



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Algeproduktion til energiformål i Region Midtjylland

- Udviklingsmuligheder og
erhvervspotentiale

Notat, august 2009

1. Indledning

Dette notat er udarbejdet af Center for Analyse og Erhvervsfremme, Teknologisk Institut og beskriver udviklingsmuligheder og erhvervspotentialer indenfor algeproduktion til energiformål i Region Midtjylland.

Formål

Formålet med notatet er, at bidrage til at diverse projektparter får mulighed for at målrette deres projektansøgning til Vækstforums erhvervsindsatsning på energi- og miljøområdet med skarpt fokus på de områder hvor alger til energi og andre formål viser størst erhvervmæssig potentiale i Region Midtjylland.

Notatet bygger på skriftlige kilder og interviews med relevante videnspersoner både i og udenfor region Midtjylland (se reference og interview liste i afsnit 0).

Opbygning

Notatet indledes med en kort *status for forskning og udvikling* på alge-til-energi området i både en international og dansk kontekst.

Derefter beskrives *markedspotentialet* for algeproduktion samt den nuværende erhvervmæssige udnyttelse af alger og algeprodukter. I den forbindelse opstilles desuden forskellige forretningsmodeller samt en *værdikæde* for algeproduktion med beskrivelse af input, teknologier, aktører og udfordringer for hvert led.

På baggrund af dette analyseres det *erhvervmæssige potentiale i Region Midtjylland*. Herunder identificeres virksomheder, som på nuværende tidspunkt eller potentielt producerer og/eller anvender algebaserede produkter eller eventuelt kan levere teknologier og løsninger til de involverede processer.

Endeligt analyseres de *barrierer*, som potentielt kan eller vil hindre kommercialisering af algeproduktion til energi og andre formål før der opstilles en række anbefalinger til Region Midtjylland om, hvordan udviklingsmuligheder og erhvervspotentialer indenfor algeproduktion til energiformål bedst understøttes. Disse anbefalinger tager udgangspunkt i allerede eksisterende aktiviteter i regionen.

2. Status for Forskning og Udvikling på alge-til-energi området

Hvorfor satse på alger?

Fra politisk side fokuseres der på at erstatte fossile energikilder som kul og olie med brændstof udvundet af biomasse for at nedbringe CO₂-udslippet. Blandt andet stilles der krav til alle EU's medlemslande om at mindst 4 % af det brændstof, der anvendes i transportsektoren i 2010 skal stamme fra biomasse (målet er revideret fra en tidligere målsætning på 5,75 %, men er sat til at blive øget til 10 % i 2020).¹ I forbindelse med den øgede brug af biomasse til energi-formål er efterspørgslen efter alternativer til de traditionelle afgrøder – eksempelvis korn, sojabønner og sukkerrør – steget. Interessen er især stor når det kommer til anvendelsen af alger.² Dette er der flere grunde til: For det første dyrkes alger i vand og optager dermed ikke værdifuld landbrugsjord, som kan anvendes til fødevarerproduktion. For det andet er alger blandt de hurtigst voksende planter i verden og kan under de rette betingelser mere end fordoble deres størrelse på få dage. Det potentielle udbytte ved algeproduktion er derfor stort. For det tredje kan man øge algevæksten ved at bruge CO₂, hvilket er en positiv sidegevinst i form af en yderligere mindske af CO₂-belastningen.

Hvordan virker det?

Basalt set fungerer dyrkning af alger ved, at algerne anvender lys (fra solen eller anden lyskilde), CO₂ samt næringssalte til at optage energi og vokse. Energien lagres i cellerne i form af f.eks. lipider eller kulhydrater. Herudover producerer algerne en mængde øvrige stoffer, f.eks. antioxidanter, vitaminer og enzymer. Efter indhøstning af algerne kan disse stoffer udvindes fra algemassen og anvendes til at producere eksempelvis biodiesel (fra lipider), bioethanol (fra kulhydrater) og andre produkter.

Det er i den forbindelse vigtigt at være opmærksom på, at forskellige algearter kan have vidt forskellige egenskaber. Visse arter har f.eks. et højt indhold af lipider, andre arter har et højt indhold af kulhydrater og indholdet af proteiner, enzymer, vitaminer mv. kan variere kraftigt fra art til art. En vigtig skelnen går mellem mikro- og makroalger, idet mikroalger ofte har et højt indhold af lipider (op til 70 %), mens makroalger har et højere indhold af kulhydrater (op til 60 %).

¹ http://ec.europa.eu/energy/energy_policy/doc/07_biofuels_progres_report_en.pdf

² Blandt andet er branche- og forskerorganisationen European Algae Association (EAA), som er en aflægger af den amerikanske National Algae Association, blevet stiftet i 2008. En ældre organisation er European Biodiesel Board (EBB), som er en non-profit organisation etableret i 1997 med det formål at samle de største biodiesel-producenter i EU og at fremme brugen af biodiesel. Desuden er området et prioriteret støtteområde i både EU's og USA's offentlige støtteprogrammer.

Især i USA har der længe været forsket i algeproduktion og -udnyttelse og efter en periode i 1990'erne, hvor området blev prioriteret lavt pga. lav produktivitet og dårlig økonomi i projekterne, er der nu atter stort fokus på området.³ Udnyttelse af alger til energiformål er derfor modnet betragteligt i de senere år og er flyttet fra forskningslaboratorier via pilotprojekter til demonstrationsprojekter og dermed helt frem til de sidste stadier før en endelig kommercialisering kan finde sted (se boks 1 for eksempler på anvendelses- og forretningsmodeller). Det er overvejende mikroalger der er i fokus i USA. Dette skyldes i høj grad at der i USA har været større fokus på produktion af biodiesel end på bioethanol.⁴

I flere andre lande, f.eks. Israel, har der været dyrket mikroalger til andet end energiformål, typisk med henblik på at udvinde stoffer til brug i medicinal-, og helsekost-industrierne eller for at anvende algerne til dyrefoder. Teknologierne til denne produktion kan i mange tilfælde også anvendes til produktion af alger til energiformål.⁵

Også i EU er der flere projekter med fokus på algeproduktion til energiformål. Et af de største er det britiske projekt, Algal Biofuels Challenge, som med et budget på ca. 250 mio. kr. vil etablere en (mikro-)algeproduktion i tanke på land i Nordafrika til produktion af biodiesel.⁶ I Skotland er der givet EU-støtte på ca. 45 mio. kr. til forsøg med både mikro- og makroalger til energiproduktion.⁷ Endeligt har det italienske energiselskab, Eni, et testanlæg, hvor der produceres alger i både åbne og lukkede tanke.⁸

³ I 2008 blev der sammenlagt investeret mere end 300 mio. \$ i offentlig-private partnerskaber og kommercielle alge-projekter.

⁴ En af grundene til dette er den amerikanske regerings sikkerhedsmæssige interesse i at mindske landets afhængighed af udenlandsk olie. Bl.a. har US Dept. of Defense været direkte involveret i støtte til udvikling af brændstof (herunder flybrændstof) fra alge- og anden biomasse. Se f.eks. <http://www.darpa.mil/STO/solicitations/BioFuels/index.htm>

⁵ Piccolo (2008): *Algae oil production and its potential in the Mediterranean region*.

⁶ <http://www.carbontrust.co.uk/technology/directedresearch/algae.htm>

⁷ <http://www.biomara.org/>

⁸ http://www.eni.it/it_IT/attachments/documentazione/bilanci-rapporti/rapporti-2009/eni_2008.pdf

Centrale aktører

Det er kendetegnede for de lande, som er førende indenfor algeproduktion og udnyttelse, at der har været massiv offentlig bevågenhed omkring og støtte til projekter på området. Særligt i USA er der både på føderalt niveau og delstatsniveau givet støtte til udvikling af teknologier, der kan anvendes til produktion af biodiesel fra alger.⁹ Under EU's 7. Rammeprogram (FP7) for forskning og udvikling kan der desuden gives støtte til udnyttelse af alger til energi- og andre formål.¹⁰

Der er flere centrale vidensaktører på området. Mange projekter og start-up virksomheder, som beskæftiger sig med algeproduktion til energiformål er udsprunget fra forskningsinstitutioner. Desuden er flere store energiselskaber, som f.eks. Chevron og Shell, blevet opmærksomme på fordelene ved algeproduktion og har etableret samarbejde og joint ventures med mindre biobrændstof-virksomheder.¹¹ En tæt kobling mellem forskning og erhverv synes dermed at være et væsentligt kriterium for at kunne udvikle teknologien til et stadie hvor det kan blive kommercielt bæredygtigt. To øvrige centrale typer aktører er udledere af CO₂, herunder f.eks. kraftværker og større industrivirksomheder, som kan bidrage med den nødvendige CO₂ til algernes vækstproces, samt virksomheder og enkeltpersoner, som kan bidrage med risikovillig kapital til dækning af de ofte meget store etableringsomkostninger ved produktionsanlæggene.¹² I forbindelse med udvikling af teknologien på området er offentlige myndigheders økonomiske støtte som nævnt ligeledes et kritisk parameter. Slutbruger-virksomheder af alger til energiformål er primært energiselskaber og f.eks. kraftvarmeværker, som kan aftage de energiprodukter, som produceres fra algemassen. Virksomheder indenfor andre anvendelsesområder end energi er også væsentlige slutbrugere af algemasse.

