



# Hvidbog om perspektiver for biobrændstoffer i Danmark

- med fokus på  
2. generations bioethanol



## **Hvidbog om perspektiver for biobrændstoffer i Danmark**

- med fokus på 2. generations bioethanol

November 2009

Hvidbogen er udarbejdet af Teknologirådet i 2009 som led i varetagelse af en opgave for Partnerskabet for Biobrændstoffer. Teknologirådet har samarbejdet med Partnerskabet for Biobrændstoffer og Erhvervs- og Byggestyrelsen, FORA. Indholdsbeskrivelserne i Hvidbogen er dog helt Teknologirådets ansvar i forhold til Rådets uafhængige status som statslig teknologivurderingsinstitution

Redaktion

Gy Larsen, Teknologirådet

Janne Foghmar, Teknologirådet



## Indledning

*Det handler om at blive klogere, ikke nødvendigvis om at drage konklusioner! Øvelsen går ikke på, at vi skal fravælge teknologier og prioritere nogle få, men derimod på at undersøge, hvor langt vi kan nå med forskellige anvendelser – folde paletten ud – på et kort, mellemlangt og et længere sigt.*

*Knud Larsen, formand for Partnerskabet for biobrændstoffer.*

Udfordringerne på transportområdet er store. Behovet for transport og hermed også energiforbruget i sektoren stiger. Transportområdet er desuden i altovervejende grad baseret på anvendelsen af fossile brændsler. Øget transport vil alt andet lige derfor betyde øget brug af fossile brændstoffer og dermed også øget udledning af CO<sub>2</sub>.

I lyset heraf er det presserende at finde alternative drivmidler til transport. Bio-brændstoffer baseret på biomasse er en mulighed. Men biomasse er en begrænset ressource. 2. generations bioethanol fremstillet på basis af især restbiomasse er ét af de alternativer, der har potentiale til på et bæredygtigt grundlag at kunne dække noget af behovet for flydende transportbrændstoffer på et kortere og mellemlangt sigt.

Det er nødvendigt at vurdere mulige udviklingsspor i forhold til behovet for alternativer for transportområdet, udnyttelsen af den begrænsede biomasse og perspektiverne for 2. generations bæredygtig bioethanol i relation til det samlede fremtidige danske energisystem.

Regeringen har nu gjort det til et overordnet mål at gøre det danske samfund fri af afhængigheden af fossil energi og overgå til 100% vedvarende energi, hvilket vil bevirke en stærk reduktion af det danske CO<sub>2</sub> udslip. Den 29. maj 2009 vedtog Folketinget en lov om bæredygtige biobrændstoffer, som skal sikre en lavere CO<sub>2</sub> udledning fra transportsektoren. Men hvordan kan vi på en hensigtsmæssig måde opfylde visionen om et dansk samfund baseret udelukkende på vedvarende energi? Nye opgørelser peger på, at det aktuelt ser ud til at Danmark er længere fra sit mål om at reducere CO<sub>2</sub> udslippet end det blev vurderet for bare et år siden.

Hvilke særlige udfordringer giver det transportsektoren? Transportområdet tegner sig for over 60 % af det samlede danske olieforbrug – og er den eneste sektor med stadig stigende energiforbrug og dermed kraftig øget CO<sub>2</sub> udledning til følge. Hvad er redskaberne til at flytte transportsektoren i en mere bæredygtig retning? Hvilke teknologier skal samfundet satse på og investere i? Hvilken rolle kan biobrændstoffer og især bæredygtig 2. generations bioethanol komme til at spille?

*Vi må som samfund sikre, at alternativerne beskrives og lægges frem, så vi får en reel mulighed for at vælge den løsning, der bedst sikrer de politisk vedtagne mål. Vi skal være bevidste om, at der er modstridende interesser på spil, og at vi må tage nogle modforholdsregler, hvis vi vil gennemføre bestemte målsætninger om f.eks. at blive fri for fossil energi.*

*Henrik Lund, professor og doktor i energiplanlægning.*



## Hvidbogen

Denne hvidbog behandler perspektiver - muligheder og begrænsninger - for en dansk satsning på produktion og anvendelse af biomasse herunder bæredygtig 2. generations bioethanol til transportformål. Hvad er vores aktuelle viden om biobrændstoffer og 2. generations bioethanol, og hvad bør anbefalingerne til en dansk strategi på området være?

Området er præget af en række stærke forskningsmæssige og kommercielle interesser. Der er divergerende vurderinger af potentialet for 2. generations bioethanol, som markeres stærkt i den offentlige og politiske debat.

El-biler har fået megen opmærksomhed i de seneste år, forventningerne er store og det danske perspektiv med at koble den store vindproduktion sammen med el-bilernes behov for strøm er lovende. Men udsigterne til hvornår vi kan forvente, at el-bilerne med tilhørende ny infrastruktur er moden til at materialisere sig i Danmark, er usikre. På kortere og mellemlangt sigt kan der måske også blive tale om hybridløsninger, hvor biomasse kan spille en rolle i form af ethanol /methanol/ biogas, der fødes ind i forbrændingsmotorer og f.eks. brændselsceller.

2. generations bioethanol skal vurderes i forhold til andre potentielle anvendelsesmuligheder af dansk biomasse og alternativer til benzin og diesel i transporten. Placeringen af bioethanol i et bredere landskab - transportdrivmidler og biomasseanvendelse - er baseret på, at udgangsmaterialet – biomasse - er en begrænset ressource med mangfoldige anvendelsesmuligheder. Bedst mulig udnyttelse af de tilgængelige danske biomasseressourcer fordrer kritisk sammenligning af mulige anvendelser og deres respektive potentialer med hensyn til CO<sub>2</sub>-reduktion, fortrængning af fossile brændsler, mindsket miljøbelastning, energieffektivitet mv.

Hvis vi betragter det danske areal til biomasse træder den begrænsede ressource i øjnene. Men andre steder i Europa – f.eks. Østeuropa – er biomassepotentialet langt større. Til gengæld er import af biomasse forbundet med en række udfordringer – blandt andet er biomasse dyrt at transportere, da det fylder meget. Da biomasse også i globalt perspektiv er en begrænset ressource, kan import af biomasse desuden have betydning for arealanvendelsen andre steder i verden. Det kan igen have en række uønskede afledte effekter for bl.a. foder- og fødevarerproduktionen samt rydningen af regnskov og naturområder med henblik på opdyrkning.

Der er behov for afklaring af mulighederne for bæredygtige løsninger på transportområdet i en overgangsperiode (de næste 15-20 år) med udfasning af de mange forbrændingsmotorer i bilparken. Transportsektorens energiforbrug er stigende, bidraget til CO<sub>2</sub> udledningen er stort, og der knytter sig en række skadelige partikeludledninger til de aktuelle transportdrivmidler baseret på fossile brændsler. Der er et voksende pres på nye løsninger og alternative drivmidler, som kan tages i brug så hurtigt som muligt i såvel en dansk som en international sammenhæng. Bæredygtige biobrændstoffer er én af de veje vi kan gå i indsatsen for at finde alternativer til benzin og diesel i transporten. Det er vanskeligt at udpege en enkelt teknologi som den eneste farbare hovedvej for fremtidens transportdrivmiddel. Der er behov for løbende forskning, demonstration og udvikling af en kombination af alternativer - et mix af tek-



nologier til den fremtidige transport i et dynamisk samspil, hvor der sker en udfasning af fossile transportbrændstoffer.

*Vi bør ikke – i iveren efter at finde alternativer til benzin og diesel i transporten - glemme behovet for*

- energibesparelser i transportsektoren
- udvikling af eksisterende teknologi – herunder mere effektive forbrændingsmotorer
- mere kollektiv transport

*som grundlæggende for at nå et mål om en mere bæredygtig transportsektor.*

Faktisk er der noget, der tyder på, at bilfabrikanterne i disse år tager udfordringen om at udvikle mere effektive og miljøvenlige forbrændingsmotorer op. Aktuelt præsenterer de store bilproducenter ny, optimeret motorteknologi, hvor f. eks. benzinformbruget er sænket med op til 20%. Og i Danmark udvikler Haldor Topsøe katalysatorer til diesel-motorer med det formål at mindske CO<sub>2</sub>- og partikeludslip. Her vurderer man, at elbilerne vil forblive en niche indtil de kan fungere i et energisystem, der er tæt på 100% vedvarende energi anvendelse. "Om 15-20 år vil miljøbevidste bilejere stadig vælge en personbil med en optimeret forbrændingsmotor".

FDM vurderer, at de nye forbrændingsmotorer vil mindske forbrugernes lyst til at vælge en hybrid- eller elbil, når elbilens miljøgevinst svækkes af el fra et dansk kulkraftværk. Her vurderer man, at hybrid- og elbiler kun langsomt vil vinde udbredelse.

Det vurderes at 2. generations bioethanol, som er bæredygtigt produceret, kan levere i hvert fald de 10% biobrændstoffer, som den nye lovgivning på området foreskriver. Til løsningen af transportsektorens behov for at mindske afhængigheden af fossile brændsler og reducere CO<sub>2</sub> udslippet i en overgangperiode indtil bl.a. el-biler vinder indpas på markedet kan 2. generations biobrændstof blive ét blandt flere nyttige virkemidler i kampen mod det alvorlige klimaproblem, som den voksende person- og lastbiltrafik i høj grad bidrager til.

Det er aktuelt mere effektivt at brænde biomassen af i kraftvarmeværker. Men biobrændstof teknologierne kan udvikle sig i mere effektiv retning. Desuden resulterer produktionen af biobrændstoffer ofte i en række nyttige biprodukter, der f. eks. kan føres tilbage til landbruget og anvendes som foder, anvendes i industri eller til energiformål. Lignende muligheder for at levere nyttige biprodukter gives ikke ved at forbrænde biomassen. Det er vigtigt, at produktionen af biobrændstof er bæredygtig – løsningen af ét miljøproblem skal ikke føre til et andet og større.

Ved at etablere flere danske demonstrationsforsøg – "eksperimentalteater" – bliver vi aktivt afsøgende i forhold til alternativer til den nuværende energiforbrugende og CO<sub>2</sub> udledende transportsektor. Samtidig kan vi blive klogere på en række teknologiske aspekter i forhold til at håndtere den begrænsede biomasse. I januar 2009 vedtog et bredt flertal i Folketinget en "Grøn transportpolitik" I den sammenhæng udnævnes Danmark til at skulle være "et grønt laboratorium for transport". Og vi har et godt udgangspunkt for denne afprøvning i form af en række stærke danske forsknings- og



virksomheds kompetencer på biomasse- og enzymområdet, som allerede er langt i deres forsøgsarbejde.

### **Opsummerende**

Biobrændstoffer baseret på biomasse er én af de veje vi kan gå i indsatsen for at finde alternativer til benzin og diesel i transporten. Men areal og dermed biomasse er en begrænset ressource, der også tjener andre formål end frembringelsen af energi. Frembringelse af en større mængde af biobrændstoffer og bioenergi vil øge konkurrencen omkring anvendelse af landbrugsjorden og dermed udløse et betydeligt pres på arealanvendelsen.

Det centrale omdrejningspunkt er jordens anvendelse til forskellige formål og udviklingen heri. Bliver jorden en knap ressource? Er der plads til både fødevarer, foder, bioenergi, non-food og rekreative arealer? Og hvis der ændres på fordelingen af jordens anvendelse – hvad får det så af direkte og indirekte konsekvenser for såvel foder- og fødevarerproduktion som for miljø, natur og klima (f. eks. med hensyn til nitratudvaskning, kulstofbalance i jorden m.v.)?

I et længere perspektiv - tidligst i 2020 og i forhold til en mere betydelig udbredelse fra 2030 - forventes elbiler - og måske også brintbiler – at få betydning på bekostning af fossile brændsler. Hvis el- og brintbiler skal blive en bæredygtig transportløsning skal de frigøres fra teknologier, som bygger på fossile energiressourcer. Men i en mellemliggende periode – fra i dag til ca. 2030 - kan der også blive tale om hybridløsninger, hvor biomasse kan spille en rolle i form af ethanol /methanol/ biogas, der fødes ind i forbrændingsmotorer og f.eks. brændselsceller.

Kraftvarme og varmforsyning kan i dag anvende hovedparten af de tilgængelige biomasseressourcer. Men en del af denne biomasse kan flyttes til produktion af blandt andet bioethanol til transport. Hvor megen biomasse det set med bæredygtige briller kan betale sig at udnytte til transportbrændstoffer vil i høj grad afhænge af arealanvendelse, dyrkningsformer og afgrødetyper i kombination med den teknologiske udvikling på biobrændstofområdet.

Mere biomasse til transportformål kan begrundes i forsyningsikkerhed og behovet for at formindske afhængigheden af brændstoffer fra politisk ustabile områder. Men også ud fra natur- og miljømæssige samt systemiske overvejelser om, hvor biomassen er bedst anvendt og eventuelt vil kunne føre værdifulde biprodukter tilbage til land- og skovbrug og til andre værdifulde produkter.

2. generations bioethanol er stadig ikke økonomisk rentabel. Der mangler økonomiske incitamentter til innovation. Der er interessante biprodukter forbundet med bioethanol produktion, men processerne er aktuelt stadig meget umodne og dyre. Vi mangler i Danmark at udvikle bioraffinaderier med fremstilling af flere produkter (multiformål) end blot bioethanol i storskala.



# Indhold

Anbefalinger om 2. generations biobrændstoffer .....	8
Baggrund og proces.....	12
Bioethanolteknologi i Danmark.....	17
Bioenergi – miljø, natur og klima .....	34
Rammebetingelser - lovgivning og mål for biobrændstoffer .....	64
Udviklingsspor og anbefalinger - fra 2 workshops .....	89
Anbefalinger .....	98
Biomasse og biobrændstoffer.....	100
Bioethanol.....	103
Biodiesel - & ren vegetabilsk olie.....	111
Biogas.....	119
Brint .....	126
Biometanol - og metanol-/syntesegasafledte biobrændstoffer.....	133
Bilag .....	139
Litteraturliste og andre informationskilder.....	154



## Anbefalinger om 2. generations biobrændstoffer

*Hvilke præmisser er der aktuelt givet for anvendelse og produktion af 2. generations biobrændstoffer i Danmark?*

Bioenergi har nu i flere år givet anledning til en hed debat, især når det drejer sig om produktion af flydende brændstoffer som 1. generations bioethanol og biodiesel. Der er mange konkurrerende interesser forbundet med de forskellige typer biobrændstoffer – såvel kommercielle som forskningsmæssige. Forskere, virksomheder, miljøorganisationer og politikere er usikre på og/eller uenige om den økonomi, CO2 fortrængning og øvrige miljømæssige konsekvenser, der knytter sig til råvaregrundlaget og produktionen af de forskellige biobrændstoffer. Der føres diskussioner om den energieffektivitet og de natur- og miljømæssige ”målepinde”, der karakteriserer produktion og anvendelse af diverse biobrændstoffer. Der debatteres hvilke effekter biobrændstofferne kan have i forhold til fødevarepriser og energiforsyningsikkerheden i fremtiden – i en dansk såvel som en global sammenhæng. Alt sammen komplekse problemstillinger, som det er vanskeligt at analysere og fremkomme med ”facitlister” på.

En bred samfundsmæssig analyse af det komplekse område for anvendelse og produktion af biobrændstoffer er således en kompliceret opgave. Det kalder på vurderinger af såvel biobrændstoffernes CO2 fortrængning, påvirkning af jordens kulstofbeholdning og biodiversiteten, energiafgrøders forbrug af gødning og pesticider, energiforbruget knyttet til produktion af biobrændstoffer og energieffektiviteten forbundet med det endelige produkt. Og ikke mindst er der behov for samfundsøkonomiske analyser af biobrændstofferne. Nuancerede ”regnskaber”, som gør det muligt at sammenligne de forskellige typer biobrændstoffers bæredygtighed, er væsentlige men kan være vanskelige at opstille.

I maj 2009 blev en dansk lov angående fremtidig brug af biobrændstoffer til landtransport vedtaget. Denne angiver, at biobrændstoffer skal udgøre en voksende andel af flydende transportbrændsler i Danmark frem mod 5,75 % i 2012.

På EU plan er der i 2008 vedtaget et Renewables Directive (VE Direktivet), som led i EU pakken om energi og klima, med en europæisk enighed om, at medlemslandene i 2020 skal have en andel på 10% vedvarende energi i transportsektoren. Dette kan blandt andet omfatte biobrændstoffer, brint og ”grøn elektricitet”.

Diskussionen i EU om biobrændstoffer har i stigende grad været præget af bekymring angående manglende bæredygtighed ved 1. generations biobrændstoffer baseret på afgrøder som majs, sukkerroer, palmeolie og raps. Produktion af biobrændstoffer baseret på disse afgrøder er blandt andet under anklage for at øge presset på fødevareproduktion, medføre stigende fødevarepriser, forårsage fatale skovfældninger (af blandt andet regnskov) og for at mindske biodiversiteten. Derfor fastslår direktivet, at EU skal tage skridt i retning af at promovere udvikling af 2. og 3. generations biobrændstoffer (baseret på dele af biomassen, som ikke konkurrerer med fødevareproduktion) i EU området og globalt, og at landbrugsforskning og vidensproduktion på området skal styrkes.





EU Kommissionens Joint Research Center vurderer, at det er usikkert om 2. generations biobrændstoffer vil være konkurrencedygtige med 1. generation i 2020. Og selv om dette vil være tilfældet vil EU være afhængige af store mængder importeret biomasse til det formål at producere 2. generations biobrændstoffer i de mængder, som EU Direktivet fastslår.

Danmark vil følge de af EU fastlagte retningslinier om bæredygtighedskriterier ved produktion og anvendelse af biobrændstoffer. Ifølge disse skal drivhusgasreduktionen sammenholdt med fossile brændsler være mindst 35% i 2010, mindst 50% i 2017 og mindst 60% i 2018. I den sammenhæng tæller produktion og anvendelse af 2. generations biobrændstoffer dobbelt i opfyldelsen af målene.

Ifølge en beslutning i december 2008 skal EU Kommissionen ved udgangen af 2010 præsentere en analyse af, hvilke indirekte og negative "land-use" forandringer øget anvendelse af biobrændstoffer kan forårsage. EU Kommissionen skal desuden give bud på, hvordan disse negative konsekvenser kan minimeres. Der arbejdes dog også på, at EU kan fremlægge et forslag til bæredygtighedskriterier allerede i marts 2010, så medlemslandene kan anvende disse kriterier, når de skal fremlægge deres nationale vedvarende energiplaner for EU i juni 2010.

EU's aktuelle retningslinier fastslår, at råmaterialet til biobrændstofferne som udgangspunkt ikke må dyrkes på våd- og skovområder eller øvrige områder med en rig biodiversitet.

I 2012 skal EU landene indgive en rapportering om de forskellige vejledende nationale mål, som fastlægges for at imødekomme bæredygtigheds kriterier for biobrændstoffer. I 2014 skal EU Kommissionen evaluere målene for drivhusgasfortrængning ved biobrændstoffer i relation til nye teknologiske muligheder på området.

Med disse fastlagte rammebetingelser bør det derfor nu handle om, hvordan vi i Danmark kan nå de nationale og europæiske mål for øget anvendelse af biobrændstoffer og anden vedvarende energi til transport på en hensigtsmæssig måde.

Der er ikke mange valgmuligheder på hylderne indenfor den forholdsvis korte horisont frem mod 2020. Vi står ikke med en palet af gennemprøvede, lettilgængelige og økonomisk rentable løsninger for at reducere CO2 udledningen på transportområdet.

Besparelser, energieffektiviseringer og udvidet kollektiv transport er stadig grundlæggende vigtige for at formindske mængden af det fremtidige transportarbejde, som bl.a. skal dækkes af flydende brændstoffer.

Danskproduceret biomasse dækkede i 2007 mere end 10% af det samlede danske energiforbrug. Mængden af biomasse, der er tilgængelig for energiformål, kan øges på flere måder. På planteavlsområdet kan det dyrkede areal udvides eller eksisterende arealer omlægges til andre typer af afgrøder, som egner sig til energiformål. Desuden kan man ændre anvendelsen og effektivisere udnyttelsen af den eksisterende biomasse. Energiindholdet i allerede eksisterende biprodukter som husdyrgødning og halm kan udnyttes yderligere. Det er muligt i et vist omfang målrettet at dyrke biomasse til energi



på en del af landbrugsarealet uden at dette vil have alvorlige konsekvenser for hverken foder- og fødevarerproduktion eller natur og miljø. Det er dog et kompliceret område, som det er svært at sætte tal på.

Dyrkning af jorden vil altid påvirke miljøet. Det er væsentligt for et samfund at sikre, at naturen kan tjene mange forskellige formål som jordbrug, naturværdier, miljø og klima.

I den forbindelse er det relevant, at opgøre hvor mange liter netto- biobrændstof, der opnås når man har fratrukket forbruget til produktion af gødning og pesticider, til motordrevne redskaber i marken og til konvertering af biomassen til biobrændstof. Derudover er det også af betydning, i hvilken grad biomasseproduktionen har påvirket omgivelserne med hensyn til biodiversitet og andre natur- og miljøparametre. Dette gælder både påvirkningen af nære såvel som fjerne omgivelser.

Inden for ny energiteknologi ventes fremstilling af flydende biobrændstoffer at være et af de energiteknologiske områder, som indebærer et betydeligt vækstpotentiale for Danmark på kortere og mellemlang sigt. På langt sigt rummer eldrevne biler på grund af deres høje virkningsgrad større potentiale med hensyn til fortrængning af fossile brændsler og reduktion i drivhusgasudledning end flydende biobrændstoffer. Biobrændstoffer vil dog på kortere og mellemlangt sigt kunne bidrage til at mindske transportens afhængighed af olie og fossile brændstoffer samt den heraf resulterende CO<sub>2</sub>-udledning. Biobrændstoffer kan dermed ses som en overgangsteknologi i en periode med mange forbrændingsmotorer i bilparken.

Et bæredygtigt biomassespor i transportsektoren i en overgangsfase frem mod 2020 er et væsentligt element. Biobrændstoffer er ikke den eneste eller den langsigtede løsning på klima- og miljø udfordringerne i transportsektoren – men de kan bidrage i en overgangsperiode frem mod ca. 2020 –2030, hvor de eksisterende bilmotorer forventes udfaset. I denne periode kan der anvendes stigende mængder flydende biobrændstoffer. Bæredygtige 2. generations biobrændstoffer giver et større bidrag til løsning af transportsektorens klima- og miljøudfordringer end 1. generations biobrændstoffer, og Danmark har en række kompetencer på 2. generations området.

*På baggrund af disse præmisser anbefales det at*

- Der tilkendes en klar dansk **politisk retning** i forhold til anvendelse og produktion af biobrændstoffer
- støtte **udviklingen** af en dansk produktion af 2. generations biobrændstoffer som et alternativ til benzin og diesel i en overgangsperiode med mange forbrændingsmotorer i bilparken parallelt med støtte til udviklingen af hybrid- og el-biler og andre mere langsigtede transportløsninger
- støtte **dansk forskning** på biobrændstofområdet med særlig vægt på 2. generationsteknologier og fokus på håndtering af biomasse som begrænset ressource
- støtte **demonstrationsprojekter** og tekniske løsninger til at udnytte hele biomassekæden, synergieffekter og nyttige biprodukter fra fødevarerproduktionen –



biomasse til el, varme, transportbrændstoffer, energilager, foder, kemikalier, gødning m.m.

- styrke de **erhvervsmæssige potentialer** i biobrændstoffer på et dansk og globalt marked
- midler til forskning, udvikling og demonstrationsprojekter for alternative transportdrivmidler skal omfatte flere **parallelle spor** - såvel bioethanol som methanol og biogas
- øget anvendelse af biobrændstoffer til **offentlige transportformål** skal fungere som drivkraft for resten af transportområdet – både i forhold til at opbygge infrastruktur og volumen
- støtte **tværfagligt og tvær-sektorielt samarbejde** på biomasseområdet – energiproduktion, landbrug, natur- og miljøregulering, uddannelse og beskæftigelse
- fokusere på hvordan øget anvendelse og produktion af biobrændstoffer passer ind i et samlet fremtidigt dansk **energisystem** med indfasning af stadig mere vedvarende energi
- sikre overholdelse af **EU's bæredygtighedskriterier** og kommende certificeringsregler – og fra dansk politisk hold arbejde for evaluering af bæredygtighedskriterierne og muligheden for på sigt at få skærpede krav på området
- tage udgangspunkt i, at biobrændstofområdet er **komplekst** og at ny viden genereres løbende. Denne viden bør inddrages i vurderingerne og en eventuel korrektion af de danske politiske målsætninger på området
- **ny viden** om eventuelle negative effekter af en øget brug af biobrændstoffer kommer til samfundsmæssig debat og lægges til grund for produktion og anvendelse
- have politisk fokus på konsekvenserne ved afgifter på biobrændstoffer for forholdet mellem dansk producerede og importerede biobrændstoffer
- have politisk fokus på den fremtidige danske afgiftsstruktur på transportområdet

Disse anbefalinger er et oplæg til en videre offentlig og politisk debat om udfordringer og muligheder for alternative løsninger på transportområdet i fremtiden med fokus på, hvilken rolle biobrændstoffer og 2. generations bioethanol kan spille.



## Baggrund og proces

### Baggrund

Teknologirådet fik i 2008 en henvendelse fra Erhvervs- og Byggestyrelsen, FORA om en opgave i forbindelse med et af de miljøteknologiske områder for privat-offentligt samarbejde, som blev udpeget i regeringens handlingsplan for miljøeffektiv teknologi i 2006. Området er udvikling af teknologier til 2. generations biobrændstoffer med særligt fokus på bioethanol.

Regeringens handlingsplan opfordrede til etablering af partnerskaber mellem virksomheder, vidensinstitutioner og statslige aktører på 5 udvalgte områder. Alle 5 områder vurderes at have udgangspunkt i eksisterende danske styrkepositioner, rumme miljømæssige udfordringer og have et internationalt forretningspotentiale.

I december 2006 etablerede en række private og offentlige aktører et Partnerskab for Biobrændstoffer. Se [www.biobrændstoffer.com](http://www.biobrændstoffer.com) Partnerskabet arbejder for at udvikle rammebetingelserne for dansk teknologi til fremstilling af 2. generations biobrændstoffer. Partnerskabet har valgt at fokusere på perspektiverne i en dansk satsning på 2. generations bioethanol. Der er søgt og bevilliget midler fra det Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram (EUDP).

Partnerskabet har på den baggrund indgået et samarbejde med Teknologirådet om udarbejdelse af en hvidbog om emnet. Den indholdsmæssige baggrund for projektet er et behov for afklaring af mulighederne for mere bæredygtige løsninger på transportområdet i en overgangsperiode med mange forbrændingsmotorer i bilparken. Transportsektorens energiforbrug er stigende, bidraget til CO<sub>2</sub>-udledningen er stort, og der knytter sig en række skadelige partikeludledninger til de aktuelle transportdrivmidler baseret på fossile brændsler. Der er et voksende pres på nye løsninger og alternative drivmidler, som kan tages i brug så hurtigt som muligt i såvel en dansk som en international sammenhæng.

En vurdering af det danske udviklingspotentiale for bioethanol skal ses i lyset af, at der også findes andre alternativer for benzin og diesel. Det tages for givet, at i et længere perspektiv vil især el- og måske også brintbiler komme til at fylde meget på bekostning af fossile brændsler og forbrændingsmotorer. På kort sigt kan udviklingen tænkes at rumme hybridløsninger, hvor biomasse kan spille en rolle i form af ethanol/methanol/biogas/biodiesel, der fødes ind i forbrændingsmotorer og for eksempel brændselsceller.

Biomasse er en begrænset ressource. Der vil derfor være konkurrence om biomassen fra flere sider. Både kraftvarme og varmforsyning (central og decentral) kan i dag anvende hovedparten af de tilgængelige biomasse ressourcer.

2. generations bioethanolteknologi og andre biomasse-teknologier må vurderes i forhold til blandt andet energiforsyningssikkerhed og de forskellige teknologiers fleksibilitet



med hensyn til udgangsmaterialer og anvendelsesmuligheder. Samtidig bør teknologierne vurderes i forhold til deres miljøbelastning målt på blandt andet energieffektivitet, muligheder for reduktion af drivhusgas emissioner og fortrængning af fossile brændsler. Rammebetingelser i form af dansk og EU lovgivning bør undersøges for en udvikling i retning af hensigtsmæssig udnyttelse af dansk biomasse til transport.

### **Om Partnerskabet for Biobrændstoffer**

*Partnerskabet er oprettet i 2006 som et samarbejde mellem en række virksomheder, myndigheder og vidensinstitutioner med henblik på at udvikle teknologi og demonstrationsaktiviteter inden for 2. generations bioethanol, ligesom partnerskabet har fokus på rammebetingelsernes betydning for potentialet i en dansk satsning på 2. generations bioethanol.*

## **Procesforløb**

Teknologirådet har på opfordring fra Partnerskab for Biobrændstoffer varetaget en opgave med udarbejdelse af en Hvidbog om perspektiverne for biomasse til transport med fokus på 2. generations bæredygtig bioethanol i Danmark. Opgaven er løst i et samarbejde mellem Teknologirådet, Partnerskabet for Biobrændstoffer og Partnerskabets sekretariat i Erhvervs- og Byggestyrelsen, FORA. Teknologirådet har været ansvarlig for planlægning og udførelse af opgaven herunder indsamling af datagrundlag og afholdelse af 2 workshops. Hvidbogen er således initieret af Partnerskabet for Biobrændstoffer men indholdet tegnes af Teknologirådet som uafhængig statslig institution.

I forbindelse med projektet har Teknologirådet afholdt 2 workshops i henholdsvis Erhvervs- og Byggestyrelsen og i Energistyrelsen. Her har 50 danske eksperter og interessenter på området været samlet og har diskuteret viden om biomasse til energi- og transportformål og 2. generations bæredygtig bioethanol. Deltagerne repræsenterede et bredt udsnit af vidensinstitutioner, virksomheder, interesseorganisationer og foreninger og har på de to workshops arbejdet med:

- vidensgrundlag om biomasseressourcer og –teknologier
- miljø- og bæredygtigheds aspekter
- lovgivningsmæssige rammer
- bud på udviklingsspor og anbefalinger til en fremtidig brug af biomasse til transport

Resultaterne fra de to workshops har givet et væsentligt bidrag til Hvidbogen, som beskriver viden, udfordringer, udviklingsperspektiver og bud på anbefalinger til en fremtidig dansk satsning på bæredygtige biobrændstoffer herunder 2. generations bioethanol. Teknologirådet har i forbindelse med afholdelse af de to workshops etableret en "elektronisk pulje" hvor deltagere har indsendt artikler, rapporter og oplæg som bidrag til arbejdet med Hvidbogen. Disse materialer om anden information om de to workshops kan ses på Teknologirådets hjemmeside [www.tekno.dk](http://www.tekno.dk) under Projekter og derefter under Hvidbog om biobrændstoffer.



Teknologirådet har løbende involveret en række fagpersoner i arbejdet med Hvidbogen, hvoraf flere også har deltaget i de to workshops. Tak for væsentlige bidrag med viden og vurderinger fra alle involverede parter herunder de engagerede deltagere på de to workshops.

En særlig tak til følgende personer, hvis tid vi i særlig grad har lagt beslag på, og som vi har høstet nyttig viden fra:

Thomas Alstrup, Erhvervs- og Byggestyrelsen, FORA  
Knud Larsen, formand for Partnerskabet for Biobrændstoffer  
Jan Bünger, Energistyrelsen  
Kaj Jørgensen, Risø DTU  
Benny Christensen  
Michael Mücke, Energi- og olieforum  
Peder Jensen, Det Europæiske Miljøagentur  
Bruno Sander Nielsen, Landbrug & Fødevarer  
Frank Krogh Iversen, INBICON  
Niels Langvad, BioGasol  
Rune Skovgaard-Petersen, BioGasol

Og tak til oplægsholderne på de 2 workshops:

Henrik Wenzel, Syddansk Universitet  
Henrik Flyver Christiansen, Energistyrelsen  
Steffen Blume, Eoadvice  
Claus Felby, KU LIFE

Endelige skal medlemmerne af Partnerskabet for Biobrændstoffer takkes for nyttige kommentarer til arbejdet med Hvidbogen!

Liste over samtlige deltagere samt program for de to workshops kan findes under Bilag.

Projektet har fokuseret på:

- Datagrundlag – hvad ved vi aktuelt om biobrændstoffer herunder potentialet for bioethanolteknologi i Danmark?
- Miljø-, natur- og klima aspekter ved udnyttelse af biomasse til energi- og transportformål
- Rammebetingelser for biomasse til transportområdet
- anbefalinger til politiske og forskningsmæssige strategier på området.

**Datagrundlag** for biobrændstoffer og 2. generations bioethanol er blevet indsamlet og vurderet og forsøgt præsenteret i en overskuelig og formidlingsvenlig form. En lang række danske og internationale kilder er anvendt, men er af formidlingsmæssige grunde ikkerefereret i detaljer i de generelt beskrivende afsnit i Hvidbogen.

Se litteraturliste over grundlaget for Hvidbogens præsentationer side 154.



Afsnittet om "Bioenergi - miljø, natur og klima" indeholder dog referencer til en række konkrete kilder grundet de mange forskellige tilgange og vurderinger, der aktuelt præger dette emneområde.

### **Teknologiske perspektiver**

Forskellige bioethanolteknologier samt andre teknologier for anvendelse af biomasse til transport er blevet belyst. Materialet er baseret på de informationer, som det har været muligt at indhente fra danske virksomheder og forskningsinstitutioner på området.

### **Miljø- og bæredygtighedsaspekter**

En række biobrændstoffers miljøbelastning i forhold til den samlede fremstillings- og anvendelsesproces; deres potentialer for fortrængning af fossile brændsler samt arealanvendelse og påvirkning af følsomme naturområder er blevet belyst. EU's bæredygtighedskriterier er beskrevet.

### **Lovgivningsmæssige og administrative rammer**

Præmisser i form af dansk og EU lovgivning og mål for vedvarende energi i transportsektoren er beskrevet

En særskilt analyse angående de samfundsøkonomiske aspekter ved produktion af bioethanol er udført for af Ea Energianalyse for Partnerskabet for Biobrændstoffer.

### **Produktet**

Hvidbogen er et formidlingsprodukt, som i kondenseret form belyser perspektiverne for bæredygtig udvikling og produktion af biomasse til transport herunder 2. generations bioethanol i Danmark. Hvidbogen skal bidrage til en videre offentlig og politisk debat og afklaring i det politiske system angående lovgivning, forskning, udvikling og erhvervsudnyttelse af biomasse til transport i Danmark.

### **Workshops**

Projektets 2 workshops har dannet ramme om en debat på baggrund af de mange involverede interessenters forskellige viden, arbejdsfelter, interesser og vurderinger af perspektiverne for anvendelse af biomasse til transportbrændstoffer i Danmark.

Se afsnittet om workshoppens anbefalinger 98.

Udover at bidrage med nyttig viden til Hvidbogens datagrundlag har de 2 workshops genereret diskussioner om spørgsmål som : "Skal vi i Danmark fokusere på at arbejde med det, vi allerede er gode til – effektiv afbrænding af biomasse i kraftvarmeanlæg" eller " satse mere på at udvikle nye teknologier og udnytte nye erhvervs muligheder".

Debatten har således bølget fra fokus på maximering af energieffektivitet - biomasse til kraftvarme - over mod satsning på flersidet anvendelse af biomasse – til såvel biobrændstoffer, gødning, foder og fødevarer. Diskussionerne har afspejlet de forskellige vurderinger af teknologiske udviklingsspor for en bæredygtig fremtid for transporten.



På tværs af forskellige holdninger til udviklingsretningen var der enighed om at det er:

- forkert udelukkende at satse på forskning og udvikling af én teknologi til fremtidig transportbrændstof - det er fint med "eksperimenter" - "eksperimenter"
- der skal forskes og udvikles i mulige synergieffekter i produktion og anvendelse af biomasse og i muligt genbrug af eksisterende systemer og infrastruktur
- være åben overfor mulige positive effekter ved energiafgrøder, som kan have et potentiale i form af jordforbedring, værdifulde biprodukter til foder og gødning - elementer som måske kan frigøre landbrugsarealer
- tiden "efter de fossile brændstoffer" lægger op til en ny samordning af landbrug, energiproduktion, natur- og miljøtiltag, uddannelse og beskæftigelse med basis for tværfaglige decentrale partnerskaber
- der er behov for klare danske politiske signaler

**Se flere resultater fra de 2 workshops side 89.**





## Bioethanolteknologi i Danmark

**1. generations teknologi** har været kendt og anvendt siden mellemkrigstiden i 1930'erne og produceres i dag på kommerciel vis i stor skala i flere dele af verden, herunder Brasilien og USA. **2. generations teknologi** er derimod fortsat under udvikling.

Den grundlæggende **procesteknologi** for 2. generations bioethanol er udviklet og afprøvet i laboratorieskala. I lande som Danmark, Sverige, Canada findes mindre pilot- og demonstrationsanlæg i forsøgsmæssig drift. Fuld-skala forsøgs- og demonstrationsanlæg er desuden på vej både i Danmark og store lande som USA og Kina. Men 2. generations teknologi er endnu ikke demonstreret i fuld-skala kommercielle anlæg noget sted i verden.

Dette skyldes især **råvarens beskaffenhed**. Hvor 1. generations teknologi udnytter let omsættelige sukkerstoffer og stivelse fra afgrøder som sukkerroer, majs og korn, udnytter 2. generations teknologi planters mere svært omsættelige og fiberholdige dele i form af eksempelvis skaller, stængler, blade og strå.

Da disse ofte (om end ikke udelukkende) udgøres af restbiomasse fra landbrugets primærproduktion samt husholdnings- og haveaffald er **råvarepotentialet** for 2. generations teknologi langt større og typisk også billigere. Anvendelse af restbiomasse vil desuden ikke være i konflikt med foder- og fødevarerproduktionen. Samtidig er det potentielt mere bæredygtigt end f. eks. inddragelse af marginaljorder og sårbare naturområder til dyrkning af energiafgrøder.

Imidlertid er fiberholdig biomasse vanskelig at nedbryde til ethanol, hvorfor forbehandling er nødvendig. 2. generations teknologi indebærer derfor flere energikrævende **procestrin** og tilførsel af f. eks. fordyrende enzymer. Dermed øges **omkostninger** til energi, anlæg og drift. Udfordringen for 2. generations teknologi er således at udvikle teknologien, optimere processerne og energieffektiviteten samt at udnytte potentielle synergieffekter i form af biprodukter og integration med anden procesindustri, herunder udnyttelse af eventuelt energioverskud fra kraftvarmeværker.

### Mere om processen

Bioethanol kan fremstilles ud fra vegetabiliske råvarer af forskellig beskaffenhed. Ved såvel 1. som 2. generations teknologi omdannes kulhydrater i plantemateriale via forskellige processer til ethanol. **1. generations teknologi** anvender som nævnt afgrøder som sukkerrør, majs og hvede, der indeholder let tilgængelige kulhydrater i form af sukkerstoffer og stivelse. Disse kan relativt let udtrækkes og omdannes til ethanol ved mikrobiel gæring. Substratet for **2. generations teknologi** er derimod mere fiberholdigt vegetabilisk materiale som halm, stængler, flis eller forskellige græsser. Her er kulhydraterne bundet i en kompakt kemisk struktur (lignocellulose) og dermed mere svært tilgængelige. Det forventes også, at husholdningsaffald i fremtiden vil kunne anvendes som substrat.



