

AKADEMIET FOR DE  
TEKNISKE  
VIDENSKABER

# Visioner for dansk bioethanol

ATV





# **Visioner for dansk bioethanol**

Akademiets formål er på et fagligt grundlag at fremme den teknisk-videnskabelige forskning og sikre anvendelsen af dens resultater for at øge værdiskabelsen og velfærden i det danske samfund.

## **Visioner for dansk bioethanol**

Akademiet for de Tekniske Videnskaber, ATV

Februar 2007

Layout: ATV

Billeder: Forsidebilledet er venligst udlånt af Erhvervenes

Eksporthfremme Sekretariat, EES

Tryk: BUCHS AS

ISBN 978-87-7836-040-3

Denne publikation er udarbejdet af en redaktionsgruppe under ATV's Tænk tank. Tænk tanken arbejder med tekniske og naturvidenskabelige emner og problemstillinger af samfundsmæssig relevans.

Tænk tankens medlemmer er:

- Direktør Helle Bechgaard, Bechgaard Consult ApS (formand)
- Dekan Nils Overgaard Andersen, Det Naturvidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet
- Lektor Anja C. Andersen, Københavns Universitet
- Adm. direktør Hans Skov Christensen, Dansk Industri
- Adm. direktør Lars Goldschmidt, Foreningen af Rådgivende Ingeniører
- Formand Thorkild E. Jensen, Dansk Metal
- Adm. direktør Asger Kej, DHI Vand & Miljø
- Professor Jens Kehlet Nørskov, Danmarks Tekniske Universitet
- Direktør Lasse Skovby Rasmussen, ATV
- Professor Peter Roepstorff, Syddansk Universitet
- Direktør Knud Sørensen
- Adm. direktør Ernst Tiedemann, FORCE Technology

Redaktionsgruppen har haft følgende sammensætning:

- Professor Birgitte K. Ahring, BioCentrum-DTU, Danmarks Tekniske Universitet
- Professor Claus Felby, Det Biovidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet
- Chefkonsulent Arne Jensen, Ledelsessekretariatet, Syddansk Universitet
- Forsknings- og udviklingschef Charles Nielsen, DONG Energy
- Seniorforsker Klaus Skytte, Afdelingen for Systemanalyse, National Laboratorium Risø, DTU
- Afdelingsleder Erik C. Wormslev, NIRAS A/S
- Erhvervspolitisk konsulent Anne Marie Zinck, Dansk Landbrug

Fra ATV's sekretariat:

- Projektleder Niels Olsen
- Projektleder Asta Ostrowski

ATV takker redaktionsgruppens medlemmer for deres vedholdende indsats.

ATV takker Dansk Landbrug og DONG Energy for støtte til trykning af rapporten.

Desuden rettes en stor tak til

- Industriens Realkreditfond
- Karl Pedersens og Hustrus Industrifond
- Knud Højgaards Fond
- CO-Industri
- Dansk Industri
- Foreningen af Rådgivende Ingeniører
- Ingeniørforeningen i Danmark

for økonomisk støtte til aktiviteter i ATV's Tænketank i 2006 og 2007.

# Indhold

<b>Forord</b>	<b>7</b>
<b>Konklusioner og anbefalinger</b>	<b>9</b>
<b>Forudsætningerne er i orden</b>	<b>15</b>
<b>De potentielle gevinster</b>	<b>19</b>
<b>Viden skal understøtte udviklingen</b>	<b>22</b>





# Forord

Den 7. juni 2006 afholdt ATV's Tænketank et seminar om visioner for dansk bioenergi. Konklusionen på seminaret blev, at der er behov for et kort og faktuel oplæg, der skitserer en vision for bioenergi i Danmark og målrettes de politiske beslutningstagere på området. ATV's Tænketank nedsatte en arbejdsgruppe til at tage sig af opgaven. Resultatet foreligger i denne rapport.

Rapporten har fokus på bioethanol, fordi Danmark har stærke aktører og gode muligheder for at udvikle og commercialisere netop denne type biobrændstof. Afgiftsspørgsmål er ikke medtaget i denne rapport. Et perspektivrigt område som biodiesel er fravalgt, fordi vi i Danmark har etableret en biodieselproduktion, som finder afsætning på udenlandske markeder. Biodiesel udgør i dag over 80 pct. af EU's biobrændstofmarked (*se Nyhedsbrev nr. 233, Teknologirådet 2007*). Udviklingen inden for bioethanol er endnu ikke nået så langt, og der er behov for mere viden om bl.a. samfundsøkonomiske gevinster og eksportmuligheder. Men bioethanol har *potentiale* til at skabe meget store forsynings-, miljø- og eksportmæssige gevinster for Danmark. Bioethanol er på kort sigt det eneste alternativ til benzin til transportsektoren. Via en dynamisk strategi med fokus på muligheder snarere end begrænsninger, vil Danmark både kunne blive teknologieksporør og råvareproducent.