Branche- og forskerorganisationen European Algae Association (EAA), som er en aflægger af den amerikanske National Algae Association, blev stiftet i 2008.¹³ En ældre organisation er European Biodiesel Board (EBB), som er en non-profit organisation etableret i 1997 med det formål at samle de største biodiesel-producenter i EU og at fremme brugen af biodiesel.¹⁴

⁹ På føderalt niveau er denne støtte givet som enten subsidiering af biodiesel på ca. 0,25 \$/liter (Jobs Bill, 2004) eller som regulering, som sætter mindstemål for brugen af bioethanol og -diesel på ca. 2 mia. liter i 2012 (Energy Bill, 2005). Derudover støtter mere end to tredjedel af delstaterne algeproduktion med egne initiativer, herunder både regulering, offentlig-private partnerskaber og direkte økonomisk støtte.

¹⁰ ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/fp7/docs/wp/cooperation/kbbe/b_wp_200901_en.pdf

¹¹ Eksempler på dette er Chevrons samarbejde med virksomheden Solazyme omkring udvindelse af biodiesel fra alger ved brug af gæring samt joint venture-selskabet Cellena, som er etableret af Shell og HR Biopetroleum fra Hawaii.

¹² The Algal Industry Survey 2009

¹³ Se <http://www.europeanalgaeassociation.org/index.html> og <http://www.nationalalgaeassociation.com/>

¹⁴ Se <http://www.ebb-eu.org/index.php>

Danske og midtjyske forskningsprojekter

Et par danske forskningsprojekter er blevet startet i de senere år. Blandt andet har et projekt med deltagelse af Teknologisk Institut, DMU, Risø og Dong Energy fået 8,5 mio. kr. til at undersøge makroalgen søsalats potentiale til fremstilling af bioethanol, biogas og fast brændsel. Det er især søsalats evne til at opsuge store mængder CO₂, dens høje vækstrate og store indhold af kulhydrat, der gør den interessant. I modsætning til de fleste andre lande fokuseres der dermed også på produktion af makroalger i Danmark.

Et andet projekt i dansk regi er blevet etableret på Lolland, hvor en nyudviklet digekonstruktion åbner mulighed for produktion af mikroalger i bassiner bag ved digerne ved brug af overskydende overfladevand. Desuden er mulighederne for en offshore produktion af makroalger i øjeblikket ved at blive undersøgt. Dette vil ske i forbindelse med en allerede etableret havvindmøllepark, som vil udgøre fundamentet for algebassinerne. Den centrale aktør bag disse projekter er Baltic Sea Solutions, som er en selvejende virksomhed, der har til formål et fremme regional udvikling i udkantsområder i Østersøområdet. Bag virksomheden står både private virksomheder fra Lolland og offentlige myndigheder (Region Sjælland og Lolland Kommune).

Hvad kan vi lære af udlandet?

Da der flere steder i udlandet har været produceret både makro- og mikroalger i lang tid, herunder på det seneste også med energiproduktion for øje, er det oplagt at undersøge mulighederne for at gøre brug af de erfaringer og teknologier, som er fremkommet. Det vil især være oplagt at se på mulighederne for at anvende de teknologier, som ikke knytter sig specifikt til algeproduktion til energiformål, men til algeproduktion generelt, da disse er mere udviklede og er mere rentable end de teknologier, som er specifikt knyttet til energiproduktion. Det skyldes ifølge interviewpersonerne primært, at teknologier til algeproduktion til andet end energiformål har været anvendt på kommerciel basis i længere tid.

Stadig mange udfordringer

Der er dog stadig mange udfordringer forbundet med en kommercialisering af algeproduktion. For det første er en del af de teknologier og processer, som er nødvendige i algeproduktion til energiformål endnu i deres vorden, hvilket medfører en stor usikkerhed om det potentielle udbytte af en anvendelse af algebaserede produkter til energiformål. For det andet viser erfaringerne fra mange af de forsøg, der er lavet med algeproduktion til energiformål, at høje produktionsomkostninger på nuværende tidspunkt gør det vanskeligt at etablere en økonomisk rentabel produktion.¹⁵

¹⁵ Dette er erfaringer fra både de første kommercielle forsøg med produktion af mikroalger (se f.eks. <http://www.mstonline.de/mikrosystemtechnik/mst-fuer-energie/algen/presentation/steiner.pdf>) og fra danske forsøg (bl.a. Søsalat-projektet) med dyrkning af makroalger til energiformål.

3. Markedspotentiale og nuværende erhvervsmæssig udnyttelse

Markedsstørrelse

Den kritiske faktor for størrelsen af markedet for algeproduktion til energiformål er, om algemasse kan udvikles til at konkurrere med 1) fossile brændstoffer, 2) vedvarende energikilder i form af sol, vind o.l. og 3) andre former for biomasse, f.eks. sojabønner, korn, sukkerrør og restprodukter (bl.a. døde dyr) fra landsbrugsproduktion.¹⁶ Med hensyn til 1) afhænger markedspotentialet blandt andet af, om der er tale om mikro- eller makroalger, dvs. om der er tale om energiproduktion i form af biodiesel eller bioethanol, da dette afgør hvilke traditionelle produkter der konkurreres med. Ligeledes er det af betydning, om energien fra alger skal anvendes i f.eks. kraftværker (hvor biogas, biodiesel og fast brændsel kan afbrændes) eller direkte i køretøjer (hvor op til 5 % biodiesel og bioethanol pt. kan tilsættes uden problemer, men hvor større brug af særligt bioethanol vil kræve en dyr og tidskrævende omstilling af bilparken).¹⁷ Dette gør sig også gældende i forhold til 2), da energi fra sol- og vindanlæg som oftest har form af elektrisk energi. I forhold til 3) afhænger markedspotentialet for algeenergi primært af omkostningsfaktorer, dvs. om algemasse, alt taget i betragtning, kan produceres billigere end øvrig biomasse. Her er fordelene ved alger bl.a. at de har en højere vækstrate og giver højere udbytte end landbaserede afgrøder samt ikke optager værdifuld landbrugsjord.

Totalt set produceres der årligt omkring 10 mio. tons makroalgemasse på verdensplan, men kun en meget lille andel af dette anvendes til energiformål. I stedet anvendes algerne til produktion af fortykningsmidler, tilsætningsstoffer til kosmetik- og helsekostprodukter, gødning eller slet og ret som basisfødevarer, hvilket især er udbredt i Asien. Verdensmarkedsprisen på 1 ton makroalgemasse ligger i intervallet 500-2800 USD, med koldtvandsalger som de dyreste. Makroalger er derudover relativt prisfølsomme overfor f.eks. storme o.l., som kan forstyrre

¹⁶ En dansk/midtjysk virksomhed, som producerer biodiesel og biofyringsolie med udgangspunkt i restprodukter fra landbruget er DAKA, som har produktionsfaciliteter i Løsning nær Horsens. Se <http://www.dakabiodiesel.dk/page539.asp>

¹⁷ Biler, der er beregnet til benzin, kan uden videre problemer køre med op til 5 % iblanding af bioethanol. For at køre på højere blandingsforhold kræves ændringer af motoren og dens styringssystem, hvilket typisk vil betyde en merudgift på 5-10.000 kr. før afgift for en almindelig personbil. Desuden vil det være nødvendigt at bygges særlige benzinstandere og opbevaringstanke i forbindelse med salg af benzin med højt ethanol indhold. Bioethanol kan dog i højere grad anvendes til andre køretøjer end den eksisterende bilpark, f.eks. i trucks og mindre køretøjer i landbrug, industri og servicevirksomheder (lufthavne, renovationsvirksomheder osv.). I modsætning hertil kan almindelige dieslbiler uden problemer køre på biodiesel, men motorfabrikanterne accepterer i dag kun blandinger på op til 5 % i EU, uden at det har indflydelse på garantier og serviceintervaller. Det ventes dog, at EU vil hæve dette til 10 % (Færdselsstyrelsen, 2009).

produktionsprocessen. Den årlige værdi af makroalgeproduktionen udgør ca. 6 mia. USD, med en årlig markedsvækst på 2-3 %.¹⁸

Markedet for grøn energi forventes at stige voldsomt i fremtiden, især som følge af behovet for at mindske CO₂-udslippet på grund af klimaforandringer. Estimer for det globale marked for biodiesel og bioethanol viser, at efterspørgslen vil stige til over 32 mio. ton/år i 2010, hvilket er langt over den forventede produktionskapacitet på ca. 11 mio. ton/år.¹⁹ Dette marked dækker dog både biomasse fra alger og andre afgrøder.