**Kulhydrater** (sukkarider) kan opdeles efter deres molekylære kompleksitet. Monosakkarider består af én molekylær enhed, disakkarider af to, oligosakkarider af tre til ni og polysakkarider af flere end ni enheder. Monosakkarider er desuden sødt-smagende simple, krystalliske sukkerarter som glukose og fruktose. Disakkarider som laktose og sukrose er ligeledes simple og sødt-smagende sukre. Polysakkarider er derimod meget store molekyler som f. eks. stivelse eller cellulose, der består af mange monosakkarider og ikke smager sødt.

**Lignocellulose** er en fællesbetegnelse for de vigtigste bestanddele i plantefibre: cellulose, hemicellulose og lignin. Cellulose og hemicellulose kaldes også tilsammen **holocellulose**. Lignocellulose udgør omkring 75-85 % af alle grønne planter. Halmstrå består eksempelvis af ca. 35-40 % cellulose, 20-30 % hemicellulose og 20-25 % lignin.

**Cellulose** er et relativt komplekst kulhydrat (polysakkarid), der består af et meget stort antal små glukose-enheder. Glukose er et vigtigt monosakkarid, der fungerer som brændstof i næsten alle levende organismer. Et glukose-molekyle består af grundstofferne carbon, hydrogen og oxygen, og har den kemiske formel  $C_6H_{12}O_6$ . I modsætning til stivelse, der også er en polysakkarid bestående af mange små glukose-enheder, er cellulose svært at nedbryde til glukose. Cellulose er et af de mest almindelige organiske stoffer.

**Hemicellulose** er et heterogent polysakkarid bestående af en blanding af forskellige polysakkarider, der er væsentlig kortere end i cellulose. Hemicellulose består desuden af en række monosakkarider i form af såvel pentoser (xylose, arabinose) som hexoser (glukose, galactose og mannose). Det vigtigste monosakkarid i hemicellulose er xylose. Xylose er en pentose, idet det indeholder 5 carbonatomer. Desuden indgår typisk en væsentlig del arabinose, som også er en pentose.

**Lignin** består i modsætning til cellulose og hemicellulose ikke af kulhydrater, men er polymerer af forskellige aromatiske forbindelser. Lignin er et meget komplekst og uregelmæssigt opbygget (amorft) makro-molekyle, der er uopløseligt i vand. Den komplekse rumlige sammensætning betyder, at lignin kun meget vanskeligt kan hydrolyseres og dermed nedbrydes. I plantecellevæggen fungerer lignin som strukturel støtte og giver beskyttelse mod oxidation samt angreb fra svampe, bakterier og vira. Lignin er efter cellulose det mest almindeligt forekommende organiske stof.

I planters cellevæge danner disse tre makromolekyler en tæt kemisk struktur af svært nedbrydelig lignin pakket omkring holocellulose. Denne strukturelle opbygning gør væggen stiv og modstandsdygtig over for mikrobielle og kemiske angreb. Det vanskeliggør nedbrydningen og er dermed årsagen til, at kulhydrater bundet i plantefibre, er svært tilgængelige. Det er monosakkariderne som fås ved opbrydning af cellulose og hemicellulose, der kan omdannes til ethanol. Da lignocellulose som nævnt er svært at nedbryde, er dette dog ikke ligetil. Desuden findes ikke en enkelt mikroorganisme, der effektivt kan omsætte alle monosakkarider.

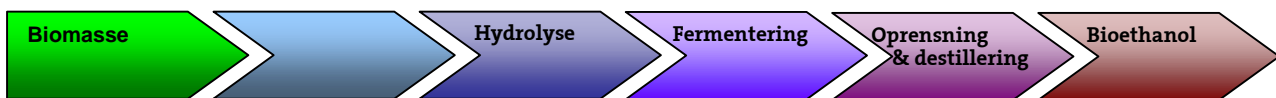
**Forbehandling: nedbrydning af lignocellulose**



Til fremstilling af 2. generations bioethanolteknologi anvendes som nævnt vegetabiliske råvarer, der er rige på svært nedbrydeligt lignocellulose. For at få frigivet de værdifulde monosakkarider i cellulosen og hemicellulosen, må lignocellulosens stærke kemiske struktur dog først brydes. En væsentlig del af enhver 2. generations bioethanolteknologi er derfor nedbrydningen af biomaterialets lignocellulose til fermenterbare sukre. Dette trin er samtidig det mest komplicerede i den samlede fremstillingsproces.

En række mekaniske, termiske, kemiske, biologiske (og forskellige kombinationer heraf) **forbehandlingsmetoder** er forsøgt anvendt hertil. Såvel mekanisk findeling som brug af syrer, baser, oxygen, mikroorganismer, højt tryk og høje temperaturer er således blevet undersøgt og der forskes fortsat intenst på området. Fælles for alle forbehandlingsmetoder er, at de kræver input i form af energi til at bryde lignocellulosens stærke kemiske bindinger. Dette energiinput til konvertering bør dog af hensyn til det samlede energiregnskab så vidt muligt minimeres.

Den mest udbredte forbehandlingsmetode består i en form for **hydrolyse** efterfulgt af **fermentering**:



Til **enzymatisk hydrolyse** anvendes enzymer af typen cellulase til at omdanne cellulose til glukose. Et problem forbundet hermed er cellulases forholdsvis lave produktivitet, trods at denne er forbedret væsentligt over de seneste år. Et andet problem, der er generelt for enzymer, er den relativt høje pris, selvom der også på dette område er sket en række gennembrud i løbet af de seneste år. Inden for de seneste 3 år er enzymprisen således blevet halveret og frem mod 2015 forventes den at kunne reduceres yderligere 40% til ca. 2 kr. pr. liter. Et muligt alternativ til hydrolyse ved hjælp af enzymer er **syrehydrolyse**. Dette er dog også relativt omkostningsfuldt og har desuden en negativ effekt på sukkerudbyttet, ligesom det umuliggør brug af restprodukter til f. eks. foder.

Som alternativ til hydrolyse kan **gasificering** anvendes som forbehandling af den lignocellulose-holdige biomasse. Gasificering unødvendiggør behovet for hydrolyse til at opbryde biomassens cellulose og hemicellulose. Ved gasificering omdannes biomasse til syntetisk gas (syngas). Forskellige gasificeringsteknologier og kombinationer heraf kan anvendes hertil. Den fremstillede syngas kan derpå omdannes til ethanol ved **mikrobiel fermentering** eller **kemisk katalyse**. Såvel gasificering som kombinationen med især katalyse er dog endnu under udvikling.

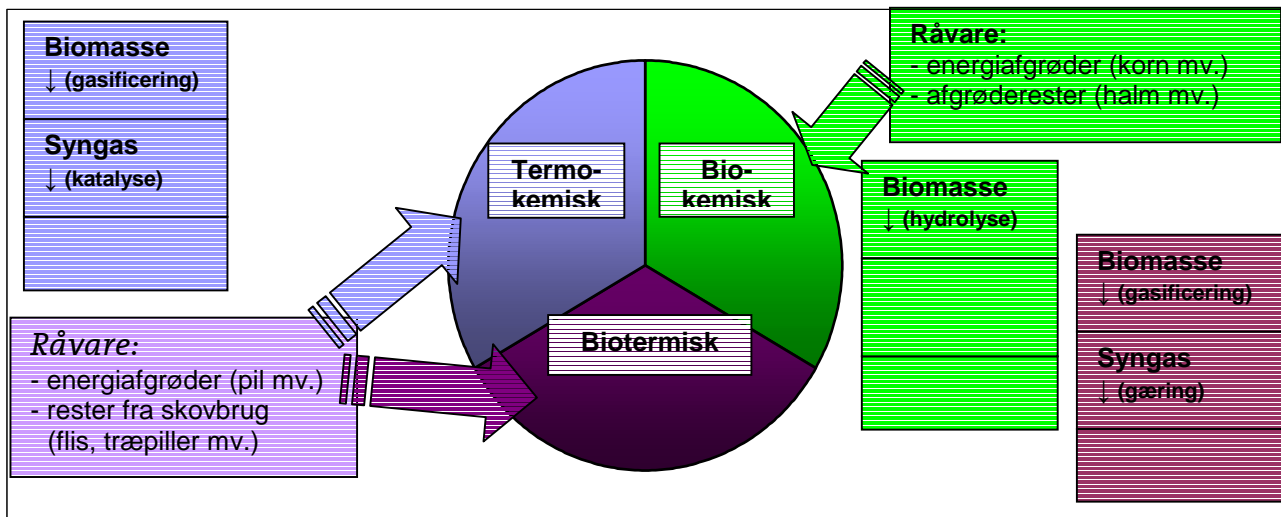
En udfordring for 2. generations processens **fermenteringstrin**, hvor biomassens sukre omdannes til ethanol, har været at finde en organisme, der kan omdanne hemicellulosens pentoser. Pentoserne udgør mellem 10% og 60% af biomasse sukrene, afhængigt af biomassen, og effektiv udnyttelse af disse sukre er derfor essentiel. Konventionelle fermenteringsorganismer som f.eks. bagegær kan kun omdanne glukosen, og nye udviklinger er derfor nødvendige på dette område.

Der er over de sidste årtier gjort en stor indsats for at **genetisk modificere gær** til at kunne omdanne pentosesukre. Blandt fordelene ved gær er, at den er meget tolerant



over for høje koncentrationer af sukker og ethanol. Typisk har disse modificerede gærstammer dog den ulempe, at de ikke omdanner sukrene samtidigt og at fermenteringstiden derfor bliver uforholdsmæssigt lang. Desuden er omsætningen af pentose suktermolekylet arabinose meget langsom, og det vil derfor ikke være økonomisk favorabelt at bruge gær til biomasser, der indeholder større mængder af denne sukkerart.

Danske BioGasol og to store internationale virksomheder indenfor anden generations bioethanol, Masoma (USA) og TMO (England), har i stedet valgt at bruge **termofile bakterier** til fermentering af C5 sukre (5 kulstofatomer - pentoser). De største udfordringer ved brugen af denne type organisme er tolerance overfor procesinhibitorer, der ellers kan hæmme fermenteringsprocessen, og lav ethanol produktivitet. Ved genetisk modificering og stammeudvælgelse har Biogasol dog frembragt en organisme, der formår at omdanne alle pentoser og hexoser (glukose).

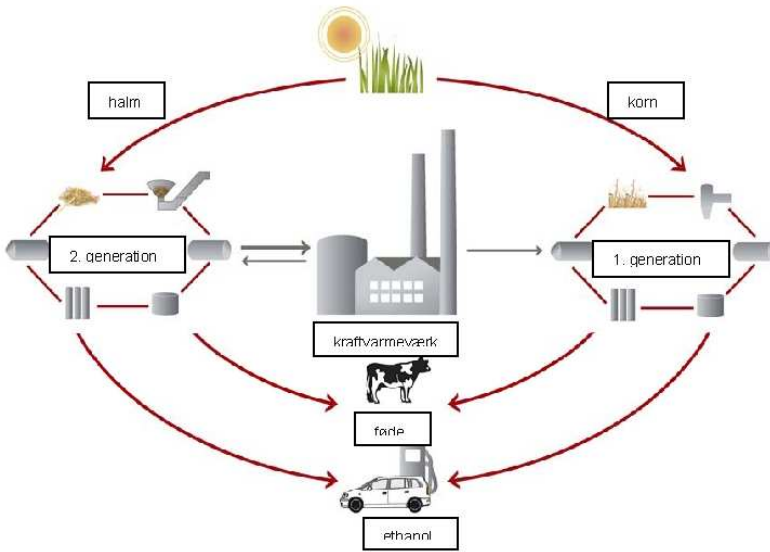


### Enzymatisk hydrolyse og fermentering

To danske eksempler på en 2. generations teknologi, der anvender enzymatisk hydrolyse efterfulgt af fermentering som ved traditionel 1. generations teknologi, er Inbicons (DONG Energy) IBUS-koncept og BioGasols Maxifuel proces.

#### IBUS konceptet (Inbicon)

**IBUS** står for Integrated Biomass Utility System, hvilket understreger, at der er tale om et integreret procesanlæg. IBUS er et datterselskab under DONG Energy. I IBUS anvendes den sideløbende fremstilling af bioethanol ved 1. og 2. generations teknologi i integration med kraftvarmeproduktion på et kraftvarmeværk. Herved udnyttes **synergieffekter** ved samproduktion af ethanol, el, varme og foder, hvorved hele processen og den samlede udnyttelsesgrad samt energieffektivitet optimeres.



### IBUS-processen

IBUS-processen er desuden åben for kombination af **forskellige råvarer**. Det gør produktionen mere fleksibel over for variationer i tilgængelighed, der f. eks. skyldes dyrkningsårer, prisudsving mv. En række forskellige vegetabiliske materialer så som korn, halm og organisk affald kan således anvendes som råvarer.

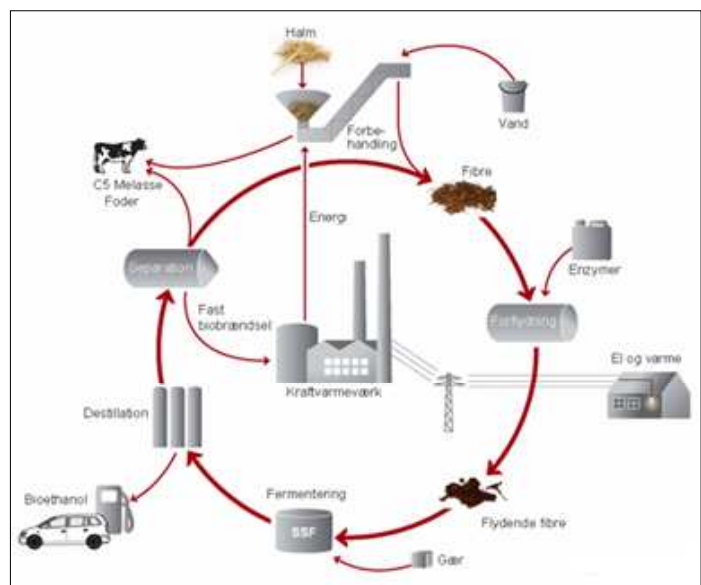
Processen resulterer i **tre primære produkter** i form af

bioethanol, melasse til dyrefoder samt en fiberrest, der kan anvendes som fast biorændsel ved indfyring i et kraftvarme værk. Omkring 1/3 af halmens brændværdi vil kunne anvendes til kraftvarmeproduktion (INBICON).

Eftersom processen resulterer i flere anvendelige produkter, fungerer IBUS-anlægget dermed som et  **bioraffinaderi**, hvor biomasse via kemiske, termiske, biologiske med videre processer raffineres. Hele processen sker i én koblet proces - fra tilførsel af biomasse, diverse procestrin til bearbejdning og omdannelse heraf og til den endelige oprensning og klargøring af slutprodukterne.

Ved anvendelse af **halm** som råmateriale, vil halmen gennemgå en **forbehandling** i flere trin. Først en **mekanisk**, hvor halmen skæres til stykker med en længde på 1-5 cm. Derpå et **hydrotermisk** procestrin, hvor halmstykkerne kontinuerligt blandes med vand og koges under højt tryk (190-200 °C, 13-18 bar) i omkring 10-15 minutter. Dette sker ved at halmsuppen indføres i en skråstillet koger med en roterende snegl, hvorved den presses opad og møder vand i modstrøm. Da en del af IBUS-konceptet er samproduktion med et kraftvarmeværk, vil det nødvendige energiinput til kogning, tryksætning og hydraulik tilføres fra det kraftvarmeværk, ved hvilket IBUS-anlægget er opstillet.

Forbehandlingen slider udgangsmaterialet itu og tilfører tilstrækkelig energi til at bryde lignocellulosens stærke kemiske bindinger. Resultatet heraf er en fibersuppe med forøget porøsitet og dermed større overfladeareal samt en væske, der vil løbe fra bunden af koger. I fibersuppen er den indeholdte



Skematisk billede af den samlede integrerede proces fra halm til bioethanol i IBUS andengenerations bioethanol anlæg. (DONG Energy 2006).



lignin i halmen stort set intakt, hvorimod hemicellulose og cellulose vil være væsentligt nedbrudt. Væsken, der er løbet ud fra kogerens bund kan inddampes til melasse, der er velegnet som foderprodukt.

I kraft af forbehandlingen er fibre i halmsuppen blevet porøse, hvormed vand og enzymer får fysisk adgang til de indeholdte poly- og oligosakkarider (det vil sige molekyler der består af mange eller få monosakkarider). Fra kogerens overføres suppen til en såkaldt forflydningstank, hvorefter der tilsættes enzymer. Ved **forflydning (hydrolyse)** vil fiberklumperne langsomt nedbrydes, hvorved suppen bliver mere homogen og flydende uden klumper. På denne måde kan den enzymatiske hydrolyse ses som et finere forbehandlingstrin, der frigør de i halmen indeholdte sukre i vandig opløsning.

De enzymer, som anvendes i forflydningstanken, er vidt forskellige med hensyn til deres virkemåder og substrater og er resultatet af intensiv forskning på området. De to danske bioetek-virksomheder Novozymes og Danisco (Genencor) er verdensførende inden for forskning i enzymteknologi og arbejder til stadighed på at forbedre enzymernes aktivitet, effektivitet og holdbarhed. Overordnet set virker enzymerne ved at nedbryde cellulose og hemicellulose til monosakkarider primært i form af glukose og xylose. Den enzymatiske nedbrydning foregår synergisk koordineret, hvilket vil sige at enzymerne "samarbejder" om nedbrydningen.

Når sukrene i halmen via hydrolyse er blevet frigivet til vandig opløsning, er forbehandlingen færdig. Det næste trin i processen er derfor egentlig fremstilling af ethanol ved mikrobiel nedbrydning. Dette foregår ved fermentering (gæring).

**Fermentering** er en kemisk proces, hvorigennem organisk materiale nedbrydes af mikroorganismer og deres enzymer til enten andet organisk eller uorganisk materiale eller en blanding. Ved fremstilling af bioethanol foregår den mikrobielle omdannelse af sukkerstoffer i en gæringsproces, der ligesom ved ølbrygning resulterer i bl.a. organisk ethanol og uorganisk kuldioxid. Da ethanol er en alkohol, kaldes processen også alkoholgæring.

Typisk anvendes **almindeligt bagegær** (*Saccharomyces cerevisiae*) til fremstilling af ethanol. Men da denne ikke kan nedbryde pentoser er også forskellige **termofile bakterier** blevet undersøgt. Almindeligt bagegær kan ikke leve af pentoser, da den i sit genom mangler de gener, som koder for de proteiner, der er nødvendige herfor. Det er dog lykkedes forskere fra Institut for Systembiologi ved DTU at isolere nogle interessante termofile bakterier fra Islands varme kilder. Disse bakterier lever ved høj temperatur og har gener for enzymet xylanase, der er særligt effektivt til at nedbryde hemicellulose (xylan), hvis vigtigste monosakkarid som nævnt er pentosen xylose.

En samlebetegnelse for indsættelse eller fjernelse af gener med det formål at ændre en celledens egenskaber kaldes **metabolsk modificering** (metabolic engineering). Begrebet dækker over en række analytiske og praktiske metoder inden for anvendt molekylærbiologi, hvormed man modificerer en given mikrobiel celledens reaktionsveje. I industriel bioteknologi anvendes metabolsk modificering til at udvikle såkaldte grønne cellefabrikker.



**Grønne cellefabrikker** er mikroorganismer, der er blevet genmodificerede (metabolsk modificering), så de får nogle bestemte ønskværdige egenskaber. Ved tilførsel af et substrat vil disse dermed på miljøvenlig vis producere det ønskede produkt(er). Ved at indspilse gener for enzymet xylanase i almindeligt bagegærs genom forsøger forskerne således at frembringe en gær, der kan omdanne xylose. De foreløbige resultater er lovende, men yderligere forskning er påkrævet førend det kan bruges i industriel skala.

Efter fermentering kan suppen **filtreres og destilleres** til ren **bioethanol**. Tilbage er en tykflydende rest, som indeholder omkring 60 % lignin samt rester af hemicellulose. Denne rest separeres i en fast og en flydende fraktion. Den faste fraktion, der er rig på lignin, er desuden reduceret for sit indhold af salte, herunder især kaliumklorid (KCl), der kan korrodere kedlerne. Saltreduktionen forekommer som en del af forbehandlingen, idet iblødsætning og kogning af halmen bevirker at udvaskning af salte. Efter tørring kan den faste fraktion anvendes til kraftvarmeproduktion og kan dermed bidrage til at øge det samlede energiudbytte. Da den har en høj brændværdi (højere end f. eks. halm), er den også af høj kvalitet som biobrændsel. Den våde fraktion inddampes delvist til melasse. En del af denne melasse recirkuleres ind i processen, idet den indeholder aktive enzymer, mens den udtagne melasse kan bruges i dyrefoder.

### Maxifuel (BioGasol)

**Maxifuel** er et projekt, som har kørt på **Danmarks Tekniske Universitet**, og som er blevet videreudviklet af spin-out virksomheden **BioGasol**. Maxifuel navnet indikerer at der er tale om en proces, hvor mest muligt materiale anvendes til biobrændstoffer. Modsat IBUS processen er Maxifuel ikke tænkt integreret med en overskudsvarmekilde til at drive de energikrævende processer, men vil godt kunne tilpasses en sådan, hvis de rette omstændigheder er til stede.



*Konceptuel fremstilling af et anlæg baseret på BioGasols Maxifuel proces*



Ligesom IBUS-processen er Maxifuel **råvarefleksibel**, både i forhold til den enkelte type biomasse og i kombination af flere, hvilket gør det muligt at indplacere processen i forskellige lokalgeografisk bestemte scenarier. Maxifuel processen resulterer i tre primære produkter i form af ethanol, biogas og en fast fiberrest. Modsat IBUS processen dannes der ikke melasse til dyrefoder. I stedet fremstilles mere ethanol af den samme råvare, på grund af at Maxifuel processen kan omdanne de såkaldte C5 sukre (fra hemicellulosen) til ethanol. Den videreudvikling af Maxifuelprocessen der har fundet sted, betyder at man kan producere mere end 300 liter ethanol fra et ton biomasse (regnet på 100% tørstof basis). Det svarer til 30-40% højere ethanoludbytte fra halm end ved en proces, som ikke kan omsætte C5 sukrene. Foruden ethanol og en fast fiberrest, der er velegnet til biobrændsel, fremstilles der også biogas i forbindelse med rensning af fermenteringsresten.

Foruden de tre primære energiprodukter fremkommer der en række **biprodukter** fra Maxifuel processen, herunder brint (svarende til ca. 1% af den samlede energimængde) og diverse salte, som kan finde anvendelse som f.eks. gødningsprodukter. Ved at justere på forskellige procesparametre kan man fremme produktionen af disse biprodukter. Desuden kan man lave andre biokemikalier end ethanol fra de frigivne C6 eller C5 sukre. Det betyder, at man f.eks. kan fremstille plasttyper og kemikalier og således substituere en del af produkterne fra den oliebaseerede kemiske industri.

Som alle andre biokemiske processer til 2. generations bioethanol fremstilling, starter Maxifuel processen med en **forbehandling** i flere trin. Først **håndteres** råvarerne og biomassen neddeles mekanisk. Herefter åbnes biomassen gennem en **termisk** proces vha. tryk og temperatur, således at sukrene frigøres. Ved den patenterede BioGasol proces tilsættes desuden oxygen, således at en kontrolleret **forbrænding** finder sted. Hele processen forløber over 10-15 minutter, hvor procesparametrene afhænger af typen af den biomasse der tilføres. Processen forløber kontinuerlig og er fleksibel i forhold til biomassesammensætning. Resultatet af forbehandlingen er et tyktflydende materiale med en høj hydrolyserbarhed, hvilket medfører en række fordele i forhold til den resterende ethanol fremstillingsproces. Forbehandlingsprocessen optimeres, foruden til et lavt energiforbrug og frigørelse af sukker, med henblik på at sikre optimal adgang til enzymer, som skal anvendes for at hydrolysere de lange kæder af C6 sukre, cellulosen. Der optimeres også med henblik på at sikre minimal dannelse af uønskede affaldsstoffer og inhibitorer (så som furfural, HMF, acetat mv.), som kan reducere både C5 og C6 fermenteringernes effektivitet.

**Efter forbehandlingen** separeres i to strømme; en **fiberholdig cellulosestrøm**, som primært indeholder C6 sukker (glucose), samt en mere vandig strøm, som indeholder C5 sukre (xylose og arabinose). I **cellulosestrømmen** foregår C6 fermenteringen som i konventionelle 1. generationsanlæg, ved at enzymer hydrolyserer glucose-polymerer og oligomerer til monomerer. Med andre ord, de lange sukkerkæder bliver gjort kortere, således at en gærfermentering til ethanol kan finde sted. Herefter sendes den ethanolholdige effluent til oprensning, dvs. destillation og dehydrering til 99,8% alkohol.

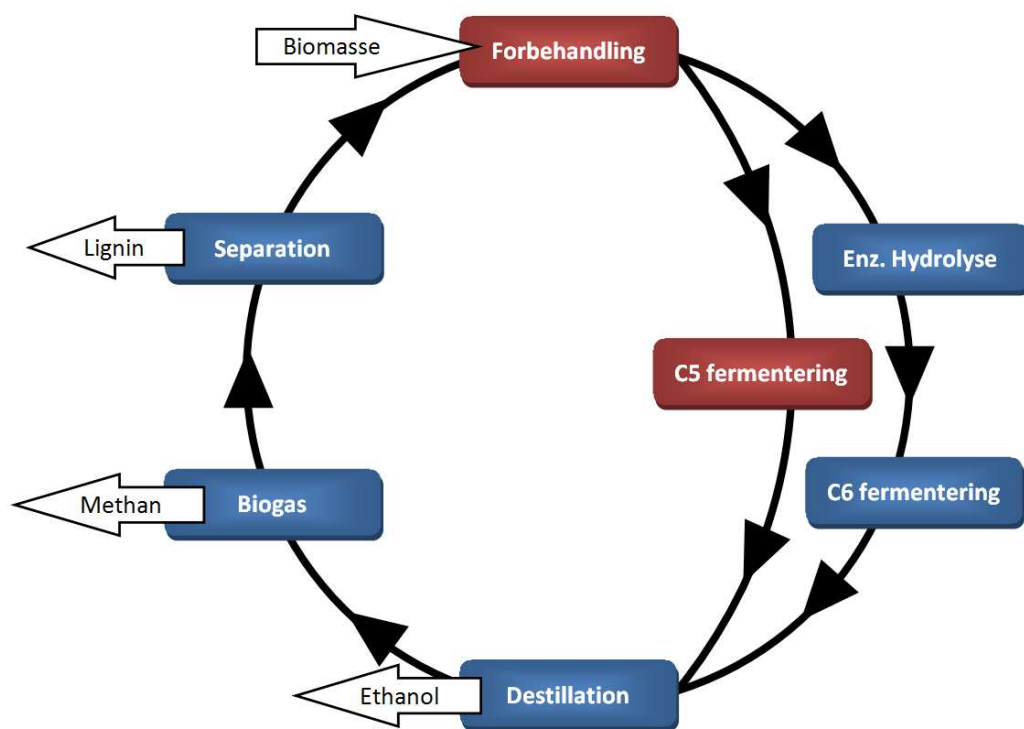
Den **vandige strøm**, som indeholder hemicellulosen sendes til BioGasols C5 fermentering. Her omdannes C5 sukrene (xylose og arabinose) i en biokemisk proces ved relativ høj temperatur (70°C) under strikt anaerobe forhold, dvs. der er ingen ilt er til ste-





de. En termofil (dvs. meget varmetolerant) mikroorganisme af typen **thermoanaerobacter**

(BG1) omsætter de tilgængelige kulhydrater (dvs. kulstof, oxygen og brint) til ethanol samt  $\text{CO}_2$  og brint, som kan anvendes i andre sammenhænge. Mikroorganismen er oprindeligt fra Island og levede naturligt i varme kilder, hvor den kunne omsætte sukkerholdigt materiale til ethanol. Siden er den igennem et omfattende forsknings- og udviklingsarbejde, dels i DTU regi og dels hos BioGasol, blevet genetisk modificeret til ikke at producere affaldsstoffer (primært laktat og acetat), som ellers normalt vil hæmme eller sågar stoppe processen. Da processen forløber ved høj temperatur uden ilt, betyder det at den ikke er så udsat for ekstern kontaminering, som ved en gærproces. Desuden har mikroorganismen den særlige egenskab at den omsætter både xylose og arabinose til ethanol. De fleste eksperimentelle gærtyper man arbejder med til C5 fermentering i dag, kan kun udnytte enten xylose eller arabinose.



Skematisk billede af den samlede integrerede proces fra halm til bioethanol i Maxifuel andengenerations bioethanol anlæg. (BioGasol 2009).

Efter de to særskilte fermenteringsprocesser samles strømmene og ethanolen samt en del vand kondenseres ud i destillationstrinnet. Efter det første trin udtages remanensen, som indeholder den ligninholdige fiberfraktion og sendes til næste trin. Ethanolens destilleres videre og er efter endt destillation koncentreret til ca. 95%. Herefter sikrer en såkaldt molekylær si (mol-si eller PSA) eller tilsætning af hjælpestoffer en ethanol koncentration til transportbrændstof på 99,8%. Destillationstrinnet er kendt teknologi, som også benyttes på eksisterende første generations bioethanolanlæg.



Fiberfraktionen der blev udtaget fra destillationen sendes i BioGasols Maxifuel koncept til biogas, hvor mesofile bakterier ved en langsom biologisk proces, ca. 15 døgn ved ca. 32°C, omdanner en stor bestanddel af det resterende materiale, herunder gærrester, uomsatte sukre og andre organiske forbindelser til biogas, bestående af metan (56%) og CO<sub>2</sub> (44%). Biogassen oprenses og sendes til en gasmotor (alternativ turbine i større skala), hvorved der kan generes (grøn) strøm. Idet man kan lagre gassen og anvende det til strøm når man vil, er der mulighed for at forsyne el-nettet, når behovet er størst, dvs. peakload, hvilket giver en stor fleksibilitet. Biogas produktion er kendt teknologi, som finder anvendelse bl.a. i landbruget og ved vandrensning.

Endelig i BioGasols Maxifuel proces frasepareres ligninfibrene efter biogastrinnet, idet ligninen stort set ikke tidligere er blevet omdannet. Dette sker vha. af et vakuumfilter, der er kendt teknologi, hvorved ligninfibrene bliver relativt tørre og kan anvendes til biobrændselspiller, der kan benyttes lokalt i procesanlægget til at forsyne processen med energi. Idet ligninen afbrændes vil der endda kunne leveres overskudsvarme til f.eks. fjernvarme. Således opnår man foruden produktion af ethanol og strøm fra biogas også muligheden for at levere et brændsel til kraftvarmeværker, hvilket reducerer råvarekonflikten mht. at benytte biomasse til ethanol fremstilling eller brænde det direkte af i kraft-varmeværker. Vandet fra sidste separationstrin kan oprenses i større eller mindre grad og sendes tilbage til processen, hvor det kan anvendes i f.eks. forbehandlingen med henblik på udvaskning af salte. Desuden kan man efter dette sidste separationstrin inddampe vandet, således at man kan tilvejebringe forskellige salte (kalium og natrium), der er anvendelige i f.eks. gødningsprodukter.

## Danske bioethanolprojekter

Der er gang i udviklingen inden for såvel 1. som 2. generations bioethanol i Danmark. Efter at Folketinget i maj 2009 vedtog, at benzin fra 1. juli 2010 skal iblandes 5 % og fra 1. januar 2012 5,75 % biobrændstof, er der kommet ny vind i sejlene for bl.a. to store 1. generations bioethanolprojekter i Grenå og Tønder. Begge steder planlægges opførelse af kommercielle 1. generations bioethanolanlæg med hvedekorn som råmateriale.

Derudover er Danmark langt fremme i udviklingen og kommercialiseringen af 2. generations teknologi til udnyttelse af lignocellulose-holdigt materiale. I Kalundborg er et fuldskala demonstrationsanlæg for 2. generations teknologi under opførelse og på Bornholm planlægges opførelse af et tilsvarende 2. generations forsøgs- og demonstrationsanlæg.

### 1. generations projekter

De to danske 1. generations anlæg, der planlægges opført i Tønder og Grenå Havn, forventes at være i drift senest i begyndelsen af 2012. Fra medio 2012 er forventningen, at Grenå-værket vil kunne producere omkring 555.000 liter ethanol i døgnet. Det svarer til en produktion på ca. 200 millioner liter på årsbasis, hvilket vil kunne fortrænge omkring 144 millioner liter benzin. I alt bliver der investeret omkring to milliarder kroner i de to projekter fra midten af 2009 og to-tre år frem.



For at leve op til lovens krav skal den anvendte bioethanol kunne fortrænge mindst 35 % CO<sub>2</sub>. Tønder Biopark vurderer fortrængningen for Tønderanlægget til at blive omkring 70 %, mens Danish Biofuel Holding A/S vurderer fortrængningen på Grenå-værket til at blive omkring 80 %.

<b>GRENÅ-ANLÆG</b>	
<b>1. generations teknologi på basis af hvedekorn</b>	
<b>Input</b>	<b>600.000</b> tons foderhvede per år
<b>Output</b>	<b>200.000.000</b> liter bioethanol <b>150.000</b> tons proteinfoder <b>75.00</b> tons fiber (klid) <b>155.000</b> tons CO <sub>2</sub>
<b>Opstart</b>	Ultimo 2010
<b>Drift</b>	Primo 2012
<b>Potentielle energiudbytte</b>	kan ikke oplyses
<b>Energieffektivitet</b>	kan ikke oplyses
<b>Teknologistade</b>	kommerciel
<b>Distribution</b>	kan indpasses i eksisterende infrastruktur
<b>Produktionspris</b>	kan ikke oplyses
<b>CO<sub>2</sub>-udslip</b>	<b>155.000</b> tons
<b>CO<sub>2</sub>-reduktion</b>	<b>80 %</b>
<b>Forsyningsikkerhed</b>	Styrker forsyningsikkerheden

## 2. generations projekter

Der er i øjeblikket to markante udviklingsprojekter i Danmark inden for komplet 2. generations teknologi til produktion af bioethanol baseret primært på halm og halm-lignende, fiberholdige afgrøder.

DONG Energy har fået EU-støtte på 50 mio. kr. til at opføre et pilotprojekt til afprøvning, videreudvikling og påvisning i mindre skala af de enkelte delprocesser i forbindelse med omdannelse af halm til ethanol. Anlægget, der er placeret ved Skærbækværket, anvender det beskrevne **IBUS-koncept**, der udnytter synergieffekter omkring samproduktion af ethanol, el, varme og foder i kraftværksregi med halm som råvare. Blandt andet udnytter anlægget overskudsvarme fra kraftvarmeproduktion samtidig med at biproduktet lignin kan anvendes som brændsel til netop kraftvarmeproduktionen eller even-



tuelt til frasalg i form af ligninpiller. Anlægget har været i drift i over 5 år med lovende resultater.

**DONG Energy** blev dannet i 2006 ved sammenlægning af de seks danske energiselskaber DONG, Elsam, ENERGI E2, Nesa, Københavns Energis elaktiviteter og Frederiksberg Forsyning. Selskabet er i dag en hovedaktør hvad angår såvel teknologiske, økonomiske og forretningsmæssige kompetencer inden for videreudviklingen af 2. generations teknologier. DONG Energy arbejder i den forbindelse på en række projekter omkring udviklingen af 2. generations biobrændsler sammen med blandt andre Risø-DTU (Danmarks Tekniske Universitet - tidligere Forskningscenter Risø) og KU-LIFE (Det Biovidenskabelige Fakultet ved Københavns Universitet – tidligere Den Kgl. Danske Veterinær- og Landbohøjskole, KVL) samt Novozymes, Haldor Topsøe, Dansk Industri m.fl.

<b>KALUNDBORG -ANLÆG</b>	
<b>2. generations bioethanol på basis af holm IBUS (Integrated Biomass Utilisation System)</b>	
<b>Input</b>	30.000 tons halm per år
<b>Output</b>	4.300 tons ethanol per år 13.000 (8.250) tons fast biobrændsel (90% tørstof) per år 11.100 tons melasse (65% tørstof) per år
<b>Opstart Drift</b>	Efterår 2009 ?
<b>Budget</b>	300 mio. kr.
<b>Potentielle energiudbytte</b>	Kan ikke oplyses
<b>Energieffektivitet</b>	70% ved konvertering af halm til ethanol
<b>Teknologistade</b>	Opskalering
<b>Distribution</b>	Kan indpasses i eksisterende infrastruktur
<b>Produktionspris</b>	Kan ikke oplyses
<b>CO2-udslip</b>	15% af emissionen ved benzinforbrænding per kWh
<b>CO2-reduktion</b>	85% reduktion i forhold til benzin
<b>Forsyningsikkerhed</b>	Større fleksibilitet, styrker forsyningsikkerheden

DONG Energy er desuden i gang med at opføre et fuld-skala demonstrationsanlæg for 2. generations bioethanol på basis af halm ved Asnæsværket i Kalundborg. Anlægget har forventet opstart i efteråret 2009 og forventes at have et råmateriale-input på omkring 30.000 tons halm om året. Output forventes at blive i størrelsesordenen 4.300 tons etha-



nol, 11.100 tons (65 % tørstof) melasse samt 13.000 tons fast biobrændsel (90 % tørstof) om året, hvoraf ca. 8.250 tons fast biobrændsel (90% tørstof) vil være tilbage efter egetforbruget af damp til ethanolanlægget er dækket. Den samlede investering i anlægget er omkring 300 mio. kr., hvoraf en del af midlerne kommer fra det danske EUDP-program. Til at forestå den videre koncept- og forretningsudvikling og med det specifikke formål at kommercialisere 2. generations bioethanolteknologien har DONG Energy etableret datter-udviklingselskabet **Inbicon**.

På DTU (Danmarks Tekniske Universitet) har Biocentrum (nu Institut for Systembiologi) sammen med bl.a. Novozymes foretaget en videreudvikling af det såkaldte **Maxifuel-koncept** til produktion af ethanol på basis af halm og lignende. Maxifuel-konceptet adskiller sig fra IBUS med hensyn til valg af flere delteknologier. I efteråret 2006 blev et pilot-anlæg i lille skala til afprøvning og eftervisning af procesforløb taget i brug med tilskud fra de danske energiforskningsprogrammer på godt 14 mio. kr. ud af et samlet budget på ca. 20 mio. kr.

Det private udviklingselskab **BioGasol** blev dannet i 2006 med det formål at varetage den videre forretningsudvikling af Maxifuel-konceptet. Med pilot-anlægget som teknologisk platform er der skudt venturekapital i selskabet fra BankInvests investeringspulje New Energy Solutions, som finansieres af DONG og en række institutionelle investorer. Samtidig planlægger BioGasol sammen med en række samarbejdspartnere opførelse af et fuldskala forsøgs- og demonstrationsanlæg for 2. generations bioethanolteknologi, BornBioFuel, ved Åkirkeby på Bornholm.