I løbet af redaktionsarbejdet er regeringen kommet med et udspil på energiområdet, der sætter fokus på bæredygtig energi, herunder også bioethanol. Der er blandt andet lovet et trecifret millionbeløb over de kommende år til forskning og udvikling inden for bioenergi, særligt 2. generations bioethanol. Regeringen har en målsætning om, at 10 pct. af transportsektorens brændstofforbrug i 2020 skal dækkes af biobrændstoffer (*jf. „En visionær dansk energipolitik”, januar 2007*). Det er glædeligt, at regeringen har

politisk vilje til at investere i området. Men det gør ikke behovet for visioner mindre. For ikke alene skal der langt flere penge til at videreudvikle den danske styrkeposition inden for bioethanol. Det er også vigtigt, at de danske aktører, herunder de politiske partier, bliver enige om de overordnede målsætninger for fremtidens danske bioethanol, så der kan skabes en stabil udvikling.

Vi skal sikre, at Danmark bliver en relevant partner i den internationale udvikling, som går meget stærkt i disse år, både hvad angår forskning og teknologiuudvikling, etablering af bioethanolanlæg og dannelse af bioethanolmarkeder. I USA investeres milliarder af dollars i udviklingen af bioethanol, i Brasilien arbejder man målrettet på at blive verdens førende bioethanolproducent, og i EU er ambitionerne tilsvarende store. Således skal mindst 10 pct. af det samlede benzin- og dieselforbrug komme fra biobrændstoffer inden år 2020 (*EU-kommissionen, 10. januar 2007*). Hvis ikke de danske aktører – fra industri over forskning og rådgivning til jordbrugs- og energisektoren, politikere og myndigheder – samler sig i en fokuseret indsats med fælles, overordnede målsætninger, vil udviklingen køre forbi os.

Der har i ATV's arbejdsgruppe, og i Tænketanken, været divergerende opfattelser af, hvilke strategiske elementer, der var de rigtige. Alligevel fandt man frem til fælles fodslag om de følgende anbefalinger. Det er vort håb, at man også blandt politikere og bioethanolaktører vil skære igennem indbyrdes uenigheder og finde frem til et fælles ståsted, så dette vigtige område kan løftes. Vi håber, at nærværende rapport kan bidrage til en langsigtet dansk politik inden for bioethanol som del af en bred energipolitisk strategi, der kan skabe politisk samling og kontinuitet i den videre udvikling.

*Torben Greve*  
*Præsident for ATV*

*Lasse Skovby Rasmussen*  
*Direktør for ATV*

# Konklusioner og anbefalinger

Verdens energiforsyning skal fremover komme fra mange kilder – fra olie, kul og naturgas over vindkraft og solenergi til bioenergi.

## Initiativer de næste 1-4 år

### Anbefaling 1

Etablér rammerne for markedsdrevet innovation ud fra en aftale med oliebranchen og regler om tvungen iblanding af bioethanol i benzin. Ambition: Mindst 5 pct. bioethanol i benzinen i den takt en dansk leverance er klar, derefter stigende og rettet mod at opfylde EU's mindstekrav, som i øjeblikket er på 10 pct. iblanding i 2020.

### Anbefaling 2

Udbyg den offentlige støtte til forskning, udvikling og demonstrationsanlæg inden for 2. generationsteknologi og senere teknologier samt til projekter til opskalering, dokumentation og viden- og procesintegration.

### Anbefaling 3

Udbyg den offentlige støtte til forskning i jordbrug. Der skal navnlig sættes på forskning i dyrkning og håndtering af miljøvenlige energiafgrøder, som giver højt energiudbytte.

### Anbefaling 4

Der skal udarbejdes en strategisk plan med pejlemærker for den kommende forsknings- og udviklingsindsats i et 10 års perspektiv (se figur 1).

Transportsektoren er en særlig udfordring, fordi vore biler, lastbiler, tog, fly og skibe i dag er fuldstændig afhængige af fossile brændstoffer. Det gør os sårbare over for oliepriserne og for, om der fortsat kan udvindes tilstrækkelig olie. Transportområdet står i dag for 60 pct. af det samlede olieforbrug i Danmark og forventes at vokse til 73 pct. i 2030 (*jf. Morgendagens transportbrændstoffer – danske perspektiver, Teknologirådet, 2007*).

Bioethanol er på kort og mellemlang sigt det eneste alternativ til benzin og blandt fremtidens mest lovende brændstoffer, fordi den kan anvendes i den eksisterende infrastruktur. Både teknologisk og økonomisk, miljø- og beskæftigelsesmæssigt er potentialerne store. Bioethanol vil, uanset valg af teknologi, kunne bidrage til at reducere transportsektorens udslip af CO<sub>2</sub> ganske betydeligt (*jf. side 19 i denne rapport*). Danmark vil kunne positionere sig blandt foregangslandene på området, bidrage til en positiv global udvikling og høste en række gevinster på både kort og lang sigt. Disse initiativer vil både kunne give plads til bioethanolanlæg baseret på 1. og 2. generationsteknologier og på kombinationer

## Definitioner

**1. generationsteknologi** bygger på stivelsesholdige eller sukkerholdige råvarer som hvede og majs, sukkerrør og sukeroer.

**2. generationsteknologi** bygger på tørstofrige råvarer som halm, træ, energiafgrøder og biologisk nedbrydeligt affald mm. fra jordbrug, industri og husholdninger.

