.a. har forskellige indholdsstoffer. Der findes over 30.000 forskellige arter af alger.

for kontaminering fra andre algearter, bakterier, virus og dyreplankton, der æder mikroalgerne. Dette imødegås bl.a. ved at dyrke algearter, som lever under så ekstreme forhold, at det udelukker konkurrerende arter.

Begge systemer har en række ulemper, som gør, at det i dag ikke er økonomisk rentabelt at dyrke mikroalger til produktion

### Mikroalger (plante-plankton):

Éncellede organismer, der dog i nogle tilfælde lever sammen i kolonier af flere celler. Størrelsen ligger mellem 2 mikrometer og 0,5 mm. Mikroalger findes både i ferskvand og havvand. Visse mikroalger kan vokse så hurtigt, at de mere end fordobler deres biomasse hver dag. Mikroalger dyrkes i dag bl.a. til fremstilling af bioplastik, farvestoffer, kosttilskud, til forbedring af vandkvalitet og som foder til opdræt af fisk og skaldyr. Til energiformål er man især interesseret i de lipider, mikroalger ophober som energidepoter i cellerne. Lipidindholdet afhænger af art og vækstforhold, og kan udgøre mellem 15 og 77 % af algens tørvægt.

af bio-olie. Ulemperne er bl.a. forbundet med størrelsen af algerne, som gør at høst, og især opkoncentrering af biomassen, er forbundet med betydelige udgifter. Når der alligevel dyrkes mikroalger i dag, skyldes det, at slutprodukterne til fødevarer- og medicinalindustrien har en betydelig større værdi end bio-olie kan indbringe.

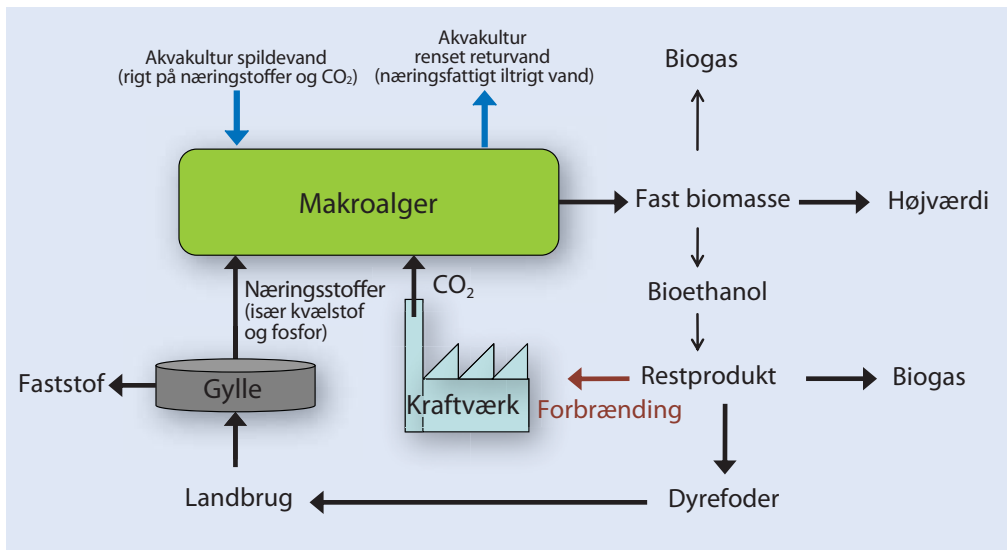
Den øvrige biomasse består af proteiner og kulhydrater.

### Makroalger (tang):

Flercellede organismer, der lever i havvand. Størrelsen ligger fra nogle få mm og op til 30 m! Makroalger vokser generelt langsommere end mikroalger, men vækstrate på op til 40 % om dagen ses hos de mest hurtigt voksende. Makroalger høstes og dyrkes i dag til konsum (sushi, tørrede tang-snacks, algestivelsel som agar og carrageenan), til gødning, biomedicin og som foder til opdræt af fisk og skaldyr. Til energiformål er det makroalgernes indhold af kulhydrater, der er interessant, idet forskellige typer af kulhydrater kan forgæres til bioethanol.

### Fornyet interesse for alger

Anvendelsen af makroalger til energiproduktion har ikke den samme opmærksomhed som mikroalger. Dette kan virke overraskende, når man ser på de fordele, der er ved makroalger og skyldes måske den fristende korte vej fra fast biomasse til flydende biobrændsel, som mikroalgerne potentielt



Eksempel på algers indpasning og funktion i et kredsløb med biomasse og energi.

repræsenterer. Makroalger lagrer ikke lipider i samme omfang som mikroalgerne. Til gengæld har flere arter et højt indhold af kulhydrater, som potentielt kan forgæres til bioethanol. Sammenlignet med mikroalger, har makroalger en åbenlys fordel i kraft af deres størrelse, som gør at biomassen kan høstes, og ikke mindst opkoncentreres, med relativt simpelt og billigt udstyr.