Fase 1 (BornBioFuel 1) har været i gang siden januar 2008 og fokuserer på videreudvikling og opskalering af BioGasols proprietære løsninger. Dette udmøntes i udstyrsudviklinger, der skal indgå i BornBioFuel anlægget. Når nøglekomponenterne er på plads i foråret 2010, udbygges anlægget med mere kendte teknologier, f.eks. destillation, biogas og C6 fermentering, således at BioGasols løsninger kan demonstreres i en helhed med henblik på kommerciel og industriel modning. Til brug for fase 1 forventes det at have et årligt råmateriale-input på omkring 1750 tons lignocelluloseholdigt materiale i form af halm, græs, haveaffald, strå mv. Fase 2 har forventet opstart fra april 2010 og ventes delvis i drift fra december 2010. I Fase 2 vil inputtet være omkring 23.800 tons lignocelluloseholdigt materiale om året og output forventes at blive i størrelsesordenen 5,2 mio. liter ethanol. Den samlede investering i anlægget er hhv. 59 og 205 mio. kr., for hver af de to faser. Heraf er 27,5 mio. kr. samt 120 mio. kr. bevilget af hhv. EFDP og EUDP-programmet.

Både DONG Energy og BioGasol har søgt den særlige pulje for tilskud til udvikling af 2. generations bioethanol-teknologi om anlægstilskud til demonstrationsanlæggene. Energistyrelsens Energiteknologiske udviklings- og demonstrationsprogram, EUDP, har i starten af 2009 bevilget i alt 78,19 mio. kr. samt 6,81 mio. kr. til et relateret forsknings- og udviklingsprogram under Aalborg Universitet. Tidligere har Inbicons demonstrationsanlæg i Kalundborg fået tildelt i alt 76,7 mio. Ligesom BioGasol har modtaget i alt 27,5 mio. kr. fra Energistyrelsens Energiforskningsprogram (EFDP), der nu er erstattet af EUDP.

Derudover har det amerikanske Nationallaboratorium for Vedvarende Energi (National Renewable Energy Laboratory) under DOE (US-Department of Energy) i 2003 finansieret



et udviklingsprogram målrettet en reduktion af prisen for nye enzymtyper udviklet specifikt til produktion af bioethanol på basis af fiberholdigt materiale. Projektet havde en budgetramme på omkring 200. mio. kr. og blev gennemført i parallel af de private virksomheder Novozymes og Genencor. I begge tilfælde blev resultatet en betydelig reduktion i omkostninger ved udvikling af såvel billigere som mere effektive enzymer. Omkostningerne til enzymer er nu lavere end til råvarer og anlæg, og projektet har dermed været et væsentligt skridt i retning af en mulig international kommercialisering af teknologien. Efter Daniscos overtagelse af Genencor i 2005 er begge virksomheder danskejede. Der er imidlertid stadig behov for udvikling inden for en række aspekter ved teknologien. Ifølge Energistyrelsen er der bl.a. behov for:

- Yderligere betydelig reduktion af enzymomkostningerne
- Maksimering af råvareudnyttelse og produktion af ethanol. Herunder udvikling af specifikke enzymer, mikroorganismer og gærtyper for omsætning af hver af de involverede typer af råvarer og sukre til ethanol
- Optimering af energieffektiviteten i hele proceskæden og øget procesintegration.
- Løsning af procestekniske problemstillinger inden for mekanismer, som hæmmer processerne m.v.
- Løsning af spildevandsproblemer
- Løsning af behandlingsproblemer for store mængder biomasse i de kontinuerlige procesforløb
- Udvikling af produktionen af sideprodukter som energi, foder mv. med maksimal værdi

### **Danske styrkepositioner i videre udvikling**

Transportsektoren spiller en væsentlig rolle for at kunne imødegå klimaudfordringer og i sammenhæng med den langsigtede elforsyningsikkerhed. Transportsektoren står for omkring 60 % af Danmarks samlede olieforbrug og energiforbruget er - i modsætning til energiforbruget i andre sektorer – konstant stigende. Samtidig er det danske transportenergiforbrug næsten 100 % afhængig af olie. På globalt plan er afhængigheden af olie og transportsektorens høje udledning af CO<sub>2</sub> med til at øge efterspørgslen på alternative drivmidler til transport. Der er et voksende pres på nye løsninger og alternative drivmidler, som kan tages i brug så hurtigt som muligt. Allerede i disse år satses der internationalt, herunder i EU, i betydelig grad på øget anvendelse af biobrændstoffer. Samtidig ventes den globale efterspørgsel på alternative drivmidler, herunder flydende biobrændstoffer, at stige de kommende år.

Denne udvikling rummer anseelige vækstmuligheder for dansk erhvervsliv. I det omfang det bidrager til at fremme den danske teknologiudvikling på området, kan øget anvendelse af biobrændstoffer til transport derfor have et væsentligt erhvervsmæssigt potentiale. Ved at fremme dansk forskning, udvikling, produktion og anvendelse af biobrændstoffer på kortere og mellemlangt sigt og dermed understøtte teknologiudviklingen kan Danmark ikke blot reducere transportsektorens olieafhængighed og reducere landets CO<sub>2</sub>-udledning. Man kan samtidig arbejde hen imod en realisering af de erhvervspolitiske og –økonomiske potentialer på området og få gjort biobrændstofferne mere samfundsøkonomisk og miljømæssigt attraktivt.



## BORNBIOFUEL

### 2. generations bioethanol på basis af lignocellulose-holdigt materiale MaxiFuel

	BORNIFUEL 1	BORNIFUEL 2
<b>Input</b>	1750 tons per år	23.800 tons per år
<b>Output</b>	Kan ikke oplyses per år	5.200.000 liter ethanol
<b>Opstart</b>	Januar 2008	April 2010
<b>Drift</b>	December 2009	December 2010
<b>Afslutning</b>	Marts 2010	December 2011
<b>Budget</b>	59 mio. kr.	205 mio. kr.
<b>Potentielle energiudbytte</b>	Kan ikke oplyses	Kan ikke oplyses
<b>Energieffektivitet</b>	Kan ikke oplyses ca. 70%	
<b>Teknologistade</b>	Udvikling af demoudstyr	Integration og opskalering
<b>Distribution</b>	Kan indgå i eksisterende infrastruktur	ds.
<b>Produktionspris</b>	Kan ikke oplyses	Kan ikke oplyses
<b>CO2-udslip</b>	Kan ikke oplyses	Kan ikke oplyses
<b>CO2-reduktion</b>	Kan ikke oplyses	Kan ikke oplyses
<b>Forsyningsikkerhed</b>	Forbedres	

Inden for ny energiteknologi ventes fremstilling af flydende biobrændstoffer at være et af de energiteknologiske områder, som indebærer betydelige vækstpotentiale for Danmark på kortere og mellemlang sigt. På langt sigt rummer eldrevne biler på grund af deres høje virkningsgrad større potentiale med hensyn til fortrængning af fossile brændsler og reduktion i drivhusgasudledning end flydende biobrændsler. Biobrændstoffer vil dog på kortere og mellemlangt sigt kunne bidrage til at mindske transportens afhængighed af olie og fossile brændstoffer samt den heraf resulterende CO<sub>2</sub>-udledning. Biobrændstoffer kan dermed ses som en overgangsteknologi i en periode med mange forbrændingsmotorer i bilparken.

Til bioethanolfremstilling, herunder særligt 2. generations teknologi, anvendes enzymer og **enzymteknologi**. De danske biotekvirksomheder Novozymes og Danisco (Genencor) er inden for dette område forskningsmæssigt verdensførende og sidder tilsammen på omkring 80 % af verdensmarkedet. Den stigende internationale efterspørgsel efter alternative brændstoffer, bevirker en tilsvarende efterspørgsel på enzymer til fremstilling af **1. generations bioethanol** fra stivelsesholdige planter. Det har afspejlet sig i nogle af de hidtil største vækstrater for de to virksomheder. Det er især virksomhedernes datterselskaber i USA, der oplever en tiltagende efterspørgsel, men den forplanter sig i stigen-



de grad til både Europa og Asien. I 2008 udgjorde salget af enzymer til produktion af bioethanol på basis af stivelsesholdig biomasse således omkring 17 % af Novozymes samlede omsætning.

Enzymteknologi til fremstilling af **2. generations bioethanol** udgør et tilsvarende vækstpotentiale. Novozymes har planer om inden for de kommende år at bygge en række bioethanolfabrikker i USA, baseret på virksomhedens nyudviklede enzymer. Generelt er Nordamerika et interessant marked for bioethanol-teknologi. Det demokratiske parti i USA er kommet med udmeldinger om, at de ønsker at tidoble den nuværende produktion af bioethanol inden 2020 - til 227 milliarder liter. Det gør de ved hjælp af Renewable Fuel Standards, som sætter årligt voksende mål for 1. generation og 2. generation produktion af bioethanol i USA. Samtidig er lånemulighederne til forskning og produktionsanlæg generelt favorable og producenterne får omkring en kvart dollar i statsstøtte for hver liter bioethanol, der produceres. De tre danske virksomheder Danisco (Genencor), Novozymes og Biogasol er derfor alle etableret med afdelinger i USA.

På **forsknings- og udviklingsområdet** inden for omdannelse af biomasse til energi står de statslige danske forskningsmiljøer som Risø ved Danmarks Tekniske Universitet (Risø DTU), Det biovidenskabelige Fakultet ved Københavns Universitet (KU-LIFE – tidligere KVL), GTS-institutterne (9 godkendte teknologiske serviceinstitutter som fx Teknologisk Institut, AgroTech mv.) og andre ligeledes meget stærkt. Dette foregår i et tæt samspil med den private udviklingsindsats. Antallet af såvel konkrete projekter og projektplaner inden for kommerciel produktion af såvel 1. generations bioethanol og biodiesel samt ny 2. generations teknologi er stigende. Både olieselskaberne, kraftværks- og energisektoren, landbruget, en række industrielle virksomheder og private investorer står bag denne udvikling. Tilsammen giver disse forhold gode betingelser for etablering af en teknologisk 1. generations platform på markedsvilkår. Da en række delteknologier, f. eks. fermenteringsdelen (gæringen) i ethanol fremstilling, er fælles for de to generationer, kan en sådan platform endvidere bidrage til at danne grundlag for den videre udvikling af 2. generations teknologierne. Samtidig er der gode muligheder for at optimere ved at udnytte potentielle synergieffekter omkring industrielle raffinaderier og anden stor-skala-procesindustri.

Danmark har med DONG Energy, landbruget og affalds- og kraftværkssektoren og en række private virksomheder, herunder Biogasol, samtidig en styrkeposition inden for **håndtering og behandling af halm og anden biomasse i totalanlæg**. Ifølge den såkaldte biomasseaftale fra 1993 (justeret i 1997 og 2000) er den danske kraftvarmesektor forpligtet på at anvende biomasse, herunder en stor mængde halm, til kraftvarmeproduktion. På denne baggrund har kraftvarmesektoren sammen med bl.a. landbruget gennem de sidste 10-15 år udviklet de nødvendige procesanlæg og den nødvendige logistik til anvendelse af især halm og halmlignende ressourcer i produktionen af el og varme. I dag dækkes mere end 10 % af det totale danske energiforbrug af biomasse og Danmark er verdensførende inden for udnyttelse af halm i energisektoren.

Foruden Danmark, er de toneangivende lande inden for udvikling af **2. generations bioethanolteknologi** primært USA, Canada, Spanien og Sverige. De har alle på nationalt plan gennemført længerevarende og samordnede udviklingsforløb med offentlig støtte. Eksempelvis har Sverige i de seneste år gennemført en række initiativer, der understøtter brugen af biobrændstoffer i transportsektoren. Bl.a. er afgifterne på biobrænd-





stoffer fjernet indtil 2012, støtte er givet til ethanoldrevne busser til offentlig transport, økonomisk støtte givet til indkøb af Flexi-Fuel biler samt gratis parkering og fjernelse af bompenge for disse biler. Det har bl.a. betydet, at mere end hver 3. nyregistreret bil i Sverige i dag er en Flexi-Fuel bil. Ligeledes har Kina øget sin udviklingsindsats markant med hjælp fra bl.a. danske virksomheder. USA er med godt 150 fabrikker globalt set førende med hensyn til produktion af 1. generations bioethanol på stivelsesholdige råvarer. Råvaren er primært majsplanter. Med den stigende efterspørgsel efter ethanol bliver der imidlertid behov for at inddrage andre dele af majsplanten samt andre råvarer. USA satser derfor både på føderalt og på delstatsniveau markant på at udvikle kommerciel 2. generations teknologi, der bl.a. kan udnytte majsalm. På føderalt niveau er der fra 2006 afsat 250 mio. USD til en styrket udviklingsindsats. Som i tidligere programmer på især enzym- og mikroorganismeområdet, kan også danske partnere få andel i disse midler. I de øvrige lande er udviklingsaktiviteterne af betydeligt mindre økonomisk omfang. Disse kan omtrent sammenlignes med omfanget af den samlede danske indsats efter oprettelsen af det nuværende danske udviklingsprogram for 2007-2010. I skovrige lande som Sverige og Finland er udviklingsindsatsen primært rettet mod træ som råvare. Træ er dog generelt vanskeligere at omdanne til ethanol end mindre ligninholdige råvarer som halm.

Energistyrelsen vurderer, at Danmark i det samlede billede står meget stærkt på næsten alle parametre inden for udvikling af 2. generations teknologi. Dette gælder bl.a. med hensyn til:

- Forskningskompetencer
- Industri- og landbrugskompetencer
- Adgang til offentlig finansiering
- Privat investorbæredygtighed
- Gode erfaringer fra forsøgs-anlæg i større skala
- Gode erfaringer med og tradition for tværandustriel procesintegration og med anvendelse af biomasse til energiproduktion
- Tilstedeværelsen af innovationspartnerskaber

Samlet set har Danmark således et godt udgangspunkt for at opnå en førende position inden for ny kommerciel teknologi til biologisk omdannelse af biomasse til flydende brændstof.



# Bioenergi – miljø, natur og klima

## Energi, transport og biomasse

**Befolkningstilvækst** og **velstandsstigning** har sammen med et konstant stigende **energibehov** og anvendelse af fossile brændsler ført til øget drivhuseffekt og global opvarmning. Med udsigt til klimaforandringer og et stadigt stigende energibehov som følge af fortsat befolkningstilvækst samt øget velstand i folkerige lande som bl.a. Kina og Indien, bliver nødvendigheden af alternativer til fossil energi presserende.

**Transportsektoren** er set i lyset heraf det samlede energisystems smertensbarn. Transportsektoren er næsten udelukkende baseret på brug af fossile brændsler og behovet for energi til transport tiltager. I Danmark, hvor vi har en lang tradition for besparelse og effektivisering, er transportsektoren den eneste sektor, hvor energi-behovet fortsat stiger. Derfor haster det i særlig grad med at identificere og implementere alternative drivmidler til transport. I såvel dansk som international sammenhæng er der et voksende pres på nye løsninger og alternative drivmidler, der kan tages i brug så hurtigt som muligt.

**Biobrændstoffer** baseret på biomasse er én af de veje, vi kan gå i indsatsen for at finde alternativer til benzin og diesel i transporten. Men areal og dermed biomasse er en begrænset ressource, der tjener mangfoldige formål, herunder frembringelsen af foder og fødevarer samt dets funktion som levested for planter og dyr. Frembringelse af en større mængde biobrændstoffer og bioenergi vil øge konkurrencen omkring anvendelse af såvel biomasse som landbrugsjord.

Omdrejningspunktet er jordens anvendelse til forskellige formål og hvilken retning udviklingen tager. Bliver landbrugsareal en knap ressource? Er der i Danmark plads til både fødevarer, foder, bioenergi, non-food og rekreative arealer? Og hvilke direkte og indirekte konsekvenser kan en eventuel ændring i arealanvendelse inden for dansk landbrug få for såvel foder- og fødevarerproduktion som for miljø, natur og klima? Eller sagt på en mere direkte måde: "Hvordan er det muligt, at opnå den bedste samlede udnyttelse af jorden og biomassen til fødevarer, foder, energi, materialer og natur".

### Direkte og indirekte konsekvenser

Ændring i arealanvendelse kan have både direkte og indirekte (afledte) effekter. Disse effekter kan være såvel positive som negative målt i forhold til fødevarer- og energiforsyningsikkerhed, miljø og klima.

De **direkte konsekvenser** omhandler de umiddelbart observerbare effekter for mennesker, natur og miljø på de pågældende arealer og det omkringliggende miljø og er således lettest at vurdere. Omlægges et skovareal f. eks. til dyrkning af energiafgrøder, der vil blive brugt til produktion af bioenergi, vil en positiv **klimamæssig effekt** herved være, at bioenergien kan bruges til erstatning af fossil energi. Men ændringen i arealanvendelse vil også betyde en mindre kulstofbinding i jord og i den biomasse, som fjernes fra arealet (træer). Da træer har en høj binding af CO<sub>2</sub> vil det have en betydelig negativ klimamæssig effekt at omlægge skovareal til energiafgrøder, der overstiger den



positive effekt ved substitution af fossile brændsler. **Naturmæssigt** set vil en varieret skov med bundvegetation også udgøre et bedre levested for dyr og planter end et areal tilplantet med energiafgrøder. Ligesom skov kan rumme bl.a. rekreative værdier for mennesker. I Danmark vil energiafgrøder f.eks. i form af pil dog formodentlig først og fremmest erstatte nogle af føde- og foderafgrøderne i landbruget. Pil kan placeres langs følsomme vandområder og dermed kunne bidrage til at beskytte vandmiljøet.

De **indirekte konsekvenser** angår ændringens effekt på andre arealer end dem, der omlægges til anden anvendelse og på forhold afledt heraf. Disse effekter er langt sværere at vurdere. Omlægning af danske eller europæiske arealer fra produktion af foder- og fødevarer til energiafgrøder eller anvendelse af afgrøder, der ellers ville have været brugt til foder og fødevarer, kan således have betydning for arealanvendelsen andre steder i verden. Fører det f. eks. til mindre global produktion af foder- og fødevarer kan dette have betydning for prisen og i yderste konsekvens medvirke til fattigdomsrelateret sult i visse dele af verden. Øget brug af biomasse til energiformål kan samtidig have negative afledte konsekvenser for miljøet – herunder såvel klima som natur. En bekymring er f. eks. at øget produktion og anvendelse af bioenergi i Europa vil lede til fældning af regnskov for at frigøre areal energiafgrøder eller foder- og fødevarer i andre dele af verden. På grund af regnskovens store binding af CO<sub>2</sub> samt dens betydning for bl.a. biodiversitet vil dette have en kraftig negativ indvirkning på såvel global opvarmning som miljøet generelt. En bekymring er f.eks. at øget produktion og anvendelse af bioenergi i Europa vil lede til fældning af regnskov for at frigøre arealer til energiafgrøder eller foder- og fødevarer i andre dele af verden. På grund af regnskovens store binding af CO<sub>2</sub> samt dens betydning for bl.a. biodiversitet vil dette have en kraftig negativ indvirkning på såvel global opvarmning som miljøet generelt.

Produktion og anvendelse af biomasse berører hensyn til såvel fødevarer- og energiforsyningsikkerhed som klima, miljø og naturforhold. Men dermed kan der også opstå konflikt omkring, hvilke behov biomasse skal opfylde, i hvilket omfang disse behov skal opfyldes samt hvilke andre hensyn, der i øvrigt gælder for denne produktion og anvendelse. Samfundsmæssigt set er det en overordnet interesse, at naturen vedblivende kan tjene så mange formål som muligt: Jordbrugsmæssige, miljømæssige, naturmæssige, rekreative og kulturhistoriske. I det følgende vil nogle af effekterne ved øget produktion og anvendelse af biomasse til energiformål i Danmark <sup>1</sup>blive gennemgået.

## Klima og global opvarmning

Den stigende koncentration af drivhusgasser i atmosfæren bidrager til en øget drivhuseffekt og dermed global opvarmning. Denne ændring i Jordens klimabalanc er et af de største verdensomspændende miljøproblemer. Ændringen skyldes hovedsageligt menneskelig afbrænding af fossile brændsler til at dække et stadigt stigende energibehov. Biomasse kan, når den anvendes til energiformål, reducere brugen af fossile brændsler og derved bidrage til at mindske den globale opvarmning. Det er ud fra et miljømæssigt synspunkt det væsentligste argument for øget anvendelse af bioenergi.

---

1



## Drivhuseffekt og fossile brændsler

Foruden **kuldioxid** (CO<sub>2</sub>) er gasser som **metan** (CH<sub>4</sub>), **lattergas** (N<sub>2</sub>O) og industrielt fremstillede **halocaboner**, herunder CFC-gasser, samt ozon (O<sub>3</sub>) med til at øge den globale opvarmning. Gasserne fungerer som drivhusgasser ved at tillade kortbølget stråling fra Solen at passere Jordens atmosfære nogenlunde uhindret. På samme tid absorberer de en del af den langbølgede varmeudstråling, der reflekteres fra Jorden, når sollyset rammer den. Uden nogen form for drivhuseffekt ville Jorden i gennemsnit være omkring 33°C koldere og uden liv.

Siden industrialiseringen i 1700-tallet har menneskelige aktiviteter imidlertid forårsaget en markant stigning i atmosfærens indhold af især kuldioxid, metan og lattergas. Afbrændingen af fossile brændsler er den primære årsag til stigningen i atmosfærisk kuldioxid, mens stigningen i metan og lattergas hovedsagelig skyldes landbrug. I den nedre atmosfære (troposfæren) bidrager luftforurening endvidere til dannelse af ozon. Det medvirker overordnet set til en øget drivhuseffekt, der dog i nogen grad modvirkes af nedbrydningen af ozonlaget længere ude i atmosfæren (stratosfæren).

Gasserne varierer i effekt mht. deres bidrag til drivhuseffekten. Metan er eksempelvis en ca. 22 gange stærkere drivhusgas end kuldioxid, og lattergas omkring 310 gange kraftigere. Det er dog især udledningen af kuldioxid, der menes at have forårsaget en øget drivhuseffekt og en deraf følgende stigning i global middeltemperatur. I alt menes udledningen af CO<sub>2</sub> at være årsag til mere end halvdelen af den menneskeskabte drivhuseffekt.<sup>2</sup>

Fossile brændsler er lagret organisk materiale, der har været udsat for højt tryk gennem millioner af år. Brændslerne stammer oprindeligt fra et overskud i nettoprimærproduktionen, hvilket vil sige et overskud i den samlede produktion af organisk stof.

Alt organisk materiale indeholder kulstof, som vil blive frigivet til luften ved afbrænding eller nedbrydning. I millioner af år har det kulstof, der er bundet i de fossile brændsler, imidlertid ikke indgået i kulstofkredsløbet. Ved afbrænding vil det lagrede kulstof på ny blive recirkuleret ind i kredsløbet. Derved forskubbes den nuværende balance for udveksling mellem reservoirer i oceanet, på land og i atmosfæren. Der frigives mere kulstof til atmosfæren, end der kan optages i oceanet eller bindes i planter og plankton mv. gennem fotosyntese, og atmosfærens indhold af kuldioxid stiger.

Fra midten af 1700-tallet og frem har afbrænding af **fossile brændsler** som kul, olie, tørv og naturgas ført til stigning i atmosfærisk kuldioxid på op mod 33%. Data fra is-kerner viser, at den atmosfæriske koncentration i dag er langt højere end det naturlige udsving over de seneste 650.000 år. Og ifølge ny forskning i planktonskaller er koncentrationen den højeste i 2,1 millioner år – omkring 38% højere end gennemsnittet for hele perioden.<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> [www.ens.dk](http://www.ens.dk)

<sup>3</sup> Bärbel Hönlisch fra Lamont-Doherty Earth Observatory ved Columbia University i USA , Ingeniøren 19-6-09



Samlet set har udledningen af drivhusgasser medvirket til at hæve den globale middeltemperatur. I de ca. 150 år, man har målt temperaturer, er den globale middeltemperatur steget omkring 0,8 °C. Tendensen har været særlig tydelig fra midten af 1970'erne og frem. De 12 globalt set varmeste år er således registreret i løbet af de seneste 13 år.

### **Biomasse til energiformål**

Anvendelse af bioenergi er en af mulighederne for at reducere energisektorens og transportsektorens forbrug af fossile brændsler og dermed udledning af CO<sub>2</sub>. Biomasse består af organisk materiale, der er dannet ved planters fotosyntese med Solen som energikilde. Ved forbrænding udskilles kun den CO<sub>2</sub>, som planten via fotosyntese har optaget fra luften. Da samme mængde CO<sub>2</sub> ville være blevet frigivet ved naturlig nedbrydning af biomassen, kan afbrænding af biomasse derfor i princippet betragtes som **CO<sub>2</sub>-neutral**.

Dette er dog baseret på en række **forudsætninger**. Bl.a. at der ikke er brugt store energimængder til fremstilling og håndtering af biomassen. Ligeledes bør der tages hensyn til at forskellige arealer, afgrødetyper og dyrkningsforhold kan have betydning for den samlede udledning af drivhusgasser. Både vådområder og skovarealer har eksempelvis en høj binding af kulstof. Derfor bør man som udgangspunkt ikke pløje vådområder op eller fælde skov for at dyrke energiafgrøder.

Bevares et nogenlunde konstant plantedække under hensyn til jord- og afgrødetyper og dyrkningsforhold, og er energiforbruget til håndtering ikke for stort, kan biomasse dog anvendes til energiformål uden at forskubbe den dynamiske balance i udveksling af kulstof. Reduceret CO<sub>2</sub>-udledning og afbødning af den globale opvarmning er således det væsentligste argument for et omfattende brug af biomasse til energiformål.

Biomasse kan anvendes til **energiformål** på mange forskellige måder og ved brug af mange forskellige **metoder og teknologier**. Biomasse kan f. eks. omsættes direkte til termisk energi gennem afbrænding, eller via biologiske processer såsom til biogas ved afgangning (anaerob fermentering) eller til flydende biobrændstoffer såsom bioethanol gennem fermentering (aerob fermentering) eller til brint via biologiske processer. Biomasse kan desuden gennem termokemiske processer omdannes til syntesegasser og syntetiske brændstoffer. Som fast brændsel kan biomasse anvendes i individuelle fyr, decentrale varme- eller kraftvarmeværker samt på store kulfyrede kraftværker. Som flydende eller gasformige brændstoffer kan biomasse anvendes mange steder herunder i transportsektoren eller til varme eller kraftvarmeanlæg i stationære anlæg.

**Energieffektiviteten** af de forskellige omsætningsprocesser fra biomasse til energi afhænger af den energi, der dels går til produktionen af biomasse og dels bruges i den proces, hvorved biomassen omdannes til energi samt af effektiviteten i omdannelsen af biomasse til bioenergikilde. For at vurdere de faktiske potentialer i biomasseressourcerne må man således kende effektiviteten af den samlede energikæde fra ressource til forbrugsstedet – både for den pågældende biomasse-løsning og de løsninger, man sammenligner med. I den forbindelse må man tage højde for, at der kan være biprodukter til processen, der eventuelt kan udnyttes til andre formål.



Desuden må man medregne, at der udover tabene ved de enkelte procestrin – ofte er et forbrug af fossil energi (og dermed CO<sub>2</sub>-udslip) forbundet med forskellige hjælpeprocesser. F. eks. vil der være et konverteringstab forbundet med at omdanne elektrisk energi eller biomasse til brint, ligesom der vil være et energitab forbundet med omdannelse af biomasse til bioethanol og biodiesel. Eftersom konverteringsprocesserne kræver tilførsel af energi, vil de altid indebære et vist tab af energi i forhold til det oprindelige energiindhold i biomasse-råvaren.

Isoleret set er det mest energieffektivt, CO<sub>2</sub>-reducerende og fossilt brændselsfortrængende at udnytte biomassen til kraftvarmeproduktion. Aalborg Universitet og Rambøll har vurderet, at CO<sub>2</sub>-udslippet fra varmesektoren kan reduceres til det halve i år 2020 og at Danmark på dette område kan opnå CO<sub>2</sub>-neutralitet allerede i år 2030. Dette kan ske, hvis fjernvarmekapaciteten udbygges til at dække op mod 70% af markedet samtidig med at naturgasforsyningen hovedsagelig omlægges til biogas. De sidste 30% vil kunne dækkes af individuelle varmepumper, træpillefyr og solvarme. Men der kan være andre grunde til at bruge biomassen til andet end afbrænding, f. eks. kan biomassebaserede brændstoffer bruges til at reducere transportsektorens CO<sub>2</sub>-udledning og afhængighed af olie.

### **Biomasse til transport**

Til trods for at Danmarks samlede **energiforbrug** er stabilt, stiger energiforbruget i transportsektoren. Samtidig er energiforbruget til transport næsten udelukkende baseret på olie. Ifølge Energistyrelsens Energistatistik 2008 udgør transportsektorens **CO<sub>2</sub>-udledning** omkring 31% af Danmarks samlede emissioner. Samtidig står transportsektoren for omkring 63% af landets samlede **olieforbrug**.

Dertil kommer hensynet til **fleksibilitet** mht. anvendelser og råvaregrundlag. Den termiske energi kan anvendes til produktion af varme eller kombineret kraft-varme. Men derved bliver el-produktionen bundet til varmeproduktion. Optimal udnyttelse forudsætter derfor, at der er afsætningsmuligheder for den producerede el og ikke mindst varme. Mens efterspørgslen på el og varme begge falder om natten, kan der om sommeren i visse perioder forekomme problemer med afsætning af varme. Man kan arbejde på at gøre det samlede elsystem mere fleksibelt via udbygning af lagringsmuligheder, fremme af et mere fleksibelt elforbrug og varmepumper samt ved i højere grad at sammenkoble de forskellige nationale elsystemer. Men man kan også anvende en del af biomassen til fremstilling af biobrændstoffer og biogas.

Biogas og flydende biobrændstoffer er mere fleksible med hensyn til deres anvendelsesmuligheder. De kan bruges både som brændstof i transportsektoren samt som brændsel i kraftvarmeanlæg eller industrien og kan desuden lagres. Samtidig er fleksibilitet med hensyn til, hvor mange primære energikilder den enkelte energibærer kan baseres på også af betydning. Biobrændstoffer er normalt begrænsede til biomasse, hvorimod el- og brintkæder er betydeligt mere fleksible mht. udgangsmateriale. El og brint kan produceres ud fra vedvarende energikilder som sol, vind og bølger, ud fra fornybar biomasse samt på basis af fossile kilder som kul og olie.

Fokus for den danske **energipolitik på biomasseområdet** har været på udnyttelse af eksisterende **overskudsbiomasse** – særligt halm – forud for anvendelse af energiafgrø-



der. Desuden har anvendelsen af overskudshalm og træflis i decentrale varme- og kraftvarmeværker været prioriteret. Den biomasse, der i Danmark i dag bruges til energiformål, bliver således hovedsagelig anvendt til stationære energiformål, herunder især kombineret el- og varmeproduktion. En udvidet anvendelse af eksisterende overskudsbiomasse til transportenergi vil derfor som udgangspunkt blive på bekostning af kraftvarmeproduktionen. Det er dog også muligt at øge såvel udnyttelsen som mængden af biomasse anvendt til energi. Ressourcegrundlaget for en udvidet anvendelse af bioenergi består således dels i mulighederne for en **bedre udnyttelse** af den eksisterende overskudsbiomasse i form af især halm, men også husdyrgødning og husholdningsaffald, men også dels muligheden for en **større produktion og/ eller anvendelse af biomasse** til energiformål.

### Andre hensyn

Foruden de klimamæssige effekter kan brug af biomasse til energiformål, herunder dyrkning og anvendelse af energiafgrøder samt håndtering af restprodukter, dog også have andre væsentlige konsekvenser for miljø og natur. Den samlede effekt afhænger af en række faktorer, der bl.a. omfatter lokalisering og i den forbindelse forhold omkring jordbund og klima. Derudover har også afgrødetype og hvorvidt der er tale om enårige eller flerårige afgrøder samt sortens typiske udbytte, håndteringsbehov mv. betydning. Ligesom dyrkningsform og det samlede produktionssystem med alle relevante input i form af kunstgødning, pesticider, vanding/ afvanding, høst, jordbehandling, efterbehandling etc. også er afgørende faktorer. Endelig har også anvendelse og udnyttelsesgrad for såvel afgrøde som restprodukter betydning.

### Bioenergi og biomasseressourcer

Biomasse er både på verdensplan og i Danmark langt den største kilde til **vedvarende energi**. I Danmark er udnyttelsen af vedvarende energikilder, herunder især biomasse, vokset kraftigt i løbet af de sidste tre årtier. I dag udgør vedvarende energi omkring 17% af det samlede danske energiforbrug. Biomasseenergi står for omtrent 12% (inkl. importeret biomasse), mens andre vedvarende energikilder som vindkraft, varmepumper mv. bidrager med ca. 5%.<sup>4</sup> Bioenergi udgør dermed ca. totredjedele af den danske produktion af VE. Til sammenligning er biomassebidraget til den samlede energiforsyning i EU kun omkring 4%.<sup>5</sup>

For Danmark såvel som for EU som helhed gælder det imidlertid, at selv hvis hele den biomasse, der teoretisk kan dyrkes på landområdet, blev anvendt til energiformål, så ville det ikke være nok til at dække hele energiforbruget. Dette gælder endnu mindre for den biomasse, der på miljømæssigt forsvarlig vis kan udnyttes. Jordbrugsarealet og **biomasse er dermed en begrænset ressource**.

Hvis, som et tænkt eksempel, hele Danmarks areal blev afsat til biomasseproduktion med typiske tal for energieffektiviteten af omdannelsen af sollys til biomasse for danske forhold, ville den samlede årlige biomasseproduktion blive omkring 800-900 PJ. Det sva-

<sup>4</sup> Energistyrelsen (2008): Energistatistik 2007.

<sup>5</sup> Transport og Energiministeren (2006): Energipolitisk redegørelse 2006.



rer nogenlunde til hele landets årlige bruttoenergiforbrug. I praksis vil det selvfølgelig langt fra være realiserbart at afsætte landets samlede areal til biomasseproduktion. Men tallet giver en idé om biomasseressourcens begrænsning og illustrerer vigtigheden af at prioritere mellem en bredere palet af anvendelsesmuligheder for biomasse.

### Danske bioenergiressourcer og - potentialer

Den totale eksisterende **danske biomasseressource**, der på årsbasis kan anvendes til energiformål, er ifølge Energistyrelsen i størrelsesordenen 165 PJ. I dag bidrager dansk bioenergi allerede med lidt over 10% eller ca. 90 PJ til det samlede energiforbrug. Bionedbrydeligt affald udgør sammen med træ og halm de største kilder hertil (hhv. 30,1; 41,2 og 18,3 PJ i 2007). Dertil kommer et mindre bidrag fra fiskeolie (0,8 PJ i 2007).<sup>6</sup>

Udnyttelsesgraden af danskproducerede **træ- og affaldsressourcer** til energiformål er allerede høj. Træpiller, træflis og brænde til energi importeres tilmed i stigende omfang og udgør i dag hovedparten af den årlige nettoimport af vedvarende energi på omkring 15 PJ.

Derimod findes et stort uudnyttet potentiale i **halm og husdyrgødning**. Ligeledes kan udnyttelse af **akvatisk biomasse** i form af især havalger på længere sigt vise sig at have potentiale. Det er også muligt at **dyrke biomasse til energiformål** i større omfang. Dels er det i princippet muligt at udvide det eksisterende landbrugsareal, hvilket dog vil medføre en fortrængning af eksisterende afgrøder. Dels kan man dyrke en større andel af energiafgrøder på det allerede opdyrkede areal. Derudover findes en række arealer, hvor naturpleje og **ekstensiv drift** i form af slæt og høst muligvis kan kombineres med energiudnyttelse. Endelig er det også muligt at **øge importen** af biomasse til energiformål.

Principielt er der således ingen øvre grænse for, hvor stor en andel af det danske energiforbrug, der kan dækkes af energi produceret på basis af biomasse. Om end **areal** i globalt perspektiv nødvendigvis må være den ultimativt begrænsende faktor for produktion af bioenergi. Skal biomassen være danskproduceret (som er en præmis for arbejdet med Hvidbogen, hvor usikkerheder om afledte effekter ved importerede biobrændstoffer/biomasse til brændstoffer undgås) under miljømæssigt forsvarlige eller bæredygtige forhold er areal dog som nævnt også en væsentlig begrænsende faktor. Andre faktorer af betydning er klima- og jordbundsforhold, arealanvendelse, afgrødevalg (herunder forædling) og dyrkningsform. Ligesom udnyttelsesgrad og anvendelse af biomassen også har betydning for det samlede energiudbytte.

### Arealanvendelse og arealgrundlag for bioenergiproduktion

Biomassekredsløbet er en kompliceret proces, hvori der indgår mange variable. Den biomasse, der er tilgængelig for energiformål, indgår endvidere i et komplekst og dynamisk skov- og landbrugssystem. Det skaber mulighed for at øge biomassens bidrag til energiformål. Men det nødvendiggør også overvejelser omkring andre hensyn.

<sup>6</sup> Energistyrelsen (2008): Energistatistik 2007.





**Biomasse til energiformål** kan produceres på mange forskellige måder med meget forskelligt energiudbytte og miljøpåvirkning og til meget forskellige priser. Det handler ikke alene om hvor stort et areal, der anvendes, men også i høj grad om, hvordan det anvendes.

**Ændret arealanvendelse** kan ved udlægning af et større areal til energiafgrøder eller skov til energiformål bidrage til at øge biomasseudbyttet til energiformål. Det kan ske gennem udvidelse af det aktuelle landbrugsareal eksempelvis ved inddragelse af braklagte arealer og marginaljorder. Beslaglæggelse af brak- og marginaljorde udgør dog ikke længere et større potentiale og er forbundet med natur- og miljømæssige konsekvenser. Det er dog også muligt at anvende en større andel af den nuværende landbrugsproduktion til energiformål. Ligesom man kan dyrke en større andel af energiafgrøder på det allerede opdyrkede areal. F. eks. kan man i højere grad end det i dag er tilfældet bruge græs, korn, raps, sukkerroer mv. til produktion af biobrændstoffer. Eller man kan omlægge en del af det eksisterende kornareal til dyrkning af pil, elefantgræs og lucerne.

**Maksimering af biomasseressourcerne** gennem ændret arealanvendelse kan imidlertid komme i konflikt med miljømæssige og andre hensyn omkring bevaring af biodiversitet, økosystemer, landskabelige værdier, produktionen af foder og fødevarer. Omlægning af eksisterende landbrugsarealer med henblik på en større andel af energiafgrøder kan f. eks. konkurrere med fødevarerproduktionen. Omvendt kan opdyrkning af et større landareal være forbundet med betragtelige omkostninger og indebære store indgreb i omgivelserne – måske endda med marginalt udbytte.

### Udvidelse af landbrugsarealet

Det er fra det eksisterende landbrugs- og skovareal, at bioenergiudnyttelsen sker i dag og også herfra en øget udnyttelse til energiformål primært kan hentes. Danmark er et intensivt landbrugsland. Godt 2,7 mio. ha af det samlede landareal på ca. 4,3 mio. ha er landbrugsjord. Mere end 60% af det danske landareal er m.a.o. landbrugsareal. Heraf er under 10% i dag uden for omdrift.