¹⁸ <http://www.supergen-bioenergy.net/Resources/user/docs/new/Hans%20Reith-Seaweed%20potential%20in%20NL-%20Macroalgae-%20Seaweed%20Bioenergy%20Research%20Forum-%202nd%20June%202009%20Plymouth.pdf>

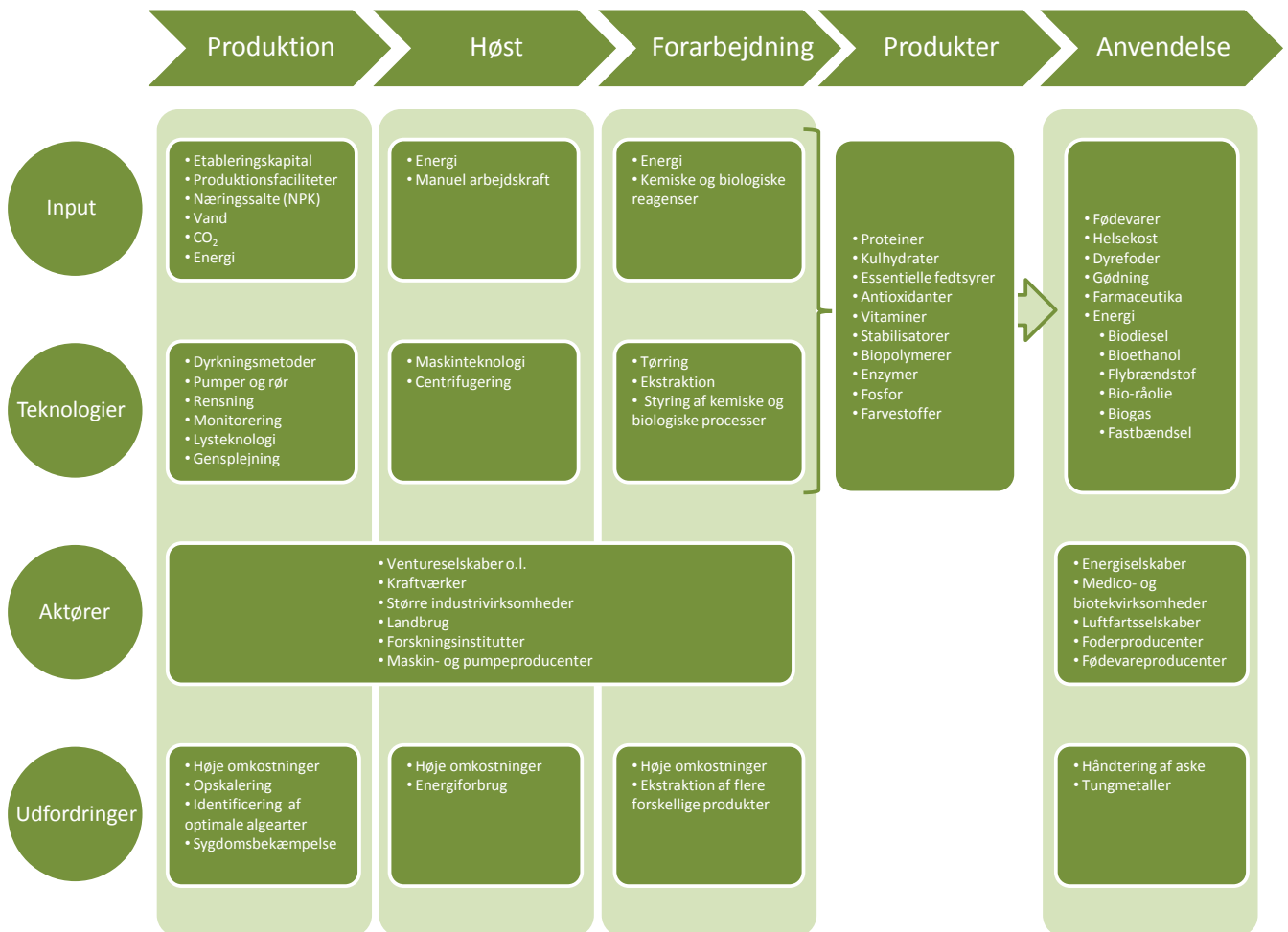
¹⁹ Algae 2020: Algae Biofuels Demand Drivers, Players, Business Models, Markets & Commercialisation Outlooks

3.1. Værdikæde

Hvordan ser værdikæden ud?

I figur 1 er vist en værdikæde for algeproduktion til energi og andre formål. Figuren beskriver de forskellige faser i produktionen samt de inputs, teknologier, aktører og udfordringer der knytter sig til de enkelte faser. Nedenfor beskrives de enkelte faser nærmere. Det er dog vigtigt at være opmærksom på, at der kan være stor variation alt efter hvilken type alge og algeprodukt, der produceres.

Figur 1. Værdikæde for algeproduktion til energi og andre formål



Produktion

I produktionsfasen, som er langt den mest betydningsfulde af faserne, er der behov for flere forskellige input. For det første kræver etablering af produktionsfaciliteter relativt store investeringer, hvortil der skal tilvejebringes kapital. Selve produktionen af algerne kræver desuden, afhængig af algetype og produktionsmetode, rigelige mængder vand, næringsstoffer og -salte, CO₂ til at forøge væksten samt energi til at drive anlægget. Med hensyn til teknologier er der behov for viden om dyrkningsmetoder, pumpe- og rensnings-teknologi, monitorering af f.eks. temperatur og lys samt evt. gensplejsningsteknologi til forøgelse af algernes ydeevne.

Væsentlige aktører i produktionsfasen er finansieringsselskaber, kraftværker og større industrivirksomheder til levering af CO₂, landbrug til levering af næringsstoffer, f.eks. i form af gylle, maskinproducenter og øvrige producenter af fysisk udstyr til produktionsanlægget samt forskningsinstitutioner, som kan bidrage med viden og teknologi, forskning og udvikling omkring forbedring af algernes ydeevne.

De væsentligste udfordringer i produktionsfasen er på nuværende tidspunkt at nedbringe omkostninger og højne effektiviteten, især i forbindelse med opskalering fra mindre demonstrationsprojekter til større kommercielle projekter. Hertil kommer udfordringer forbundet med identificering af de algearter, som kan yde mest optimalt.

Høst

I forbindelse med høsten af algerne er der primært behov for energi til høstmaskinerne, herunder høstskibe, når sådanne anvendes. Der kan dog også anvendes manuel arbejdskraft, om end dette i hvert fald i Danmark ofte vil være en dyr løsning. Teknologier til høst vil som regel være maskinteknologier, men også centrifugering af mikroalger kan anvendes, selvom dette kræver meget energi.

Udfordringer i forbindelse med algehøst er som nævnt især hvordan de høje omkostninger og store energiforbrug kan nedbringes.

Forarbejdning

Forarbejdning af algerne kræver ligeledes energi. Dette bruges både til tørring (især hvor soltørring ikke er muligt) samt til at drive de processer, hvorved de forskellige produkter udvindes fra algerne. Derudover skal i mange tilfælde anvendes specifikke kemiske og/eller biologiske stoffer for at kunne udvinde og forarbejde de forskellige produkter fra algerne.

En ekstra udfordring i forbindelse med forarbejdningen af algerne er, hvis man ønsker at udvinde flere forskellige typer produkter, f.eks. både enzymer, stabilisatorer, farvestoffer og endelig energi. Her er det afgørende, at processerne foregår i den rigtige rækkefølge, da f.eks. enzymer ikke kan tåle de høje temperaturer, som anvendes i nogle af de øvrige processer.