Høstpotalet af såvel makro- og mikroalger er ganske betydeligt. Sammenlignes udbyttet pr. ha. fra forsøg med mikro- og makroalger med høstudbytter fra traditionelle afgrøder som korn, majs og soja ligger tørstofudbyttet fra algerne op til 10 gange over udbyttet fra landbrugsafgrøderne.

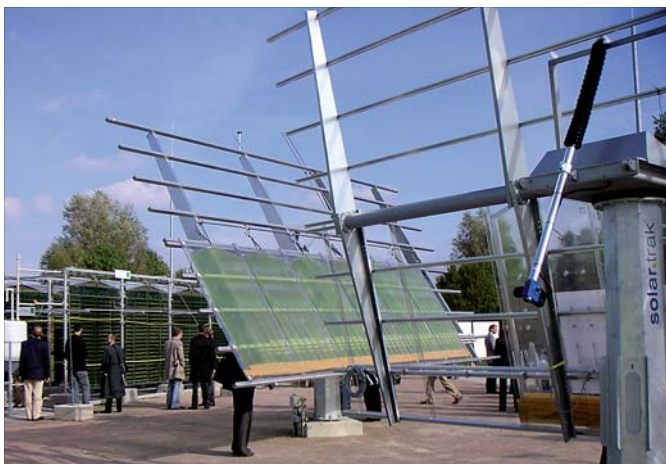
### Dansk satsning på søsalat

Uden for Danmark sker i øjeblikket en voldsom stigning i aktiviteterne omkring anvendelsen af alger til bioenergi. Eksempelvis er Shell involveret i bygningen af et pilotanlæg til dyrkning af mikroalger på Hawaii og lige uden for vores hoveddør har det nordtyske energiselskab E.ON Hanse ved Hamborg bygget testfaciliteter til dyrkning af mikroalger i fotobioreaktorer.

I Danmark er der hidtil gjort sporadiske forsøg med alger i form af anvendelse af makroalger i biogasreaktorer samt en litteraturundersøgelse, som beskriver potentialet for anvendelse af udvalgte makroalger. Generelt fokuserer mange på enkelte indholdsstoffer i

algerne, enten lipider eller sukkerstoffer. Et igangværende dansk samarbejde griber sagen anderledes an: Med fokus på at udvikle en optimal og rentabel udnyttelse af alle dele af makroalgen søsalat (*Ulva lactuca*) til energiformål, leder Teknologisk Institut for øjeblikket et 4-årigt projekt i samarbejde med Danmarks Miljøundersøgelser, Forskningscenter RISØ og DONG Energy. De deltagende partnere udvikler viden om dyrkning, høst, konditionering og udnyttelse af energipotentialerne af hele biomassen fra søsalat.

I 2008 har et mindre anlæg til dyrkning fungeret på Mors hos Dansk Skaldyrcenter, men på længere sigt er det projektets formål at designe et fuldt mekaniseret anlæg, hvor algerne dyrkes i bassiner tilsat returvarme og evt. CO<sub>2</sub> fra et kraftvarmeværk. Ved at tilføre varme og CO<sub>2</sub> kan algernes væksthastighed, og dermed tørstofudbyttet, forøges. Samtidig udnytter man den CO<sub>2</sub>, som ellers ville udledes til atmosfæren og påvirke klimaet negativt. I projektet undersøges forskellige muligheder for energiomsætning af algerne i form af bioethanolproduktion, omsætning i biogasreaktorer og forbrænding i form af hele alger eller ved anvendelse af restprodukter fra produktion af bioethanol og biogas. ■



Fotobioreaktorer fra E.ON Hanse i Hamburg. Reaktorerne er monteret på drejefodder som følger solens gang og dermed optimerer lysindfaldet.

### Om forfatterne:



Peter Daughbjerg Jensen, ph.d.  
Teknologisk Institut  
Tlf.: 7220 1340  
E-mail: Peter.daughbjerg.jensen@teknologisk.dk



Annette Bruhn, post.doc.  
Biologisk Institut,  
Aarhus Universitet  
Tlf.: 89424376  
E-mail: Annette.Bruhn@biology.au.dk

### Yderligere læsning:

*A Look Back at the U.S. Department of Energy's Aquatic Species program: Biodiesel from Algae. NREL/TP-580-24190.*

*Alger - Akvatisk biomasse – en litteraturundersøgelse. PlanEnergi, Midtjylland, 1998.*

*Chisti, Y. 2007. Biodiesel from microalgae. Biotechnology Advances 25: 294-306.*