En betydelig del af den jord, som er braklagt eller på anden vis **uden for omdrift**, er desuden dyrkningsmæssigt så dårlig, at det ikke kan betale sig økonomisk at dyrke afgrøder på den. Dyrkning af sådanne marginaljorder vil kræve stor tilførsel af gødning og have et relativt lavt udbytte men en høj omkostning for miljøet. Da nogle af de arealer, der ikke er i omdrift, ydermere har en høj binding af kulstof i jorden, som vil frigives ved opdyrkning, kan det også ud fra et klimamæssigt hensyn være problematisk at inddrage disse til dyrkning af energiafgrøder. Sådanne hensyn taler generelt imod en udvidelse af det aktuelle landbrugsareal ved inddragelse af arealer uden for omdrift.

En anden mulighed for udvidelse af landbrugsarealet er ved inddragelse af eksisterende **skovarealer** til dyrkning af energiafgrøder. Biomasseudbyttet fra f. eks. pil i kort rotation er omkring tre gange højere end for traditionel skov. Samtidig optager energiafgrøder næringsstoffer næsten lige så effektivt som traditionel skov. Naturmæssigt set har en varieret skov med bundvegetation dog højere værdi end både flerårige afgrøder som pil og elefantgræs i kort rotation og traditionelle enårige afgrøder. Dette skyldes at pil i



modsætning til en varieret skov med bundvegetation ikke giver gode betingelser for dyre- og planteliv. Ifølge flere natur- og miljøorganisationer spærrer pil desuden for naturlige spredningskorridorer for dyr og planter. Derudover har pil ikke samme rekreative og landskabsæstetiske værdi som skov. Naturmæssige hensyn taler således imod inddragelse af såvel skovarealer som arealer uden for omdrift til dyrkning af energiafgrøder i kort rotation.

## Omlægning af landbrugsarealet

De miljø- og naturmæssige hensyn som Danmark har forpligtet sig på ifølge Vandrammedirektivet, Kyoto-protokollen og Pesticidhandlingsplanen m.fl., vil uundgåeligt medføre ændringer i landbrugsproduktionen. Analyser påpeger, at der kan blive behov for betydelige arealudtag for at opfylde Vandrammedirektivet – men også at flerårige energiafgrøder kan være et omkostningseffektivt virkemiddel til at opnå den ønskede reduktion i udledning af næringsstoffer.<sup>7</sup>

Særligt **lavbundsjorder** kan med fordel trækkes ud af korndyrkning. Lavbundsjorder har ofte en høj binding af organisk materiale og dermed kulstof. Intensiv jordbearbejdning af sådanne arealer i forbindelse med den årlige omlægning af afgrøder kan bidrage til en kraftig mineralisering af dette organiske stof og dermed lede til store næringstab og drivhusgasemissioner. I alt består ca. 500.000 ha af den danske landbrugsjord af lavbundsjorder.<sup>8</sup> Omkring ¼ af disse er jorder med højt indhold af organisk materiale, hvortil der knytter sig særlige miljøproblemer. Men også intensiv dyrkning af drænedesandjorder på lavbund kan have betydelig miljøpåvirkning.<sup>9</sup>

Selvom omlægning af skovarealer til dyrkning af flerårige energiafgrøder som nævnt kan have negative naturmæssige konsekvenser, kan der måske være perspektiver i at ændre en del af målsætningen for **skovrejsning** til fordel for **flerårige energiafgrøder**. I så fald vil der dog ikke være tale om en udvidelse af landbrugsarealet (på bekostning af eksisterende natur- eller skovarealer), men derimod en omlægning af det eksisterende landbrugsareal.

I 1989 besluttede Folketinget at stille imod en fordobling af det danske skovareal i løbet af en trægeneration. Det vil nogenlunde svare til en årlig tilplantning på 4000-5000 ha. I gennemsnit er der siden 1989 dog kun plantet omkring 1000-2000 ha skov om året. Ved at plante fx pil på en del af det areal, der ellers ifølge målsætningen burde udlægges til skov, vil man kunne øge biomasseproduktionen betragteligt. Pil kan som nævnt næsten lige så effektivt som skov sikre mod næringsstofftab, men har ikke samme naturmæssige værdier som etablering af naturskov eller blandet løvskov.<sup>10</sup>

<sup>7</sup> Finansministeriet, Fødevarerministeriet, Miljøministeriet, Skatteministeriet, Økonomi- og Erhvervsministeriet (2007): Fagligt udredningsarbejde om virkemidler i forhold til implementering af vandrammedirektivet. Rapport fra Finansministeriet: 84. Fødevarerministeriet (2008): 121-22.

<sup>8</sup> Lavbundsjord: [www.djfgeodata.dk](http://www.djfgeodata.dk) [FVM (2008): 119]

<sup>9</sup> Fødevarerministeriet (2008): 122.

<sup>10</sup> Schou, J.S. et al (2007): Virkemidler til realisering af målene i EU's Vandrammedirektiv, Faglig rapport fra DMU nr. 625 samt Fødevarerministeriet (2008): 125. [FVM note 141]



Forsøg på Aarhus Universitet tyder dog på at energiafgrøder som pil med fordel kan sammentænkes med økologisk svineproduktion.<sup>11</sup> Herved opnås en række synergieffekter for både miljø, dyr og landmand. Grisene stimuleres og skærmes mod solen samtidigt med at landmanden får en ekstra indtægt fra pilen. Miljøet skånes for udslip af næringsstoffer på grund af planternes optag af gødning fra grisene, ligesom klimaet skånes, hvis pilen anvendes til energiformål.

Uanset om det sker på bekostning af skovrejsning eller ej vil det være nødvendigt at inddrage en del af det eksisterende landbrugsareal, hvis målet om anvendelse af 10% biobrændstoffer i 2020 skal opfyldes alene ud fra danskproduceret biomasse. Dette vil næppe have betydning for produktionen af vegetabiliske fødevarer. Men vil snarere komme i konflikt med foderproduktionen, der i dag beslaglægger mere end 70% af landbrugsarealet.<sup>12</sup>

I dag anvendes overskudshalm primært til produktion af bioenergi i kraftvarmeværker, fjernvarmeværker og til individuel opvarmning til landbrug, ligesom en del genanvendes i landbruget i form af nedsmuldring, hvorved kulstof tilbageføres jorden. Omkring 1/3 af halmresten bliver ikke bjerget. Denne er i princippet tilgængelig for energiformål. Men med stigende oliepriser og deraf følgende kunstgødningspriser vil halmens værdi som gødningsmiddel stige og halmen vil derfor formodentlig i højere grad fremover blive genanvendt i landbruget.

Derimod tyder studier fra Claus Felby, KU-LIFE på at en del af den halm, der i dag anvendes i kraftvarmeproduktionen, med fordel kan anvendes til produktion af bioethanol vha. 2. generations teknologi, der udnytter synergieffekter ved integreret kraftvarmeproduktion som fx INBICONs IBUS-proces. Ca. 1/3 af halmens brændværdi udnyttes samtidig med, at der produceres nyttige bi-produkter. Dette skyldes, at IBUS-processen foruden et fiberprodukt, der kan anvendes som brændsel i kraftvarmeproduktion, også resulterer i et proteinrigt foderprodukt. Dette foderprodukt kan erstatte lokalt produceret foder, hvorved areal frigøres til andre formål. Fx kan arealet omlægges til dyrkning af energiafgrøder med et højt udbytte per hektar sammenlignet med traditionelle foder- og fødevarerafgrøder.<sup>13</sup> Alternativt kan proteinfoderet erstatte importeret soja fra Sydamerika eller USA. Den samlede betydning for den globale fødevarer- og foderproduktion samt miljø og klima vil dog i høj grad afhænge af, hvad det frigjorte areal efterfølgende anvendes til.

Generelt har biomasse anvendt til fremstilling af bioethanol frem for kraftvarme den fordel, at landbruget tilbageføres værdifulde produkter i form af enten foder eller gødning alt afhængig af råvaren.<sup>14</sup> Selvom biomasse til kraftvarmeproduktion isoleret set giver det højeste energiudbytte, bør disse ting tages med i betragtning.

### **Biomasse fra naturarealer**

Lysåbne naturtyper som heder, moser, strandenge og –sumpe samt ferske enge og overdrev af en vis størrelse er beskyttet ifølge Naturbeskyttelseslovens §3. For at opret-

<sup>11</sup> Hansen J. (maj 2009): Grise passer og plejer naturpil. Videnskab.dk

<sup>12</sup> Steffen B. Blume, Ecoadvice.

<sup>13</sup> Claus Felby, KU-LIFE

<sup>14</sup> Steffen B. Blume, Ecoadvice.



opretholde den åbne naturtype er der imidlertid behov for pleje med græsning eller slåning. Slæt fra sådanne arealer vil med fordel kunne anvendes til produktion af bioenergi. Høst af biomasse til energiformål vil endog kunne bidrage til at forbedre områdernes miljøtilstand, idet der vil blive fjernet flere næringsstoffer end ved afgræsning eller slåning.

Høst af biomasse fra ekstensive naturarealer kan imidlertid være vanskelig. Samtidig vil der skulle tages en række naturmæssige hensyn ved høsten, der kan have betydning for den overordnede kvalitet til energiudnyttelse. Men pleje af §3-arealer vurderes til at have en omkostning på omkring 2.500 kr. per ha, hvilket bør inddrages i en samlet vurdering af økonomien ved energiudnyttelse.<sup>15</sup> Endvidere vil de indhøstede næringsstoffer efter omsætning i et biogasanlæg kunne udnyttes som gødning på landbrugsarealer. På økologiske bedrifter vil det kunne bidrage til at begrænse den nuværende import af næringsstoffer fra konventionelle bedrifter.

## Dyrkningsforhold, afgrøder og udnyttelse

Foruden arealanvendelse har også forædling, valg af afgrøder og dyrkningsforhold samt bedre udnyttelse af biomassen betydning for det samlede energiudbytte. Ligesom disse har forskellige konsekvenser for miljø, klima, natur og landskab.

Forædling og valg af højudbytte-afgrøder kan medvirke til at hæve energiudbyttet per hektar og dermed den samlede biomasseressource. Af samme grund er det heller ikke i forhold til klimaet uvæsentligt, hvilke afgrødetyper, der anvendes. Desuden har jordbund og klimatiske betingelser samt gødsning, dyrkningsform og -metoder mv. også betydning for udbyttet. Sluttelig kan man forbedre effektiviteten i udnyttelsen af biomassen. I dag anvendes som nævnt kun lidt over halvdelen af den for energiformål allerede tilgængelige danske biomasseressource. Det er således muligt både bedre at udnytte samt i et vist omfang at øge de tilgængelige danske ressourcer.

## Dyrkning, afgrødevalg og forædling

Dyrkningsforhold, valg af afgrøder og sorter kan have betydning for det samlede energiudbytte per hektar. Ligesom det kan have andre væsentlige effekter for miljø, natur og klima. Generelt vil det ikke være hensigtsmæssigt, at bioenergiproduktion, der har til formål at reducere drivhusgasudledning, baseres på afgrøder med et lavt udbytte eller stort behov for behandling og tilførsel af kunstgødning. Ligesom de ikke bør dyrkes på arealer med høj kulstofbinding og under forhold, der kan lede til tab i denne binding.

Som nævnt kan **jordbehandling** i forbindelse med dyrkning af lavbundsjorder med høj binding af kulstof lede til store næringsstofftab og drivhusgasemissioner. Derfor bør man være varsom med at lade disse indgå i landbrugsproduktionen.

Visse **afgrøder** kræver endvidere et stort **input** i form af diesel til maskinarbejde, kunstgødning, pesticider og/eller vanding. Især forbruget af diesel og kunstgødning har

<sup>15</sup> Fødevarerministeriet (2008): 119.



betydning for udledningen af drivhusgasser, idet forbrænding af diesel samt brug af kunstgødning udleder hhv. CO<sub>2</sub> og lattergas (N<sub>2</sub>O). Dyrkning af korn indebærer fx typisk anvendelse af store mængder kvælstofgødning, hvilket medvirker til at øge udslippet af lattergas (N<sub>2</sub>O) fra landbrugsarealet. Klimamæssigt er dette et problem, eftersom lattergas er en omkring 310 gange stærkere drivhusgas end CO<sub>2</sub>.

Forskellige afgrøder giver også forskelligt **udbytte** per hektar. Eksempelvis giver raps anvendt til produktion af 1. generations biodiesel (RME) et lavt energiudbytte på omkring 30-40 GJ per hektar. Majs og hvede dyrket til 1. generations bioethanol i Danmark giver et nettoudbytte på op til 60 til 70 GJ per hektar.

Isoleret set giver de afgrødetyper, der anvendes til produktion af **2. generations biobrændstof** ikke nødvendigvis mere biobrændstof end afgrøder anvendt til 1. generation. Men anvendelsen af primærproduktionens **restbiomasse** til 2. generations biobrændstof giver generelt en bedre samlet udnyttelse af afgrøden - forudsat at der anvendes dele af biomassen, som ellers ikke ville blive udnyttet eller som foreligger i rigelige mængder som biprodukt fra fødevarer- og forderproduktion.

Generelt vil afgrøder med minimalt behov for input og højt udbytte per hektar være de mest velegnede til bioenergiproduktion. I den forbindelse synes bl.a. **de flerårige grøngødninger** som **lucerne** at have potentiale. Grøngødninger i form af bælgplanter har den fordel, at de selv er i stand til at fiksere kvælstof fra luften og derfor ikke skal tilføres gødning. Ligesom der ikke er behov for brug af pesticider, da grøngødninger er effektive til at bekæmpe ukrudt. Det har også betydning for sædskiftet og den efterfølgende afgrøde, der kan drage fordel af den kvælstof, der er blevet tilført jorden, ligesom behovet for pesticider bliver reduceret. Da grøngødninger endvidere er flerårige, er etablerings- og maskinarbejdet mindre, hvorfor dieselforbruget reduceres betydeligt. Samtidig har grøngødninger som lucerne meget dybe rødder, hvilket selv i tørkeperioder uden vanding bidrager til et højt udbytte.

Flerårige grøngødninger vil bl.a. på grund af deres høje indhold af cellulose og hemicellulose være velegnede som råvarer til fremstilling af **2. generations bioethanol**. Samtidig vil bioethanolproduktion baseret på grøngødninger også lede til fremstilling af bi-produkter, der kan tilbageføres i landbruget. I dag anvendes **lucerne** som foder på kvægbedrifter, men 1. slæt (af i alt 4 per sæson) er mest velegnet til foder. De tre efterfølgende slæt vil således være potentielle ressourcer til bioenergiproduktion. Forskning tyder på at netop lucerne vil være lovende som råvare til fremstilling af bioethanol. Desuden vil udbyttet fra de efterfølgende afgrøder øges på grund af næringsstoffertilførsel, reducerede ukrudtsproblemer og forbedret jordstruktur.<sup>16</sup> Spørgsmålet er, om en sådan biomasse bedst udnyttes i et biogasanlæg eller i et bioethanolanlæg.

På længere sigt kan det endvidere ikke udelukkes, at **akvatisk biomasse** i form af især **alger** kan komme til at yde et relevant bidrag til energiforsyningen. Alger giver et stort udbytte per arealenhed i forhold til en række traditionelle afgrøder og er typisk ikke så plejkrævende omkring tilførsel af gødning mv. Samtidig behøver dyrkning af alger ikke at lægge beslag på landbrugsareal eller andre værdifulde arealer. Men teknologien er

---

<sup>16</sup> Steffen B. Blume, Ecoadvice.



endnu ikke fuldt udviklet og der kan være problemer omkring placeringen af anlæg og fordyrende og energikrævende konverteringsprocesser.

Derudover må det forventes at forædling af planter til energiformål kan lede til betydelige udbyttetigninger. De nemme forædlingsgevinster til forøgelse af høstudbyttet for traditionelle foder- og fødevarer afgrøder synes efterhånden at være hentet hjem. Derimod er der store umiddelbare forædlingspotentialer for en række ikke tidligere intensivt forædlede afgrøder som f. eks. energigræsser og pil, der er velegnede til energiformål. Samtidig må der også forventes at være et vist potentiale i nye forædlingsmål for at øge traditionelle afgrøders produktion af vegetativ biomasse. På verdensplan er der allerede igangsat omfattende initiativer for at fremstille plantesoerter, der er velegnede til biomasseproduktion.<sup>17</sup>

### Effektiv udnyttelse

Effektiv udnyttelse af den eksisterende biomasse kan blandt andet ske gennem **minimering af spild** og ved udnyttelse af **restprodukter og affald**. Råvaregrundlaget til produktion af bio-kraftvarme og biobrændstoffer til transport omfatter såvel restbiomasse og biologisk nedbrydeligt affald som **energi afgrøder**, der udelukkende er dyrket til energiformål.

Nyttiggørelse af restbiomasse er imidlertid både miljømæssigt og økonomisk at foretrække frem for dyrkning af rene energi afgrøder, da biomasse-ressourcen samlet set udnyttes mere effektivt. Derudover vil **integreret anvendelse** af afgrøder til fødevarer, foder, nonfoodprodukter og energi kunne optimere miljøgevinsterne og merværdien. I den forbindelse bør man dog være opmærksom på, at integrerede løsninger også kan skabe bindinger og ufleksible systemer. Tilsvarende må det være en afvejning, hvor langt man vil gå for at udnytte mest mulig restbiomasse og affald.

Af skov- og landbrugsproduktionen udnyttes en stor del af de tilgængelige danske **træ- og affaldsressourcer** til energiformål og en stigende andel træ importeres til samme. Omkring 1/3 af de danske **halmressourcer** anvendes til energiformål. Det samlede danske halmudbytte er på omkring 6 mio. tons per år. Når forbruget til foder, strøelse, roekuledækning og forbrug i gårdfyrr og varmegærker fratrækkes, er der en rest på mellem 1,5 og 2 mio. tons. Lidt under 1. mio. tons heraf afbrændes i dag i kraftvarmegærker i henhold til den såkaldte Biomasseaftale, som blev vedtaget af Folketinget i 1993 (justeret 1997 og 2000). Det giver en uudnyttet rest på omkring 1 mio. tons halm årligt i gennemsnit. Halmen forventes dog som nævnt at få stigende værdi som gødningsmiddel og derfor i højere grad fremover at blive genanvendt i landbruget.

Samtidig afhænger mængden af halm i Danmark til energiformål ikke alene af graden af genanvendelse i landbruget til strøelse, nedmuldning mv., men også af de årlige vækstbetingelser. Halmhøsten giver årlige udsving på op til 30 %. Af samme grund ligger andelen af halmressourcen, der kan forventes anvendt til energiformål, noget under den potentielt maksimale ressource.

<sup>17</sup> Fødevarerministeriet (2008): 120.



Derudover er der som nævnt mulighed for at udnytte noget af den biomasse, som kan høstes fra **naturarealer** i form af plejekrævende brakarealer og bræmmer langs miljøfølsomme områder. Biomassens energiindhold kan fx udnyttes til afgangning i biogasanlæg. Det vil samtidig have den miljømæssige sidegevinst, at næringsstoffer vil blive fjernet fra de følsomme naturområder, hvorefter de kan genanvendes på den dyrkningssikre jord, hvor det fortrænger handelsgødning.

Endelig er der et betydeligt potentiale i udnyttelse af **spildevand** og afgangning af **husdyrgødning**. I dag anvendes kun 1,7 mio. tons ud af 32 mio. tons til produktion af biogas. Det svarer til omkring 5% af det samlede gyllebaserede biogaspotentiale. Brancheforeningen for Biogas vurderer, at man alene ved at afgasse gyllen fra de danske stalde vil kunne producere 26 PJ. Ifølge Energistyrelsen er det samlede biogaspotentiale i husdyrgødning, energiafgrøder og restbiomasse samt affald fra industri og husholdninger på ca. 40 PJ. I dag produceres kun omkring 1/10 – 4 PJ - af det samlede biogaspotentiale.

Dertil kommer muligheden for **teknologiske forbedringer**. Elvirkningsgrader og totalvirkningsgrader forbedres stadig i takt med den teknologiske udvikling. Eksempelvis har de danske affaldsforbrændingsanlæg et uudnyttet fjernvarmepotentiale på omkring 5 PJ pr. år, som i dag udledes som vanddamp med røggassen. Denne energimængde vil i fremtiden kunne nyttiggøres via etablering af røggaskondensering. Teknologien hertil anvendes allerede i dag på en stor del af de svenske affaldsforbrændingsanlæg.

Konverteringsprocesserne fra biomasse til biobrændstoffer forbedres desuden løbende. Lige som der tænkes mere i udnyttelse af synergieffekter med andre procesindustrier som overskudsvarme fra kraftvarmeproduktion til fremstilling af biobrændstof.

## Mere om jordbrug og miljø

For hele det samlede land- og skovbrugsareal er der således perspektiv i at satse på en forenet og flersidig jordbrugsproduktion. Dvs. en integreret produktion af biomasse til energi og industrielle formål samt fødevarer, foder gavntre i hvilken der også indgår hensyn til miljø, natur, landskab, friluftsliv og andet. I det foregående er nogle generelle overvejelser omkring biomasse til energiformål blevet beskrevet. I det følgende vil der blive gået mere i dybden på nogle af de miljø-, natur- og klimamæssige konsekvenser, der kan være forbundet med dyrkning af jorden, herunder af afgrøder til energiformål.

## Næringsstoffer og eutrofiering

Eutrofieringen af det danske **vandmiljø** har været stærkt stigende som følge af det kraftigt forøgede gødskningsniveau. Øget tilførsel af næringsstoffer som kvælstof (N<sub>2</sub>), fosfor (P) og organisk stof medfører især i søer og kystnære områder forøget tilvækst af planktonalger. Derved ændres artssammensætningen, og bundens plantevækst og dyrebestand reduceres. Algevækst forringer sigtedybden og skaber dårligere lysforhold for bundplanter. Nedbrydningen af døde alger på bunden kan forårsage iltmangel, der under ekstreme forhold kan føre til bundvending, hvor metan, kvælstof og svovlbrente bobler op.



**Vandløbenes** tilstand påvirkes især af udledningen af organisk stof og ændringer i den fysiske tilstand gennem f. eks. udretninger og grundvandssænkning, mens kvælstof og fosfor især påvirker søer, kystnære områder og det åbne hav. Gødning påvirker dog ikke alene vandmiljøet, men også dyre- og plantelivet. Artssammensætningen ændres generelt til fordel for fx næringstolerante planter. Landskabet bliver mere ensartet, og dyrearter, som f. eks. visse sommerfuglearter, der er specialiserede i forhold til nogle af de plantearter, der går tilbage, får svært ved at klare sig.

**Udtagning af følsomme arealer fra dyrkning og nedsat gødskningsniveau** er gode virkemidler til at reducere udvaskning af næringsstoffer. Landbrugets anvendelse af gødning er reduceret gennem årene. Der må i dag kun tildeles kvælstofmængde svarende til 90 % af det økonomisk optimale. Hertil kommer, at tildelingen af kvælstofgødningen ifølge Vandmiljøplanen er underlagt et maksimalt nationalt beregningsloft, der fordeles på de enkelte afgrøder ved en årlig normfastsættelse. Udvides det dyrkede areal vil reduktionsprocenten for kvælstofnormen stige, hvormed den maksimale nationale kvælstofkvote vil forblive uændret.

Hvis man opdyrker braklagte arealer vil det umiddelbart lede til en øget **nitratudvaskning** fra disse arealer. Men da samme kvælstofkvote derved skal dække et større areal, vil de resterende arealer samtidig blive tilført mindre kvælstof. Udvasning fra inddragede brakarealer må derfor formodes at modsvares af en mindre udvaskning fra andre omdriftsarealer. Dette vil dog i nogen grad afhænge af de inddragede brakarealers kvalitet. Mange nuværende og tidligere brakarealer er såkaldte marginaljorder, som ved opdyrkning må formodes at bevirke en større udsivning. Samtidig kan inddragelse af brakarealer på grund af deres funktion som småbiotoper have betydelige negative konsekvenser for plante- og dyreliv.

Især **husdyrgødning** har tidligere været en stor kilde til nitratudvaskning fra landbruget. Gennemførelsen af Vandmiljøplaner har imidlertid reduceret husdyrgødningens bidrag til nitratudvaskningen til omkring 7% af den samlede udvaskning. Husdyrgødningsbidraget til nitratudvaskning kan yderligere reduceres ved at udnytte det organiske stof i gyllen til energi. Gylle kan omdannes til biogas i et biogasanlæg. Den afgassede gylle kan derefter separeres i en fiberdel og en væskedel. Fiberdelen (ca. 10%) har et højt indhold af fosfor og organisk bundet kvælstof, hvorimod væskedelen har et højt indhold af mineraliseret kvælstof, som er umiddelbart tilgængeligt for afgrøderne og dermed en høj udnyttelse.

**Væskefraktionen** kan bringes retur til landbruget og anvendes som gødning på markerne. Gyllens organisk bundne kvælstof bliver ved afgasning mineraliseret, hvorved det bedre kan optages af planter. Afgasset gylle er med andre ord et bedre gødningsprodukt end ikke-afgasset gylle. Da udnyttelsen af kvælstoffet bliver højere bliver risikoen for udvaskning og tab til omgivelserne samtidig mindre. **Fiberfraktionen** kan forbrændes og dermed bruges til yderligere energiproduktion. Ved afbrænding af fiberfraktionen vil det organiske kvælstof frigives til luften. Det kan være en fordel, da især organisk bundet kvælstof bidrager til nitratudvaskning. Til gengæld mindskes den mængde kvælstof, der tilbageføres til landbrugsjorden. Dette har betydning for jordens langsigtede dyrkningskvalitet.





Den samlede effekt på nitratudvaskningen ved bioafgasning og afbrænding af fiberdelen vil afhænge af, hvor effektive de anvendte teknikker er til at omsætte og bortseparere det organiske stof. Samtidig har også andre forhold indflydelse på nitratudvaskningen. Udvasningen vil i højere grad reduceres på sandet jord med stort nedbørsoverskud end på lerjord med lille nedbørsoverskud. Desuden vil der forekomme en større reduktion i udvaskning ved omsætning af kvæggylle end ved svinegylle.

Reduktionen i nitratudvaskning ved bioafgasning af svinegylle før den udbringes og omsættes på marken, vurderes for et gennemsnit af jordtyper og klimaregioner til at være omkring 2% af den totale mængde nitrat, der tilføres via gyllen. Yderligere knapt 2% reduktion opnås ved efterfølgende afbrænding af de afgassede gyllefibre. Dette forudsætter dog, at gødskningen tilpasses den øgede udnyttelsesgrad af kvælstoffet. Effekten vil kun være omkring halvt så stor ved direkte separation af ikke-afgasset gylle og afbrænding af fiberfraktionen. Det skyldes, at der vil blive udbragt mere organisk bundet kvælstof via den ikke-afgassede væskefraktion, end efter biogasbehandling.<sup>18</sup>

Separation af gylle og afbrænding af fiberfraktionen forventes desuden at være et effektivt virkemiddel til nedbringelse af **fosforoverskuddet** i husdyrtætte områder. Ved afbrænding vil fosforen fra gyllefiberresten blive lagret i slaggen eller asken. Det reducerer fosforets opløselighed, hvorved det bliver mere svært tilgængeligt for planter, hvis anvendt som gødning. Reduktionen i opløselighed og tilgængelighed varierer dog afhængigt af asketype, forbrændingsteknik, og hvilken type biomasse der afbrændes. Nogle asketyper vil muligvis kunne bruges som gødningsprodukter uden megen forbehandling.

Dansk landbrugsjord har generelt et højt indhold af fosfor. Af samme årsag kan svært tilgængeligt askefosfor måske vise sig at have en fordel ved at kunne lagres i jorden og kun blive gjort tilgængeligt over tid. Hvis fosforen i den producerede aske udnyttes, vil landbrugets fosforudnyttelse kunne målrettes og derved forbedres betydeligt. Det betyder, at jordens fosforpulje vil kunne reduceres, der hvor puljen er for stor, mens husdyrgødningsfosfor vil kunne erstatte handelsgødningsfosfor på andre arealer, hvor der er behov for fosfortilførsel. På denne måde vil tabet af fosfor til vandmiljøet på lidt længere sigt måske kunne mindskes,

Ved at afgasse gylle i biogasanlæg, og efterfølgende anvende den afgassede fiberdel og væskedel til forbrænding og gødskning, opnås samlet set en stor reduktion i udslippet af drivhusgasser. Dels kan den producerede biogas og energi fra forbrænding af fiberfraktionen erstatte fossil energi. Dels reduceres udslippet af metan fra gyllelagre og af lattergas fra ikke-afgasset gylle, som udbringes på markerne.

Bioafgasning øger dog gyllens pH, hvormed risikoen for **ammoniakfordampning** stiger. Men da biogasbehandling samtidig sænker gyllens viskositet, så gyllen nemmere trænger ned i jorden, udlignes pH-effekten mere eller mindre.

**Halm** kan i lighed med den afgassede gyllefiberdel forbrændes og derved udnyttes til energiformål. Halm bliver dog også i vidt omfang anvendt som gødning ved nedsmuld-

---

18 Jørgensen og Petersen (2006): Interactions between biomass energy technologies and nutrient and carbon balances at the farm level. [FVM (2008): 135]



ning. Afbrænding af halm forventes ikke at ændre væsentligt på **kvælstofudvaskningen** fra landbrugsarealer.

Afbrænding af halm betyder samtidig, at der fjernes lidt mere **fosfor** fra arealet, end hvis halmen nedmuldes. Det kan i lighed med afbrænding af gyllefibre medvirke til at reducere fosforoverskuddet på husdyrgødede arealer.

Afbrænding af halm og gyllefiberdelen mindsker desuden tilbageførslen af **organisk stof** til markerne. Organisk stof er meget vigtigt for jordens humusindhold og dermed dens kvalitet som dyrkningsmedium. Med mindre der iværksættes kompensatoriske tiltag kan afbrænding af al halm og alle gyllefibre derfor i yderste konsekvens medføre dårligere næringsstofudnyttelse og plantevækst.

**Energiafgrøders** betydning for næringsstoffetabet afhænger i høj grad af, hvilken **arealanvendelse** der erstattes og hvilke afgrøder, der er tale om. Ved inddragelse af f. eks. brakarealer til dyrkning af energiafgrøder vil det typisk medføre en betydelig stigning i nitratudvaskningen og fosfortab. Dette skyldes at næringsstoffetabet fra brakarealer, herunder især permanent brak, generelt er meget lav. Dog vil der som nævnt på grund af Vandmiljøplanen ikke kunne tilføres mere gødning ved udvidelse af det opdyrkede areal, hvorfor udvaskningen og tilførslen fra andre arealer må ventes at blive mindre. Da brakarealer kan have betydning for bl.a. biodiversiteten, kan der dog være andre naturmæssige problemer forbundet med opdyrkning. Derimod vil omlægning fra dyrkning af f. eks. raps til spiseolie til raps til biodiesel ikke ændre på dyrkningspraksis og således heller ikke på næringsstoffetabet.

En anden afgørende faktor for næringsstoffetabet ved dyrkning af biomasse til energiformål er **afgrødetypen**. Her har det især betydning om der er tale om enårig eller flerårig afgrøde. De flerårige afgrøder som græs, pil, lucerne mv. har et permanent og ofte dybt rodnet. Mindre hyppig jordbearbejdning og et mere varigt plantedække af lucerne minimerer risikoen for såvel kvælstofudvaskning som fosforerosion.

Dyrkning af **flerårige energiafgrøder** vurderes således ikke at indebære en øget risiko for udvaskning i forhold til braklægning. Dette forudsætter dog, at kvælstofbehovet og tilførslen er forholdsvis lille samt at arealerne i hele dyrkningsperioden er beplantet uden at jorden kultiveres, således at det tilførte kvælstof bliver optaget. Det permanente rodnet sikrer en løbende N-optagelse gennem hele vækstsæsonen.

## Lattergas

Ved omsætning af jordens indhold af **kvælstof** ( $N_2$ ) dannes **lattergas** ( $N_2O$ ). Lattergas er en meget aggressiv drivhusgas, der er omkring 310 gange kraftigere end  $CO_2$ . Omfanget af emissionen afhænger bl.a. af jordstruktur, mikroklima og fugtighed. Ligesom også dyrkning og dyrkningsforhold spiller en rolle.

Lattergasemissionen er generelt mindst fra natur- og skovarealer og størst på dyrkede landbrugsjorder. Dette skyldes landbrugets anvendelse af kvælstofgødning. Kvælstof er et vigtigt næringsstof for planter. Derfor er jordens indhold af plantetilgængeligt kvælstof afgørende for en høj produktion. Af samme grund tilfører landbruget kvælstof til jorden. En del af denne kvælstof vil dog blive omdannet til lattergas.



Lattergasudslip fra landbrugsarealer afhænger hovedsagelig af den proces, hvormed bakterier omdanner ammonium ioner ( $\text{NH}_4^+$ ) til nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) samt de processer, hvorigennem nitrat kemisk reduceres til frit kvælstof ( $\text{N}_2$ ), lattergas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) eller NO. Disse processer kaldes **nitrifikation** og **denitrifikation**. De hænger igen sammen med mineralisering og immobilisering hvor uorganiske kvælstofforbindelser omdannes til organiske forbindelser og omvendt.

På grund af usikkerhed omkring lattergasemissionen, er det vanskeligt præcist at angive den enkelte biomasseproduktions drivhuseffekt i  $\text{CO}_2$ -ækvivalenter. Dermed bliver det svært at sammenligne med den  $\text{CO}_2$ -fortrængning, der opnås ved substitution af kul med biomasse. Det er dog klart, at risikoen for udslip er større ved dyrkning af afgrøder med stort kvælstofbehov.

Dyrkning af **korn** indebærer typisk anvendelse af en stor mængde kvælstofgødning, hvilket medvirker til at øge udslippet af lattergas fra landbrugsarealet. Også **raps** har et forholdsvis stort behov for tilførsel af kvælstofgødning, der skal holdes op imod nettofortrængning af  $\text{CO}_2$  ved brug af RME-biodiesel til erstatning af fossil diesel. Dog skal også anvendelse af biprodukter i form af rapshalm, glycerin og rapskage tages med i den samlede betragtning. Tilsvarende gælder for produktion af **2. generations bioethanol** ud fra eksempelvis **halm**. Isoleret set er det som nævnt mere energieffektivt og dermed  $\text{CO}_2$ -fortrængende at anvende halmen til kraftvarmeproduktion. Men da bioethanol-processen kan tilbageføre værdifuldt organisk materiale til landbruget i form af enten foder eller gødningsprodukter, bør dette tælle med i den samlede vurdering.

## Pesticider

Pesticider er **kemiske sprøjtemidler**, der anvendes i landbrug, skovbrug, på gartnerier og plantager til at bekæmpe levende organismer som insekter, svampe og ukrudt. For at et pesticid kan tillades, skal producenten dokumentere, at rester af pesticidet i fødevarer ikke er giftigt for mennesker.

I Danmark har Danmarks Fødevarerforskning ansvaret for den sundhedsmæssige vurdering af pesticidrester i fødevarer, mens Miljøstyrelsen vurderer konsekvenserne for miljøet og giver den endelige godkendelse. På overordnet nationalt plan reguleres området af Lov om kemiske stoffer og produkter samt en række bekendtgørelser. På EU-plan gælder bl.a. Plantebeskyttelsesmiddeldirektivet og REACH.<sup>19</sup>

Anvendelse af kemi i landbrug, industri og husholdning tog først rigtig fart i 1950'erne. Indtil midten af 1980'erne, hvor man begyndte at finde pesticider i **grundvandet**, anså man ikke sprøjtemidlerne for et problem i forhold til grundvandet. I de sidste 15 år, hvor der er blevet holdt øje med grundvandets indhold af pesticider, er der fundet flere og flere forurenede boringer.

Grænseværdien for pesticider i **drikkevand** er  $0,1 \mu\text{g/l}$ . Det svarer til et gram pesticid i ti millioner liter vand. Den meget lave grænseværdi skyldes, at pesticidernes skadelige virkninger på mennesker ikke er fuldkommen afdækket. Det er især det senest dannede grundvand i mindre dybe boringer, der indeholder pesticidrester. Men der kan påvises

<sup>19</sup> Se: [http://www.mst.dk/Bekaempelsesmidler/Pesticider/Lovgivning\\_bekaempelsesmidler.htm](http://www.mst.dk/Bekaempelsesmidler/Pesticider/Lovgivning_bekaempelsesmidler.htm)



pesticider ned til 80 meters dybde. Omkring halvdelen af det grundvand, der er dannet i løbet af de seneste 25 år, er forurenet med pesticider dog oftest under grænseværdien for drikkevand.

Det grundvand, vi i dag henter op af undergrunden, er typisk dannet over 30-50 år. Siden da er brugen af pesticider øget betydeligt. Kraftige regnskyl og naturlige sprækker i de dybere lerlag kan desuden få pesticiderne til at sive så hurtigt ned til grundvandet, at de ikke når at blive nedbrudt eller delvist nedbrudt i de øverste jordlag. Klimaforandringer med kraftigere regnskyl kan dermed medvirke til at øge forureningen med pesticider i vores grundvandsreserver.

I løbet af en årrække kan det forventes, at regnvandet fra de mest sprøjteintensive år når frem til de grundvandsmagasiner, vi i dag borer fra. Mange steder kan problemet løses ved at bore dybere og hente vandet fra bedre beskyttet og ældre grundvand. Andre steder kan man rense drikkevandet. Rensning af drikkevandet fjerner imidlertid ikke truslen fra pesticider mod **vandmiljøet** som sådan. En del af grundvandet ender før eller siden i vandløb og søer. Ligesom afløb fra marker kan havne i disse, især i perioder hvor sprøjteintensiteten er stor.

I det danske vandmiljø kan et for stort indhold af pesticider have betydelig negativ effekt på plante- og dyrelivet. Der mangler dog viden om de mulige langtidsvirkninger på området. På de dyrkede marker har brugen af pesticider betydning for antallet af især fugle, hvis fødegrundlag forringes. Økologiske landbrug har derfor generelt en større bestand af ynglefugle.

Dyrkning af **energiagrøder** vil have betydning for pesticidforbruget. Med mindre der stilles krav om pesticidfri dyrkning vil inddragelse af brakarealet udvide det dyrkede areal og dermed det samlede pesticidforbrug. Dette gælder også, hvis brakarealet inddrages til dyrkning af energiagrøder. Kvalitetskravene til energiagrøder er dog ofte lavere end ved dyrkning af traditionelle fødeafgrøder. Det kan i nogen grad reducere pesticidforbruget. Bortset fra i etableringsfasen er flerårige energiagrøder konkurrencestærke overfor ukrudt og har derfor et lavere pesticidbehov.

Ifølge de nuværende regler må der højst sprøjtes én gang med herbicider inden et brakareal igen opdyrkes. Ved dyrkning af flerårige afgrøder som pil og elefantgræs er der behov for ukrudtsbekæmpelse i etableringsårene og eventuelt efter høst. Derimod forventes behovet for sygdoms- og skadedyrsbekæmpelse at være relativt lille. Under alle omstændigheder vil dyrkning af energiagrøder dog føre til en øget anvendelse af pesticider på arealet sammenlignet med braklægning.