Produkter

Overordnet set kan der produceres en bred vifte af produkter på basis af alger. Hvilke specifikke produkter, der kan produceres vil dog i meget høj grad afhænge af den enkelte algetype og art. De vigtigste produkter er kulhydrater i form af polysakkarider, proteiner, essentielle fedtsyrer samt antioxidanter, vitaminer, stabilisatorer, biopolymerer, enzymer, fosfor og farvestoffer.

Anvendelse

Algeprodukter anvendes allerede indenfor både fødevarer-, helsekost-, og medico-industrier samt til dyrefoder og gødning. Det er især stabilisatorer fra polysakkarider og enzymer, som anvendes i fødevarer, mens antioxidanter og vitaminer anvendes til helsekost og i farmaceutiske produkter. Da restaffaldet fra den øvrige produktion ofte er rigt på protein anvendes dette til dyre- og fiskefoder.

Energimæssigt er der ligeledes en lang række muligheder for udnyttelse af alger. I øjeblikket er der størst fokus på produktion af biodiesel og bioethanol fra henholdsvis olie- og kulhydratholdige alger, men forskellige teknologier giver mulighed for også at producere f.eks. højoktanbrændstof til fly og bio-råolie, som kan raffineres til forskellige formål. Derudover kan den overskydende algemasse fra produktionen af bioethanol og/eller biodiesel enten forgasses til biogasproduktion samt anvendes som fastbrændsel. Algemassen kan, som andet organisk materiale, producere metangas ved forgasning i biogasanlæg, men ifølge flere af interviewpersonerne mangler der dog en endelig forskningsmæssig afklaring af, om biogasproduktion fra algemasse overhovedet kan blive rentabelt, da det ikke er en særlig effektiv produktionsmetode. Status er pt. at det formentlig bedre kan betale sig at gå direkte fra bioethanol-/biodieselproduktion til anvendelse af restmassen til fastbrændsel i stedet for først at afgasse algemassen.²⁰ Det samlede energiudbytte ved først at afgasse restmassen og derefter brænde den er formentlig lavere end energiudbyttet ved afbrænding af restmassen uden at afgasse den. Dette skyldes, at der tabes energi i selve afgasningsprocessen.

I modsætning til produktion af metan fra algemasse kan der dog på længere sigt være perspektiver i produktion af hydrogen. Forskning har vist, at visse mikroalger producerer hydrogen (som er en meget energitæt gas), hvis der tilsættes kobber til deres vækstmiljø. Hydrogen kan herefter anvendes i brændselsceller, hvorved der kan

²⁰ Mikroalger ser dog ud til med fordel at kunne anvendes til at øge effektiviteten i allerede eksisterende biogasanlæg. Et forskningsprojekt på Syddansk Universitet undersøger således, om algerne kan rense biogassen for CO₂ og derved give en bedre forbrændingsproces og driftsøkonomi, idet biogassen opgraderes til naturgaskvalitet. Konkret er der planer om at implementere teknologien i et nyt biogasanlæg i Faaborg-Midtfyn Kommune (Faaborg-Midtfyn Kommune, 2008). På denne måde vil der ikke blive produceret biogas direkte fra algemasse, men algerne vil indgå som en katalysator for en mere effektiv biogasproduktion fra øvrig biomasse, f.eks. gylle.

produceres elektricitet på vilkår, der kan konkurrere med den allerede eksisterende hydrogenproduktion fra naturgas eller elektrolyse.²¹ Disse forskningsresultater er dog ikke på et niveau, hvor kommercielle aktiviteter kan sættes i værk før om minimum 10 år og evt. længere tid.

Hvad er
tidsperspektivet?

Der er forskellige vurderinger af, hvor lang tid det vil tage at gøre algeproduktion til energiformål kommercielt rentabelt og i stand til at konkurrere mod alternativerne i form af både traditionelle, fossile energikilder, vedvarende energikilder såsom sol- og vandkraft samt andre kilder til biomasse, f.eks. sojabønner, korn og sukkerrør. For produktion af mikroalger er en realistisk vurdering formentlig, at en egentlig kommerciel masse-produktion kan blive etableret indenfor 5-10 år, idet de første kommercielle projekter allerede er etableret.²² Det kræver dog, at det nuværende produktivetsniveau ved produktion af mikroalger hæves betydeligt, hvilket kræver ekstra investeringer i forskning og udviklingsaktiviteter.²³

Med hensyn til makroalger vurderer flere af de interviewede personer, at der ligeledes vil kunne etableres en rentabel produktion indenfor 5-10 år. Tidshorisonten er dog dybt afhængig af, at der sker produktivetsmæssige forbedringer i forhold til de eksisterende produktionsmodeller. Nogle af interviewpersonerne vurderer da også, at kommerciel produktion af makroalger ikke vil være realistisk i Danmark før der både sker produktivetsmæssige forbedringer og der etableres muligheder for samtidig at producere biprodukter med høj værdi fra algerne.

²¹ http://www.folkecenter.net/mediafiles/folkecenter/pdf/Report_algae.pdf

²² Algae 2020: Algae Biofuels Demand Drivers, Players, Business Models, Markets & Commercialisation Outlooks

²³ Benemann (2009)

3.2. Forretningsmodeller

En god forretningsmodel

En god forretningsmodel, som optimerer værdiskabelsen fra investering til produkt og afsætning, er en afgørende faktor for en forretningsmæssig succesfuld udnyttelse af algeprodukter. Fordi der stadig er mange uafklarede forskningstemaer og udfordringer i forbindelse med produktion af alger til energiformål er der mange mulige forretningsmodeller i spil på området. Desuden kan der også indenfor algeproduktionen være flere forskellige niches, som giver virksomheder mulighed for at specialisere sig på ét eller flere delområder.

Figur 2 viser de væsentligste forhold, som en forretningsmodel for algeproduktion til energiformål må tage højde for. Det er i den forbindelse vigtigt at være opmærksom på, at en virksomheds valg af forretningsmodel altid afhænger af markedets behov, dvs. muligheden for at skabe afsætning af virksomhedens produkter enten gennem højere kvalitet, lavere priser eller mere innovative produkter end konkurrenternes.²⁴

Derudover vil beslutninger omkring ét forhold ofte have konsekvenser for de beslutninger der kan træffes vedrørende andre forhold – eksempelvis vil en beslutning om at producere biodiesel frem for bioethanol påvirke beslutningen om hvilken type alge der skal anvendes, hvilket igen vil påvirke en række forhold omkring den specifikke produktionsproces.

²⁴ Her skelnes ikke mellem behov for produkter som følge af f.eks. overlegne eller unikke egenskaber ved et produkt og behov, som er fremkommet ved ydre pres, f.eks. fra regulering og love som tvinger købere til at anvende et bestemt produkt frem for et andet. Et eksempel på dette er kravet om en tilsætning af en vis procent biodiesel i brændstof.

Figur 2. Faktorer i valg af forretningsmodel for algeproduktion til energiformål



Identificering af behov

Udgangspunktet for produktion af alger til energiformål er at identificere hvilke alge-relaterede produkter, der er et marked for. Her skal det overvejes, om der f.eks. er visse unikke egenskaber ved enkelte algearter, som kan udfylde et nichemarked eller om der i højere grad er et marked for kendte produkter, blot til en lavere pris eller en bedre kvalitet.

Valg af finansiering

Valg af finansiering kan være en kritisk faktor for algeproduktion, da det kan have indflydelse på f.eks. kommercialiseringsmuligheder og rettigheder til patenter og forskningsresultater (IPR). Således kan der være restriktioner på IPR, såfremt udvikling og produktionen af algeprodukter sker i samarbejde med tredjeparter, herunder energiselskaber. Andre muligheder for finansiering er forskellige former for venture-kapital og (i pilot/udviklingsfasen) offentlig støtte.

Valg af produkt

Afhængig af de behov for alge-relaterede produkter, som kan identificeres, skal det overvejes hvilket produkt eller produktportefølje, som skal fremstilles. Et væsentligt valg i forbindelse med energifremstilling står her mellem fremstilling af kulhydrat-baseret bioethanol og olie-baseret biodiesel (inkl. varianter i form af bio-råolie og flybrændstof). Også en evt. brug af restmassen til produktion af biogas og anvendelse som fastbrændsel skal overvejes. Et andet væsentligt valg er afvejningen mellem produktion af energi fra algemassen og udvinding af værdifulde biprodukter. I visse tilfælde vil det være muligt at udvinde en række biprodukter uden at forringe den energimæssige kvalitet af algemassen (f.eks. ved udvinding af farvestoffer, antioxidanter, enzymer mv.), mens det i andre tilfælde vil nedbringe udbyttet af energiproduktionen i betydelig grad. Dette er tilfældet for f.eks. produktion af stabilisatorer fra kulhydratholdige alger, da polysakkariderne herved fjernes fra algemassen og dermed ikke længere kan anvendes til bioethanol-produktion.