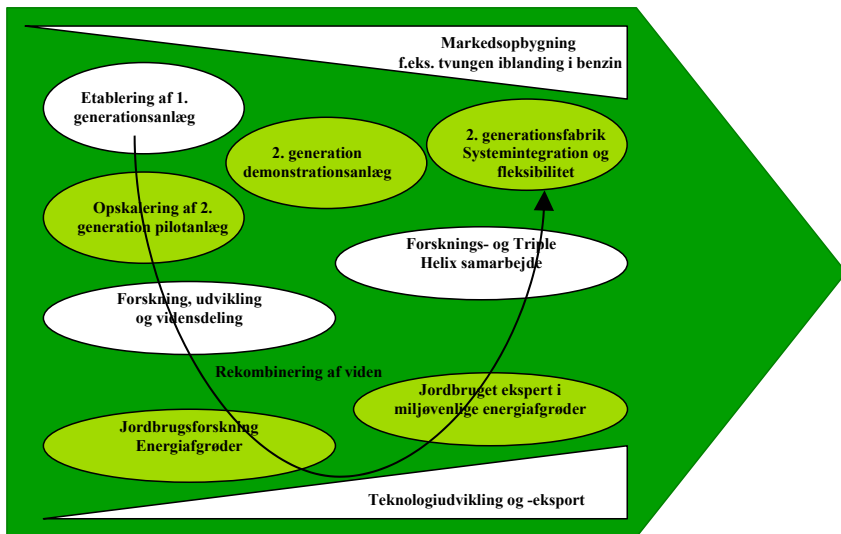
*Kilde: Landbrugets Økonomi 2006, Fødevareøkonomisk Institut.*

af de to teknologityper. 1. generationsanlæg vil kunne opgraderes til næste generation ved at udskifte dele af produktionsapparatet, men man vil også kunne etablere 2. generationsanlæg uafhængigt af 1. generationsanlæg. Markedskræfterne vil drive udviklingen af 1. generationsteknologi. Med den rette indsats vil man om ca. fem år have teknologien til de første 2. generationsanlæg klar. Om ca. 10 år vil disse anlæg kunne levere bioethanol til markedet på kommercielle betingelser.

2. generationsanlæg vil i fremtiden komme til at stå for en stor del af den globale bioethanolproduktion. De vil give større energiudbytte og sandsynligvis være mere miljøvenlige end 1. generationsanlæg, hvor miljøgevinsterne stadigvæk er behæftet med en vis usikkerhed og bl.a. afhænger af, hvilke dyrkningsmetoder der anvendes for at producere biomassen. Derfor er det vigtigt at fremme udviklingen af 2. generationsteknologier via offentlig støtte.

Efterspørgsel fra forbrugerne og et veletableret hjemmemarked er forudsætningerne for at etablere en position på det globale bioethanolmarked og senere blive eksportør af energiteknologi i takt med, at 2. generationsteknologierne modnes. Etablering af dansk bioethanolproduktion baseret på 1. generationsteknologi vil gøre det lettere at nå EU's målsætninger om mindst 5,75 pct. biobrændstof i transportsektoren i 2010 samt tilføre risikovillig kapital til udviklingen af danske 2. generationsanlæg.

Det vil være strategisk hensigtsmæssigt at udvikle flere typer af anlæg (hvilket bl.a. understøttes af en minihøring foretaget af Teknologirådet, se *Nybedsbrev nr. 233, „Biobrændstoffer til transport“*). De skal være robuste, fleksible og kunne arbejde med flere typer plantebiomasse – i kommende generationer af bioethanolanlæg også med affald fra husholdning og industri. Ændrede rammebetingelser, som f.eks. lovgivning om tvungen iblanding af bioethanol, vil gøre det attraktivt at investere i bioethanolanlæg og udgøre



Figur 1. Forslag til strategisk forsknings- og udviklingsplan for dansk bioethanol frem mod år 2017. Triple Helix samarbejde er samarbejde mellem erhvervsliv, universiteter og myndigheder. Efter inspiration fra: „Støtte til vedvarende energi?”, Skytte, K.; Jensen, S.G.; Morthorst, P.E; Olsen, O.J., Jurist- og Økonomforbundets Forlag, København, 2004.

en basis for omlægning af dansk jordbrug til energijordbrug. Om ca. to år vil vi da kunne opleve de første energiproducerende bioethanolanlæg i Danmark med produktion af bioethanol på foderkorn, og hvor fabrikkerne er energiforsynet med biomassebaserede kraft-/varmeanlæg.

Vi skal i Danmark arbejde os frem mod at *fastholde* en selvforsyning med energi og i et 10-års perspektiv *udbygge* denne position til også at omfatte eksport af viden, teknologi og know-how, se figur 1, side 12.

Dansk jordbrug vil kunne give et afgørende bidrag til Danmarks produktion af bioethanol. Det vil være vigtigt at støtte

forsknings- og udviklingsprojekter, som skaber løsninger, hvor fødevarer, foder og energi knyttes sammen i helhedsorienterede, miljøvenlige produktionssystemer. Forskning og udvikling vil eksempelvis kunne fokusere på udnyttelse af restprodukterne fra biomasseproduktion, mulighederne for vekseldrift, ny modenhed for dyrkningssystemer og bedre indbyrdes samspil mellem afgrøder, hvoraf nogle vil kunne høstes flere gange om året.

Man vil i dansk jordbrug i de kommende år kunne skabe et grundlag for en innovativ helhedstænkning, hvor forskellige miljø-, bio- og energiaspekter integreres. Det indebærer også, at samarbejdsrelationerne mellem jordbrug, energisektor og industri udvikles på nye måder. Bioethanol kan fungere som samlende platform for øget produktion inden for både industrien, energisektoren og jordbruget.