Anvendelsen af få kloner kan minimere den **genetiske variation** i afgrøden og gøre dem sårbare for sygdom- og skadedyrsangreb, hvilket kan resultere i et stort bekæmpelsesbehov. Der bør derfor ved dyrkning af flerårige afgrøder ikke sættes på et for snævert genetisk materiale, men derimod på resistente sorter og kloner, ligesom der gennem forædling bør arbejdes med kloner/sorter, som ikke kræver intensiv plantebeskyttelse.

I lighed med energiagrøder er anvendelsen af **sprøjtemidler i skovbruget** kun aktuel i få år omkring tilplantning. Når først skovkulturen er i god vækst, er den meget konkurren-



cedygtig over for ukrudt. Udnyttelse af **husdyrgødning** til energiformål via biogasanlæg har ikke nogen direkte betydning for pesticidforbruget. Fjernelse af **halm** kan derimod have en positiv indflydelse på forskellige kornsygdomme i kornrige sædskifter, især ved reduceret jordbearbejdning. Hvis energiudnyttelse af husdyrgødning og halm på længere sigt fører til et kritisk lavt indhold af organisk stof i jorden, kan dyrkningssikkerheden dog reduceres med et stigende pesticidbehov til følge. Dette vil kunne modvirkes ved i et vist omfang at tilbageføre jorden organisk materiale i form af organiske biprodukter fra produktionen af biogas og bioethanol.

## Jordbund og kulstoflagring

Dyrkning kan have betydning for **jordens kulstofindhold** på to forskellige måder. I jorder med stor binding af kulstof kan dyrkning føre til frigivelse af dette, hvilket kan resultere i væsentlige drivhusemissioner. I jorde med lavt indhold af kulstof kan dyrkning føre til udpining og forringelse af dyrkningskvaliteten, hvilket kan øge behovet for tilførsel af kemiske stoffer.

Opdyrkning af **vådområder**, der har en høj kulstofpulje i jorden, vil generelt være u hensigtsmæssig ud fra et klimamæssig synspunkt. Samtidig vil også **lavbundsjorder**, der ofte har en høj binding af organisk materiale og dermed kulstof, som nævnt med fordel kunne trækkes ud af korndyrkning. Intensiv jordbearbejdning af sådanne arealer i forbindelse med den årlige omlægning af afgrøder kan bidrage til en kraftig mineralisering af dette organiske stof og dermed lede til store næringstab og drivhusgasemissioner. I alt består ca. 500.000 ha af den danske landbrugsjord af lavbundsjorder.

Alle former for bioenergi beror på et **udtræk af organisk bundet kulstof** fra jordbruget efterfulgt af den ene eller anden form for afbrænding af kulstoffet. Dette vil alt andet lige reducere jordens indhold af kulstof, hvilket kan have alvorlig betydning for jordens **dyrkningskvalitet**. Jordens kulstofpulje er dog meget stor og ændringer i denne finder sted over en meget lang tidshorisont. Ændret landbrugspraksis kan således give anledning til opbygning eller nedbrydning over flere hundrede år, indtil en ny ligevægt opstår. Medmindre der er tale om jorder med et i forvejen kritisk lavt kulstofindhold, vil det dog ikke have dyrkningsmæssig betydning på kort sigt.

Kritisk kulstofindhold afhænger af en række forhold, herunder jordbund samt af dyrkningsform og -intensitet. På sandjorder med kvægbrug og dermed græs i sædskiftet vil jordens kulstofindhold generelt opbygges.<sup>20</sup> Særligt på lerede jorder med svine- eller planteavlbrug har **halmnedmuldning** imidlertid afgørende betydning for opretholdelse af jordens dyrkningskvalitet. Halmfjernelsen kan dog kompenseres ved øget anvendelse af efterafgrøder eller ved at jorden tilbageføres organiske biprodukter fra produktionen af f. eks. bioethanol.

**Afbrænding af fiberfraktionen fra husdyrgødning** vil derimod kræve en omfattende tilpasning i dyrkningspraksis for at bevare jordens kulstofindhold. En afgørende årsag hertil er, at kulstof tilført med husdyrgødning har op mod dobbelt så stor betydning for

---

20 Christensen (2002): Biomasseudtag til energiformål – konsekvenser for jordens kulstofbalance i land- og skovbrug. DJF Rapport Markbrug nr. 72.



jordpuljens langsigtede udvikling som kulstof tilført med plantemateriale. Kompensation for den nuværende gennemsnitlige tilførsel med husdyrgødning i Danmark vil således kræve efterafgrøder i alle marker.<sup>21</sup>

**Energiafgrøders betydning** for jordens kulstofindhold afhænger bl.a. af, om hele afgrøden (f. eks. helsæd til ethanol) eller kun en fraktion (frø af raps, nedmuldning af halm) udnyttes samt i hvilken grad, jorden tilbageføres organiske restprodukter fra produktionen af bioenergi. En anden væsentlig faktor er, hvorvidt der er tale om enårige eller flerårige afgrøder. I dagens landbrug bidrager korndyrkning til en reduktion af kulstofpuljen, mens græsdyrkning bidrager til en opbygning af kulstofpuljen. Flerårige energiafgrøder såsom pil, elefantgræs eller lucerne må ligeledes formodes at bidrage til opretholdelse eller opbyggelse af kulstofpuljen.

### Grundvand og vandbalance

99% af Danmarks vandforsyning er baseret på grundvand. I international sammenhæng er det en usædvanligt stor andel. Grundvandet trues imidlertid i stigende grad af **overudnyttelse** i forhold til grundvandsdannelsen samt af **forurening** fra lossepladser, deponering og spild fra industriproduktionen, samt jordbrugets gødnings- og pesticidforbrug.

Forurening med **nitrat** udgør en væsentlig trussel mod grundvandet. Hovedårsagen er kvælstofudvaskning fra landbrugsarealer. Især er betydelige dele af de jyske grundvandsmagasiner truet af nitratnedsivning. I Østjylland og på øerne er stigningen i nitratindholdet i de øvre, sandede grundvandsmagasiner mere begrænset.

**Afgrødetype og dyrkningsform** har som nævnt stor betydning for **udvaskningsgraden**. Generelt er der en meget lav nitratnedsivning under skovarealer og fra arealer med flerårige afgrøder. Under forudsætning af moderat anvendelse af hjælpepestoffer giver dyrkning af vedvarende græs, flerårige afgrøder og skov derfor overordnet set den bedste beskyttelse af grundvandet mod kvælstof og pesticider.

Afgrødevalg kan samtidig have stor betydning for **vandbalancen**. **Flerårige energiafgrøder** har en lang vækstsæson, dybe rødder og er typisk høje, hvorved atmosfæren har større kontakt med afgrøden. Det giver mulighed for en stor potentiel fordampning, hvilket kan mindske genopfyldningen af grundvandsmagasiner under afgrøderne. Særligt pil har et stort vandforbrug i forhold til traditionelle foder- og fødevarerafgrøder som fx hvede. Store pilearealer i områder af landet som Østdanmark, hvor grundvandskvantiteten er lav, vil derfor være et problem. Derimod vil det næppe vil være et problem i Vestdanmark og andre områder med stort nedbørsoverskud. I disse områder er det ofte grundvandskvaliteten, der er det største problem.

Da **energiafgrøder** som pil har gode **vandrensningsegenskaber**, kan vanding med delvist rensat **spildevand** dog være en mulig løsning. Udover at have en positiv indvirkning på grundvandsdannelsen og reducere rensningsomkostningerne, vil det kunne opfylde planternes behov for vand og dermed bidrage til deres vækst. En tilplantning af sårbare vandindvindingsområder med et plantevalg og en dyrkningsform,

<sup>21</sup> Fødevarerministeriet (2008): 138-139.



der beskytter vandressourcerne, vil således kunne medvirke til at beskytte grundvandsressourcen.

I sammenhæng med klimaforandringer og øgede nedbørsmængder er en høj fordampning fra energiafgrøder desuden ikke nødvendigvis et problem. Over de seneste 30-40 år er den årlige nedbør i Danmark øget med ca. 100 mm.<sup>22</sup> Stigende regnvandsmængder kan lede til øget risiko for oversvømmede landbrugsarealer og forhøjet grundvandstand på en række jordtyper. I visse områder vil energiafgrøder derfor kunne bidrage til at reducere problemer med vandafledningen.

Derudover har **jordens indhold af organisk stof** betydning for dens **vandbærende evne**. Hvis mængden af organisk stof i jorden nedbrydes, kan det føre til en reduktion af denne. Dog formodes betydningen for den samlede vandbalance kun at være af mindre omfang.<sup>23</sup>

## Vandløb

Den lave grundvandsstand har mange steder i landet bevirket en **mindsket vandføring** i vandløbene. Samtidig har stigende **forurening** reduceret vandløbenes artsdiversitet. Rigtigt placeret i landskabet vil flerårige energiplantninger af en vis størrelse kunne fungere som renseanlæg for bl.a. landbrugets drænvand.

I regeringensudspillet om **Grøn Vækst** fra 2009 lægges netop op til øget brug af energiafgrøder langs vandløb og søer samt en lempelse af afstandskravene op til vandløb og søer. Danmarks Naturfredningsforening, Dansk Ornitologisk Forening m.fl. har dog kraftigt kritiseret dette punkt i udspillet for ikke at tage hensyn til den øvrige natur i randzoner langs vandløb og søer. Dyrkning af energipil kan i den forbindelse være problematisk, da det ikke skaber gode forhold for dyre- og planteliv samt spærrer landskabets naturlige spredningskorridorer. Rent landskabsæstetisk vil f. eks. tilplantning med pil i randzonen desuden tage udsigten til mange vandløb.

## Skove

Siden vedtagelsen af den første skovlov i 1805 er det danske skovareal 4-doblet og udgør i dag ca. 534.500 ha, hvilket svarer til omkring 12,4% af det samlede landareal. Danmark er dog stadig et skovfattigt land i international sammenhæng. Til sammenligning er omkring 40% af det samlede areal i EU eksempelvis dækket af skov.<sup>24</sup>

Skovloven gælder for **fredskov**, der skal dyrkes i henhold til skovlovens betingelser, hvad enten den er offentligt eller privat ejet. Omkring 85% af Danmarks skovareal er fredskov. Resten kan bruges frit. Med den første skovlov blev grunden lagt til, at det primære driftsformål i skovene skulle være træproduktion. På grund af de barske klimatiske vilkår for datidens tilplantninger resulterede dette i et stort antal nåletræsplantager. Nåleskov har imidlertid ringe værdi som biotop og levested for dyr og planter.

22 Fødevarerministeriet (2008): 141.

23 Fødevarerministeriet (2008): 140.

24 <http://www.skovognatur.dk/Skov/Fakta/>



Den seneste skovlov lægger udover træproduktion vægt på miljø- og naturmæssige, landskabelige og kulturhistoriske hensyn samt hensyn til friluftslivet. Der skal tages **flersidige hensyn** ved driften af alle skovarealer. Herudover lægges vægt på bevarelse af genressourcerne samt beskyttelse af særligt værdifuld skov. Ligesom skovarealet i højere grad end før kan bruges til formål, som giver plads til enge, heder og andre naturarealer til gavn for artsvariationen.

Derudover binder skove store mængder CO<sub>2</sub>, hvilket har en klimamæssig betydning. Der kan i det nationale CO<sub>2</sub>-regnskab ved skovtilplantning med fredsskovspligt medregnes en internationalt anerkendt CO<sub>2</sub>-reservoirfunktion, der svarer til den mængde CO<sub>2</sub>, der i gennemsnit over tid og rum bindes i skoven.

### **Biotoper og arter**

Samlet set er biotoper i stort tal forsvundet eller forringet de sidste 100 år som følge af menneskelig aktivitet. Det har haft alvorlig betydning for artsdiversiteten. Danmark ligger unikt placeret mellem den atlantiske region og kontinentet og mellem den salte Nordsø og Østersøens brakvandshav samt har et omskifteligt klima med betydelige regionale forskelle. Selvom landet arealmæssigt er lille, er det levested for et stort antal vilde dyre- og planterarter (ca. 30.000). Siden 1850 er i alt 343 dyr og planter imidlertid forsvundet fra den danske natur, og yderligere 51 er i fare for at uddø inden 2010.<sup>25</sup>

Medvirkende hertil har været landskabets **fragmentering** i isolerede biotoper. Det har nedsat arternes spredningsmuligheder og øget den genetiske isolation. Som følge heraf er mange arter forsvundet lokalt. De tre hovedkategorier af afgrøder: enårige traditionelle landbrugsafgrøder, flerårige energiafgrøder i kort rotation som pil og elefantgræs samt skov med integreret produktion af energitræ, har hver især forskellige konsekvenser for landskabets udseende og naturindhold. Anlægs måder og driftsformer er væsentlige for bedømmelsen af de naturmæssige konsekvenser.

Overordnet set er der et større naturindhold og flere rekreative værdier i varierede **skove** med den dertil hørende bundvegetation og fauna end i monotone kulturer og **flerårige afgrøder** i kort rotation. Ligesom der er et større naturindhold i de flerårige afgrøder i kort rotation end i **enårige afgrøder** som korn, hvor markerne kultiveres årligt. Når der ses bort fra miljømæssige perspektiver ved slutanvendelsen er det ud fra et natur- og miljømæssigt synspunkt vanskeligt at se fordelene ved en massiv, konventionel dyrkning af enårige afgrøder til energiformål. Dog kan dyrkning af netop enårige afgrøder rumme væsentlige landskabsæstetiske værdier.

I alle tilfælde kan der kompenseres for monokulturernes negative virkninger, hvis biomassearealerne anlægges med størst muligt naturindhold for øje, det være sig i form af fx uberørte **bræmmer, korridorer, skovbryn, vandhuller** og lignende småbiotoper. Desuden er det vigtigt, at der anvendes planter, der ikke spreder sig ukontrolleret i landskabet.

---

<sup>25</sup> [MST \(2004\): Natur og Miljø 2004 - Tema: Danmarks natur](http://www2.mst.dk/common/Udgivramme/Frame.asp?http://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2005/87-7614-725-8/html/kap04.htm)  
<http://www2.mst.dk/common/Udgivramme/Frame.asp?http://www2.mst.dk/udgiv/publikationer/2005/87-7614-725-8/html/kap04.htm>





Der er i landbruget tendenser, der peger på en udvikling mod en **ændret arealanvendelse**. Bl.a. er der tegn på **marginalisering** og interesse for eksempelvis privat skovtilplantning i visse egne af landet. En række lavbundsarealer i disse områder fx i ådale og på strandenge er blevet udtaget af omdriften. Endvidere er der genskabt en række vandområder og sammenhængende spredningskorridorer i landskabet, ligesom naturbeskyttelsesloven har medført skærpede beskyttelseskrav for en række arealtyper.

De seneste 10-15 års begyndende marginalisering og **naturgenopretning** har ført til genoprettelse af mange småbiotoper i agerlandet og til skabelse af nye. Hensigtsmæssig anlæggelse og drift af især skove og flerårige energiafgrøder vil yderligere kunne accelerere denne udvikling og medvirke til at binde biotoperne sammen i større netværk. Der er dog modsætningfyldte tendenser på området.

Da flerårige energiafgrøder som nævnt generelt er mindre plejekrævende end enårige traditionelle afgrøder, vil man i forhold til disse bedre kunne tilstræbe en mere miljøvenlig produktion med lavere input af f. eks. pesticider, ligesom man kan tilstræbe at plante i mønstre, der øger randvirkningerne, for derved at udnytte at der som i skov er størst artsdiversitet i randen af beplantningen.

Plantning af flerårige energiafgrøder giver desuden bedre levemuligheder for arter, som ikke trives i enårige afgrøder i landskabet. Ligesom flerårig tilplantning af nogle arealer i landskabet kan sikres en øget biodiversitet på landskabsniveau. Det kan endvidere have friluftsmæssig betydning, idet tilplantning med energiafgrøder også kan medvirke til at fremme jagtmulighederne. I forhold til ikke-dyrkede brakarealer vil dyrkning af energiafgrøder dog stadig have en generelt negativ effekt på artsdiversiteten.

Under visse betingelser er det dog muligt at udnytte kombinationer, der både giver biomasseproduktion og naturværdi. Muligheden for at benytte **slæt fra naturområder** som engarealer til energiformål som et redskab til naturpleje er oplagt. Til sammenligning med afgræsning vil høst og fjernelse af plantematerialet betyde, at der fjernes næringsstoffer fra områderne. Det kan have en væsentlig naturmæssig fordel, idet det kan være med til at beskytte og sikre en næringsstoffattig vegetation. Udnyttelse af **restprodukter** fra foder- og fødevarerproduktionen til bioenergi er også en oplagt mulighed. Derudover tyder forsøg som nævnt på, at der kan være betydelige synergieffekter forbundet med kombination af grisehold på friland og dyrkning af energiafgrøder som pil.

## Landskab og lugtgener

Dyrkning af **energiafgrøder** kan ligesom skov og andre landbrugsafgrøder have betydelig landskabsmæssig indvirkning. Gule **rapsmarker** er eksempelvis meget markante i en periode af foråret, ligesom høje afgrøder som **majs** eller **pil** kan skærme for udsynet til dele af landskabet. Flerårige energiafgrøder kan tilmed skærme udsynet over en længere periode. Af samme grund er det afgørende, at placeringen af energiafgrøder, der bliver meget høje og derfor lokalt vil komme til at dominere landskabet i en længere periode, sker under hensynstagen til **landskabsæstetiske værdier** samt hensynet til f. eks. naboer.



Da **afgasning** reducerer gyllens indhold af ildelugtende organiske bestanddele, kan biogasanlæg medvirke til at **begrænse lugtgener** ved håndtering af husdyrgødning. Det betyder, at lugtgener ved udbringning af afgasset gylle på markerne er mindre end ved udbringning af ubehandlet gylle. Omvendt kan tilsætning af visse typer industriaffald i biogasanlæg i nogle tilfælde medføre større lugtgener end ved anvendelse af ren husdyrgødning. Den meget markante udbygning med biogas, som Folketinget besluttede med Grøn Vækst forliger 16. juni 2009, efter hvilken anvendelsen af husdyrgødning i biogasanlæg skal øges fra aktuelt 5 % til 50 % vil imidlertid i høj grad ske i biogasanlæg, hvor der ikke tilføres industriaffald. I stedet kan husdyrgødningen suppleres med biomasse fra plejekrævende naturarealer, energiafgrøder m.v. Desuden kan håndtering af store mængder gylle og anden biomasse på selve biogasanlæggene medføre lugtgener. Disse er imidlertid omfattet af anlæggets miljøgodkendelse, som lægger loft over den tilladte udledning af lugt. Moderne luftrensningsteknologi kan bidrage til at reducere påvirkningen af omgivelserne. Biogasproduktion skal ske i lukkede tanke, da der er tale om en anaerob proces.

## EU-målsætninger

Det er for så vidt muligt at opfylde EU's krav til biobrændstoffer i transportsektoren alene med danske råvarer. Det kræver imidlertid en omprioritering af landbrugsarealer, valg af afgrøder og ikke mindst anvendelser af den producerede biomasse.

Det samlede danske landbrugsareal er på ca. 2,7 mio. hektar. Heraf dyrkes korn på omkring 1,5 mio. hektar. Dermed er korn den dominerende afgrøde på det danske landareal. I løbet af de sidste 50 år er der dog sket markante forskydninger mellem kornsorterne. For 50 år siden var havre særdeles udbredt, idet den blev brugt som foder til heste, der blev anvendt både til transport og markarbejde. Grovfoder til kvægbruget udgør i dag over 600.000 hektar. Det var tidligere domineret af græs og roer, men i dag har majs næsten fuldstændig fortrængt roerne. Foderroearealet er derfor reduceret markant over de seneste 30 år.

Siden reformen af EU's landbrugspolitik i 1992 er 175-200.000 hektar blevet braklagt årligt. Rapsarealet var i starten af 1990'erne på ca. 180.000 hektar. Arealet har i en årrække ligget på 110-120.000 hektar, men er igen i 2007-2008 oppe på omkring 170-180.000 hektar. Samlet set udgør rapsarealet i dag ca. 5 % af det samlede opdyrkede areal.

Det samlede forbrug af benzin og dieselolie til vejtransport udgjorde i 2007 170 PJ, hvoraf dieselandelen var på ca. 55%. Den generelle tendens i Danmark såvel som Europa er, at forbruget af diesel stiger, hvorimod forbruget af benzin falder. Dette skyldes hovedsagelig et stigende salg af dieselpersonbiler.

Det må forventes, at teknologien til produktion af 2. generations bioethanol ud fra halm bliver udviklet og kommerialiseret inden for de næste par år. Det betyder, at en del af den halm, der i dag ikke udnyttes i husdyrbruget eller til energiformål, vil kunne anvendes til produktion af bioethanol, og at en del af den halm, der i dag anvendes som brændsel i kraftværker, vil kunne anvendes til en kombineret produktion af bioethanol og kraftvarme.



Den tilgængelige halmmængde, som i dag ikke udnyttes, er på op til 1 mio. tons årligt. Brug af denne til produktion af 2. generations bioethanol vil kunne dække 6,5% af energiindholdet i benzin i 2020 ved det ovenfor nævnte benzinforgbrug. Ethanoludbyttet pr. tons halm er ca. 250 liter. Hvis de yderligere ca. 1 mio. tons halm, der ifølge biomasseaftalen aktuelt anvendes som brændsel i kraftvarmeværker, i stedet blev brugt til kombineret produktion af bioethanol og kraftvarme, ville overskudsbiomasse i form af halm kunne dække ca. 13% af energiindholdet i benzin.

Det er derfor ikke urealistisk, at bioethanol fra halm og afgrøder vil kunne dække op imod 30% af benzinforgbruget i 2020, samtidig med at betydelige arealer bruges til dyrkning af raps til biodiesel. Det vil kunne øges til ca. 45% af energiindholdet i benzin ved anvendelse af roer fra fx 100.000 hektar og korn fra 220.000 hektar til en kombineret produktion af bioethanol og foder. Når 2. generations bioethanolteknologien er udviklet og ethanoludbyttet er optimeret, vil det også være muligt at anvende andre afgrøder som råvarer, herunder flerårige energiafgrøder som f. eks. pil.

Derimod er der begrænsninger for, hvor stor en del af dieselforgbruget, der kan dækkes med biodiesel fra animalsk fedt og raps. Da der ikke kan dyrkes mere end maksimalt 250.000 hektar raps, er det ikke realistisk, at biodiesel vil kunne udgøre mere end 16-17% af dieselforgbruget.

Samlet set vil omkring 20% af transportsektorens totale energiforgbrug i 2020 kunne dækkes med bioethanol fra 2 mio. tons halm, roer fra 50.000 hektar og korn fra 100.000 hektar, og af biodiesel fra animalsk fedt og raps fra 250.000 hektar. Det vil sige, at en femtedel af transportsektorens energiforgbrug vil kunne dækkes med restprodukter samt afgrøder fra ca. 400.000 hektar – det svarer til 15% af landbrugsarealet.

Hvis man i stedet vælger at fokusere på maksimal dyrkning af afgrøder til bioethanol frem for biodiesel, ville man kunne dække ca. 25% af transportsektorens energiforgbrug på de samme 15% af landbrugsarealet (400.000 hektar) ved at dyrke 100.000 hektar roer, 220.000 hektar korn og 80.000 hektar raps samtidig med, at 2 mio. tons halm udnyttes og hele potentialet på 110 mio. liter biodiesel fra animalsk fedt udnyttes. Hertil kommer, at biogas fra de tilgængelige overskudsbiomasser i form af husdyrgødning og industriaffald, spildevandsslam m.v. alene kan dække yderligere 20-25 % af vejtransportens energiforgbrug.

Det er således muligt at producere tilstrækkelige mængder bioethanol og biodiesel til at dække samme andel af transportsektorens energiforgbrug som vedvarende energi i dag udgør på elområdet. Herved vil transportsektorens CO<sub>2</sub>-udslip blive reduceret med 20-25% i forhold til ren anvendelse af fossil diesel og benzin.

Da biomasse er en begrænset ressource og brændstoffer derudover er internationalt handlede varer, vil dansk biomasse alene dog ikke kunne dække hele det danske forbrug af transportbrændstoffer. Ikke desto mindre er der tilstrækkelig biomasse i Danmark til at nå ikke blot de af EU fastsatte målsætninger for 10% iblanding af biobrændstoffer i 2020, men til at dække en betydelig del af transportenergiforgbruget.



Det kræver dog en omhyggelig vurdering og prioritering af de overordnede mål for vedvarende og fornybar energi samt for anvendelse af biomasse. Til dette hører undersøgelse af blandt andet arealanvendelse, valg af afgrøder, dyrkningsformer og udnyttelse af den eksisterende biomasse samt disse redskabers betydning for natur, klima, forsyningssikkerhed, fødevarerpriser mv. Samtidig indebærer det en vurdering af såvel biomassens betydning for transportsektorens placering i det samlede energisystem.

## Opsamling

Mængden af biomasse, der er tilgængelig for energiformål, kan øges på mange forskellige måder. Vil man øge biomassen til energiformål indenfor planteavlsområdet i Danmark, kommer man ikke uden om at ændre på arealanvendelsen i landet. Den for energiformål tilgængelige biomasse kan øges ved enten at udvide det dyrkede areal eller omlægge eksisterende arealer til andre typer af afgrøder. Desuden kan man ændre anvendelsen samt effektivisere udnyttelsen af den eksisterende biomasse.

I Danmark vil det således være oplagt at udnytte energiindholdet i allerede eksisterende biprodukter som husdyrgødning og halm yderligere. Dertil kommer et mindre men ligeledes hidtil uudnyttet potentiale for anvendelse af slæt fra plejekrævende arealer til bioenergi. Sluttelig er det også i noget omfang muligt, målrettet at dyrke biomasse til energi på en del af landbrugsarealet uden at dette vil have alvorlige konsekvenser for hverken foder- og fødevarerproduktion eller natur og miljø. Det er dog et kompliceret område, som det er svært at sætte tal på.

## Flersidige formål og hensyn

Dyrkning af jorden vil altid påvirke miljøet. Men dyrkede arealer er samtidige nødvendige for foder- og fødevarerproduktion samt fremstillingen af træ, tømmer og en række andre produkter. Skov- og landbrug kan desuden rumme f. eks. kulturhistoriske og landskabsæstetiske værdier. Samfundsmæssigt set er det en overordnet interesse, at naturen vedblivende kan tjene så mange formål som muligt, herunder jordbrugsmæssige, miljø-, klima- og naturmæssige, rekreative og kulturhistoriske foruden æstetiske og psykologiske.

Agerlandet rummer væsentlige **landskabsæstetiske og kulturhistoriske** elementer. Men det seneste århundredes tiltagende intensivering af landbruget har haft alvorlige konsekvenser for landets **natur og miljø**. Tabet af næringsstoffer og forekomsten af pesticider, fra de dyrkede arealer til omgivelserne er hovedårsagen til en række af de væsentligste nutidige miljøproblemer. Blandt disse hører eutrofiering af vandmiljøet og kontaminering af grundvandsressourcen samt tab af biodiversitet. Andre væsentlige faktorer har været udvidelse af landbrugsarealet ved dræning og afvanding samt opdyrkning af marginaljorder og fragmentering af naturen gennem nedlæggelse af hegn og spredningskorridorer.

**Skovene, de vedvarende græsarealer, heder, moser og øvrige småbiotoper** har i modsætning til agerbruget en generelt positiv påvirkning af miljøet. Dette skyldes bl.a.



at de fungerer som bufferzoner til dyrkede arealer og derved er med til at sikre kvaliteten af grundvandsressourcen. Hertil kommer den klimamæssige betydning af skovenes

CO<sub>2</sub>-binding ligesom vådområder og andre arealer uden for omdrift kan have en betydelig kulstofbinding i jorden. Disse arealers artsrigdom er samtidig med til at sikre den biologiske mangfoldighed i det vilde danske dyre- og planteliv. Især skovene har også stor betydning for turisme og friluftsliv. Men den øgede efterspørgsel efter egnede arealer til de forskellige former for friluftsliv øger presset på arealressourcerne og på plante- og dyrelivet.

### Samlede energi- og drivhusgasbalance

Da areal og biomasse som nævnt er en begrænset ressource, er det vigtigt at sammenligne forskellige former for bioenergi mht. nettoenergiudbytte og -drivhusfortrængning samt andre effekter på miljø og natur.

I den forbindelse er det ikke relevant, hvor mange liter biobrændstof der kan produceres per hektar. Men det er relevant, hvor mange liter der er tilbage, når man har fratrukket forbruget til produktion af gødning og pesticider, til motordrevne redskaber i marken og til konvertering af biomassen til biobrændstof mv. Derudover er det også af betydning, i hvilken grad biomasseproduktionen har påvirket omgivelserne med hensyn til biodiversitet, eutrofiering, fragmentering af landskabet mv. Dette gælder både påvirkningen af nære såvel som fjerne omgivelser.

Energistyrelsen har i en rapport fra 2007 foretaget en sammenlignende analyse af 12 alternative drivmidler til transportsektoren. Heri konkluderes, at bioenergi i Danmark indtil videre generelt anvendes mest energieffektivt til el- og varmeproduktion. Dog fremhæves det at "Biobrændstoffer kan ved iblanding anvendes her og nu i eksisterende køretøjer og kan vise sig som en mulig overgangsteknologi på vej mod mere langsigtede løsninger, herunder anvendelse af teknologier baseret på brændselsceller og elmotorer i transportsektoren".<sup>26</sup>

I Energistyrelsens beregninger er inkluderet CO<sub>2</sub>-emissioner fra energiforbruget til produktion af biomasse i forhold til en tilsvarende produktion af fossile drivmidler samt emission af lattergas ved produktionen af biomasse. Bioenergiproduktets betydning for jordens indhold af kulstof er imidlertid ikke indregnet.

En samlet analyse af **drivhusgasbalancen** kan give overraskende resultater til sammenligning med en isoleret vurdering af bioenergis effektivitet med hensyn til fortrængning af fossil energi. Eksempelvis har majs og soja til **1. generations bioethanol** generelt et højere udbytte per hektar end græsblandinger til **2. generations bioethanol**. Alligevel vil man under en række forudsætninger kunne forvente et højere nettoenergi-overskud per hektar samt nettodrivhusgasfortrængning fra græsarealerne.

Selv med brug af samme afgrøde på arealer med tilsvarende jordbundstype, klimatiske forhold mv. vil såvel udbytte som drivhusgasudledning variere betydeligt med dyrkningsform og dyrkningssystem. Af de forskellige bioenergiformer ser især biogas på

<sup>26</sup> Energistyrelsen (2008): Alternative drivmidler til transportsektoren: 5.



basis af gylle, 2. generations bioethanol på basis af halm eller træ samt DME fremstillet via forgasning af træ ud til at have betydeligt potentiale mht. drivhusgasfortrængning. Fortrængningen fra biogas baseret på gylle er særlig stor, da udnyttelsen på samme tid fortrænger anvendelse af fossile brændsler samt reducerer metan- og lattergasudslippet fra husdyrgødning.

Foruden Energistyrelsens sammenligning findes en række andre analyser af danske forhold. Disse arbejder dog ikke nødvendigvis ud fra samme rammer og forudsætninger og dækker sjældent mere end nogle enkelte teknologier. Generelt er der således et presserende behov for at få opstillet et bredt funderet dansk analyseværktøj med deltagelse af eksperter på både biomasseproduktion og konverteringsteknologier.

### **Eet sammenhængende energisystem**

Biomasse er basis for langt størstedelen af den vedvarende energiproduktion i Danmark. I 2007 dækkede vedvarende energi, herunder energi baseret på bionedbrydeligt affald, ifølge Energistyrelsen omkring 17% af det samlede danske energiforbrug. Ser man bort fra import og eksport af energi, udgjorde energi produceret af biomasse ca. 70% af den samlede indenlandske produktion af vedvarende energi. Alt i alt dækkede danskproduceret biomasse i 2007 således mere end 10% af det samlede danske energiforbrug.

Modsat den relativt stabile produktion af biomasse er energiproduktion fra kilder som solceller, vind- og bølgekraft fluktuerende. Der produceres el og dermed energi, når solen skinner og vinden blæser og samtidig er el-produktionen på landets kraftvarmeværker bundet til varmeproduktionen. Dertil kommer, at **energiforbruget varierer** med hensyn til såvel årstid som tid på døgnet. Generelt forbruges der mere varme om vinteren og mere el i dagtimerne. Det betyder, at der kan forekomme afsætningsmuligheder for varme om sommeren.

På en kold og blæsende vinterdag, hvor kraftvarmeværkerne producerer el i forbindelse med at de producerer varme til at dække et stort varmebehov, og hvor vindmøllerne producerer masser af el, forekommer der **el-overløb**. Ved el-overløb må den overskydende el eksporteres til meget lave priser, fordi der herhjemme mangler lagringskapacitet og fleksibilitet i anvendelsen af el.

Disse forhold stiller store krav til det **fremtidige energisystems lagringskapacitet og fleksibilitet**. Et sådant system bør indrettes så det hurtigt kan reagere på den aktuelle energiproduktion. Hertil er **integration mellem transportsektoren og det øvrige energisystem** nødvendig.

En måde at løse problemet med el-overløb, er at udbygge og forbedre **transmissionsforbindelserne** til udlandet. Det er imidlertid store omkostninger forbundet hermed set i forhold til mulige indtægter ved eksporten af el til lave markedspriser i overløbsperioder.

En anden og økonomisk set langt bedre løsning er at skabe et mere **fleksibelt system** indenlands. I den forbindelse bør man tilstræbe en mere varieret sammensætning af vejrafhængige energikilder med udbygning af bølgekraftanlæg, der producerer energi i



nogen tid efter vinden har lagt sig, samt solcelleanlæg, der producerer mest om sommeren, når de andre produktionsformer typisk producerer mindst.

Samtidig må der arbejdes på bedre at udnytte kraftvarmesystemets **reguleringsmæssige kapacitet** samt at skabe mere **fleksibilitet i el- og varmeforbruget** i forbrugerledet. I dag er der ikke længere nogen tekniske problemer forbundet med at opbygge et energisystem med konstant varierende el- og varmepriser.



## RAMMEBETINGELSER – lovgivning og mål for biobrændstoffer

*Dette afsnit forsøger at beskrive de lovgivningsmæssige rammer for at anvende og producere biobrændstoffer i Danmark. Rammerne er sat i EU, andre internationale organer og i Danmark via aftaler og lovgivning. Afsnittet beskriver ligeledes de væsentligste støtteprogrammer og tilskudsordninger for forskning og udvikling som har betydning for biobrændstofområdet. Endelig gives en status på arbejdet med fastsættelse af bæredygtighedskriterier for biobrændstoffer i EU og i Danmark.*

Anvendelsen af biomasse og vedvarende energi i det danske energisystem, er reguleret af rammebetingelser i form af love og målsætninger. Disse rammebetingelser er imidlertid under hastig udvikling og afspejler i stigende omfang såvel nye nationale som internationale stærke politiske prioriteringer af alternativer til fossile brændstoffer i form af vedvarende energi.

### DANMARK

I **regeringsgrundlaget fra november 2007** fastslås det, at Danmark skal være et grønt og bæredygtigt samfund med en visionær klima- og energipolitik. På langt sigt skal Danmark være **100 % uafhængig af fossile brændsler**. For at undersøge mulighederne for en virkeliggørelse heraf, blev der i marts 2008 nedsat en uafhængig klimakommission bestående af ti forskere med specialviden indenfor bl.a. klima, transport, landbrug og økonomi.<sup>27</sup> Frem mod år 2025 er der samtidig blevet vedtaget en række delmål for dansk energipolitik: Andelen af vedvarende energi skal fordobles, energiudnyttelsen skal effektiviseres og den offentligt finansierede indsats af forskning i energiteknologier skal fordobles.

#### Energiforlig

Regeringen indgik i 21. februar 2008 en **energipolitisk aftale** med alle Folketingets partier på nær Enhedslisten. Partierne vedtog bl.a. at **vedvarende energi** i år 2011 skal dække 20 % af Danmarks energiforbrug samt at **energiforbruget** i 2020 skal være faldet 4 % i forhold til år 2006. Der skal desuden opføres 400 MW nye **havvindmøller**, som skal være i drift fra år 2012. Samtidig skal afregningspriserne på strøm fra landvindmøller, biomasse og biogas hæves. **Brintbiler og elbiler** fritages for afgifter frem til 2012 og der bliver afsat en pulje på 35 mio. kr. til forsøg med elbiler. Til forsøg med bølgekraft og solceller m.m. afsættes en pulje på i alt 100 mio. kr. fordelt over fire år. Derudover oprettes en **værditabsordning** for naboer til vindmøller, en **købsretsordning**, en **grøn ordning** og en **garantifond**.

Som led i energiaftalen indgik regeringen, Dansk Folkeparti og Ny Alliance (nu Liberal Alliance) samtidig en aftale om **øget biomasse-anvendelse** og **frit brændselsvalg på centrale kraftværker**. Det betyder, at eventuelle ansøgninger om ophævelse af kulrestriktionen på visse kraftvarmeværker kan imødekommes mod aftale om, at biomasseanvendelsen øges.





I juni 2009 indgik regeringen forlig med Dansk Folkeparti om **Grøn vækst**. Aftalen lægger op til, at det danske landbrug får et større medansvar for vedvarende energi. Aftalen sætter mål for, at 50% af gyllen fra 2020 skal igennem biogasanlæg ( mod de aktuelle 5%), og der indføres et tidsbegrænset anlægstilskud til biogasanlæg på 100 mill. kr. pr. år i 2010 og 2012, hvoraf de 15 mill. kr. er reserveret økologiske gårdbiogasanlæg. Der gives mulighed for tilskud til dyrkning af energipil og andre flerårige energiafgrøder - et beløb som svarer til halvdelen af etableringsomkostningerne. I alt afsættes en pulje på 32 millioner kroner årligt fra 2010-12 til støtte for dyrkning af energiafgrøder.

### **VE-lov**

Et flertal i Folketinget vedtog i december 2008 **Lov om fremme af vedvarende energi (VE-loven)**. Loven gennemfører de initiativer indenfor vedvarende energi, som blev fastsat i energiforliget samme år. Samtidig samler VE-loven de eksisterende regler, som særligt gælder for el baseret på vedvarende energi (VE). Det betyder, at lovgivningen bag den samlede indsats for fremme af vedvarende energi samles et sted. VE-loven ændrer desuden vilkårene for etablering og drift af nye vindmøller, biogasanlæg og anden vedvarende energi. Blandt andet er de økonomiske tilskud til produktion af vedvarende el forhøjet.

### **Biobrændstof-lov**

I maj 2009 vedtog Folketinget en **Lov om bæredygtige biobrændstoffer**. Loven skal sikre en lavere CO<sub>2</sub>-udledning fra transportsektoren. Samtlige Folketingets partier – på nær Enhedslisten – står bag loven. Den forpligter virksomheder, der producerer og importerer mineralsk benzin og diesel, til at sikre, at bæredygtige biobrændstoffer udgør mindst 5,75 pct. af det samlede årlige salg af benzin og diesel. Iblandingen skal være fuldt indfaset i 2012, men allerede i 2010 vil infrastrukturen til at blande bæredygtigt biobrændstof i benzin være på plads - for diesel vil det ske i 2011.