Valg af produkt skal ses i tæt sammenhæng med valg af algeart, da der som tidligere nævnt er stor variation af de forskellige algearters og -typers indhold af både lipider og kulhydrater, men også af flere af de værdifulde biprodukter.

Valg af produktionsmetode

Produktionen af alger kan ske på flere måder. Grundlæggende kan det for mikroalgers vedkommende ske i enten åbne eller lukkede (såkaldte fotobioreaktorer) bassiner, som oftest placeret på landjorden. Både omkostningerne og de tekniske udfordringer ved at anvende fotobioreaktorer er dog betydeligt højere end for åbne bassiner (selvom åbne bassiner er mere udsat for forurening med f.eks. uønskede algearter eller bakterier).²⁵ Stort set al nuværende kommerciel produktion af mikroalger finder da også sted i åbne bassiner. Makroalger dyrkes enten i bassiner på land eller i indhegninger eller på liner i åbent hav. En sidste mulighed er dog at indsamle vildtvoksende alger fra naturlige forekomster, hvilket kan gøres for både mikro- og makroalgers vedkommende.

Også høstmetoder skal overvejes. Her står valget grundlæggende mellem mekanisk indhøstning, som for makroalgers vedkommende ofte vil ske med maskine eller skib, alt efter om der produceres i bassiner på land eller i åbent hav og for mikroalgers vedkommende ofte vil være en energikrævende centrifugeringsproces og en manuel indhøstning. Manuel høst er dog kun muligt ved dyrkning af makroalger og vil ofte være en for dyr løsning i Danmark.

Valg af input til processen

De væsentligste input til selve vækstprocessen er vand, CO₂ og næringsstoffer. Det afgørende ved valg af kilde til næringsstoffer er en afvejning af, hvorvidt kunstgødning (som er relativt dyr) giver højere vækstrate end f.eks. gylle eller næringsrigt spildevand. Såfremt der anvendes gæring i vækstprocessen er den vigtigste næringskilde almindeligt hvidt sukker. Tilførsel af CO₂ kan i mange tilfælde øge algevæksten betydeligt. Dette kræver dog ekstra investeringer i form af rørledninger fra CO₂-kilden og begrænser udvalget af mulige placeringer, da

²⁵ Benemann (2009)

algeproduktionen helst skal ske i umiddelbar nærhed til CO₂-kilden. Såfremt muligheden er til stede vil det dog ofte være en fordel at tilføre CO₂ i vækstprocessen.

Valg af forarbejdnings- metode(r)

Den initiale forarbejdning af algerne er at tørre dem, dvs. reducere vandindholdet i algemassen. Dette kan i første omgang ske ved hjælp af sollys, såfremt der er tale om produktion i et varmt klima. I koldere egne, herunder Danmark, vil inddampningsprocessen derfor ofte være mere energikrævende end i varmere områder, selvom processen til en vis grad kan gøre brug af overskudsvarme fra øvrige processer.²⁶ Ikke alt vand kan dog fjernes ved soltørring eller inddampning, omtrent halvdelen vil skulle fjernes ved brug af kemiske processer. Efter tørring ekstraheres de forskellige stoffer ved hjælp af kemiske og biologiske processer – f.eks. kan polymerer udfældes i sprit. Ved ekstraktion af forskellige stoffer er det som nævnt væsentligt at vælge den rigtige rækkefølge, idet man ellers risikerer at ødelægge nogle af stofferne ved opvarmning e.l.

I boks 1 på næste side er der givet en række eksempler på både danske og udenlandske forretningsmodeller for algeproduktion til energiformål.

²⁶ Dette er faktisk tilfældet for f.eks. CP Kelcos eksisterende produktion i Danmark af stabilisatorer fra alger, hvor der næsten udelukkende anvendes overskudsvarme til den første tørring af algerne. Dette kræver dog investeringer i tørringsanlæg og rørføring.

Boks 1: Konkrete forretningsmodeller for algeproduktion til energiformål

Danish Biofuel Holding (Danmark). Den Grenå-baserede virksomhed fokuserer på makroalger, som skal dyrkes i havbassiner bl.a. i tilknytning til den planlagte havmøllepark mellem Grenå og Anholt. Hovedproduktet bliver efter planen bioethanol, som skal udvindes af algernes stivelse. Derudover vil protein fra restaffaldet blive anvendt til dyrefoder (inklusive fiskefoder). Evt. overskydende biomasse vil blive anvendt som fast brændsel til yderligere energiproduktion.

Baltic Sea Solutions (Danmark). Baltic Sea Solutions er en selvejende virksomhed der beskæftiger sig med regional udvikling for udkantsområder i Østersøregionen. Virksomheden har bl.a. iværksat et projekt på Lolland med produktion af mikroalger i bassiner. Også offshore makro-algedyrkning i forbindelse med de omkringliggende havmølleparker er på tegnebrættet, ligesom der er planer om etablering af et bioraffinaderi til produktion af biobrændsel.

GreenFuel Technologies (USA). Denne virksomhed fokuserer på olieholdige mikroalger, som dyrkes i lukkede systemer på landjorden og tilsættes CO₂ fra nærliggende industrivirksomheder for at forøge vækstraten. Algerne anvendes til produktion af biodiesel. Greenfuel Technologies har i 2009 indgået aftale med en spansk cementfabrik om opførelsen af algeproduktionsfaciliteter i Spanien.

Blue Marble Energy (USA). Virksomheden har udviklet en metode til at oprense alge-forurenede farvande ved at høste vildtvoksende alger og derefter anvende algemassen til produktion af biodiesel samt en række biprodukter såsom esterforbindelser og gødning.

Solazyme (USA). I modsætning til flere andre virksomheder anvender Solazyme specielle gæringsteknikker til at producere og udvinde biodiesel af mikroalger og er dermed ikke afhængig af lys til algernes vækst. Virksomheden arbejder desuden med genmodificering for at optimere algernes vækst.

Seamibiotic (Israel). Denne virksomhed var i 2003 den første i verden til at sætte en kommerciel (mikro-)algeproduktion i gang ved hjælp af overskydende CO₂ fra nærliggende kraftværker. Algerne anvendes til produktion af biodiesel samt tilsætningsstoffer til fødevarer, kosmetik, og dyrefoder.

4. Erhvervsmæssigt potentiale i Region Midtjylland

Eksisterende alge-
relaterede
virksomheder i
Region Midtjylland

Der er allerede enkelte virksomheder i region Midtjylland, som producerer eller udnytter alger til forskellige formål. Især i Grenå er der et spirende erhvervmiljø centreret omkring den planlagte havmøllepark mellem Grenå og Anholt og lokale virksomheder, såsom Danish Biofuel Holding og Marifood.²⁷ Danish Biofuel Holding er i færd med at etablere en produktion af biobrændsel og undersøger i den forbindelse mulighederne for at anvende algemasse, mens Marifood, udover muslinger, har en etableret produktion af makroalger som primært eksporteres til fødevarer- og kosmetikproducenter i Tyskland. For at tiltrække forskningsinstitutioner, erhvervsvirksomheder og oplevelsesaktører til Grenå-området etablerede Aarhus Universitet, Kattegatcentret, Norddjurs Kommune og en række øvrige interessenter fonden Havets Hus, som arbejder indenfor vidensområderne havforskning, energi, miljø og oplevelse. Havets Hus modtager derudover støtte fra Region Midtjylland. Fonden har til formål at skabe et forsknings-, formidlings og erhvervmiljø indenfor energi, miljø og akvakultur. Fysisk skal Havets Hus placeres på Grenå havn fra 2011.

Der er således i Grenå allerede etableret fundamentet til en erhvervsklynge omkring produktion og udnyttelse af makroalger, herunder til energiformål. På nuværende tidspunkt er initiativet dog stadig på et tidligt stadie, hvorfor det kan være svært at bedømme potentialet præcist. Der er dog identificeret en række mulige underleverandører til dyrknings- og proces teknologi, herunder producenter af bøjer og andet udstyr til akvakultur samt maskinfabrikker, som kan producere tanke o.l. til produktionsanlæggene.