### **Afgrænsning**

Bioenergi omfatter i denne sammenhæng energi produceret med udgangspunkt i råvarer fra dansk jordbrug, som sælges i konkurrence med andre energiformer. Det er primært bioethanol, som behandles i dette notat.

- Bioethanol (alkohol) kan erstatte benzin i transportsektoren og indgå som hjælpestof i fremstilling af biodiesel.

Der findes også andre perspektivrige varianter af bioenergi:

- Biodiesel – udvindes af planteolier eller dyrefedt og kan erstatte diesellole i motorkøretøjer.

- Biogas – en blanding af methan og kultvejte, kan erstatte andre former for brændbare gasser til produktion af el, varme og til brug i køretøjer.
- Biobrint – brint fremstillet ved omdannelse af en af de ovenstående biobrændstoffer eller via bakterier i biomasse (befinder sig i dag på eksperimentalstadiet).



# Forudsætningerne er i orden

Der er fortsat behov for mere forskningsbaseret viden om bioethanols markedspotentialer og de konkrete miljømæssige og samfundsøkonomiske gevinster af en satsning på bioethanol. Samtidig prioriteres bioethanol højt politisk i både USA og EU (se „Biofuels in the European Union”, EU 2006), private investorer er parate til at gå ind i bioethanolområdet, og Danmark har gode forudsætninger for at blive en international aktør på feltet. Vi har:

- En veletableret **energisektor** og lang tradition for høj energieffektivitet og for at udvikle alternativ energi.
- En omstillingsparat **jordbrugssektor**, som kan producere biomasse i Danmark.
- Teknisk og bioteknologisk **forskning**, såvel industriel som offentlig, der på flere relevante områder er af international karat.
- Tekniske/bioteknologiske **virksomheder**, der på udvalgte områder er internationalt anerkendte.
- Stærke kompetencer inden for den **tværgående system- og procesintegration mellem brancher** og sektorer, industri og forskning, som gør det muligt at kombinere viden på højt niveau.

Dansk forskning og udvikling inden for bioethanol er bredt forankret i både offentlige og private forskningsmiljøer. Forskning og innovation kan derfor baseres på anerkendte danske forskningsplatforme.

Danske virksomheder, universiteter og sektorforskningsinstitutioner er internationalt orienterede og har samarbejdsprojekter inden for det tekniske og bioteknologiske område i lande over hele verden.

Den danske forskningskompetence inden for bioethanol har stor tyngde på flere universiteter og tidligere sektorforskningsinstitutioner. Indsatsen på Danmarks Tekniske Universitet, DTU, med Forskningscenter Risø, og på Det Biovidenskabelige Fakultet, Life, Københavns Universitet, er stor. DONG Energy har opført et pilotanlæg i tilknytning til Skærbæk-værket. Anlægget er under udbygning til fuld demonstrationsskala, og der udføres forsøg i samarbejde med Risø og Life. Disse institutioner råder over moderne forskningsfaciliteter, som betjener flere forskergrupper. Desuden er der på DTU opført et 2. generations bioethanol pilotanlæg.

Danmarks Jordbrugsforskning, DJF, Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet, Aarhus Universitet, har nye storskalafaciliteter under opbygning ved Forskningscenter Foulum. Syddansk Universitet og Ålborg Universitet har fælles faciliteter i Esbjerg, som supplerer aktiviteterne i Ålborg og Odense. Disse faciliteter skal sammen med eksisterende faciliteter betjene det regionale Center for Bioenergi og Miljøteknologisk Innovation, CBMI, og DJF's egen forskning.

Derudover forsker Danmarks Miljøundersøgelser, DMU, Aarhus Universitet, Risø, Life, DTU og DJF i, hvorledes produktionen af bioenergi afgrøder påvirker miljøet. Virksomheder, private organisationer og fonde deltager aktivt på alle niveauer fra de basale til de produktimplementerende faser i den anvendelsesorienterede forskning og innovation.

Desuden bidrager virksomhederne til uddannelse på alle niveauer, herunder især til ph.d.-uddannelsen. Også ErhvervsPhD-uddannelsen er en oplagt måde at flytte viden på mellem den offentlige forskning og det private erhvervsliv. Samfundsvidenskabelige og humanistiske forskningsaspekter er en integreret del af de tekniske og bioteknologiske projekter og forskningsprogrammer .

En række private virksomheder og organisationer enten planlægger eller undersøger mulighederne for at opføre fabrikker til produktion af brændstoffer. Det drejer sig især om bioethanol og biodiesel til transportsektoren. Eksempler:

- Danisco investerer betydeligt i forskning og udvikling inden for bioenergi. Danisco har senest valgt at bygge et bioethanolanlæg i Tyskland og vurderer mulighederne for at udbygge sukkerfabrikken i Nakskov til også at producere bioethanol, [www.danisco.dk](http://www.danisco.dk).
- DONG Energy investerer betydelige midler i udvikling af 2. generations bioethanol. Teknologiudviklingen gennemføres med udgangspunkt i pilotanlægget på Skærbækværket ved Fredericia. Målet er at kunne idriftsætte et fuldt integreret fuldskala anlæg i 2012, [www.DONGenergy.dk](http://www.DONGenergy.dk).
- Bio-Energipark Tønder har som langsigtet mål at få etableret en bioenergipark ved Tønder og overvejer mulighederne for at etablere et aktieselskab til bygning af et bioethanolanlæg, [www.toender-biofuel.dk](http://www.toender-biofuel.dk).
- Danish Biofuel Grenaa overvejer mulighederne for at etablere et aktieselskab til bygning af et bioethanolanlæg på Grenaa Havn, [www.grenaakommune.dk](http://www.grenaakommune.dk).
- Statoil overvejer, i samarbejde med blandt andre Dansk Landbrugs Grovvarereselskab, DLG, og Rambøll, at etablere et 1. generations bioethanol-anlæg i tilknytning til selskabets raffinaderi i Kalundborg, [www.statoil.dk](http://www.statoil.dk).