Loven udmønter dermed den målsætning, der blev fastlagt i den energipolitiske aftale fra februar 2008. Samtidig vil den være et led i opfyldelsen af Danmarks internationale forpligtelser i henhold til **Kyoto-aftalen** og EU's **VE-direktiv**. I loven indgår desuden en implementering af VE-direktivets dobbelttællebestemmelse for 2. generations biobrændstoffer. Ifølge EU's VE-direktiv skal anvendelsen af 2. generation biobrændstof tælle dobbelt i opfyldelsen af nationale VE-mål.

## **EU**

Klima- og energipolitik er et centralt område i EU-samarbejdet og er et område, der i de senere år er blevet styrket. EU's klima- og energipolitik bliver fastlagt i et samarbejde mellem EU-medlemslandene, EU-Kommissionen og Europa-Parlamentet. Typisk bliver EU-lovgivning vedtaget i en fælles beslutningsprocedure mellem Ministerrådet og Europa-Parlamentet på baggrund af forslag fra EU-Kommissionen.

### **Fælles energipolitik for Europa**

#### **1. strategiske redegørelse og En energipolitik for Europa**

Med afsæt i Grønbogen En europæisk energistrategi: bæredygtighed, konkurrenceevne





Intentionen med den 3. liberaliseringspakke er, at skærpe konkurrencen på EU's indre marked, skabe mere konkurrencedygtige priser og en højere servicestandard samt give mulighed for effektiviseringsgevinster, øget forsyningsikkerhed og bæredygtighed.: Den 3. liberaliseringspakke opnåede politisk enighed i Ministerrådet i oktober 2008.

## 2. strategiske redegørelse

I november 2008 fremlagde EU-Kommissionen sin **2. strategiske redegørelse**, der skal danne grundlag for EU's energipolitik efter år 2009, hvor fokus er en **Handlingsplan for Energisikkerhed og Energisolidaritet**. Samtidig tager Kommissionen fat på arbejdet med at identificere de energipolitiske udfordringer for 2020-2050. De fem centrale punkter i Handlingsplanen for Energisikkerhed og Energisolidaritet er:

1. Infrastruktur og en varieret energiforsyning
2. Eksterne relationer
3. Olie- og naturgaslagre samt mekanismer til krisehåndtering
4. Energieffektivitet
5. Bedre udnyttelse af EU's egne energiressourcer

## Klima- og energipakken 2013-2020

I januar 2008 præsenterede Kommissionen en **reformpakke**, der skal udmønte de bindende mål, som blev opstillet af Det Europæiske Råd i energihandlingsplanen, En energipolitik for Europa, fra forårstopmødet 2007. I december 2008 blev der på topmødet i Det Europæiske Råd opnået politisk enighed om Klima- og energipakken, og pakken blev efterfølgende stemt igennem i Europa-Parlamentet.

### 20-20-20 mål

Klima- og energipakkens opstiller en række mål for 2020 i form af de såkaldte 20-20-20 mål. Ifølge disse skal EU som helhed i 2020 have reduceret sin drivhusgasudledning med minimum 20 % i forhold til 1990 niveau, opnået en andel af vedvarende energikilder på minimum 20 % samt forbedret energieffektiviteten med 20 %. Samtidig er der blevet vedtaget et mål om 10 % vedvarende energiformer i transportsektoren inden 2020. Opnås der enighed om en global klimaafnægtelse, der forpligter andre udviklede lande på en seriøs indsats mod klimaforandringer, vil EU gå med til at reducere drivhusgasudledningerne med 30 %.

Klima- og energipakken indeholder fire forslag til fælles EU-lovgivning:

1. Forslag til direktiv om **fremme af vedvarende energikilder (VE-direktivet)**
2. Forslag til ændring af EU's **kvotehandelsystem**
3. Forslag til beslutning om **reduktion af drivhusgasudledning fra non-ETS-sektorer (non-ETS-direktivet)**. Transportsektoren er en non-ETS sektor
4. Forslag til direktiv om **CO<sub>2</sub>-opsamling og lagring** i undergrunden (CCS)



## VE-direktivet og Biobrændstofdirektivet

Klima- og energipakkens **VE-direktiv** blev vedtaget i december 2008, men mangler endnu endelig vedtagelse efter gennemgang af EU's jurister. Direktivet har til formål gradvist at øge andelen af vedvarende energikilder i EU's samlede energiforbrug til 20 % i 2020 samt at øge andelen af vedvarende energi i transportsektoren til 10 %. VE-direktivet rummer dermed den del af Klima- og energipakkens 20-20-20 mål, der handler om vedvarende energi. De 27 medlemslande skal dog ikke hver især opnå en andel på 20 % vedvarende energi. Forpligtelserne fordeles mellem landene i forhold til EU's samlede mål om 20 % vedvarende energi. Danmark skal i 2020 have øget andelen af vedvarende energi til 30 %. VE-direktivet udstikker samtidig rammer for handel med vedvarende energi landene imellem. Lande med store VE-potentialer kan sælge overskydende VE til lande med færre og dyrere VE-potentialer.

Når det gælder andelen af vedvarende energi i transportsektoren følger VE-direktivet op på EU's **Biobrændstofdirektiv**, der blev vedtaget i 2003. Dette direktiv pålægger de enkelte medlemslande at indføre vejledende referencemål for en biobrændstofandel i transport på 5,75 % i 2010. I Biobrændstofdirektivet forpligtes biobrændstofleverandører desuden til at reducere deres CO<sub>2</sub>-udslip med 1 % hvert år fra år 2011, således at en samlet reduktion på 10 % er nået i 2020. **VE-direktivet** erstatter Biobrændstofdirektivets vejledende mål for iblanding af biobrændstoffer ved at pålægge hvert medlemsland et bindende mål på i alt 10 % vedvarende energi i transportsektoren i 2020.

For at brug af biobrændstoffer kan tælle med i målopfyldelsen som vedvarende energi, skal produktion og anvendelse dog foregå under bæredygtige vilkår. I den forbindelse fastlægges en række bæredygtighedskriterier. Til opfyldelse af målsætningen om 10 % iblanding af vedvarende energi kan det imidlertid være nødvendigt at inddrage andre teknologier end biobrændstoffer, herunder elbiler, der kører på strøm fra vedvarende energikilder samt brintbiler, hybridbiler mv. Dog indgår kun biobrændstoffer til erstatning af diesel og benzin samt vedvarende el i de konkrete bestemmelser. Vedvarende el til transportformål tæller i den forbindelse med en faktor 2,5 i opfyldelsen af 10 % målsætningen.

## Kvotehandelsystem

Det nuværende **kvotehandelsystem** for CO<sub>2</sub> – European Union Greenhouse Gas Emission Trading Scheme (EU ETS) blev oprettet i 2005. Det er det første internationale handelssystem for CO<sub>2</sub>-udledningstilladelser og omfatter samtlige 27 medlemslande og fra 2008 også EØS-medlemslandene (Island, Norge og Liechtenstein). Kvotesystemet indebærer et loft for kvotemængden, der fastsættes af hvert medlemsland. Inden for dette loft kan der handles med kvoterne. Systemet er opdelt i to handelsperioder frem til 2013. Den første (2005-2007) fungerede som en prøveperiode, mens den anden (2008-2012) er baseret på erfaringerne herfra. For hver periode skal medlemslandene have godkendt nationale allokeringer af EU-kommissionen, hvor landets generelle klimainsats og tildeling af kvoter beskrives.



Fra år 2013 bliver kvotehandelssystemet harmoniseret. I stedet for 27 forskellige fastlægges ét fælles loft for EU-udledningstilladelser. Da mængden af kvoter reduceres år for år, vil de kvotebelagte sektorer derved bidrage til at få nedbragt EU's drivhusgasudledning, så målsætningen om 20 % reduktion i forhold til 1990 kan nås i 2020. Samtidig bliver flere sektorer og drivhusgasser inkluderet. Blandt andet indgik Europa-Parlamentet og Det Europæiske Råd i sommeren 2008 en aftale om at inkludere luftfarten i kvotesystemet fra år 2012. Kvoterne vil desuden i højere grad auktioneres frem for at blive tildelt gratis. Nationalstaterne vil stå for auktioneringen, og det enkelte medlemsland vil få provenuet fra kvotesalget. Ifølge aftalen bliver luftfarten i princippet tildelt sin egen kvote, inden for hvilken der handles, ligesom der er defineret reduktionsmål for denne sektor alene. Tilsvarende er der fastsat regler for, hvordan den indledende fordeling vil finde sted samt for, hvordan mængden af tilladelser, der sælges via auktion gradvist skal stige.

### **Non-ETS-direktiv og CO2-lagring**

Ifølge Klima- og energipakken er medlemslandene forpligtet på en **reduktion af drivhusgasser fra non-ETS-sektorer** (ikke-kvotebelagte sektorer) som landbruget, transportsektoren og affaldsområdet. Danmark har forpligtet sig på en reduktion fra disse sektorer på 20 % i forhold til 2005 niveau. Opnås der enighed om en ambitiøs global klimaafnåte fra år 2013, hvor EU går med til at reducere samlet set 30 %, vil reduktionskravet til Danmark dog øges.

Klima- og energipakken indeholder forslag til et direktiv om miljømæssig forsvarlig fremme af CCS-teknologi (Carbon Capture and Storage) i form af **CO2-opsamling og lagring** i undergrunden. Selvom vedvarende energikilder og energieffektivitet på langt sigt ifølge Kommissionen er mere bæredygtige løsninger i forhold til energisikkerhed og klimaforandringer, vurderes opfangning og lagring af CO2 fra kraftværker at have et vigtigt potentiale.

## **FN**

### **FN's Klimakonvention**

FN's Klimakonvention er en rammekonvention. Den har til formål at stabilisere atmosfærens indhold af drivhusgasser på et niveau, så farlige menneskeskabte klimaforandringer undgås. Ifølge formålsparagraffen skal denne stabilisering ske på en måde, der giver økosystemerne mulighed for en naturlig tilpasning.

Arbejdet med en klimakonvention blev påbegyndt i 1990. Baggrunden var en rapport fra FN's Klimapanel (IPCC), hvori der blev peget på, at den stigende udledning af drivhusgasser kunne vise sig at få voldsomme konsekvenser for Jordens miljø. Klimakonventionen (United Nations Framework Convention on Climate Change) blev efterfølgende præsenteret på den internationale miljøkonference i Rio, Brasilien i 1992.



Danmark skrev under allerede i 1992 og konventionen er siden hen blevet ratificeret af i alt 192 lande, herunder også USA.

Parterne under konventionen afholder hvert år en klimakonference en såkaldt **COP (Conference of the Parties)**. Danmark er i 2009 vært for den 15. konference kaldet **COP15**. Konferencerne fungerer som øverste organ i klimaforhandlingerne og alle større beslutninger, der vedrører udmøntningen af klimakonventionen, træffes på disse konferencer. Konferencerne varer typisk omkring 14 dage med deltagelse fra flere tusinde delegerede fra medlemslandenes regeringer, observatørorganisationer, journalister samt erhvervs- og civilsamfundsrepræsentanter. Alle lande, der har underskrevet klimakonventionen, er repræsenteret på konferencen.

### **Kyoto-protokollen**

Da klimakonventionen fungerer som en rammekonvention, indeholder den ingen bindende krav til medlemslandene. I december 1997 blev parterne derfor enige om at udbygge konventionen med den såkaldte **Kyoto-protokol**. Kyoto-protokollen er den første juridisk bindende internationale aftale med specifikke forpligtelser omkring reduktion af drivhusgasudledning. Kyoto-aftalen er blevet ratificeret af mere end 160 lande og trådte i kraft fra februar 2005. Danmark har været med i Kyoto-aftalen siden 2002. USA har endnu ikke ratificeret aftalen.

Protokollen omfatter de **seks drivhusgasser** kuldioxid (CO<sub>2</sub>), methan (CH<sub>4</sub>), lattergas (N<sub>2</sub>O) samt industrigasserne HFC'er, PFC'er og SF<sub>6</sub>. Alle udledninger måles dog for nemheds skyld i CO<sub>2</sub>-ækvivalenter. Det er dog ikke alle **sektorer**, der er indbefattet af reduktionsforpligtelser. Protokollen inkluderer optag i skove og jorde og behovet for at adressere drivhusgasudledning fra fx afskovning. Derimod er det ikke lykkedes at opnå enighed om at inkludere udledninger fra fly- og skibstrafik.

Ifølge Kyoto-protokollen, er de **industrialiserede lande** (Annex 1-lande) samlet forpligtet til at reducere deres drivhusgasser med minimum 5,2 % i forhold til 1990-niveau i løbet af perioden 2008-12. Annex 1-landene er desuden forpligtet til at hjælpe de mest sårbare og mindst udviklede lande med at tilpasse sig klimaforandringerne. Dette gøres gennem FN's såkaldte Green Investment Facility (GEF) og en 2 %'s "afgift" på kreditter fra reduktionsprojekter i udviklingslande (CDM).

**Udviklingslandene** er for deres del forpligtet til at gennemføre en række ikke-bindende reduktionsinitiativer, der støtter op om en bæredygtig udvikling. Det skyldes at medlemslandene ifølge Klimakonventionen skal yde en indsats i forhold til deres respektive kapacitet samt et fælles men differentieret ansvar. På denne måde afspejler Kyoto-protokollen et historisk ansvar for de hidtidige udledninger af drivhusgasser til atmosfæren. Det betyder imidlertid, at et stort udviklingsland som Kina pga. sin status som udviklingsland ikke forpligtet på konkrete reduktionsmål. Også selvom Kina nu har overhalet USA som den største udleder af drivhusgasser i verden.



Et centralt punkt i Kyoto-protokollen er dens **fleksible mekanismer** i form af retten til international handel med udledningsrettigheder. Kyoto-aftalen opererer med tre fleksible mekanismer:

1. **International handel** med udledninger (international emissions trading)
2. **CDM** (Clean Development Mechanisms)
3. **JI** (Joint Implementation)

Der er flere typer **sanktioner** for lande, der ikke opfylder deres forpligtelser. Dels skal det pågældende land fremlægge en plan for hvordan, de vil sikre, at de i fremtiden overholder deres forpligtelser. Dels mister landet retten til at deltage i kvotehandlessystemet og de fleksible mekanismer. Efter år 2012 vil lande desuden kunne dømmes for ikke at have opfyldt deres reduktionsforpligtelser. Kyoto-aftalens Overholdelses komité (Compliance Committee) har til opgave at holde øje med om landene overholder deres reduktionsforpligtelser.

## Historisk rids af dansk energipolitik

Den aktuelle danske produktion og anvendelse af biomasse til energiformål, er et resultat af ikke bare gældende lovgivning og rammebetingelser, men også den danske energipolitik gennem de seneste tre årtier.

### Energiplaner og -aftaler

Den **første danske energiplan** fra 1976 og den **anden energiplan** fra 1982 udstak retningslinierne for energisektorens udvikling i 1980'erne og havde udgangspunkt i brændselsforsyning, samfundsøkonomiske og miljømæssige hensyn. I denne periode blev olie- og gasfelterne i Nordsøen kraftigt udbygget og et landsdækkende naturgasnet blev anlagt. Samtidig blev de første støtteordninger for udnyttelse af halm og flis sat i værk og voksende afgifter på fossile brændsler var med til at gøre biomasse konkurrencedygtigt som brændsel. I denne periode blev også de første flisfyrede kraftvarmeværker bygget, og antallet af flisfyrede fjernvarmeværker voksede kraftigt.

Den **tredje energihandlingsplan Energi 2000** blev fremsat i 1990. I den blev målet om en bæredygtig udvikling af energisektoren introduceret. Dette skulle ske gennem energibesparelser, afgift på CO<sub>2</sub>-udledning, omstilling til brug af miljøvenlige brændsler i kraftvarmeproduktion, anlægs- og driftsstøtte til kollektiv varmeforsyning og støtte til etablering af biobrændselskedler i landdistrikter. **Varmeforsyningsloven**, der giver Energiministerens en række beføjelser, kunne i den forbindelse anvendes til at regulere brændselsvalget i blokvarmecentraler, fjernvarmeværker og decentrale kraftvarmeværker. Et centralt punkt for Energi 2000 var fokus på øget anvendelse af miljøvenlige brændsler. Disse blev defineret som naturgas, sol, vind og biomasse (halm, træ, gylle og husholdningsaffald). Brugen af biomasse blev i handlingsplanen begrundet ud fra at den er CO<sub>2</sub>-neutral, udnytter affaldsprodukter fra landbrug, skovbrug, husholdning og industri samt bidrager til forsyningssikkerhed, sparer udenlandsk valuta og skaber danske arbejdspladser.



I 1993 indgik regeringen, Det Konservative Folkeparti, Venstre og Socialistisk Folkeparti den såkaldte **Biomasseaftale**. Aftalen havde fokus på øget brug af biomasse i energiforsyningen, herunder især i de centrale kraftværker. Kraftværkerne blev med aftalen forpligtet til fra år 2000 at anvende 1,2 millioner tons halm og 0,2 millioner tons træflis. Aftalen udstak desuden en række regler og retningslinjer for de mindre anlæg omkring omstilling til naturgas eller biobrændsel samt prioritering af biomassebaseret kraftvarme.

I **tillægsaftalen** fra 1997 blev det besluttet, at biomassemålsætningen skulle gælde i energienheder (19,5 PJ) samt at træflis kunne erstatte i alt 0,2 millioner tons ud af de 1,2 millioner tons halm. Desuden blev en række regler og retningslinjer for mindre anlæg justeret. I **Reformopfølgningens aftalen** fra 2000 enedes de politiske partier bag Biomasseaftalen om at forlænge fristen for øget anvendelse af biomasse i energiforsyningen til udgangen af 2005. Efter en folketingsbeslutning i 2001 blev der indgået aftale med de daværende to store, danske kraftværkselskaber, Energi E2 og Elsam, om udmøntning af Biomasseaftalen ved anvendelse af biomasse i centrale værker.

I 1996 kom den **fjerde energiplan, Energi 21**. Planen fastholdt målsætningerne fra Energi 2000 og opstillede samtidig en række nye, langsigtede målsætninger frem til 2030. Blandt andet fremsattes en målsætning om at halvere CO<sub>2</sub>-udledningen i år 2030 i forhold til 1990-niveau. Biomasse skulle ifølge planen bidrage med 85 PJ i 2005 og 145 PJ i 2030. Øget brug af halm og flis i de centrale elværker, øget udbygning af decentral kraftvarme på halm og flis og adgang til etablering af biobrændselsanlæg i områder, der tidligere var reserveret for naturgas skulle bidrage til at nå dette mål.

Ifølge EU's **Biobrændstofdirektiv** fra 2003 har Danmark som medlemsland været forpligtet på en målsætning om 2 % biobrændstof i transportsektoren i 2005 og 5,75 % i 2010. I 2004 meddelte regeringen imidlertid EU-Kommissionen, at Danmark ikke i væsentligt omfang havde planer om på kort sigt at introducere biobrændstoffer i transportsektoren. Den danske regering modtog efterfølgende en såkaldt åbnings-skrivelse fra EU, for at være på kant med Biobrændstofdirektivets mål for anvendelse af biobrændstoffer til transport. Alligevel blev det danske mål om % biobrændstof i transportsektoren fastholdt i 2005. I 2006 blev det officielle mål dog hævet til 0,1 %. I den forbindelse blev der i finansloven afsat 60 mio. kr. for perioden 2006-2008 til at gennemføre forsøg med biobrændstoffer i form af biodiesel. Tilbageholdenheden indtil da, har været begrundet med de relativt høje omkostninger, der er forbundet med at anvende biomasse i transportsektoren i forhold til at anvende samme biomasse til andre energiformål (f. eks. kraftvarme og opvarmning). Med **VE-direktivet** under EU's **Klima- og Energipakke** fra 2008 er målsætningerne omkring iblanding af biobrændstof imidlertid blevet bindende. **Lov om bæredygtige biobrændstoffer**, hvori en iblanding af 5,75 % biobrændstof fra år 2010 og fuldt indfaset fra 2012, er nu vedtaget i maj 2009.

I 2004 indgik regeringen en aftale om **fremtidssikring af energiinfrastrukturen** og i 2005 **den politiske aftale om den fremtidige energispareindsats**. På baggrund heraf fremlagde den daværende Transport- og energiminister i 2005 **Energistrategi 2025**, der indeholdt regeringens politik for håndteringen af de langsigtede udfordringer med urolige energimarkeder, stigende internationale klimakrav og behov for øget konkurren-





ce. Energistrategiens oplæg til en handlingsplan for den fremtidige el-infrastruktur var baseret på vurderinger af perspektiver frem mod 2025. Fokus var på liberaliserede energimarkeder og markedsbaserede instrumenter til at opnå målsætninger for effektivitet, forsyningsikkerhed og miljø samt energiforbrug i transportsektoren. Samtidig blev de betydelige erhvervsmæssige potentialer indenfor udvikling af ny og mere effektiv energiteknologi, hvor Danmark indtager flere internationale styrkepositioner, fremhævet.

I forlængelse heraf fremlagde den danske regering i 2007 energiudspillet **En visionær dansk energipolitik**, der beskriver regeringens energipolitiske mål frem mod år 2025 og de initiativer, som skal iværksættes for at nå målene. Heri fastsættes mål for:

1. Reduktion i anvendelsen fossile brændsler.
2. Andelen af vedvarende energi
3. Den årlige energispareindsats
4. En styrket indsats for forskning, udvikling og demonstration af nye energiteknologier
5. Anvendelsen af biobrændstoffer til transport

Målene skal ses som første skridt hen imod regeringens langsigtede vision om at gøre Danmark helt uafhængig af fossile brændstoffer som kul, olie og naturgas. Energiudspillet dannede baggrund for **den energipolitiske aftale**, som blev indgået med et bredt flertal af Folketingets partier i februar 2008. Aftalen fastlægger energipolitiske mål og virkemidler for perioden 2008-2011.

## Energipolitiske Støtteprogrammer

Forskning og udvikling inden for energiområdet bidrager med viden og løsninger om energi, energiteknologi og energiområdet generelt. Forskning kan endvidere bidrage til at udvide vores forståelse omkring komplekse sammenhænge mellem klimaprocesser og vores energi- og ressourceforbrug og ikke mindst med at finde de rette løsninger til at mindske den globale opvarmning og tilpasse os klimaændringer.

Set i lyset af den globale opvarmning og et globalt stigende energiforbrug er forskning afgørende for at ruste Danmark og resten af verden til fremtiden og de udfordringer vi allerede nu står overfor. Forskning i energiteknologi, klima og klimatilpasning er m.a.o. et væsentligt redskab til at øge vores forståelse omkring klima og energi samt for at forebygge og imødegå klimaforandringer. I et dansk perspektiv kan forskning og udvikling - udover at bidrage med viden og energiteknologiske løsninger - desuden medvirke til at skabe vækst og beskæftigelse i danske virksomheder, herunder på det energiteknologiske område.

## Danmark

Siden 1980 er der i statsligt regi ydet tilskud til forskning og udvikling på energiområdet under **Energiforskningsprogrammet (EFP)**. For at rådgive Energistyrelsen på energi-



forskningsområdet, herunder om administration af EFP, oprettedes Det Rådgivende Energiforskningsudvalg (REFU) samme år. Siden 1981 er der desuden ydet tilskud til udvikling, demonstration og information om vedvarende energi under **Udviklingsprogrammet for Vedvarende Energi (UVE)**. Efter regeringsskiftet i 2001 blev UVE programmet dog nedlagt og tilskudsrammen i EFP blev reduceret fra 110 mio. kr. årligt til 40 mio. kr.

I regeringsgrundlaget for 2007 fastslås det imidlertid at Danmark skal være et grønt og bæredygtigt samfund med en visionær klima- og energipolitik. Det betyder, at der igen er kommet fokus på tilskud til forskning og udvikling inden for området. På finansloven for 2009 er der afsat betydelige midler til energi- og klimaforskning. I alt er der for 2009 afsat 750 mio. kr. til energiforskning og –udvikling, hvilket vil stige til omkring 1 mia. kr. i 2010.

### **Eksisterende tilskudsordninger**

I dag findes **fire tilskudsordninger**, der er rettet mod forskning, udvikling og demonstration på energiområdet. Administrationen af ordningerne koordineres med hensyn til indsatsområder, information om ordningerne og indkaldelse af ansøgninger. Fælles for tilskudsordningerne er, at der kun ydes støtte til præ-kommercielle projekter. Med undtagelse af den særlige pulje på 200. mio. kr. i 2007-2010 til et særligt udviklingsprogram for 2. generations bioethanol, øremærkes der desuden ikke bestemte beløb til bestemte indsatsområder. De fire ordninger er følgende:

#### **EUDP (ca. 227 mio. kr. i 2009):**

I 2006 blev der indgået aftale om udmøntning af Globaliseringspuljen. Globaliseringspuljen blev vedtaget af parterne fra Velfærdsforliget fra samme år med det formål at støtte forskning, uddannelse, innovation og iværksætteri og med en samlet budgetramme er på i alt 39 mia. kr. for perioden 2007-2012. I aftalen om udmøntning af Globaliseringspuljen blev der afsat midler til etablering af et **Energiteknologisk Udviklings- og Demonstrationsprogram (EUDP)**.

EUDP har fra 2008 afløst det hidtidige Energiforskningsprogram (EFP). Programmet blev oprettet ved lov af 6. juni 2007 og administreres af en uafhængig bestyrelse med sekretariat i Energistyrelsen. Som følge heraf blev Det Rådgivende Energiforskningsudvalg (REFU), der hidtil havde rådgivet Energistyrelsen om energiteknologiområdet, afviklet.

EUDP har til formål at styrke indsatsen inden for netop udvikling og demonstration af energiteknologi og dermed at lette lovende forskningsresultaters vej til kommerciel anvendelse. I den forbindelse har EUDP til opgave at fremme og understøtte offentligt-privat samarbejde og de energipolitiske målsætninger omkring et miljømæssigt bæredygtigt energisystem og renere miljø, forsyningsikkerhed samt øget vækst og omkostningseffektivitet med flere højteknologiske arbejdspladser og bedre udnyttelse og udvidelse af erhvervspotentialet på området. Som led heri fokuserer EUDP blandt andet på at samle innovative virksomheder, videnscentre, energiselskaber, ventureselskaber og andre potentielle investorer i offentlig-private projektkonsortier.

Med den nye EUDP-lov er der desuden lagt op til en generel styrkelse af koordinationen mellem de offentlige danske programmer. Formålet hermed er at styrke og målrette den



samlede udviklingsindsats også indenfor biobrændstoffer. EUDP-programmet skal endvidere medvirke til en øget dansk indflydelse og et forsat højt udbytte af EU's energiteknologiprogram.

EUDP yder tilskud til udvikling og demonstration af nye energiteknologier bredt. Endvidere ydes tilskud til samarbejde mellem offentlige og private aktører samt til internationalt samarbejde. EUDPs samlede tilskudsmidler for perioden 2007-2010 blev oprindeligt fastsat til 713 mio. kr., heraf blev 200 mio. kr. afsat til forskning og udvikling inden for **2. generations bioethanol**. I 2008 blev EUDP dog tilført yderligere midler gennem en aftale om fordeling globaliseringsmidler til forskning og udvikling.

**PSO -ordningen for miljøvenlige elproduktionsteknologier** (130 mio. kr. (ForskEL), 25 mio. kr. (ForskVE) i 2009):

I 1999 indgik et bredt flertal i Folketinget en aftale om en lovreform for elsektoren. Ifølge Elforsyningsloven skal den systemansvarlige virksomhed sikre, at der udføres forsknings- og udviklingsprojekter, der er nødvendige for udnyttelsen af miljøvenlige elproduktionsteknologier. Det betød, at den systemansvarlige virksomhed og netvirksomhederne på elområdet blev pålagt en række forpligtigelser, de såkaldte PSO (Public Service Obligations).

PSO-ordningen for miljøvenlige elproduktionsteknologier yder tilskud til forskning, udvikling og demonstration af samme. Det administreres efter regler fastlagt i Elforsyningsloven af det systemansvarlige elselskab Energinet.dk under navnet **ForskEL**. ForskEL programmet har et årligt budget på i alt 130 mio. kr. Fra 2008 og fire år frem afsættes endvidere yderligere 25 mio. kr. per år til støtte for udbredelse af små VE-teknologier som solceller, bølgekraft og biogas under navnet **ForskVE**.

**PSO-ordningen for effektiv elanvendelse** (25 mio. kr. i 2009):

PSO-ordningen for effektiv elanvendelse yder tilskud til forskning, udvikling og demonstration vedrørende effektiv anvendelse af el. Det administreres efter regler fastlagt i Elforsyningsloven af Dansk Energi under navnet **ELFORSK**. ELFORSK har til formål at videreudvikle et område med et stort potentiale for energieffektivisering og nye konkurrencedygtige produkter, har allerede haft stor betydning.

**Det Strategiske Forskningsråds (DSF, Videnskabsministeriet) pulje for bæredygtig energi og miljø** (ca. 170 mio. kr. i 2008):

Puljen administreres af Programkomiteen for energi og miljø, som har sekretariat i Forsknings- og Innovationsstyrelsen. Der ydes tilskud til forskning i vedvarende energi og effektiv energianvendelse.

**Højteknologifonden, Videnskabsministeriet** (ca. 280 mio. kr. i 2009):

Ud over de fire nævnte ordninger anvender også Højteknologifonden erfaringsmæssigt en væsentlig andel af sin bevilling til energiteknologi. Højteknologifonden er et uafhængigt organ inden for den statslige forvaltning, som giver tilskud i form af medfinansiering til højteknologiske projekter og indsatser inden for forskning og innovation. Højteknologifonden tilføres kapital via den årlige finanslov og er ikke et specifikt energiteknologisk program. Hidtil har fonden dog ved uddeling tilgodeset energiområdet i betydeligt omfang. I fondens første år 2005-2008 er 20-30 % af de ydede tilskud således gået til energiprojekter. I de senere år er der i stigende grad ydet



tilskud til projekter omkring udviklingen af alternative drivmidler til transportsektoren, herunder biobrændstoffer.

## Teknologistrategier

Energistyrelsen har i samarbejde med de tidligere systemansvarlige elskaber Eltra og Elkraft System (nu **Energinet.dk**) udarbejdet **strategier** for en række teknologiområder. Strategierne har til formål at opnå en koordineret prioritering af den offentligt finansierede forsknings- og udviklingsindsats på energiområdet. Disse skal anvendes ved prioriteringen af de offentlige midler til forskning og udvikling på energiområdet, og skal være retningsgivende for valg af indsatsområder for det offentlige-private partnerskab indenfor udvikling af ny teknologi. I strategierne identificeres de mest lovende udviklingsspor set i forhold til potentiale for erhvervsudvikling og økonomisk vækst, forsyningsikkerhed samt miljø.

Der er udarbejdet **strategier for forskning, udvikling og demonstration** inden for følgende teknologiområder:

- Biomasse til kraftvarmeproduktion
- **Flydende biobrændstoffer**
- Vindenergi
- Solceller
- Solvarme
- Brændselsceller
- Energieffektivitet
- Brintteknologi
- Bølgekraftteknologi
- Olie og gas
- Biogas

**Forsknings og Udviklingsstrategien (F&U) for fremstilling af flydende biobrændstoffer** blev offentliggjort af Energistyrelsen i 2005 som supplement til regeringens Energistrategi 2025 fra samme år.

Strategien indeholder **to vigtige retningsgivende** elementer:

- Fokus på danske styrkepositioner: F&U-indsatsen skal prioriteres omkring et begrænset antal teknologiske elementer, hvor Danmark allerede har demonstreret styrkepositioner
- Fokus på enheder med potentiale: Teknologiudviklingen skal forankres i de forretningsmæssige / økonomiske enheder, der har tilstrækkeligt potentiale til at føre alle innovationer frem til pilotanlægs- eller fuld-skala samt til at indgå aftaler om udnyttelse af know-how og modtagelse af rådgivning til/fra de allerede eksisterende producenter på det globale marked for biobrændstoffer

De forretningsmæssige/økonomiske enheder vil typisk være konsortier, hvor der indgår forskningsinstitutter, erhvervs- eller landbrugsvirksomheder med relevante specialer



inden for produkt- og produktionsområdet samt eventuelle finansielle partnere. Indsætterne bør i høj grad sigte mod, at der udvikles teknologi og know-how, som kan patenteres og kommercialiseres internationalt, men som også kan udnyttes til etablering af produktion i Danmark.

I strategien understreges desuden behovet for gennemførelse af opdaterede og sammenlignende selskabs- og samfundsøkonomiske analyser, herunder analyser af energibalancer og miljøaspekter ved de forskellige koncepter for fremstilling af de flydende biobrændstoffer.

De **prioriterede teknologiområder** inden for strategien er:

- Fremstilling af ethanol af restprodukter fra landbruget, specielt, men ikke udelukkende, af lignocelluloseholdige råvarer
- Undersøgelser vedr. perspektiverne for fremstilling af DME (dimethylether) på grundlag af termisk forgasset biomasse og eventuelt naturgas

Strategien prioriterer således først og fremmest de danske styrkepositioner, som er opbygget siden begyndelsen af 1990'erne vedrørende 2. generations teknologi til fremstilling af bioethanol på basis af halm og halmlignende råvarer og på forskellige affaldsfraktioner. Målet er at indsnævre meromkostningerne for teknologien. Udviklingshorisonten for begyndende kommercialitet skønnes til 5 – 10 år. På dette område er der behov for, at teknologien videreudvikles, afprøves i pilotanlæg og demonstreres på fuldskala anlæg i Danmark eller, når det angår fuld-skalanlæg, som minimum med anvendelse af dansk teknologi. Der skal endvidere være tale om procesteknologier, som både er egnet til danske forhold og som - bl.a. af hensyn til teknologiekspert - fleksibelt kan tilpasses varierende råvarer, markeder mv. Et primært restprodukt fra dansk landbrug vil være halm og en væsentlig energiafgrøde vil være helsæd.

Til DME-produktion vil biomassen være træflis eller lignende ligninholdige materialer og i tilfældet naturgas vil denne med fordel kunne være komprimeret .

Strategien vil blive konkretiseret og fulgt op i en invitation til et videre samarbejde mellem alle relevante sponsorer og aktører på området. Heri indgår bl.a. dannelse af strategiske samarbejder, partnerskaber og af konkrete målsatte udviklingsforløb for de enkelte teknologispør.

## **Energistrategi**

Herudover har det nu nedlagte **Rådgivende Energiforskningsudvalg (REFU)** i 2006 fremlagt en **tværgående strategi for forskning, udvikling og demonstration på Energiområdet**. I strategien blev det påpeget, at der er behov for at øge indsatsen for demonstration af nyudviklet energiteknologi. Dansk Energi og Energi Industrien (nu DI Energibranchen) under Dansk Industri har understreget det samme. Danmark har i lighed med andre højtindustrialiserede lande savnet risikovillige investeringer i energisektoren. Denne mangel på risikovillig venturekapital er særligt tydelig i den omkostningstunge fase fra resultatrig forskning til kommercielt anvendelige energiteknologier.



## Udenlandske programmer

Danske forskningsinstitutioner, universiteter og virksomheder deltager i internationalt forskningssamarbejde inden for **Nordisk Energiforskning**, **EU** og **Det Internationale Energiagentur (IEA)**.

**Nordisk Energiforskning** startede som Nordisk Energiforskningsprogram efter beslutning af de nordiske energiministre i 1985. Formålet var at etablere et nordisk samarbejde for at styrke kompetencen ved udvalgte universiteter, tekniske højskoler og forskningsinstitutioner i de nordiske lande. Nordisk Energiforskning har eksisteret i sin nuværende form siden 1999 med det formål at finansiere og samordne forskning samt at udøve en administrativ, netværksopbyggende og rådgivende funktion.

Nordisk Energiforskning støtter i den forbindelse forskeruddannelse og yder tilskud til forsknings-, udviklings- og demonstrationsaktiviteter på energiområdet.

Nordisk Energiforskning **yder tilskud til:**

- Kapacitets- og kompetenceopbyggende projekter
- Innovations- og forretningsudviklende projekter
- Integreerede kapacitets- og innovationsprojekter

Programmet løber i en række på hinanden følgende fire-årige perioder og finansieres hovedsageligt via bidrag fra de nordiske landes egne programmer med et budget på omkring 25 mio.

### EU's programmer og SET-planen

Siden midten af 1980'erne har EU støttet forskning, udvikling og demonstration af energiteknologi via rammeprogrammer. Disse rammeprogrammer udgør en væsentlig del af EU's samlede budget. EU har sat øget fokus på forskningen i opfølgning af Lissabon-strategien. Energi- og miljøområdet er traditionelt et højt prioriteret område i Danmarks europæiske arbejde

### EU's 4. Rammeprogram, JOULE og Thermie

Det 4. rammeprogram indeholdt blandt andet **EU-forskningsprogrammet JOULE** og **udviklings- og demonstrationsprogrammet Thermie**. Disse blev forvaltet af hhv. EU-Kommissionens generaldirektorat for forskning samt generaldirektoratet for transport og energi (TREN).

### EU's 5. FTU-Rammeprogram ENERGIE

ENERGIE løb i perioden 1998-2002 og erstattede fra 1998 JOULE og Thermie fra det 4. Rammeprogram. ENERGIE's hovedformål var udvikling af hhv. renere energi, herunder vedvarende energikilder samt af økonomisk og effektiv energi til et konkurrencedygtigt Europa

ENERGIE var en stor succes for den danske energisektor. 182 forsknings-, udviklings- og demonstrationsprojekter med dansk deltagelse opnåede støtte herfra. Ifølge Energistyrelsen var den samlede danske støtte i perioden 1998- 2002 på omkring 440 mio. kr. ud af et samlet støttebeløb på ca. 7 mia. kr. Det giver en dansk andel på godt 6%.



Mange danske virksomheder og forskningsinstitutioner har desuden været involveret i de internationale samarbejdsprojekter, der har opnået støtte under ENERGIE. Det gælder både inden for energiteknologisk forskning og på udviklings- og demonstrationsområdet. I alt var der dansk deltagelse i næsten hvert fjerde energiteknologiprojekt.

### **EU's 6. rammeprogram for forskning, udvikling og demonstration**

Det 6. rammeprogram løb fra 2003-06. Programmet har på energiområdet været en del af et samlet tema omkring bæredygtig udvikling, hvor også støtte til projekter inden for miljø- og transportområdet har været dækket. I den forbindelse har programmet prioriteret bæredygtige energiløsninger, typisk vedvarende energi og energieffektivitet. Energiområdet blev under programmets fire-årige periode tildelt et samlet budget på ca. 6,3 mia.kr. Disse blev administreret af hhv. Generaldirektoratet for Forskning, udvikling og demonstration samt af Generaldirektoratet for Transport og Energi. Ifølge Energistyrelsen opnåede danske projektansøgere projektstøtte på i alt 5,4 % af midlerne, eller op mod 380 mio. kr. over de 4 år.