DAKA Biodiesel i løsnings nær Horsens er en virksomhed, som med udgangspunkt i restprodukter fra landbruget (bl.a. og døde dyr) producerer og markedsfører biodiesel og biofyrringsolie.²⁸ Virksomheden har opbygget det første 2. Generations biodieselanlæg, som har en kapacitet på ca. 55 mio. liter biobrændstof om året, og er forberedt for en senere udbygning til 100 mio. liter/år.

Algeforsknings-
miljøer i Region
Midtjylland

En række forskningsmiljøer, som beskæftiger sig med udvikling af viden og teknologi vedrørende algeproduktion er blevet identificeret i Region Midtjylland. Det drejer sig om Aarhus Universitet, hvor både Naturvidenskabeligt Fakultet (Biologisk Institut) og Danmarks Miljøundersøgelser (DMU), der som national forskningsinstitution hører under Aarhus Universitet, forsker i alger og algeproduktion.

Også de dele af GTS-nettet (Godkendte Teknologiske Serviceinstitutioner), som er placeret i Region Midtjylland beskæftiger sig med alger. Det gælder både Teknologisk Institut som er projektleder på Sosalat-projektet, hvor DMU i øvrigt også deltager (se side 4) og Agrotech.

²⁷ Se <http://www.danishbiofuel.dk/>. Marifood har pt. ikke en web-side.

²⁸ Se <http://www.dakabiodiesel.dk/page539.asp>

Øvrige danske aktører

Både Aarhus Universitet, Teknologisk Institut og Agrotech er i øvrigt partnere i Havets hus og erhvervsklyngeinitiativet omkring Grenå.

Der er flere øvrige danske aktører, som beskæftiger sig med alger, algerelaterede produkter eller teknologi, som kan anvendes i algeproduktion. Som allerede nævnt har Baltic Sea Solutions etableret et algeprojekt på Lolland, der specifikt skal undersøge mulighederne for en kommerciel produktion af både mikro- og makroalger til energi- og andre formål.

Danske producenter af algeprodukter til andet end energiformål er primært Danisco og CP Kelco. Begge virksomheder er en del af globale koncerner, som producerer bl.a. stabilisatorer o.l. til fødevarerindustrien på basis af makroalger. Hverken Danisco eller CP Kelco har dog algeproduktionsanlæg i Danmark, men producerer enten algerne i udlandet eller opkøber dem på verdensmarkedet. Forskning og udvikling og forberedningsfaciliteter er dog placeret i Danmark.²⁹

En anden virksomhed med udgangspunkt i Danmark er Mare Nutriva, som producerer mikroalger til brug i fødevarer- og kosmetikindustrien. Selvom Mare Nutriva er en spin-off virksomhed fra bl.a. Syddansk og Aalborg Universiteter har virksomheden valgt at placere selve produktionen i Nordtyskland pga. bedre lokale støttemuligheder og muligheder for afsætning og samarbejdspartnere.

Endeligt findes der en lang række virksomheder, som producerer eller udvikler teknologiske løsninger, som kan anvendes i algeproduktion. Det drejer sig f.eks. om Grundfos indenfor pumpeteknologi, SKOV A/S indenfor styringssystemer samt kraftvarmeværker, som kan bidrage med CO₂ til produktionen. På afsætningsiden findes der producenter og distributører af dieselprodukter samt en lang række fødevarer- og dyrefoderproducenter og forbrændingsanlæg, som kunne aftage henholdsvis biprodukter og affald fra algeproduktionen.

Tabel 1 giver en oversigt over typer og antal af virksomheder i region Midtjylland, som potentielt kan indgå i de forskellige dele af værdikæden for algeproduktion til energi- og andre formål. Det vil naturligvis ikke være alle virksomheder som er lige relevante for algeudnyttelse, men listen sammenholdt med værdikæden og de interviewede virksomheder vidner om at der er et signifikant potentiale i Region Midtjylland.

²⁹ I en midtjysk kontekst er det således relevant, at Danisco har en Forsknings- og Udviklingsafdeling i Brabrand.

Tabel 1. Virksomheder i udvalgte brancher i region Midtjylland

Branchekode	Branchenavn	Antal virksomheder	Mulig placering i værdikæden
01.30.00	Planteformering	168	Produktion
01.61.00	Serviceydelse i forbindelse med planteavl	346	Produktion, høst
01.63.00	Forarbejdning af afgrøder efter høst	3	Forarbejdning
03.21.00	Havbrug	19	Produktion
03.22.00	Ferskvandsbrug	107	Produktion
10.41.00	Fremstilling af olier og fedtstoffer	9	Forarbejdning, anvendelse
10.42.00	Fremstilling af margarine o.l. spiselige fedtstoffer	1	Forarbejdning, anvendelse
10.52.00	Fremstilling af konsumis	5	Anvendelse
10.62.00	Fremstilling af stivelse og stivelsesprodukter	5	Forarbejdning, anvendelse
10.71.10	Industriel fremstilling af brød, kager mv.	5	Anvendelse
10.82.00	Fremstilling af kakao, chokolade og sukkervarer	12	Anvendelse
10.84.00	Fremstilling af krydderier og smagspræparater	7	Anvendelse
10.85.00	Fremstilling af færdigretter	7	Anvendelse
10.86.00	Fremstilling af homogeniserede produkter og diætmad	3	Anvendelse
10.89.00	Fremstilling af andre fødevarer i.a.n.	26	Anvendelse
10.91.00	Fremstilling af færdige foderblandinger til landbrugsdyr	22	Anvendelse
10.92.00	Fremstilling af færdige foderblandinger til kæledyr	3	Anvendelse
11.01.00	Destillation, rektifikation og blanding af alkohol	1	Forarbejdning
13.30.00	Efterbehandling af tekstiler	47	Anvendelse
19.20.00	Fremstilling af raffinerede mineralolieprodukter	1	Anvendelse
20.41.00	Fremstilling af sæbe, rengørings- og rensedmidler samt poleremidler	12	Anvendelse
20.42.00	Fremstilling af parfume, hårshampoo, tandpasta m.v.	15	Anvendelse
20.53.00	Fremstilling af æteriske olier	1	Anvendelse
20.59.00	Fremstilling af andre kemiske produkter i.a.n.	6	Anvendelse
21.10.00	Fremstilling af farmaceutiske råvarer	4	Anvendelse
21.20.00	Fremstilling af farmaceutiske præparater	5	Anvendelse
25.29.00	Fremstilling af andre tanke og beholdere af metal	19	Produktion
26.51.00	Fremstilling af udstyr til måling, afprøvning, navigation og kontrol	55	Produktion
28.12.00	Fremstilling af hydraulisk udstyr	16	Produktion
28.13.00	Fremstilling af andre pumper og kompressorer	13	Produktion
28.14.00	Fremstilling af andre haner og ventiler	6	Produktion
28.22.00	Fremstilling af løfte- og håndteringsudstyr	61	Produktion, høst
28.25.00	Fremstilling af køle- og ventilationsanlæg (til industriel brug)	65	Produktion
28.99.00	Fremstilling af øvrige maskiner til specielle formål i.a.n.	115	Produktion, høst, forarbejdning
30.11.00	Bygning af skibe og flydende materiel	4	Produktion, høst
35.11.00	Produktion af elektricitet	551	Anvendelse
35.21.00	Fremstilling af gas	16	Anvendelse
35.30.00	Varmeforsyning	131	Anvendelse
37.00.00	Opsamling og behandling af spildevand	44	Anvendelse
38.21.20	Bortskaffelse af affald med energiproduktion	4	Anvendelse
39.00.00	Rensning af jord og grundvand og anden form for forureningsbekæmpelse	4	Produktion
71.12.20	Rådgivende ingeniørvirksomhed inden for produktions- og maskinteknik	350	Produktion, høst
71.12.90	Anden teknisk rådgivning	558	Produktion, høst, forarbejdning
71.20.20	Teknisk afprøvning og kontrol	57	Produktion, høst, forarbejdning
71.20.90	Anden måling og teknisk analyse	65	Produktion, høst, forarbejdning

5. Barrierer for kommercialisering

Lav produktivitet

Overordnet set er den største barriere for kommercialisering af algeproduktion til energiformål, at produktiviteten stadig er for lav. Dette hænger i høj grad sammen med et højt energiforbrug i de forskellige produktionsprocesser, herunder særligt i høst- og tørringsprocesserne.³⁰

Der arbejdes dog også i en dansk kontekst på at forbedre produktiviteten. F.eks. er det lykkedes et forskerhold under CP Kelco at producere makroalger til produktion af stabilisatorer ved Limfjorden til 5000 \$ pr. ton. Selvom dette formentlig er det hidtil bedste resultat på verdensplan med koldtvangsalger er produktionsomkostninger dog stadig alt for høje til at energiproduktion kan blive rentabel som andet end et restprodukt. En yderligere udfordring var, at indholdet af arsen i algeprodukterne, var for højt.