- Biogasol udvikler og sælger procesteknologier til fremstilling af biobrændstoffer, [www.biogasol.dk](http://www.biogasol.dk). Novozymes kan levere enzymer til fremstilling af bioethanol, [www.novozymes.com/da/](http://www.novozymes.com/da/).

(Planerne for anlæggene i Tønder og Grenå inkluderer kraft-/varmeforsyning baseret på biomasse i form af biogas og halm)

# De potentielle gevinster

En dansk satsning på bioethanol åbner for en række miljø-, erhvervs- og samfundsmæssige gevinster på både kort og lang sigt. Der vil kunne skabes en „win-win” situation, hvor både professionelle aktører og borgere vil kunne opnå betydelige fordele.

## Hovedgevinster på kort sigt

### Miljøvenligt brændstof

Der vil hurtigt kunne skabes et velfungerende dansk bioethanol-marked, som vil kunne bidrage til dansk reduktion af CO<sub>2</sub> i transportsektoren. Når fordelene ved bioethanol synliggøres, vil danske forbrugere hurtigt vænne sig til at tanke benzin med bioethanol til bilen. Det daglige brændstofforbrug til transport understøtter dermed en positiv udvikling af miljøet. Erstattes en liter benzin af bioethanol, som er produceret af halm med 2. generationsteknologi, kan man reducere CO<sub>2</sub>-udledningen med op til 90 pct. For 1. generations bioethanol reduceres CO<sub>2</sub>-udslippet med 45-70 pct. *(Kilde: Morgendagens transportbrændstoffer – danske perspektiver, Teknologirådet, 2007).*

### Bæredygtigt jordbrug

Jordbruget bliver mere bæredygtigt og bidrager til et moderne samfund i miljømæssig balance. Dansk jordbrug vil kunne eksportere viden og teknologi omkring miljøvenlige energiafgrøder og forædlet dyrefoder baseret på dyrkning af både énårige og flerårige planter på marker med en høj biologisk mangfoldighed.

## **Stærk industri**

Bioethanol kan produceres i bioraffinaderier, som både fremstiller bioethanol og omsætter anden biomasse, affald, reststrømme og spildenergi fra bioenergiproduktion til andre højværdiprodukter – f.eks. proteinrige foderstoffer. Energiforsyningen til anlæggene kan f.eks. komme fra biogas og ved at udnytte overskudsvarme fra kraft-/varmeproduktion. Desuden kan danske industrivirksomheder udvikle teknologiske løsninger til bioethanolmarkedet inden for etablerede styrkepositioner som f.eks. enzymer.

## **Videneeksport og nye jobs**

Globalt efterspørges effektive, højteknologiske bioenergisystemer. I lande som Kina og Indien kan den høje økonomiske vækst understøttes af en stabil, miljøvenlig energiforsyning. Med afsæt i den øgede globale efterspørgsel kan danske virksomheder eksportere teknologiske løsninger og integrerede, højteknologiske bioethanolanlæg, få del i nye markeder og skabe nye videnbaserede jobs.

## **Hovedgevinster på langt sigt**

### **Selvforsyning med energi**

Investeringer i bioethanol vil bidrage til at sikre en høj grad af dansk selvforsyning med energi og dermed reducere vores afhængighed af fossile brændstoffer fra de olie- og gasproducerende lande i Mellemøsten, Nordafrika og Rusland.

### **Udvikling af danske landdistrikter**

Affolkningen af de danske landdistrikter kan reduceres. Lav vækst og negative økonomiske cirkler med arbejdsløshed og sociale problemer afløses af en positiv økonomisk udvikling, som med afsæt i jordbrugs- og energisektorerne skaber nye jobs og fastholder mennesker i landdistrikterne.

### **En vej til brændselsceller**

Bioethanol vil kunne blive en god energikilde til brændselsceller, som muligvis er en af de langsigtede løsninger på transportsektorens olieafhængighed. Etablering af danske bioethanolanlæg vil kunne udgøre et skridt på vejen mod at etablere et mere bæredygtigt samfund.

### **Udvikling og stabilitet i tredje verdenslande**

Mange tredje verdenslande vil kunne opnå en højere pris for deres afgrøder, når 2. generationsanlæggene står klar. Det skyldes, at afgrøderne med ét slag bliver langt mere efterspurgt til produktion af bioethanol og derfor mere værd. Dette vil ydermere styrke og udvikle landbruget i den tredje verden og dermed understøtte en positiv økonomisk og forsyningsmæssig udvikling. Billig og stabil tilførsel af energi er samtidig en forudsætning for økonomisk vækst og funktionelle, stabile samfund. Mange tredje verdenslande har råstofferne til fremstilling af bioethanol, men mangler i dag viden, teknologi og kompetencer til selv at producere bioethanol. Danmark kan hjælpe tredje verdenslande med ny teknologi i programmer, hvor udviklingshjælp, viden- og teknologiekspert går hånd i hånd.