### **EU's 7. rammeprogram for forskning og udvikling**

Det nuværende rammeprogram dækker perioden 2007-2013 og har et samlet budget på 380 mia.kr. I alt ventes godt 17,5 mia.kr. fordelt over den syv-årige budgetperiode afsat til støtte forskning, udvikling og demonstration på energiområdet (ikke-nuklear). Programmet administreres af Europakommissionen og er blevet til i en lang proces, hvor Kommissionen, Europa-Parlamentet og EU-medlemslandene har været aktive i beslutningerne. Rammeprogrammet støtter bl.a. større samarbejdsprojekter mellem flere europæiske lande, samt etablering og kompetenceopbygning af europæiske forskermiljøer. EU lægger vægt på at skabe en europæisk idéverden og et forskningssamarbejde, som kan stimulere teknologiudvikling og øge Europas konkurrenceevne.

Det 7. rammeprogram har **fire hovedkomponenter** eller særprogrammer:

- Samarbejde om større projekter mellem tre eller flere lande
- Ideer som led i grundforskning
- Mennesker (forskermiljøer)
- Kapacitet (vidennetværk)

Det 7. rammeprogram består desuden af en række temaer, herunder et **energitema**. Inden for energitemaet er følgende områder prioriteret

- Brint og brændselsceller
- Vedvarende energi til elproduktion
- Vedvarende energi til brændstof
- Vedvarende energi til varme/køling
- Emissionsfri (CO<sub>2</sub>-fri) elproduktion
- 'Clean coal'
- Smarte netværk (distribueret energi & vedvarende energi)
- Energieffektivisering & energibesparelser
- Energipolitisk videngrundlag
- Horisontale (tværgående) projekter



Med 7. rammeprogram tilsigtes også en udvikling af **europæiske teknologiplatforme** og søsætning af fælles teknologiinitiativer på vigtige områder som brændselsceller og brint. Kommissionen er i den forbindelse ved at opbygge en række europæiske teknologiplatforme sammen med erhvervslivet og forskningsverdenen samt EU-landenes regeringer. Disse platforme har en vigtig rolle i gennemførelsen af rammeprogrammet. Relevant for energiområdet er bl.a. følgende platforme:

- Brint og brændselsceller
- Solceller
- Solvarme
- Stål (til bl.a. højeffektive kraftværker)
- Byggeri
- Nul-emission af drivhusgasser
- Fremtidens elnet
- Biobrændstoffer
- Vindkraft
- Mineraler (olie og gas)

Andre støttemuligheder vil muligvis kunne findes inden for det 7. rammeprogramms parallelle **temaer for byggeforskning og klimapolitik**.

#### **ERA -NET**

De Europæiske rammeprogrammer er designet til at støtte dannelsen af et **europæisk forskningsrum ERA** (European Research Area). Programmet blev grundlagt i år 2000 af EU med det formål at skabe et forenet område i Europa, der skulle:

- Gøre forskere i stand til at intereagere, drage fordel fra verdensklasse infrastruktur og arbejde med fremragende netværk af forskningsinstitutioner
- Dele, lære, værdisætte og bruge viden effektivt med sociale, virksomhedsrettede og politiske strategi-formål
- Optimere og åbne europæiske, nationale og regionale forskningsprogrammer med henblik på at støtte den bedste forskning overalt i Europa og koordinere disse programmer til at sammen at adressere store udfordringer
- Udvikle stærke forbindelser til partnere overalt i verden, således at Europa drager fordel af verdensomspændende vidensfremskridt, bidrager til global udvikling og tager en ledende rolle i internationale initiativer for at løse globale problemer

Under ERA er der blevet igangsat en række initiativer for at forbedre **koordineringen af forskningsaktiviteter og -programmer**. Disse inkluderer de **europæiske teknologiplatforme** hvor industrien og andre interessenter kan udvikle fælles langsigtede visioner og strategiske forskningsagendaer samt **ERA-NET** programmet, der støtter koordinering af nationale og regionale programmer.





På energiområdet deltager danske forskningsmiljøer i ERA-NET inden for områderne:

- Brint og brændselsceller
- Solceller
- Bæredygtigt byggeri
- Biomasse
- Biobrændstoffer
- 'Clean Coal'

### Den strategiske energiteknologiplan (SET)

I forlængelse af det 7. rammeprogram har EU-Kommissionen i løbet af 2007 og foråret 2008 opstillet en **strategisk energiteknologiplan (SET)**, der kan få stor betydning for den videre gennemførelse af EU's programmer. SET-planen er led i gennemførelsen af den europæiske energipolitik, som blev vedtaget på EU's topmøde i 2007. Planen danner ramme for EU's energiteknologiske indsats og har til formål at fremme internationalt samarbejde om energiteknologier, skabe en fælles strategiplanlægning og øget effektivisering samt sikre flere ressourcer bl.a. ved at opprioritere og koordinere forskningen inden for energieffektivisering, vedvarende energi og 'low carbon' teknologier.

### Andre programmer

Derudover er der mulighed for at få tilskud til energiprojekter i **andre relevante EU-programmer**, bl.a. inden for miljøområdet og i regional udvikling og byggeforskning. Blandt andet vil de **regionale midler under EU's strukturfond** kunne åbne for støtte til demonstrationsanlæg mv. Derudover vil **EU's rammeprogram for konkurrence og Innovation (CIP)** kunne byde på muligheder for støtte. CIP støtter blandt andet små og mellemstore virksomheder (SMVer) og projekter relevant for energiområdet – for eksempel gennem **IEE programmet**.

### IEE (2007-2013): 730 mio. EUR

IEE står for **Intelligent Energi – Europa** og er EU's ikke-teknologiske støtteprogram på energiområdet. Programmet er en fortsættelse af de tidligere programmer og bliver integreret i **rammeprogrammet for konkurrence og innovation (CIP)**. IEE omfatter politikker og samarbejde med de delmål at:

- Skabe det nødvendige grundlag for at fremme energieffektiviteten og udvikle vedvarende energikilder med henblik på at mindske energiforbruget og CO<sub>2</sub>-udledningen
- Udvikle midler og værktøjer, som Kommissionen og medlemsstaterne kan bruge til at overvåge og evaluere virkningerne af de foranstaltninger, der vedtages af medlemsstaterne
- Fremme effektive og intelligente energiproduktions- og energiforbrugsmønstre, der hviler på et solidt og bæredygtigt grundlag, gennem oplysningskampagner og uddannelse

### Det Internationale Energi Agentur (IEA)

I IEA er forskning og udvikling organiseret som et samarbejde via frivillige aftaler, hvor



hvert deltagende land betaler et mindre bidrag. IEA yder i modsætning til EU og Nordisk Energiforskning ikke tilskud til forsknings- og udviklingsaktiviteter, men udfører forskningssamarbejde vedrørende energiforskning. Disse udføres som fælles projekter for de deltagende parter og med fælles finansiering og sigter på formidling og udbredelse af teknologier. IEA-sekretariatet i Paris bistår i samarbejdet. Et hovedformål for samarbejdet inden for teknologiområdet i IEA er gennem informationsudveksling og fælles analyser at tilvejebringe beslutningsgrundlag for medlemslandene.

Det Internationale forskningssamarbejde inden for IEA er organiseret i en række samarbejdsaftaler (Implementing Agreements), der er åbne for medlemslandenes deltagelse. Derudover deltager en række andre lande i dele af samarbejdet på særlige vilkår. Den overordnede koordinering og styring af samarbejdet foregår i **den centrale styrekomité CERT** (Committee on Energy Research and Technology), og i de underliggende arbejdsgrupper vedrørende Fossil Fuels, vedvarende energi-teknologi og effektiv energi slutbruger-teknologi (Efficient Energy End-Use Technologies).

Danmark deltager i en række samarbejdsaftaler og er repræsenteret i de tilsvarende styrekomiteer. Der er ydet EFP-tilskud til en række af aktiviteterne. De øvrige udgifter dækkes enten af andre deltagere fra Energistyrelsen eller af deltagere fra virksomheder og institutioner. Energistyrelsen repræsenterer Danmark i CERT og i de underliggende arbejdsgrupper. Repræsentationen i den særlige komité vedrørende fusionsenergi (Fusion Power Coordination Committee) varetages af Forskningscenter Risø. Repræsentationen i styrekomiteerne for de enkelte samarbejdsaftaler varetages principielt af Energistyrelsen. Den faglige del af samarbejdet varetages af fagfolk, som endvidere i en række tilfælde efter aftale med Energistyrelsen varetager repræsentationen i styrekomiteen.

## Bæredygtighedskriterier

De globale miljømæssige konsekvenser af øget anvendelse af biobrændstoffer er vanskelige at vurdere. Det er ikke muligt at generalisere, da de enkelte biobrændstoffer kan variere meget og kan produceres under meget forskellige forhold.

I forbindelse med fastlæggelse af kriterier for at vurdere biobrændstoffers miljømæssige bæredygtighed har Energistyrelsen i 2008 peget på følgende elementer, som bør overvejes:

- Væsentlig **reduktion af drivhusgasemissioner** i hele biobrændstoffets livscyklus i forhold til fossile brændsler
- Stor **energieffektivitet** set over hele biobrændstoffets livscyklus
- **Minimering** af miljømæssig påvirkning ved dyrkning, herunder næringsstofudvaskning, pesticidforbrug og emission af drivhusgasser
- Beskyttelse af **fredede og uopdyrkede arealer** samt værdifulde økosystemer og biodiversitet
- **Optimal** anvendelse af biomasse ressourcer



Energistyrelsen fremhæver, at EU arbejder på at fastlægge minimumsniveauer for, hvad der kan betegnes som bæredygtige biobrændstoffer.

**Den 29. maj 2009 vedtog Folketinget en Lov om bæredygtige biobrændstoffer. Loven skal sikre en lavere CO<sub>2</sub>-udledning fra transportsektoren. Den skal sikre, at bæredygtige biobrændstoffer udgør mindst 5,75 pct. af det samlede årlige salg af benzin og diesel. Målet skal være fuldt indfaset i 2012, men allerede i 2010 vil infrastrukturen til at blande bæredygtigt biobrændstof i benzin være på plads - for diesel vil det ske i 2011.**

”Transporten er det store smertensbarn, når det handler om at reducere udledningen af CO<sub>2</sub>. Her vil denne lov give et positivt bidrag. Samtidig har det været altafgørende for regeringen, at loven lægger vægt på bæredygtighed. Biobrændstoffer er ikke bare biobrændstoffer, og vi skal sikre, at det er de reelt miljøvenlige, vi putter i tanken,” fremhæver klima- og energiminister Connie Hedegaard i forbindelse med lovens vedtagelse.

Loven sikrer, at biobrændstoffer skal leve op til de EU krav om bæredygtighed, som Danmark har været med til presse igennem EU. Det betyder bl.a. at der er krav til, hvor meget CO<sub>2</sub> biobrændstofferne skal fortrænge i forhold til benzin og diesel. Det betyder også, at biobrændstof ikke må bruges, hvis der er ryddet skovområder for at opdyrke råmaterialet.

Samtidig vil bæredygtighedskriterierne løbende blive evalueret på, om de er socialt bæredygtige, hvordan de påvirker fødevarerpriser i ulande og andre generelle udviklingsproblemer. Og hvis anvendelsen af biobrændstoffer har uønskede konsekvenser, skal bæredygtighedskriterierne strammes.

### **Forudgående høring om loven om biobrændstoffer**

Op mod vedtagelsen af loven i maj 2009 har en ekstern høring givet en række høringssvar fra danske organisationer, som også berører bæredygtighedskriterier.

Generelt finder en række ”grønne organisationer” – Greenpeace, NOAH, WWF, Mellemlandsk samvirke, CEVEA, Dansk Ornitologisk Forening (DOF) og Det Økologiske Råd - at bæredygtighedskriterierne er for uambitiøse. Greenpeace og NOAH anbefaler helt at droppe introduktion af biobrændstoffer i Danmark. WWF og DOF bakker op om en målsætning på 5,75% m.v. fra 2010, men under den forudsætning, at Danmark kan fastsætte bæredygtighedskrav, der supplerer og styrker EU’s krav.

Organisationerne problematiserer en række forhold angående bæredygtige aspekter af øget brug af biobrændstoffer:

- bæredygtighedskriterierne tager ikke højde for potentielle indirekte arealmæssige forskydningseffekter (’indirect land-use changes’) ved produktion af biobrændstoffer



- biobrændstoffer kan have indvirkning på fødevarepriserne, og derfor bør en stigning i fødevarepriserne kunne bevirke en nedjustering af biobrændstofiblandingsprocenten. Produktionen af biobrændstoffer kan have alvorlige socioøkonomiske konsekvenser og føre til fødevare-prisstigninger eller direkte fødevaremangel
- kritik af den såkaldte 'grandfathering clause' i VE-direktivet, der betyder at biobrændstoffer fra faciliteter, der var i drift per 1. januar 2008, først skal opfylde kravet om 35 pct. drivhusgasfortrængning fra 1. april 2013
- kritik mod både 1. og 2. generations biobrændstoffer med henvisning til de skadelige følgevirkninger for naturen, klimaet og for den fattige befolkning i den 3. verden (afskovning, konflikter over naturressourcer og stigende fødevarepriser)
- ønske om positivt at favorisere biobrændstoffer med særlig høj effekt i form af drivhusgasfortrængning
- kommentar om at lovforslaget fejltolker VE-direktivets bestemmelser om skovområder
- ønske om en præcisering af at råmaterialer til biobrændstoffer i en dansk sammenhæng ikke må dyrkes på våd- og skovområder samt områder med righoldig biodiversitet
- ønske om at der i selve lovteksten bør skrives, at bæredygtighedskriterierne følger EU's bæredygtighedskriterier

### **Energistyrelsen kommenterer disse høringspunkter på følgende måde:**

"Det er en klar forudsætning i energiaftalen fra februar 2008, der ligger til grund for lovforslaget, at biobrændstofferne skal opfylde EU's bæredygtighedskriterier. Det er Energistyrelsens vurdering, at de centrale artikler i VE-direktivet om bæredygtighedskriterierne (artikel 17 – 19) er underlagt totalharmoniseringsreglerne efter artikel 95 i TEU. Det er derfor ikke muligt fra dansk side hverken at slække på eller at skærpe kriterierne."

Da overholdelsen af EU's bæredygtighedskriterier udgør en central forudsætning i energiaftalen har Energistyrelsen præciseret dette i lovteksten.

Med hensyn til indirekte arealmæssige forskydningseffekter "indirect land-use changes" (ILUC) udtaler Energistyrelsen, at bæredygtighedskriterierne ikke tager højde for potentielle ILUC-effekter, primært fordi det er meget vanskeligt at opgøre effekterne korrekt. Kommissionen skal dog senest ved udgangen af 2010 fremlægge en rapport til Europa-Parlamentet og Rådet med en vurdering af ILUC-effekter samt adressere måder, hvor disse effekter og associerede drivhusgasemissioner kan minimeres. Rapporten skal, hvor det er relevant, ledsages af et forslag til en konkret metode til at måle drivhusgasemissioner som følge af ILUC-effekter.

Vedrørende skov- og vådområder, bemærker Energistyrelsen, at EU's VE-direktivs bestemmelser på dette område indeholder en hovedregel om, at råmaterialer fra områder med højt karbonindhold (nærmere definerede skov- og vådområder) som



udgangspunkt ikke kan regnes som bæredygtige. Denne hovedregel har to undtagelsesbestemmelser, som er nærmere beskrevet i direktivteksten.

Kommissionen forventer aktuelt først at have rammerne for og en vejledning til implementering af en certificeringsordning på plads ved udgangen af 2009. På grund af tidsforbruget til infrastrukturudbygningen vil en indfasning af bioethanol først kunne ske fra medio 2010 og biodiesel fra 2011. Det giver olieselskaberne mere tid til forberedelsen af deres indkøb af bæredygtige biobrændstoffer.

Energistyrelsen pointerer, at loven har til formål at sikre introduktion af bæredygtige biobrændstoffer til landtransport, som det er fastlagt i den energipolitiske aftale. De langsigtede målsætninger for anvendelse af vedvarende energi og herunder vedvarende energi i transportsektoren, er fastlagt ved EU's VE-direktiv, som kun implementeres delvist ved den nye lov om bæredygtige biobrændstoffer. I forbindelse med implementeringen af VE-direktivet, som skal ske senest 18 måneder efter, at det træder i kraft, vil der blive taget stilling til, hvordan den bredere målsætning om anvendelse af vedvarende energi generelt og i transportsektoren realiseres. Det fremgår af bemærkningerne til loven, at dette indgår som et element i en række af initiativer til at reducere transportsektorens olieafhængighed og CO<sub>2</sub>-udledning.

Danske biobrændstoffer skal overholde EU's bæredygtighedskriterier, som blandt andet omfatter krav om CO<sub>2</sub>-reduktion ud fra livscyklusberegninger (Well to Wheel). Dette forhold er allerede reguleret i bæredygtighedskriterierne i VE-direktivet. Kommissionen er pålagt at rapportere hvert andet år til Europa-Parlamentet og Rådet om overholdelsen af bæredygtighedskriterierne både i og udenfor EU.

## EU og bæredygtige biobrændstoffer

EU har fastlagt at medlemslandene gradvist skal øge andelen af vedvarende energikilder i EU's samlede energiforbrug til 20 % i 2020. Et direktiv om Vedvarende Energi (**VE-direktivet**) blev vedtaget 18. december 2008. Når det gælder andelen af vedvarende energi i transportsektoren, bliver hvert medlemsland pålagt et bindende mål på i alt 10 % i 2020. For at brug af biobrændstoffer kan tælle med i målopfyldelsen som vedvarende energi, skal produktion og anvendelse dog foregå under bæredygtige vilkår. I den forbindelse fastlægges en række bæredygtighedskriterier. Andre VE-teknologier som elbiler, der kører på strøm fra vedvarende energikilder, kan også tælle med i målopfyldelsen.

Ifølge EU rejser øget anvendelse af biobrændstoffer bl.a. spørgsmål angående:

- omkostninger
- forsyningsikkerhed
- drivhusgasemissioner
- fødevarerikkerhed
- biodiversitet



Der er en række usikkerheder og åbne spørgsmål forbundet med biobrændstoffer til transport. Det er nødvendigt at inkludere miljømæssige bæredygtighedskriterier for anvendelsen af biobrændstoffer og for at føre tilsyn med bæredygtighedsformåen under implementeringsfasen.

Hovedformålet med at fremme brug af biobrændstoffer i transporten er formuleret som værende

1. at reducere drivhusgasemissionerne (direkte og indirekte effekter)
2. at fremme forsyningssikkerheden
3. at påvirke beskæftigelsen i positiv retning

ad 1) I EU's Biobrændstof Direktiv argumenteres der for, at på grund af den stigende drivhusgasemission, som er forbundet med udviklingen i transportsektoren, bør fremtidige reduktionstiltag særligt fokusere på transportsektoren. Her er de store udfordringer i forhold til at finde veje til at sænke især CO<sub>2</sub> udslippet. Det fremhæves, at øget anvendelse af biobrændstoffer skal respektere andre miljømæssige mål.

ad 2) Transportsektoren i EU afhænger næsten udelukkende af importeret råolie. Det begrænser de potentielle kilder og gør forsyningen sårbar overfor politisk ustabilitet, faldende reserver af olie og gas samt fluktuerende råvarepriser. Biobrændstoffer forventes at kunne gavne forsyningssikkerheden, da biomasse kan produceres indenfor EU's eget område.

ad 3) Biobrændstoffer forventes at have økonomiske fordele for EU og øge beskæftigelsen særligt i landområder og for mindre udviklede lande, fordi de åbner nye eksportmarkeder.

### **Drivhusgasemissioner**

Brug af biobrændstoffer vil resultere i både direkte og indirekte effekter. Hvis de indirekte effekter ignoreres vil biobrændstoffer produceret i Europa generelt bevirke en reduktion i udledningen af drivhusgasser.

### **Direkte effekter**

Hvis biobrændstoffer fremstilles af afgrøder dyrket på ellers ikke anvendte landbrugsarealer, reduceres drivhusgasudledningen overordnet set. Andelen der spares varierer dog kraftigt afhængigt af den pågældende teknologi, proces og i hvilken grad og på hvilken måde biprodukter anvendes. I 2007 estimerede Joint Research Center, (JRC), EU kommissionen, at de fleste kommercielle processer sparer miljøet for omkring 18-50% drivhusgasser. Andre mindre omfattende studier har tilskrevet nogle biobrændstoffer et bedre resultat.

### **Indirekte effekter**

Hvis afgrøder, der ellers ville have været anvendt til foder og fødevarer (i EU eller eksporteret) anvendes til biobrændstoffer, er emissionerne i EU uændrede. Men der vil være indirekte effekter pga. dyrkning af foder eller fødevarer uden for EU.



10% målet vil føre til øget produktion af landbrugsprodukter uden for EU, hvilket vil bevirke øget udslip af drivhusgasser fra landbruget (øgede årlige emissioner og emissioner fra ændret brug af landareal).

At se på **direkte effekter** alene kan være acceptabelt for lave iblandingsprocenter af biobrændstoffer i EU vejtransport, når hovedparten af den ekstra biomasse til fremstilling af biobrændstoffer kommer fra brak eller andre ikke anvendte landbrugsarealer inden for EU. Men med et mere ambitiøst mål om 10% iblanding af biobrændstof vil det meste af EU materiale til biobrændstoffer blive taget fra verdens råvareaftalemarkeder. Antageligvis vil dette råvaremateriale stamme fra

- Omstilling af EU produktion fra eksport
- Indirekte import især til erstatning af vegetabiliske olier, der ellers har været anvendt til fødevarer
- Direkte import

Omstilling af EU's produktion fra foder og fødevarer til biobrændstoffer vil – med mindre europæere ændrer deres spisevaner - medføre en øget import af fødevarer. Sammen med direkte importeret råvaremateriale vil dette føre til en stigning i den globale fødevareefterspørgsel. Det vil igen lede til en øget landbrugsproduktion og –emission fra de marginalt foder- og fødevarerproducerende lande uden for EU.

Der er to former for **indirekte** landbrugsemissioner: indirekte årlige emissioner og emissioner, der skyldes indirekte arealanvendelsesændringer

- Årlige emissioner – stammer fra landbrugets anvendelse af brændstof og gødning samt ændring i udslippet af lattergas (N<sub>2</sub>O) fra landbrugsjord
- Emissioner, der skyldes ændring i arealanvendelse

I VE direktivets Artikel 17 behandles emnet Bæredygtige kriterier for biobrændstoffer. En særlig komité (Committee on the Sustainability of Biofuels and Other Bioliquids) blev i henhold til Artikel 25 nedsat til at hjælpe Kommissionen i spørgsmål vedrørende biobrændstoffer og andre flydende biobrændstoffers bæredygtighed.

Desuden arbejder en gruppe under den europæiske komité for standardisering, CEN (Comité Européen de Normalisation), med forslag til dokumentations- verifikations-systemer for bæredygtighedskriterier. Resultatet er endnu ikke offentliggjort og Kommissionen har erklæret, at man kun til en vis grad vil benytte resultaterne fra CEN-gruppens arbejde.

Dertil kommer, at der endnu mangler at blive etableret et certificeringssystem for biomasse/ biobrændstoffer. Kommissionen har udbudt denne opgave.

I juni 2009 forventer Kommissionen at publicere detaljerede kriterier som baggrund for kommende nationale biomasse handlingsplaner i EU medlemslandene. Der er udsendt en template fra Kommissionen til medlemslandene om, hvordan de nationale hand-



lingsplaner for implementeringen af VE direktivets Artikel 17 om Biobrændstoffer skal udfærdiges.

Energistyrelsen fremhæver, at det fremgår af EU's VE-direktiv, at der ved opfyldelse af EU- og nationale transportmål kun kan anvendes biobrændstoffer, som opfylder EU's bæredygtighedskriterier, der blandt andet fastlægger nedre grænser for biobrændstofferne CO<sub>2</sub>-fortrængning over deres livscyklus. Efter normal praksis opgøres CO<sub>2</sub>-regnskabet således, at opstrømsudslippet medregnes i produktionslandet, hvorimod CO<sub>2</sub>-fortrængningen medregnes i det land, hvor brændstofferne anvendes. Energistyrelsen har vurderet, at anvendelsen af 5,75 pct. biobrændstoffer årligt vil reducere Danmarks CO<sub>2</sub>-emissioner med 850.000 ton CO<sub>2</sub> (inkl. indirekte effekter og opdateret fra 820.000 ton pga. nye forbrugstal). EU-Kommissionen er enig i vurderingen og godkendte denne i august 2007 som en del af regeringens plan for opfyldelse af Danmarks Kyoto-forpligtelse (NAP2). I lyset af den nødvendige gradvise indfasning af biobrændstoffer som følge af infrastrukturudbygningen vil der opstå en CO<sub>2</sub>-manko ift. de forudsatte reduktioner i NAP2. Mankoen ved en gradvis indfasning af biobrændstoffer vil andrage gennemsnitligt ca. 300.000 ton årligt fra 2010 til 2012.





## Udviklingsspor og anbefalinger – fra 2 workshops

I forbindelse med projektet blev der afholdt 2 workshops, hvor omkring 50 personer bidrog med viden og vurderinger af potentialet for en fremtidig udnyttelse af biomasse. Se program og deltagerliste fra de 2 workshops under Bilag side 139. I dette afsnit præsenteres de udviklingsretninger og anbefalinger som fremstod som resultater af arbejdet på de 2 workshops.

På den 2. workshop i Hvidbog-projektet blev 3 udviklingsspor præsenteret, som oplæg og inspiration for deltagerens arbejde på workshoppen.

De 3 Udviklingsspor var

1. Lovgivning og mål 2020
2. Energi-mix spor 20?? – baseret på Det fremtidige danske energisystem, Teknologirådet 2007
3. VE – spor 20?? – baseret på Klimaplan 2050, Ingeniørforeningen 2009

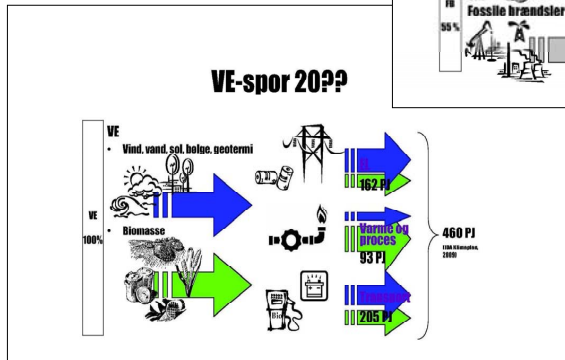
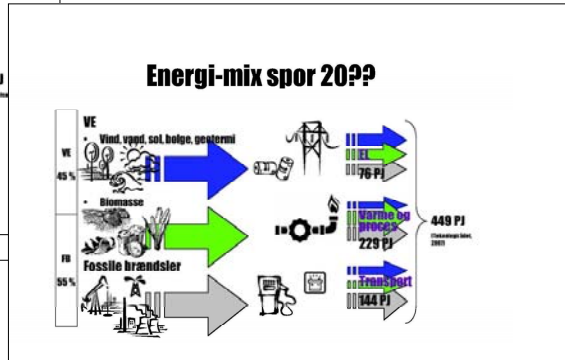
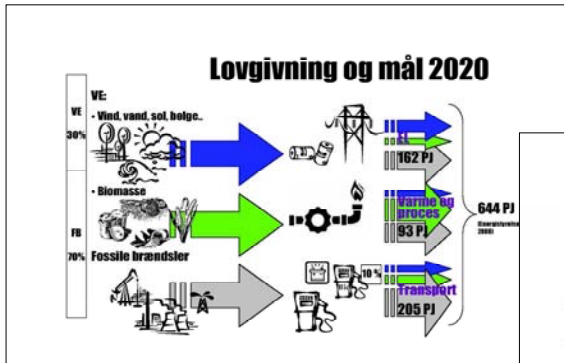
De beskrevne udviklingsspor er hver især baseret på en række forudsætninger og antagelser og rummer derfor - som alle scenarier og bud på udviklingsretninger - usikkerheder.

F. eks. antages det i Energi-mix og VE-sporet, at der satses massivt på el-besparelser. Heri ligger også en antagelse om, at der vil blive udviklet bedre og mere energieffektive el-apparater samt mere brændselseffektive biler. Begge dele forudsætter dog en betragtelig teknologiudvikling, hvilket er forbundet med en hel del usikkerhed.

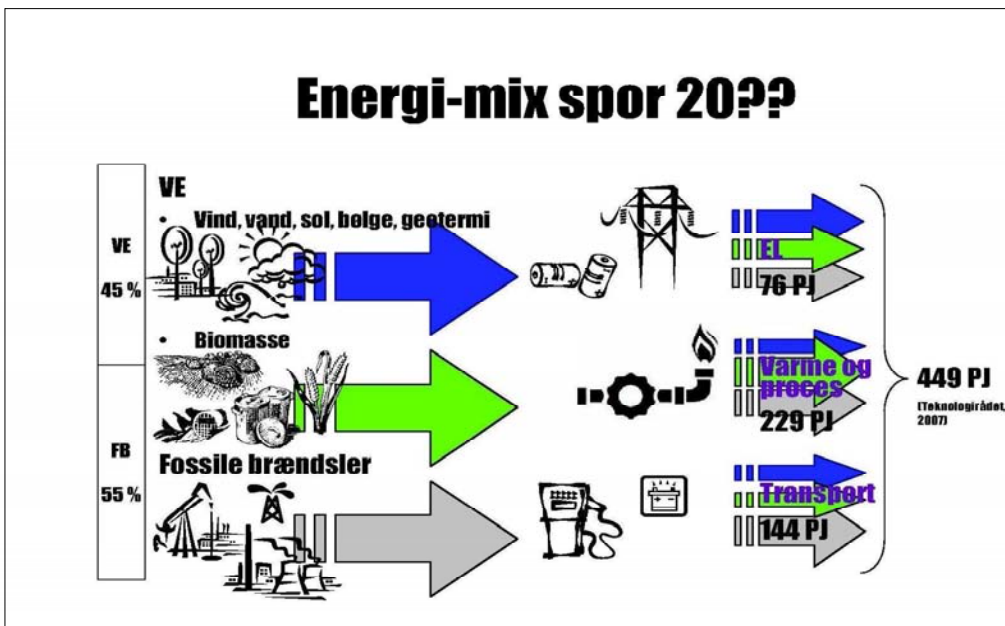
Udviklingssporet Lovgivning og mål 2020 dækker de politiske beslutninger, der nu er vedtaget for dansk anvendelse af vedvarende energi og biobrændstoffer til transport i 2020.

I det følgende beskrives nogle mulige forudsætninger og usikkerheder for henholdsvis Energi-mix og VE-sporet.

Desuden gives nogle korte bud på en vurdering af de to udviklingsspor med hensyn til forsyningsikkerhed, fleksibilitet, miljø og klima samt eksport.

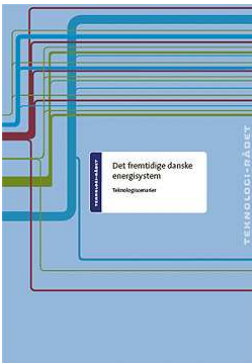


## Energi-mix





- Baseret på **STREAM**-model (Sustainable Technology Research Energy Analysis Model) udviklet i Teknologirådets project Det fremtidige danske energisystem, 2007.
- Kombinerer virkemidler fra 4 teknologisor med fokus på:
  - Energibesparelser
  - Naturgas
  - Vindkraft
  - Biomasse
- Hvert teknologisor illustrerer 4 mulige retninger for det fremtidige danske energisystem, som vurderes at være opnåeligt med en fokuseret politisk indsats.



Kilde: [Teknologirådet, 2007: Det fremtidige danske energisystem. Teknologiscenarier.](#)

## Udviklingsspor Energi-mix: Forudsætninger og usikkerheder

### ENERGIBESPARELSER

Betydelige energibesparelser:

- mere effektive el-apparater
- bedre isolering, varmegenvinding og energineutralt nybyggeri
- mere brændselseffektive biler

### VINDKRAFT

Massiv udbygning af vindkraft:

- fleksibelt elforbrug (intelligente elmålere og el-apparater)
- vindproduceret el til varmeproduktion (især vha. højeffektive varmepumper)
- elbiler til transport

### GAS

Effektiv anvendelse af gas:

- højeffektive gasfyrede kraftvarmeværker erstatter kulraftværker
- gasfyret mikrokraftvarme erstatter gaskedler i husholdningerne
- høj andel naturgas i transportsektor



## BIOMASSE

Effektiv udnyttelse af biomasse:

- til el- og varmeproduktion
- til erstatning af olie til opvarmning og i industri
- til transport i form af bioethanol og biodiesel

**Vurdering af nogle resultater ved at følge udviklingssporet Energi-mix:**

## FORSYNINGSSIKKERHED

- Reduceret energiforbrug pga. energibesparelser
- Reduceret import/eksport – dog stadig nogen import af kul og naturgas

## FLEKSIBILITET

- Flexibelt forbrug
- Flexibele teknologier og fleksibelt kraftvarmesystem med vind (eldrevne varmepumper, elbiler), geotermi, biomasse mv.

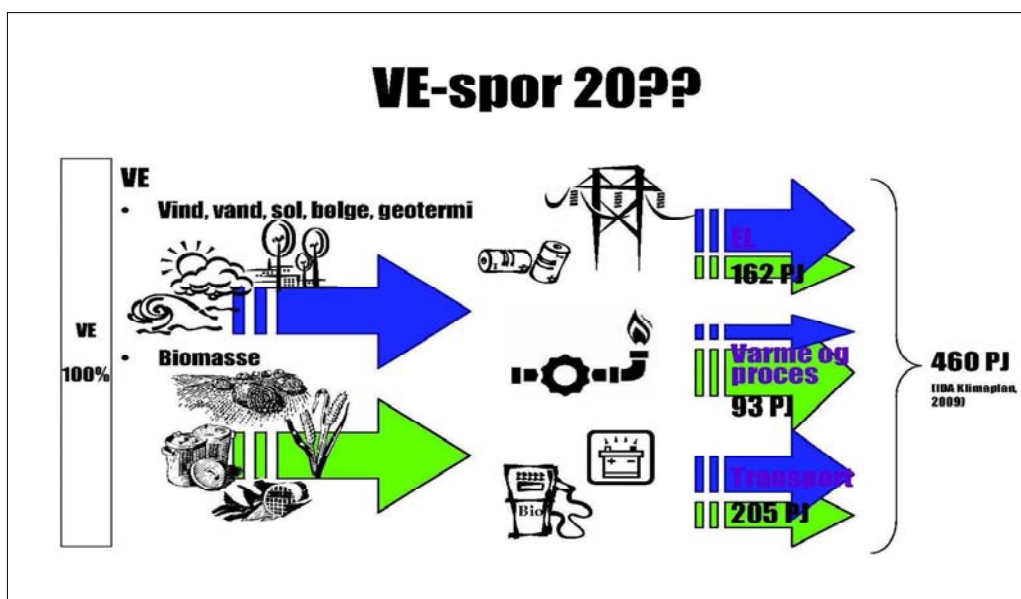
## EKSPORT

- Bygninger, el-apparater, styring etc.
- Vindkraftteknologi
- Biobrændstofteknologi og enzymer

## MILJØ

- Reduceret energiforbrug pga. energibesparelser
- Reduceret udledning af drivhusgasser pga. mindre brug af fossile brændsler (pga. energibesparelser, udbygning af vindkraft, bedre udnyttelse af biomasse)

## VE





Et udviklingsspor med 100 % vedvarende energi vurderes at være teknisk muligt men kræver

- Kombination af besparelser, effektiviseringer og satsning på VE
- Fleksible teknologier
- Fortrængning af olie i transportsektor



Kilde: Ingeniørforeningen, IDA, 2009: IDAs Klimaplan 2050 - [Hovedrapport](#) - [Baggrundsrapport](#)

## Udviklingsspor med 100% vedvarende energi: Forudsætninger og usikkerheder

### ENERGIBESPARELSER

Betydelige energibesparelser:

- mere effektive el-apparater
- bedre isolering, varmegenvinding og energineutralt nybyggeri
- mere brændselseffektive biler

### VINDKRAFT

Massiv udbygning af vindkraft:

- fleksibelt elforbrug (intelligente elmålere og el-apparater)
- vindproduceret el til varmeproduktion (især vha. højeffektive varmepumper)
- elbiler til transport

### BIOMASSE

Effektiv udnyttelse af biomasse:

- til el- og varmeproduktion
- til erstatning af olie til opvarmning og i industri
- til transport i form af bioethanol og biodiesel
- Import af biomasse



## Vurdering af nogle resultater ved at følge udviklingssporet med 100% vedvarende energi:

### FORSYNINGSSIKKERHED

- Reduceret energiforbrug pga. energibesparelser
- Reduceret import/eksport – dog nogen import af biomasse til energiformål

### FLEKSIBILITET

- Fleksibelt forbrug (intelligente elmålere)
- Fleksible teknologier og fleksibelt kraftvarmesystem baseret på vind, (varmepumper, elbiler mv.), geotermi, biomasse mv.

### EKSPORT

- Bygninger, el-apparater, styring etc.
- Vindkraftteknologi
- Fjernvarme og kraftvarmeteknologi

### MILJØ

- Reduceret udledning af drivhusgasser pga. mindre brug af fossile brændsler (pga. energibesparelser, udbygning af vindkraft, bedre udnyttelse af biomasse)
- Direkte/ indirekte effekter ved øget import af biomasse?

## Udviklingsspor for 2020 –2030 –2050 – opsummering fra 2 workshops

Lovgivning og mål for et 2020 udviklingsspor for biomasse til transport er nu lagt fast. En ny lov om bæredygtige biobrændstoffer er vedtaget i maj 2009 – fra 2010 skal 5% biobrændstoffer blandes i benzin og diesel og 1. januar 2012 skal procenten stige til 5,75. I 2020 skal i alt 10 % af brændstof til vejtransport være VE. De overordnede danske rammer for biobrændstoffer er således fastlagt – ligesom i resten af EU.

Nu må det handle om, hvordan vi når målene og finder de rigtige løsninger. Frem mod 2020 (som blot ligger 10 år frem i tiden!) er der ikke ”mange valgmuligheder på hylden”. Det kan give problemer med, at vi ”låser os fast” i de teknologiske løsninger, der på nuværende tidspunkt er kendte, og at vi binder store investeringer i de aktuelt tilgængelige teknologier for at nå 2020 målene. Hvis vi blot vælger den billigste måde at nå 2020 målene så kan de måske komme til at stå i vejen for 2030 og 2050 målene. Hvad sker der, når vi kikker frem mod 2030 ? Og mod 2050? Er det så de samme teknologier, som vi finder det hensigtsmæssigt at satse på? Usikkerheder forbundet med de mulige fremtidige teknologiske landvindinger, vi endnu ikke kan se eller kan vurdere potentialet i, taler for at arbejde i parallelle energispør. F.eks. satse på såvel det bæredygtige biomassespor til transport som på elbiler. Desuden er der dele af transportområdet f.eks. flytrafik som ikke kan drives på batterier. Også i fremtiden vil flydende brændstoffer være nødvendige til dele af transportområdet – også selv om teknologier og infrastrukturer for eldrevne køretøjer vil udvikle sig positivt og elbilerne få stort volumen i en ikke så fjern fremtid.



Der er behov for en kraftig indsats for at reducere behovet for energi i samfundet – også i transportsektoren. Grundlæggende energibesparelser og udvikling af mere energi-effektive løsninger er vigtigt, når der skal findes nye teknologiske løsninger til at dække det fremtidige behov for el, varme og transport. Energibesparelser bør ske såvel i form af teknologi som adfærdsændringer.