Teknologiske udfordringer

Ud over den lave produktivitet er der dog også en række teknologiske udfordringer forbundet med kommerciel produktion af alger til energiformål. Flere af interviewpersonerne angiver, at der kan opstå problemer i forbindelse med opskalering af demonstrationsprojekter, idet de forsøg, der har været lavet i Danmark har været lavet i mindre tanke og de teknologiske løsninger og udfordringer formentlig er anderledes ved storskaladrift.

Mulige problematikker omkring storskaladrift vedrører f.eks. bekæmpelse af sygdomme og patogener i algebassinerne, opskalering af procesteknologierne (især i forbindelse med monitorering og høst) samt forarbejdning af store mængder algemasse.³¹

Endeligt mangler der stadig forskning på en række centrale områder, herunder identificering af de algearter, som yder mest optimalt samt håndteringen af eventuelle rester af tungmetaller i algemassen og -produkterne.

En sidste teknisk barriere for kommerciel udnyttelse af biobrændstof, herunder algeproduceret biodiesel og bioethanol, er at almindelige benziner kun kan køre med op til 5 % iblanding af bioethanol i benzinen uden ændringer af motoren og dens styringssystem. Der kræves altså en opgradering af den eksisterende bilpark, inklusive bygning af særlige benzinstandere og opbevaringstanke i forbindelse med salg af benzin med højt ethanolindhold, før markedet for bioethanol til personkørsel kan udvides. I modsætning hertil kan almindelige dieselmotorer godt køre på biodiesel, men motorfabrikanterne accepterer i dag kun blandinger på op til 5 % i EU, uden at det har indflydelse på garantier og serviceintervaller. Det ventes dog, at EU vil hæve

³⁰ Hassannia (2009) & Benemann (2009)

³¹ US Dept. of Energy (2008): *Biomass Program: Algal Biofuels Factsheet*.

dette til 10 %.³² Der er altså også en, omend mindre, barriere for et større marked for biodiesel til køretøjer.

Mangel på kapital

En yderligere barriere for kommercialisering af algeproduktion til energiformål er mangel på investeringskapital til produktionsanlæggene. Dette skyldes primært at anlægsudgifterne til produktionen er relativt store med lange og usikre udsigter til attraktive afkast, hvilket gør det mindre attraktivt for f.eks. private investorer at deltage i projekterne.³³ Regeringen har afsat i alt 60 mio. kr. frem til 2009 til tilskud til forsøgsvis anvendelse af biodiesel i afgrænsede "flåder" af køretøjer (f.eks. køretøjer i kollektiv transport og den offentlige sektor). Desuden er der afsat i alt 200 mio. kr. under det Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrations Program (EUDP) til udvikling af 2. generations bioethanol. Det er målet, at der inden udgangen af 2009 skal være opført mindst et storskala demonstrationsanlæg til produktion af 2. generations bioethanol.³⁴ Disse initiativer er dog ikke målrettet biodiesel og bioethanol fremstillet af alger, men mod alle former for biodiesel og bioethanol.

National støtte til FoU

Udviklingen i Danmark er i høj grad overladt til markedskræfter og selvom storskala produktionsanlæg baseret på hvede og sukkerroer til bio-ethanol er planlagt, så afventer de markedets respons til Statoils introduktion af Bio95 (5% bioethanol blanding). Andre lande³⁵ har introduceret skattemæssige incitamenter for producenter og opsat ambitiøse kvoter for andelen af biobrændstof i det samlede af brændstof til transport (inkl. specifikke kvoter for bestemte transportmidler, e.g. busser).

Regionale initiativer til fremme af fremtidens potentielle algeproduktioner bør ses i et bredt perspektiv. Udfordringen bliver at indarbejde og kombinere følgende udbyttmuligheder i fremadrettede cost/benefit vurderinger af projekter:

- forbedringer miljøbelastning fra landbrug og andre virksomheder,
- jobmuligheder for arbejdsløse og erhvervsudvikling,
- forbedringer af vandmiljøet (inkl. drikkevand, vandløb og badestrande)
- forbedringer af CO₂ regnskabet for virksomheder og regionen
- lokal udnyttelse af den resulterede energi/brændstof
- Afsætninger af nye produkter/biprodukter

³² Færdselsstyrelsen, 2009

³³ The Algal Industry Survey 2009

³⁴ Energistyrelsen (2009): <http://www.ens.dk/da-DK/KlimaOgCO2/Transport/Sider/Baeredygtigebiobraendstoffer.aspx>

³⁵ Update on implementation agendas 2009 - A review of key biofuel producing countries, 1 March 2009.

6. Samlet vurdering

Styrkeposition

På baggrund af de hidtidige danske og udenlandske erfaringer og den globale interesse for alger til energiformål som et af flere alternativer til fossile brændstoffer, vurderes det som væsentligt at også Danmark positionerer sig på området. Region Midtjylland har med de aktiviteter som allerede er i gang i søsalatprojektet, Havets hus og virksomheders kommercielle engagement i algeproduktion en klar styrkeposition som kan og bør udnyttes fremadrettet.

I udlandet er man dog længere fremme end i Danmark med algeproduktion til energi og andre formål. De to aktuelle danske udviklingsprojekter med fokus på energiformål er stadig kun i opstarts/udviklingsfasen mens adskillige projekter i udlandet har etableret demonstrationsprojekter og anlæg. De udenlandske projekter og erfaringer viser at der skal forskes og udvikles i endnu 5-10 år før det vil være muligt at etablere bæredygtige kommercielle produktioner af alger til energiformål. Der er i dag en lang række fuldt kommercielle produktioner af alger til andre formål med stabile markedsvolumener indenfor ingredienser til fødevarer, helsekost, fiske- og dyrefoder. Som undersøgelsen viser, er danske virksomheder som Danisco også aktive på dette område.

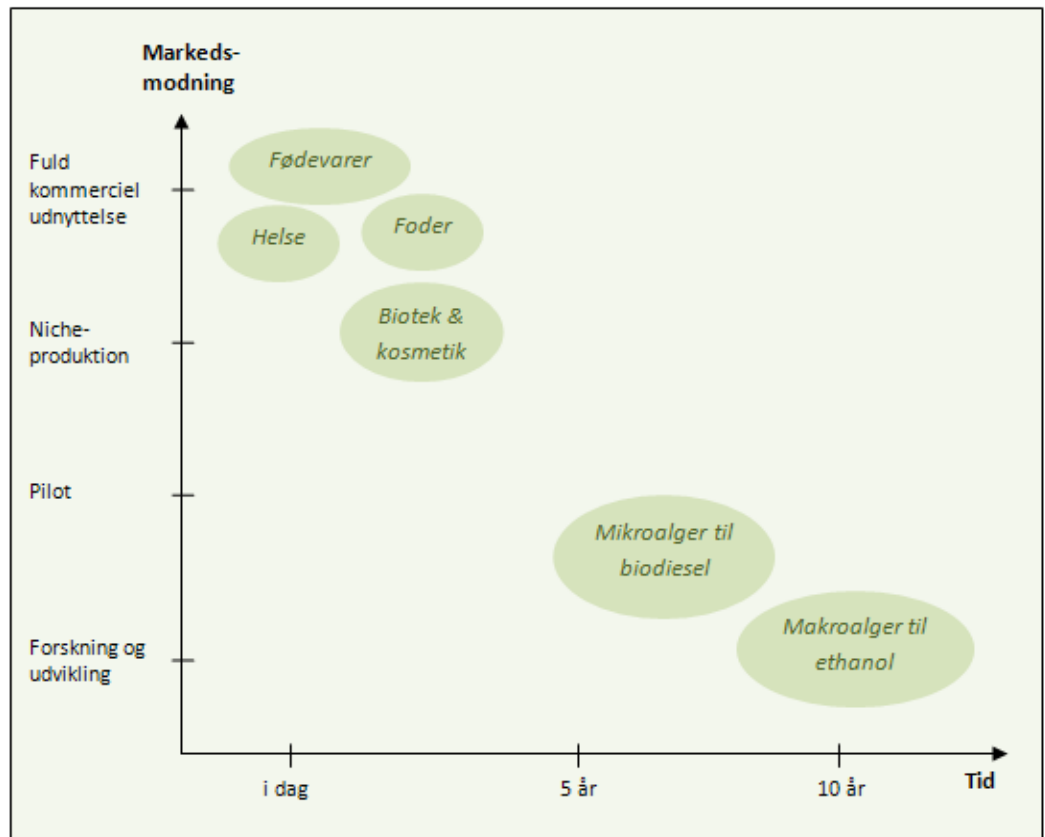
I Irland forudser de mest optimistiske produktionsscenarier³⁶ at kombinationen af makro og mikro-algeudnyttelse til energi vil kunne opnå en produktion, der svarer til 1,5 % af det nuværende brændstofsforbrug til vejtransport i Irland i 2020.