# Viden skal understøtte udviklingen

## **1. og 2. generationsanlæg kræver forskellige tiltag**

1. generationsanlæg til fremstilling af bioethanol baserer sig på stivelsesholdige eller sukkerholdige afgrøder som hvede og majs, sukkerrør og sukkerroer, som i Danmark primært anvendes til dyrefoder. 2. generationsanlæg baserer sig på tørstofrige råvarer som f.eks. halm, træ og træagtige afgrøder samt biologisk nedbrydeligt affald m.m. fra jordbrug, industri og husholdninger, som ikke er egnede til dyrefoder. Danmark er førende inden for udviklingen af de teknologier, man bruger i 2. generationsanlæg, og råder over en betydelig viden om bl.a. biomassehåndtering, enzymudvikling og kraft-/varmeproduktion (*Kilde: Landbrugets Økonomi 2006, Fødevareøkonomisk Institut*).

## **1. generationsanlæg skal drives af markedet**

Dansk og europæisk bioethanol baseret på 1.generationsteknologi er allerede i dag kommercialiseret, men produktionsomkostningerne skal reduceres. I Danmark har vi en lang tradition for energibesparelser gennem procesintegration, hvilket kan være en fordel, når nye anlæg skal etableres, og det kan gøres ved eksempelvis at kombinere viden om, hvordan man håndterer biomasse med viden fra den danske kraft-/varmeproduktion. Viden og teknologisk ekspertise skal styrkes i Danmark. Ellers vil udenlandske investorer vælge at investere i udenlandske 2. generationsanlæg frem for i de danske.



## **Udviklingen af 2. generationsanlæg skal drives af offentlige investeringer og markedet**

De danske 2. generationskoncepter er kommet gennem en pionérfase, hvor de som forsøgsanlæg har vist, at de virker. Det er dog stadigvæk vigtigt at investere betydelige offentlige midler i forskning og udvikling af 2. generationskoncepter. Der eksisterer i dag flere forskellige 2. generationskoncepter, som hver især har mulighed for at dominere markederne. Det er ofte i denne introduktionsfase, at nogle teknologier bliver førende. Det er set inden for vindmølleområdet, hvor det danske 3-bladede design vandt konkurrencen.

Aktørerne inden for bioethanol finder i disse år deres internationale rolle og fokus. Partnerskaber og finansieringsmodeller aftales. Derfor er det vigtigt, at der sker en videndeling, og at danske pionerer arbejder sammen med industrien og myndighederne om at udvikle 2. generationsteknologier yderligere, således at vi også inden for bioethanol får et internationalt anerkendt dansk design.

## **Det samlede energiidbytte stiger med teknologiudviklingen**

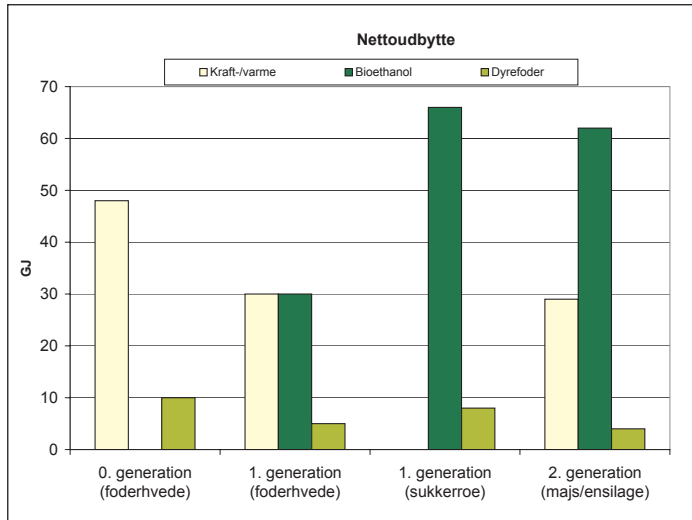
Hvis man sammenligner energiidbyttet af at satse på den markantvendelse, vi har i dag (i denne rapport „0. generation”) med henholdsvis 1. og 2. generationsanlæg til produktion af bioethanol, er konklusionen, at den samlede energiproduktion stiger markant i takt med teknologiudviklingen. Der produceres mere bioethanol, og næsten lige så meget dyrefoder og kraft-/varme, jo mere udviklet teknologien er. Et forskningsbaseret estimat på energiidbyttet for 1 ha landbrugsjord fremgår af figur 2 og 3, hvor energiidbytte af 0., 1. og 2. generationsteknologier sammenlignes med input af forskellig biomasse.

Der er også gjort konkrete danske erfaringer med pilotforsøg inden for 2. generationsteknologi. På Danmarks Tekniske Universitet, BioCentrum-DTU, er pilotanlægget Maxifuel således i øjeblikket fuldt operativt. I 2007 vil der ske et detaljeret design af det første demonstrationsanlæg, som vil blive opført først i 2008. Anlægget skal bidrage til, at forskerne kan omsætte deres viden fra laboratoriet til industriel produktion af bioethanol fra biomasse inden for 2. generations bioethanol.