Langsigtet fokus

Investeringer i algeproduktion til energiformål alene vil altså skulle betragtes som langsigtede og risikofyldte investeringer (5-10 år), medens investeringer i algeproduktioner til forskellige kombinationer af anvendelser (inkl. energiformål) vil have karakter af mellemlange investeringer (1-5 år) og med en bedre risikoprofil grundet de forskellige allerede identificerede anvendelsesmuligheder. Figur 3 nedenfor illustrerer udviklingsstadierne for de forskellige anvendelser af alger.

³⁶ A Review of the Potential of Marine Algae as a Source of Biofuel in Ireland.
<http://www.sei.ie/algaereport>

Figur 3. Udviklingsstadier af de forskellige anvendelser



6.1. anbefalinger

De nuværende aktiviteter i Danmark og Region Midtjylland indenfor alger til energi og andre formål er forholdsvis begrænsede sammenlignet med aktiviteter i andre lande. Til gengæld er det vores vurdering at Region Midtjylland har et stærkt udgangspunkt for vækst på området. Vækst bør dog ske gennem intenst samarbejde med de andre aktører på området rundt omkring i Danmark. Samarbejdet kunne omhandle test af forskellige alger og anvendelser således at der ikke opstår parallelle udviklingsaktiviteter indenfor de samme algetyper. Endvidere kunne samarbejdet omhandle optimering af forskellige dele af produktionsanlæggene og undersøgelse af afsætningskanaler. Udlandet er betydeligt længere fremme på alle områder indenfor algeproduktion og udnyttelse. Derfor bør igangsatte projekter sikrer en effektiv vidensudveksling og samarbejde med de førende miljøer i verden. Disse miljøer er typisk placeret i Israel, USA, Kina, Italien, Holland og England. Dette samarbejde skal sikre at de danske projekter tager udgangspunkt i den mest opdaterede viden, state-of-the-art teknologier og lærer af de fejl som udenlandske projekter har gjort i deres udviklingsfase.

Forskning og udviklingsaktiviteter i Region Midtjylland bør inkludere

- Test med forskellige algetyper med henblik på at identificere de alger der potentielt leverer det bedste udbytte under forskellige vækstbetingelser
- undersøgelser af nye anvendelser (plus kombinationer af anvendelser) af de forskellige algetyper (herunder energiformål) med henblik på at skabe bæredygtige produktioner
- undersøgelser af scenarier for opskalering fra pilotprojekt til fuldt kommercielle anlæg, inkl. forretningsmodeller og afsætningsmarkeder. Det kræver at projekterne løbende regner på produktionsomkostninger og potentielle indtægter og udvikler på produktionsteknologierne for at optimere produktionsprocesserne og slutprodukterne.

For at kunne udvikle relevante produktionsteknologier og forfine slutprodukterne bør fremadrettede projekter arbejde med hele værdikæden fra input til anvendelse, inkl. leverandører af produktionsteknologi. Det kræver at konsortier involverer partnere eller underleverandører der kan bidrage til udvikling indenfor alle delprocesser i værdikæden.

Fokus på hele værdikæden

Fremadrettede projekter inden for alger til energi og andre formål vil kunne drage fordel af finansieringsmuligheder, synergier, netværksmuligheder samt relevant teknologiudviklinger i megasatsningen energi, på tværs af Region Midtjyllands innovationsstrategis handlingsplaner omkring energi, miljø, green-tech og vand og i forbindelse med klynge og netværksstrategier.

Kilder

Udvalgte skriftlige kilder:

Benemann, John (2009): *The algal challenge*. Oils and Fats International, Biofuels Issue, pp. 16-20.

Edwards, M. (2009): *The Algal Industry Survey*.

<http://www.futureenergyevents.com/algae/survey/>

Emerging Markets Online (2008): *Algae 2020: Algae Biofuels Demand Drivers, Players, Business Models, Markets & Commercialisation Outlooks*.

[http://www.emerging-](http://www.emerging-markets.com/biodiesel/pdf/Algae2020NextGenerationBiofuelsStudyEmergingMarketsOnline.pdf)

[markets.com/biodiesel/pdf/Algae2020NextGenerationBiofuelsStudyEmergingMarketsOnline.pdf](http://www.emerging-markets.com/biodiesel/pdf/Algae2020NextGenerationBiofuelsStudyEmergingMarketsOnline.pdf)

Energy research Centre of the Netherlands: *Seaweed potential in the Netherlands*.

<http://www.supergen-bioenergy.net/Resources/user/docs/new/Hans%20Reith-Seaweed%20potential%20in%20NL-%20Macroalgae-%20Seaweed%20Bioenergy%20Research%20Forum-%202nd%20June%202009%20Plymouth.pdf>

Europa-parlamentet & Europarådet (2003): *Direktiv 2003/30/EF om fremme af anvendelsen af biobrændstoffer og andre fornyelige brændstoffer til transport*.

[http://eur-](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:123:0042:0046:DA:PDF)

[lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:123:0042:0046:DA:PDF](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:123:0042:0046:DA:PDF)

European Commission (2007): *Report on the progress made in the use of biofuels and other renewable fuels in the Member States of the European Union*.

http://ec.europa.eu/energy/energy_policy/doc/07_biofuels_progress_report_en.pdf

FiB: Bioenergy Research, 5th volume, 24th issue, June 2008.

<http://www.biopress.dk/PDF/FiB%20nr.%2024-2008%20-%20UK.pdf>

Faaborg-Midtfyn Kommune, Klimaudvalget (2008): *Handlingsplan, udkast*.

www.fyens.dk/modules/fsArticle/download.php?fileid=1697

Færdselsstyrelsen (2009): <http://www.hvorlangtpaaliteren.dk/sw101250.asp>

Hassania, Jeff H. (2009): *Algae Biofuels Economic Viability: A Project-Based Perspective*.

<http://www.eoverview.com/oca/Algae%20Economic%20Viability.pdf>

Havets Hus (2007): *Ansøgning til region Midtjylland om tilskud til analyse og konceptudvikling*.

http://www.rm.dk/files/Regional%20udvikling/V%C3%A6kstforum/dagsordensbilag/Januar%202008/Punkt_5_Bilag_19.pdf

Piccolo, A. (2008): *Algae oil production and its potential in the Mediterranean region.*

Sustainable Energy Ireland (2009) A Review of the Potential of Marine Algae as a Source of Biofuel in Ireland. Findes her: <http://www.sei.ie/algaereport>

US Dept. of Energy (2008): *Biomass Program: Algal Biofuels Factsheet.*
<http://www1.eere.energy.gov/biomass/pdfs/algalbiofuels.pdf>

US Dept. of Energy (2008): *Algal Biofuels Technical roadmap – Workshop Summary.*

US National Renewable Energy Laboratory (1998): *A Look Back at the U.S. Department of Energy's Aquatic Species Program: Biodiesel from Algae.*
http://www1.eere.energy.gov/biomass/pdfs/biodiesel_from_algae.pdf

Interviewpersoner:

<i>Organisation</i>	<i>Navn</i>
Cheminova	Anton Bro
CP Kelco	Jens Trudsø
CP Kelco	Thomas Worm
Danisco	Søren Olsen
Danish Biofuel Holding	Svend Brandstrup
Danmarks Miljøundersøgelser	Annette Bruhn
DONG Energy	Bo Sander
Forskningscenter Foulum	Karin Hjelholt Jensen
Havets Hus	Daniel Astola
Havets Hus	Lone Thybo Mouritsen
Mare Nutrica	Trine Huusfeldt
Marifood	Rasmus Bjerregård
PF&U	Jens Frederiksen
Risø DTU	Klaus Breddam
Teknologisk Institut	Karin Svane Bech