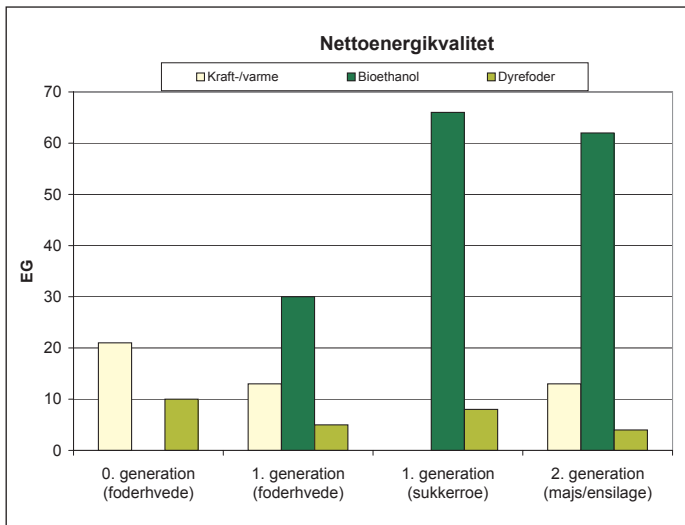
I Maxifuel-anlægget kombineres produktionen af bioethanol fra biomasse, som f.eks. halm og andre restprodukter, med fremstilling af biogas. Det giver en optimal udnyttelse af biomassen, maksimering af energiudbyttet og genbrug af procesvandet. Tallene i tabel 1 baserer sig på erfaringer fra Maxifuel-anlægget. Tallene er udregnet pr. ton og er ikke umiddelbart sammenlignelige med tallene i figur 2 og 3. Derfor præsenteres tallene i en selvstændig tabel.

<b>Produkt</b>	<b>Energiudbytte (GJ)</b>	<b>Energikvalitet (EG)</b>
<b>Kraft-varme eller dyrefoder</b>	3,7 GJ/t	2,5 GJ/t
<b>Bioethanol</b>	6,2 GJ/t	6,2 GJ/t
<b>Biogas</b>	2,1 GJ/t	2,1 GJ/t
<b>Brint (H<sub>2</sub>)</b>	0,2 GJ/t	0,2 GJ/t

Tabel 1. Udbyttet fra 2. generationsanlæg, biomasse fra halm (4 t/ha som restprodukt), målt i henholdsvis gigajoule (GJ) og exergi (EG). Tabellen viser rene udbyttet uden fradrag af energiforbrug til processering og dyrkning. (Kilde: „Maxifuel”, Birgitte K. Abring, Bio-Centrum, DTU, 2006).



Figur 2. Tallene er målt i gigajoule (GJ) for nettoenergiudbytte (pr. 1 ha. landbrugsjord, alle mellemregninger er med, forbrug, dyrkning og processering er fratrukket). De viste tal er baseret på gennemsnitsscenarier for dyrkning og processering og er baseret på nye energieffektive anlæg. (Kilde: „Energy Balance of 2nd Generation Bioethanol Production in Denmark”, Bentsen, m.fl., 2006).



Figur 3. Tallene viser, hvordan energiudbyttet fordeler sig, når det måles i exergi (EG). Exergi afspejler, hvor meget arbejde der kan udføres, og dermed hvor stor kvalitet og værdi en energibærer har. Elektrisk, mekanisk og kemisk energi er eksempler på energiformer med høje kvaliteter (højt exergiindhold), og høj markedspris. Varme er en energiform hvor exergiindholdet afhænger af temperaturforskelle. Procesvarme, f.eks. damp ved høje temperaturer, kan i nogen grad nyttiggøres til arbejde, imens fjernvarme kun delvist kan nyttiggøres (dvs. har et lavt exergiindhold). Tallene er baseret på gennemsnitsbetragtninger og skal derfor kun tages som vejledende udtryk. (Kilde: „Energy Balance of 2<sup>nd</sup> Generation Bioethanol Production in Denmark”, Bentsen, m.fl., 2006).

## **Der er positive energibalancer for produktion af bioethanol**

Der er positive energiregnskaber for både 1. og 2. generations bioethanol (se figur 2 og 3). Energiregnskabet for både 1. og 2. generations bioethanol baseret på 1 ha. af den mest energiintensive afgrøde (hvede) viser, at der kommer mere end dobbelt så meget energi ud af processen, som der forbruges. For 2. generation udgør energiforbruget til landbrugsproduktionen mindre end 10 pct. af den energi, der produceres. Energiforbruget til kvælstofgødning er ca. en tredjedel af landbrugets energiforbrug. Teknologierne er under udvikling, og energibalancerne i alle led forbedres løbende, både for 1 og 2 generation bioethanol. (Kilde: *Energy „Balance of 2<sup>nd</sup> Generation Bioethanol Production in Denmark”, Bentsen, m.fl., 2006*).

## **Der vil være tilstrækkelig biomasse i Danmark til produktion af bioethanol**

Der er biomasse nok i Danmark til produktion af bioethanol, skønt der i øjeblikket ikke er halm nok til at sikre den tilstrækkelige mængde biomasse. Fremstilling af bioethanol bygger nemlig ikke kun på halm. Biomassen kan komme fra mange kilder. Når jordbruget omlægges til energijordbrug, og når 2. generationsteknologierne vinder indpas, kan der skabes mange forskellige typer af biomasse. Ikke alene kan man dyrke særlige energiafgrøder som f.eks. majs, græs og bælgplanter. Man kan også udnytte affald fra både industri og husholdninger til fremstilling af bioethanol. Det kan sikre den nødvendige mængde biomasse. Ifølge Teknologirådets beregninger vil Danmark kunne nå målsætningen i EU's brændstofdirektiv om 5,75 pct. biobrændstoffer i 2010 og dække benzinandelen med

bioethanol. Det kan f.eks. gøres ved at fremstille roer på 1,5 pct. af landbrugsarealet (ca. 37.000 ha.), korn på 3 pct. af landbrugsarealet (ca. 86.000 ha.) eller ved at bruge knap en mio. tons af den halm, som ikke bliver udnyttet i dag (jf. *Nybedsbrev nr. 233, Teknologirådet, 2007*).

## **2. generationsanlæg giver flere miljøgevinster**

Det vil også for 2. generationsteknologier være nødvendigt at anvende markafgrøder. Men vælger man at tilpasse jordbrugsproduktionen, giver det muligheder for at få både mere biomasse, miljø og biologisk mangfoldighed fra jordbruget. Dyrkning af energiafgrøder gør, at man kan kombinere fler- og enårige afgrøder. Det betyder, at udvaskningen af kvælstof kan reduceres, og at den biologiske mangfoldighed øges. Bioethanolanlæg vil kunne recirkulere mange næringsstoffer til markerne, fordi anlæggene alene udnytter råvarernes indhold af brint, kulstof, ilt og svovl. Vælger man at udnytte potentialet med den teknologi, der er ved at blive udviklet, kan Danmark på godt 20 pct. af arealet producere bioenergi til transport, opvarmning og el med et energiindhold, der svarer til ca. 35 pct. af vores totale olieforbrug (jf. *„Energy Balance of 2<sup>nd</sup> Generation Bioethanol Production in Denmark”, Bentsen m.fl., 2006*).

## **Udvidelse af jordbrugsarealet afhænger af den valgte strategi**

Holder Danmark sig til EU's mål om 10 pct. iblanding af bioethanol i benzin i 2020, vil det med det nuværende forbrug af biomasse til

energi ikke være nødvendigt at inddrage mere areal til jordbrugsproduktion. Men ønsker man at udvide mængden af biomasse til energi, vil det – såfremt man ikke ønsker at udvide landbrugsarealet – være nødvendigt at omlægge jordbrugsproduktionen til også at omfatte kombinerede foder- og energiafgrøder. Vælger man at integrere energiproduktion i dyrkningssystemerne, kan der for kombinerede energi- og foderafgrøder opnås den mest effektive produktion, bedste økonomi og mindste miljøbelastning på den gode jordbrugsjord. Udbyttepotentialer kan være så højt som 16-18 tons pr. hektar. En sådan strategi vil gøre det unødvendigt at inddrage marginaljorde (jf. „*Energy Balance of 2<sup>nd</sup> Generation Bioethanol Production in Denmark*”, Bentsen m.fl., 2006).

### **Produktion af energiafgrøder forhindrer ikke produktion af fødevarer og dyrefoder**

Det vil være en stor udfordring at producere biomasse nok til at erstatte al fossilt brændstof, når man også skal sikre forsyningsikkerhed for fødevarer, biodiversitet, grundvand mv. Men det er ikke umuligt. I vores del af verden går ca. 80 pct. af jordbrugsproduktionen til dyrefoder, og det er netop foderproduktionen, som kan omlægges til dyrkning af energiafgrøder. Det åbner for nye dyrkningssystemer med f.eks. majs, som kan producere langt mere biomasse, der både kan bruges til foder og energi. Ved at omlægge dele af dansk jordbrug, kan jordbruget både blive leverandør af fødevarer, foder og biomasse til energisektoren med en målsætning om maksimal produktion og minimal miljøbelastning. Selve bioethanolproduktionen giver næsten lige så store mængder dyrefoder som bioethanol, så nettoarealforbruget er mindre end det areal, som dyrkes. At

producere energigrøder som en del af jordbrugsproduktionen betyder derfor ikke nødvendigvis hverken mindre dyrefoder eller færre fødevarer.

*Kilde: „Predicted energy crop potentials for biogas/bioenergy worldwide-regions-EU 25”, Holm-Nielsen mfl., 2006.*



## **I fremtiden er det bedst at bruge biomasse til energi i transportsektoren**

I dag giver biomasse den billigste varme, og man får størst udbytte af halm, når det brændes i et kraft-/varmeværk. Men set i et fremtidigt, strategisk perspektiv vil det være mere hensigtsmæssigt at omsætte biomasse til brændstof i transportsektoren, fordi man derved samlet får langt mere energi ud af biomassen. Desuden er der mulighed for at skabe flere nye jobs ved at bruge biomasse til produktion af bioethanol. De nye jobs ligger i energisektoren, industrien og jordbruget (jf. „*Morgendagens transportbrændstoffer - danske perspektiver*“, Teknologirådet, 2006).





ATV

Lundtoftevej 266

2800 Kgs. Lyngby

Februar 2007

ISBN 978-87-7836-040-3