Der er også behov for at spare på de danske fossile energikilder i form af olie og naturgas, således at de udnyttes mest hensigtsmæssigt frem mod ressourcernes ophør. DONG siger nu, at den danske gasproduktion i Nordsøen kan risikere at være ophørt i 2015; Energistyrelsen vurderer, at Danmark er selvforsynende med olie til 2018 og med naturgas til 2020 – og nye fund kan måske strække på disse ressourcer. Det er i lyset af de knappe ressourcer f.eks. næppe hensigtsmæssigt at bruge naturgas fra Nordsøen til en så simpel proces som varmeproduktion. Naturgas kan bruges i transportsektoren. Men usikkerheden om de danske naturgasressourcer kan gøre det u hensigtsmæssig med en større satsning på naturgas til dansk transport – med mindre vi vil acceptere stor import af gas på længere sigt. Den danske naturgasressource kan dog suppleres af biogas, der kan dække 20-25 % af det nuværende naturgasforbrug.

På wokshoppen den 3. juni 2009 blev to bud på en dansk energifremtid lagt til debat: Et "Energimix –udviklingsspor" med et tidsperspektiv frem mod 2030 og et "VE udviklingsspor" med et tidsperspektiv frem mod 2050. De to spor blev set og debatteret samlet som en mulig "forlængelse" af hinanden. Sådanne energiudviklingsspor med bud på fremtiden - og andre tilsvarende scenarier/udviklingsspor- er væsentlige at debattere. I sammenligning med en ren fremskrivning af de lovbaserede 2020 mål rummer udviklingssporene flere udfordringer og ambitioner i forhold til alternative teknologiske løsninger, klima- og miljømål, erhvervsudvikling m.m.

På workshoppen blev der peget på et udviklingsspor for transporten i 2050, hvor 80 % af transportarbejdet vil blive dækket af el og 20 % af flydende biomasse i en eller anden form. De 20 % flydende biomasse til transportbrændstof blev vurderet til at være det maksimale dansk baserede biomasse potentiale til transportområdet. Biobrændstoffer kan komme direkte i forbrændingsmotorerne i biler. Men omkring 2030 vil der ikke længere være brug for forbrændingsmotorer – elbiler og brintbiler m.m. vil tage over og overflødigøre de motorer, vi kender i dag. Derimod vil fly- og skibsmotorer stadig være baseret på forbrændingsmotorer omkring 2050.

Forestillingen om en hurtig introduktion af elbiler er måske for optimistisk? Den eksisterende infrastruktur baseret på flydende brændstoffer er medvirkende til at introduktionen af elbiler har længere udsigter. Det er ligeledes ikke sandsynligt at bilindustrien vil være klar til at introducere elbiler i stor skala frem mod 2020.

På de 2 workshops blev der peget på, at en effektivisering af bilernes nuværende motorer derimod er realistisk. Der er allerede skred i denne udvikling i retning af mere effektiv brændstofudnyttelse.

Der var usikkerhed i forhold til, om det er realistisk at nå målet i Udviklingssporet 100% vedvarende energi om at komme ned på et samlet dansk energiforbrug på 460 PJ omkring 2050 i forhold til det nuværende forbrug på 800-900 PJ pr. år.



## Vurdering: Biomasse til energi i transportsektoren kan spille en positiv rolle i en overgangsfase frem til 2030-2050.

Frem mod 2050 ”udfaser vi først de fossile brændstoffer og derefter biomassebrændstofferne” – herefter vil blandt andet el og brint tage over!

Bioethanol har sin tid som landbaseret transportdrivmiddel i de næste 10-20 år. Biomasse til flytransport vil kunne anvendes også efter 2030, men ikke i form af bioethanol.

Men biomasse er en begrænset ressource, som ikke kan dække hele transportbehovet. Det er derfor nødvendigt at prioritere i forhold til, hvad de forskellige biomasseressourcer bruges til. Endvidere er der brug for en ”varmeaftager” i f.m. produktion af biomasse, da varmetabet er uomgængeligt. Effekten er ca. 80% hvis biomassen udnyttes til kraftvarmeproduktion.

I overgangsfasen fra i dag og frem mod 2050, hvor bæredygtige biobrændstoffer skal udnyttes, er det vigtigt at gå efter ”de intelligente løsninger” – f.eks. at tænke i sammenhængende produktionskæder og processer mere end i enkelte produkter – ”vi bør koble så mange systemer som muligt”. Synergieffekter er vigtige, og biomasse bør udnyttes til andet end varme og el. Kemikalie- og foderproduktion kan profitere på produktion af biomasse til energi ligesom landbruget kan tilbageføres nyttige produkter i form af f.eks. gødning. Anvendelse af nyttige biprodukter bør derfor indtænkes i alle produktioner af bioenergi herunder bioethanol.

*Frigøres der i en nær fremtid landbrugsarealer, som kan nyttiggøres til bæredygtig bioenergi produktion? Det danske landbrug er presset af dårlig økonomi i forhold til fødevarerproduktion – især i forhold til dyreproduktion og udsigt til frafald af EU landbrugsstøtte. Landbruget kan derfor tænkes at få interessere i at omlægge til f.eks. mere produktion af biomasse til energiformål. Derfor kan der i landbruget være interesse for at ændre på den aktuelle prioritering af landbrugsproduktion ( kort beskrevet: først fødevarer – så foder – og til sidst bioenergi) i retning af mindre intensivt dyrehold til fordel for mere flersidet- herunder energi rettet- landbrugsproduktion. Vil vi se mere til bæredygtige landbrug, som er noget andet og nyt i forhold til økologisk landbrug og konventionelt landbrug?*

Her følger en række punkter fra workshoppens debat om udviklingsspor og fremtidig brug af biomasse til energiformål

- bæredygtig biomasse kan indgå i et fremtidigt fleksibelt energisystem blandt andet som energilager
- import af biomasse er omfattet af usikkerheder – miljømæssigt og økonomisk, men DONG er nødt til at importere for at leve op til målene i den nye lov om brug af bæredygtige biobrændstoffer
- biogas vil kunne bidrage med 15-20 PJ
- biogas kan med fordel udnyttes til busser – f.eks. bybusser(det gør man i mange andre lande end DK)
- omlægning af landbruget – med nye typer sædskifte, grøngødning, efter-afgrøder kan give ekstra 30 PJ





- skovene vil kunne bidrage med biomasse svarende til 15-20 PJ (private og offentlige)
- generelle effektivitetsforøgelser kan give 90 PJ
- der er store forventninger til halmressourcen, hvoraf 1/3 ikke udnyttes i dag. Hvis denne tredjedel bliver udnyttet til fx 2. generations bioethanol produktion vil den potentielt kunne imødekomme over 10 % af transportsektorens brændstofforbrug i Danmark
- men halm til energiformål får konkurrence fordi halmens værdi som gødningsmiddel er øget i de senere år, og det medfører højere priser
- halm er dybest set ikke et rest-/ affaldsprodukt men et kulstofholdigt næringsprodukt i landbruget
- halm til 2 generations bioethanol i DK ser aktuelt lovende ud men vi bør have et bredere felt at arbejde med
- roer giver megen energi, men dyrkningen kræver både megen gødning og energi, så CO2 regnskabet er ikke så godt
- majs giver et højt biobrændstof udbytte men kræver stort forbrug af gødning, pesticider, vand og energi
- grøngødning og især lucerne ser ud til at have et lovende bæredygtigt 2. generations bioethanol potentiale med restprodukter, som kan føres tilbage til landbruget og en jordforbedrende effekt
- energi-pil har et potentiale – kan dyrkes i noget af det frigivne landbrugsareal og optager bl.a. kvælstof, men giver en "ensidig natur"
- størrelsen af den danske bioenergiproduktion afhænger i høj grad af afgrøder og dyrkningsmetoder og ikke blot af størrelsen af det arealet, der udnyttes til bioenergi
- hvis målet om 10 % biobrændstoffer skal opfyldes alene ved hjælp af danskproduceret bioethanol vil det være nødvendigt at inddrage noget af landbrugsarealet. Det vil ikke være problematisk i forhold til produktionen af vegetabiliske fødevarer, men snarere en konkurrence med foderproduktionen, som i dag beslaglægger mere end 70 % af landbrugsarealet. Mindre kødforbrug kan frisætte landbrugsarealer til andre formål end foder
- hvis landbruget bidrager med biomasse til bioenergiproduktion kan der tilbageføres rester fra bioenergiproduktion til landbruget enten i form af foder eller gødning, som derved kan substituere f. eks. kunstgødning. Derfor kan det på sigt blive mere fordelagtigt for landbruget at levere biomasse til bioethanol fremstilling end kraftvarmeproduktion. Bioethanol produktionen vil alt afhængig af råvaren kunne tilbyde landbruget et værdifuldt biprodukt i form af foder og gødning og frigørelse af arealer.
- vigtigt at tænke i opgradering af biomasse og flere udnyttelsesformer ("mindre skal blive til mere"). Afbrænding og forgasning er "end of the line" så er kvælstoffet væk og der er ikke mere et oplagt restprodukt at udnytte
- erfaringer fra andre teknologier viser dog, at komplekse produktkæder også medfører sårbarheder i systemet. Det er værd at huske ved biomasseudnyttelse i bioraffinaderier
- regeringens udgangspunkt om, at opfyldelsen af målene i den nye lov om biobrændstof skal være udgiftsneutral virker dog som en urealistisk position



## Anbefalinger

I forlængelse af workshoppens debat om udviklingsspor for 2020- 2030-2050 fremgår følgende bud på aktuelle anbefalinger til det **politiske niveau** om det fremtidige danske energisystem og biomasse til transportformål. Workshoppen pegede på, at politisk ageren skal rettes mod behov, løsninger og produktmuligheder i den nære fremtid. Men de mere kortsigtede anbefalinger bør ikke spænde ben for de forventede langsigtede perspektiver.

- Derfor skal der foretages en kontant analyse af udfordringer, viften af løsningsmuligheder, barrierer og forudsætninger for brændstof til transport fra i dag og frem mod 2050
- Økonomiske analyser og bud på fremtiden bør ikke stå alene men skal kobles med udviklingsspor med fokus på teknologiske/naturvidenskabelige udfaldsrum og normative analyser – ellers fastlåses rådgivningsmulighederne af "forsimplede" analyser
- Der skal gives klare politiske signaler, sikres klare politiske rammer og målsætninger og etableres gode politiske incitamentstrukturer som led i målopfyldelsen. Årlige mål og milepæle (som i USA) er nyttige. De politiske målsætninger skal formuleres og kommunikeres til befolkningen og industrien. Markedet er ikke en stærk nok drivkraft – og sikrer ikke de "intelligente løsninger" – i forhold til energisystemets fremtid
- Regulering af afgifter og harmonisering af afgiftsstrukturen er meget vigtig. Problematikken med, at afgifterne ikke altid afspejler de reelle omkostninger fører til samfundsmæssig uøkonomisk adfærd. Det bør ændres.
- Vi bør i princippet have det mål at være selvforsynende med egen biomasse til energiformål (forsyningsikkerhed, styr på miljøkrav, erhvervspotentiale m.m.). Men da vi skal opfylde et krav om 10% biobrændstof til dansk transport i 2020, bliver vi nødt til at importere biomasse i et vist omfang – enten som rå biomasse eller flydende brændstof
- Der skal være stærkt dansk fokus på, at biomasseproduktion skal ske indenfor klare miljømæssige kriterier – gerne mere ambitiøse end EU's kriterier
- Vi bør være varsomme med for snævre satsninger og med at binde os til én form for energimedie (f.eks. bioethanol) og i stedet prøve at køre i parallelle spor. F.eks. satse på såvel bioethanol som methanol og biogas.
- Et ønske om en energiforsyning baseret på mange forskellige kilder herunder forskellige typer VE kræver en del systemovervejelser angående f.eks. indpasning af de forskellige energiformer



- Vi skal være meget opmærksomme på at genbruge de eksisterende systemer og infrastrukturer, der hvor det er muligt. Samtidig skal der vurderes på de store centrale kraftværkers levetid. Skal de i nogle tilfælde erstattes af en række mindre og decentrale enheder?
- I tilknytning til kraft-varme værker bør der også være andre energiproducerende faciliteter
- Udnyttelse af synergieffekter ved produktion af flydende biomasse til transportformål er vigtig. Der skal produceres andet end el og varme. Fjernvarmeproduktion bør kobles på el nettet for at øge energieffektiviteten. Hvis vi vil satse på udnyttelse af hele ”biomasse-kæden” og synergieffekter, så er vi nødt til at have 2. generations værker i DK. Fuldskala demonstrationsanlæg er nødvendige for at kunne vurdere de mange aspekter af proces- og produktkæder
- Der skal forskes og demonstreres mere i bioraffinaderier og dermed i biomassens rolle i hele bio-systemet. Der skal fokus på en effektiv integration og synergi mellem teknologier og muligheder for at udnytte såvel hoved – som biprodukter. At arbejde med en intelligent udnyttelse af biomasse kræver en tværfaglig tilgang
- Tiden ”efter kulalderen ” lægger op til en ny cirkularitet med samordning af sektorer med nye stærke danske handlemuligheder i. f. t. landbrug, energiproduktion, vandregulering, natur- og miljøtiltag, uddannelse og beskæftigelse. Basis for tværfaglige decentrale partnerskaber.
- Varsomhed med fuldstændig afgiftsfritagelse for bioethanol, da det kan fremme import af biomasse og bioethanol
- Fortsat afgiftsfritagelse for elbiler og plug-in elbiler, da elbilerne er en del af det langsigtede perspektiv for transportområdet. Vi skal sikre forskning i og demonstration af intelligente el-distributionsnet, da det er forudsætning for el-bilerne.





til kraftvarme er ofte høj. Dog kan der være begrænsninger i forhold til, hvor stor en andel af f.eks. halm, der kan indfyres for at få en optimal forbrænding.

### Biobrændstoffer

Flydende eller gasformige brændstoffer til transport fremstillet af biomasse.

### Bioethanol

Biobrændstof fremstillet på basis af hhv. sukker- og stivelsesholdig biomasse (1. generation) eller ud fra fiberholdigt materiale (2. generation). Fiberholdig biomasse som halm, flis, strå m.v. kan dog også anvendes til kraftvarmeproduktion. Bioethanol kan desuden fremstilles på basis af alger.

### Biodiesel

Biobrændstof der kan fremstilles på basis af enhver vegetabilsk eller animalsk olie. Den mest almindelige type biodiesel (FAME eller Fatty Acid Methyl Ester) fremstilles ved en kemisk reaktion (transesterificering) mellem en alkohol og olie fra eksempelvis rapsfrø, sojafrø m.v. eller slagteriaffald. Biodiesel kan dog i lighed med bioethanol også laves på basis af alger.



iStock

### Biogas

Biobrændstof dannet ved anaerob (iltfri) nedbrydning af organisk materiale. Biogas består fortrinsvis af methan ( $\text{CH}_4$ ) i varierende blandingsforhold med kuldioxid ( $\text{CO}_2$ ) afhængig af proces og råvarer. Methan kan fremstilles ud fra iltfri biologisk nedbrydning af organisk affald fra husholdninger og industri (f.eks. husdyrgødning, fødevareraffald, spildevandsslam eller energiafgrøder). Processen optimeres ved at kombinere to eller flere biomassetyper i et fælles biogasanlæg.

### Teknologi

Der findes en række veje til fremstilling af biobrændstoffer på basis af biomasse, herunder bl.a. biologiske, termiske, fysiske kemiske samt forskellige kombinationer heraf.

**Biologiske metoder** nedbryder og omdanner organisk materiale ved hjælp af biologiske processer. Mens **kemiske**, **termiske** og **fysiske metoder**, som navnet antyder, gør brug af f.eks. syre, temperaturer, tryk m.v.





## BIOETHANOL

### Kort om

**Bioethanol** er et flydende biobrændstof baseret på plantemateriale, der kan iblandes og derved delvist erstatte benzin i forbrændingsmotorer. Bioethanol er et **CO<sub>2</sub>-neutralt** brændsel. Ved forbrænding af bioethanol udskilles kun den CO<sub>2</sub>, planten via fotosyntese har optaget gennem luften.

### Karakteristik

Ethanol er en farveløs og yderst brandfarlig væske med en stikkende lugt. Ethanol eller ætanol har den kemiske formel C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH og kaldtes tidligere ætylalkohol eller vinånd.

Da ethanol har en **lavere brændværdi** end benzin frigives mindre energi ved forbrænding af 1 l ethanol sammenlignet med 1 l benzin. Til samme rækkevidde (km) vil en ethanol-drevet bil derfor som udgangspunkt kræve en større tankvolumen. Ved tilsætning af op til 10 % ethanol i benzin vil ethanolens **oktanforbedrende** egenskaber til dels kompensere herfor.

### Teknologi

Ethanol kan fremstilles på mange forskellige måder. Bioethanol kan fremstilles ud fra sukker- og stivelsesholdig biomasse gennem gæring (fermentering). Ved gæring omdanner mikroorganismer under iltfri forhold kulhydrater til ethanol. Bioethanol kan dog også fremstilles ud fra fiberrigt materiale.



HZ536n, Newbury Images

### 1. og 2. generation

Man skelner mellem 1. og 2. generation bioethanol på baggrund af det råmateriale og den teknologi, der anvendes i produktionen. **1. generations teknologi** anvender sukker- og stivel-



sesholdige afgrøder som sukkerroer, majs og hvede, der også kan bruges til foder og fødevarer. **2. generations teknologi** anvender fiberholdigt materiale, der ikke kan anvendes til foder og fødevarer. Den primære kilde hertil er restbiomasse som flis, strå, stængler og halm. Men energiafgrøder som pil kan også anvendes.

### 1. generation

**Sukkerholdige materialer** som sukkerrør og sukkerroer eller **stivelsesholdige råvarer** som majs og hvede kan ved **gæring** omdannes til bioethanol. Stivelsesholdige materialer må dog forud for gæringen nedbrydes til sukkerstoffer ved hjælp af **enzymer**.

### 2. generation

Bioethanol kan også fremstilles ud fra **fiberholdig biomasse** som halm, vegetabilsk husholdningsaffald samt træ-, papir- og haveaffald. Det fiberholdige materiale (lignocellulose) må dog først nedbrydes til sukkerstoffer – typisk ved hjælp af **enzymer** og **hydrolyse**, hvorefter disse kan **gæres** til ethanol.

### Alger

Alger er encellede organismer, der kan leve alene af sollys, vand og kuldioxid. Som andre organismer med grønkorn kan alger ved **fotosyntese** binde kuldioxid fra luften og omdanne det til ilt. Under optimale vækstbetingelser kan alger firedoble deres vægt på en dag. Det betyder, at det potentielle udbytte er meget stort.

Flere **makroalger** (flercellede) har et højt indhold af kulhydrater, der potentielt kan gæres til bioethanol. I Danmark forskes bl.a. i bioethanolproduktion på basis af **søsalat** (*Ulva lactuca*).

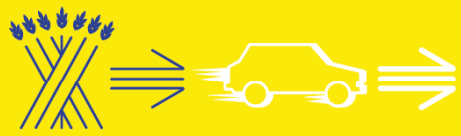
Nogle **mikroalger** (encellede) viser dog også potentiale. Via genmodifikation kan man indsætte celluloseproducerende gener fra en eddikebakterie (*Acetobacter Xylinum*) i **blågrønalger** (cyanobakterier). Det kan få dem til at uskille ikke blot cellulose men også store mængder sukkerstof i form af glucose og sucrose. Cellulosen kan uden stort besvær eller omkostninger omdannes til glucose og sukkerstofferne kan igen omdannes til ethanol.

Blågrønalger giver et langt højere udbytte end 1. generations markafgrøder. De trives i saltholdigt vand uden tilførsel af kunstgødning og behøver ikke lægge beslag på værdifulde landsarealer. Desuden er det muligt at høste sukkeret uden at ødelægge algen, der kan renses og udsættes igen. Teknologien er dog endnu under udvikling.

### Anvendelse

Bioethanol er det samme produkt uanset hvilken råvare og teknologi, der er anvendt til produktionen. Bioethanol kan uden videre iblandes benzin og bruges i benzinmotorer i koncentrationer på op til 5 %. Højere koncentrationer kræver ændringer af motoren og dens styringssystem. Såkaldte flexi-





flexible-fuel-biler (Flexible Fuel Vehicles) kan køre på alle blandinger af benzin og ethanol. Derudover kan ethanol også i nogen grad iblandes diesel.

## Udbredelse

Brug af bioethanol i benzin i forskellige koncentrationer er udbredt i en række lande. Blandt andet anvendes brændstoffet E85 (85 % ethanol og 15 % benzin) i lande som Brasilien, Sverige og USA. I Brasilien anvendes endda køretøjer, der kører på 100 % ren ethanol. På verdensplan er bioethanol det mest anvendte biobrændstof.

**1. generations bioethanol** kan med kommerciel teknologi produceres ud fra f.eks. roer, korn majs eller sukkerrør. I Danmark planlægges opførelsen af to kommercielle 1. generations anlæg i Tønder og Grenå Havn. Begge forventes at være i drift senest i begyndelsen af 2012.



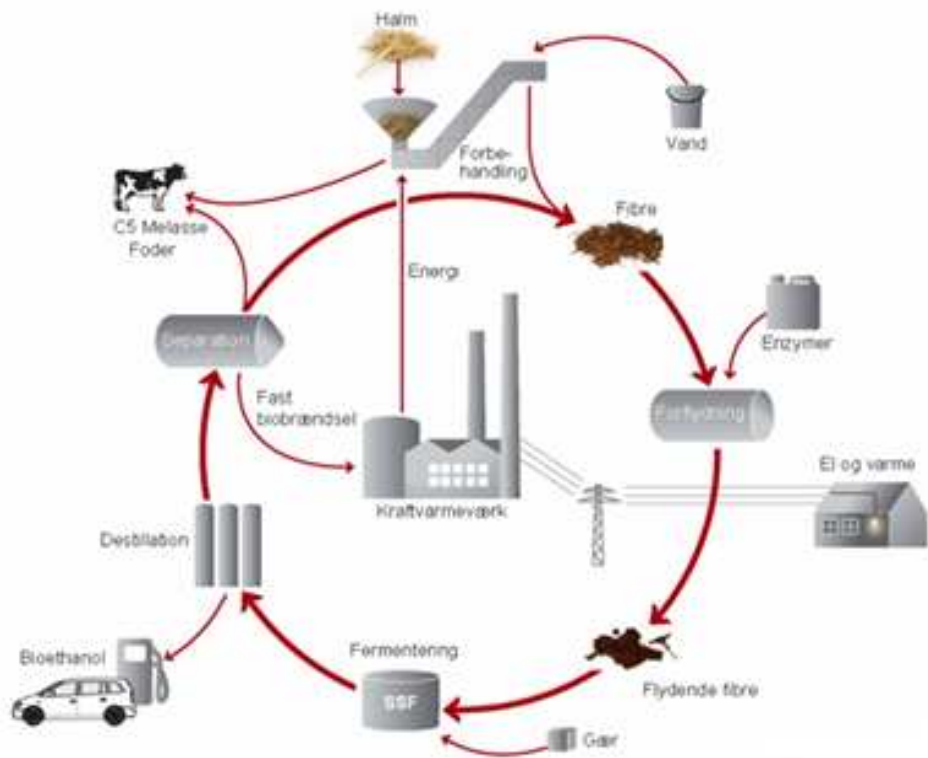
iStock

**2. generations bioethanol** kan produceres ud fra restbiomasse som halm fra korn. Dette kræver dog, at teknologien er fuldt udviklet og at der er tilstrækkelig produktionskapacitet. Der er i øjeblikket to markante udviklingsprojekter i Danmark inden for komplet 2. generations teknologi til produktion af bioethanol baseret primært på halm og halmlignende, fiberholdige afgrøder. I Kalundborg er Inbicon (DONG Energy) i gang med opførelsen af et fuld-skala demonstrationsanlæg og på Bornholm planlægger BioGasol opførelsen af et tilsvarende værk (BornBioFuel).



## Forskning og udvikling

**1. generations teknologi** er velkendt og gennemprøvet og rummer ikke noget stort udviklingspotentiale, om end produktionsprocesserne fortsat effektiviseres. Danmark er imidlertid langt fremme inden for udviklingen af **2. generations teknologi**. Som nævnt er et fuld-skala demonstrationsanlæg under opførelse i Kalundborg og endnu et er på tegnebrættet på Bornholm. Desuden er de danske biotekvirksomheder Danisco (Genencor) og Novozymes forskningsmæssigt verdensførende inden for **enzymteknologi** til bl.a. 2. generations bioethanol.



IBUS-processen, DONG Energy.

## Samspil med andre teknologier

Generelt kræver produktion af bioethanol en del energi, hvilket har betydning for både omkostnings- og miljøregnskabet for fremstillingsprocessen. Derfor vil det være en fordel at integrere processen med andre procesindustrier – f.eks. kraftværker med et energioverskud.

Samtidig resulterer produktion af bioethanol i en række biprodukter, der med fordel kan anvendes til f.eks. foder og andre typer brændsel. Ved integration med f.eks. kraftværker kan restprodukter med høj brændværdi anvendes som brændsel i stedet for kul. Andre restprodukter kan omdannes til biogas,



brint, metanol eller andre flydende brændsler, kemikalier eller plastic.



iStock

## Distribution

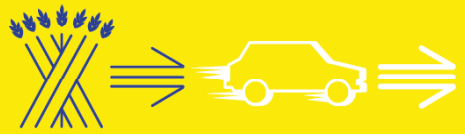
Bioethanol har den fordel, at det relativt nemt kan tilpasses den eksisterende infrastruktur. For at minimere risiko for udskilning af de flydende bestanddele (fase-separation) samt korrosion af ældre tanke bør iblanding af bioethanol dog ske så sent i forløbet som muligt – dvs. på brændstofdepoterne. Alle lagertanke bør desuden rengøres før iblanding, ligesom ældre tanke bør reoveres og nye oplagringsmuligheder samt blande- og udleveringsfaciliteter etableres.

## Miljø

Bioethanol kan bidrage til at nedbringe Danmarks CO<sub>2</sub>- og drivhusgasudledning. Til gengæld kan anvendelse af bioethanol i forbrændingsmotorer måske bevirke en højere emission af andre skadelige stoffer (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> mv.) og partikler. Justeringer af motorerne i forhold til nye sammensætninger af brændstof kan eventuelt afhjælpe dette. Den samlede miljøgevinst afhænger af såvel fremstillingsform som motor.

Ved **1. generations teknologi** går 30-55 % af energiindholdet til produktion afhængigt af hvilken teknologi, der anvendes og hvordan restprodukterne udnyttes. Derved bliver den samlede energieffektivitet, målt som produktet af virkningsgraden i hvert led, relativt lavt. Ved **2. generations teknologi** baseret på halm vil ca. af energiindholdet gå til produktionen, hvilket forbedrer den samlede energieffektivitet væsentligt.

Desuden fører produktion af bioethanol i modsætning til fx biokraftvarme også til en række værdifulde **biprodukter**. Disse kan bl.a. bruges som foder eller tilbageføres landbruget som gødning, hvilket kan reducere fremstilling og evt. import af såvel foder som kunstgødning. Ved anvendelse af slæt fra plejekræven-



de naturarealer vil 2. generations bioethanol muligvis også kunne kombineres med **naturpleje**.



Rørsukker til bioethanol, Istock

Derudover kan afgrødevalg og dyrkningsform have betydning for den samlede miljøbelastning. For at leve op til lovens krav ifølge EU's Biobrændstofdirektiv skal bioethanolen være fremstillet på **bæredygtig** vis.

Endelig er ethanol let nedbrydeligt i naturen. Ethanol-benzinblandinger bør dog sikkerhedsmæssigt behandles som ren benzin.

### Forsyningsikkerhed

På kort sigt – ifølge Energistyrelsen til og med år 2018 - forventes Danmark at være selvforsynende med fossil olie. På lidt længere sigt kan øget anvendelse af bioethanol dog have en positiv effekt på forsyningsikkerheden, idet ethanol vil kunne erstatte importerede fossile brændsler. Men da biomasse som ressource langt fra er ubegrænset, kan det samtidig føre til konkurrence med andre anvendelser.

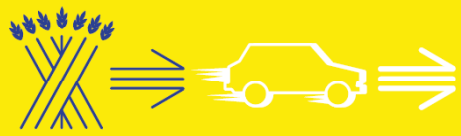
### Driftsøkonomi og sikkerhed

Omkostningerne til brændstof er omkring 55 % højere ved anvendelse af **1. generations bioethanol** frem for fossil benzin – afhængig af dels benzinprisen, dels råvareprisen på f.eks. korn. Da **2. generations bioethanol** er baseret på restbiomasse er råvarepotentialet større og væsentligt billigere end det, der er tilgængelig for 1. generation.

Imidlertid kræves en mere avanceret for- behandling med flere energikrævende pro- cestrin samt tilførsel af hjælpestoffer (typisk enzymer). Det betyder øgede om- kostninger til energi, anlæg, drift og brug af hjælpestoffer. De samlede omkostninger afhænger dog også af råmaterialet og hvor stor en del heraf, der omdannes til ethanol samt mulighed for udnyttelse af biprodukter og samspil med anden teknologi.

### Erhvervsudvikling og marked

Udvikling af avancerede bioethanolanlæg vil styrke **bioethanol-** og sandsynligvis **enzymindustrien**. Det vil igen kunne tænkes at få positiv indflydelse på beskæftigelsen inden for disse brancher



Fermentering af rørsukker, Istock

**1. generations bioethanol** kan på verdensmarkedet medvirke til øget efterspørgsel på korn og sukker. Det kan igen betyde at korn- og sukkerprisen og dermed også ethanolprisen stiger. **2.**

**generations bioethanol** kan derimod føre til en øget efterspørgsel på restbiomasse som halm. Uden halmimport kan dette få halmprisen og dermed også prisen på 2. generations bioethanol til at stige i Danmark.

Hvis det samlede forbrug af flydende brændsler er uændret og der på verdensplan etableres en meget omfattende bioethanolproduktion, vil det påvirke efterspørgslen på fossile brændstoffer, hvilket kan bidrage til et fald i prisen på råolie.

Med øget fokus på global opvarmning og forsyningsikkerhed og da Danmark samtidig er godt med i udviklingen inden for 2. generations teknologi, vil der være potentiale for **eksport af danskudviklet teknologi** på området. Samtidig vil der være mulighed for **eksport af enzymer**. Allerede i dag udgør salg af enzymer til produktion af stivelsesbaseret bioethanol (1. generation) omkring 10 % af Novozymes samlede omsætning.



## Bioethanolanlæg



### Tidslinie



### Hvad

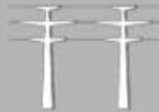


### Hvor stort



### Hvor

Placering afhænger af mange faktorer



### Prisniveau



### Produktionsprisens fordeling



### Anlæggets levetid



- Kan reducere transportsektorens CO<sub>2</sub>-udledning.
- Kan på sigt øge forsynings sikkerheden pga. mindre behov for olieimport.
- Kan umiddelbart anvendes i brændselsmotorer.
- Mulighed for synergieffekter med bl.a. kraftvarmeproduktion og anvendelse af biprodukter i fx landbrug.
- Mulighed for øget beskæftigelse.
- Muligheder for eksport af enzymer og 2. generations teknologi.



- Biomasseressourcerne er begrænsede, og der kan opstå konkurrence om biomassen.
- Større CO<sub>2</sub>-reduktion ved afbrænding af biomasse i kraftvarmeverker.
- Har lavere energitæthed, hvilket kræver en større tankvolumen for at kunne køre lige så langt som en benzobil.
- Prisen er p.t. højere end konventionel benzin.



## BIODIESEL - & ren vegetabilsk olie

### Kort om

**Biodiesel** er et biobrændstof baseret på olieholdigt organisk materiale. Ligesom **ren vegetabilsk olie** fremstillet ved udtræk eller presning af olie frø er biodiesel **CO2-neutralt** og kan anvendes som biobrændstof i køretøjer. I modsætning til ren vegetabilsk olie, kan biodiesel anvendes i oliefyr, ligesom det kan blandes fossil diesel og anvendes direkte i traditionelle forbrændingsmotorer. Blandinger på over 20 % biodiesel kræver dog mindre justeringer af motoren.

### Karakteristik

Biodiesel er den populære betegnelse for brændstof af typen **FAME** (Fatty Acid Methyl Esther eller Fedt Syre Metyl Ester). Som brændstof er biodiesel meget lig fossil diesel. Biodiesel har **højt oktantal** og **gode smøreegenskaber**, men har dog en omkring 10 % **lavere energitæthed** end fossil diesel.

I kraft af sine gode smøreegenskaber ophober biodiesel sig langsomt i smøreolien, hvilket kan skade motorens bevægelige dele. Blandinger på over 20 % kræver desuden mindre justeringer for at beskytte visse af motorens dele mod korrosion mv. Under håndtering og opbevaring bør biodiesel endvidere holdes adskilt fra luft og vand. I Europa, herunder også i Danmark, er biodiesel typisk baseret på rapsfrø (RME – Raps Metyl Ester).



Howzey, Newbury Images



## Teknologi

Biodiesel dannes ved en kemisk reaktion (transesterificering) mellem en **alkohol**, en **katalysator** samt vegetabiliske eller animalske **olier og fedtstoffer**. Ved processen dannes **glycerin** som biprodukt. Glycerin anvendes bl.a. i den farmaceutiske industri og i fødevarerindustrien, men kan også benyttes som fedtkilde i biogasanlæg.

Normalt anvendes metanol som **alkohol**, men ethanol kan også anvendes. I princippet kan alle slags vegetabiliske og animalske **olier eller fedtstoffer** anvendes.

Hovedbestanddelen i alle olier og fedtstoffer er triglycerider. Men indholdet af de enkelte fedtsyrer kan variere. Særligt indholdet af umættede fedtsyrer i forhold til mættede har betydning. Et højt indhold af umættede fedtsyrer sænker **størkningspunktet** olien eller fedtstoffet og derved også for den biodiesel som fremstilles heraf. Ved iblanding med konventionel diesel har dette dog kun mindre betydning.



Istock

### 1. og 2. generation

Man skelner mellem 1. og 2. generations biodiesel afhængigt af råvaren. **1. generation** fremstilles på basis af afgrøder som raps- og soja frø, der også kan anvendes til foder og fødevarer. **2. generation** fremstilles derimod ud fra restprodukter som slagteriaffald og brugt fritureolie, der ikke er egnet til foder og fødevarer.

### 1. generation

Raps-, soja- og palmeolie er vegetabiliske fedtstoffer, der anvendes i produktionen af biodiesel. I Danmark er raps den mest almindelige afgrøde i produktionen af biodiesel.





Produktion af biodiesel baseret på raps foregår i to faser: Først presses råolien af frøene. Rest-produktet – rapskage – kan erstatte importeret sojaskrå i foderindustri-en. Rapshalmen kan fx anvendes til produktion af el og varme.

Dernæst omdannes rapsolien til biodiesel og glycerin gennem en raffineringsproces, hvor glycerinen fjernes fra olien ved tilsætning af metanol og en katalysator (typisk kaliumhydroxid eller natriumhydroxid). Glycerin anvendes i fødevarerindustrien og i den farmaceutiske industri samt som fedtkilde i biogasanlæg. Katalysatorresten afsættes normalt til gødningsformål.

## 2. generation

Biodiesel kan fremstilles ved kemisk omdannelse af raffineret animalsk fedt udvundet af restprodukter fra slagterier og døde dyr fra landbruget. Biodiesel kan dog også fremstilles ud fra andre restprodukter som brugt fritureolie og andre olier uegnet til fødevarerproduktion.

Produktion af biodiesel ud fra animalsk fedt er mere kompliceret end produktion baseret på vegetabiliske olier. Det skyldes bl.a. et i perioder meget højt indhold af frie fedtsyrer i animalsk fedt, hvilket kræver et særskilt forbehandlingstrin. Samtidig kan en række mikrokomponenter i animalsk biodiesel kun fjernes ved vakuumdestillation. Dog er energieffektiviteten i omsætningen stadig tæt på 90 %.

## Biodiesel fra alger

Mikroalger er encellede organismer. Flere arter af mikro alger har et højt indhold af olier (lipider) og fedtsyrer. Afhængigt af art og vækstforhold kan lipidindholdet udgøre op til 77% af algens tørvægt. Blågrønalger (cyanobakterier) har et olieindhold på over 30 %. I sammenligning med olie frø fra landbrugsarealer er udbyttet fra alger mange gange højere.



Cyanobakterier, alger, Istock

Alger har desuden den fordel, at de ikke optager landsareal på bekostning af fx fødevarerproduktionen. Olieophobning i alger opstår typisk under perioder med miljømæssigt stress – eksempelvis vækst under næringsfattige forhold. Der forskes



bl.a. i at øge udbyttet gennem genmodifikation. Ligesom der eksperimenteres med at placere algeanlæg ved siden af fabrikker, som producerer store mængder CO<sub>2</sub>, der kan optages i algerne via fotosyntese.

Ved olie høst fra alger presses algebiomassen først mekanisk, hvorved hovedparten af olieindholdet udvindes. Derefter kan tilsættes et organisk opløsningsmiddel som hexan til frigivelse af de sidste olier. Efter filtrering og fjernelse af opløsningsmidlet kan algeolien laves om til biodiesel og glycerol ved tilsætning af metanol og natriumhydroxid (NaOH).



Solsikke, artiskok, Istock

#### Gennemsnitligt olieudbytte fra forskellige kilder (l/ha)

Soja	Solsikke	Sukker (castor)	Palme	Kokosnød	Alge
446	952	1.413	5.950	2.689	100.000

#### Anvendelse

Biodiesel har gode smøreegenskaber og er et alternativ eller supplement til fossil dieselolie. Forudsat at det er produceret efter Den Europæiske Norm for Biodiesel (EN14214), er det ifølge Den Europæiske Dieselstandard (EN590) tilladt at iblande op til 5 % biodiesel i fossil diesel. Med små ændringer vil en række personbiler, lastbiler og busser dog kunne køre på 100 % biodiesel (B100).

#### Udbredelse

Brug af biodiesel baseret på vegetabiliske olier er fuldt kommercielt udviklet og har i en årrække været anvendt til transport i flere europæiske lande. Særligt Tyskland, Frankrig og Tjekkiet har erfaring hermed. I Danmark forekommer kommerciel produktion af biodiesel - bl.a. på Emmelev Mølle. Men hidtil er hovedparten af den producerede diesel blevet eksporteret.



Europæisk og hermed også dansk biodiesel er typisk baseret på rapsolie (RME). Alt efter den procentuelle andel af biodiesel bliver brændstoffet typisk markedsført som B5, B20 eller B100. I Tyskland anvender mange bus - og vejtransportfirmaer biodiesel i ren form (B100). Ligesom man finder anvendelse af ren biodiesel i Sverige, Norge, Østrig og USA. Lande som Frankrig og Tjekkiet anvender biodiesel blandinger på omkring 30 % (B30).

Desuden finder man også blandinger på omkring 5 % (B5) i en række lande som Frankrig, Italien, Tyskland og Sverige. Da målinger tyder på en reduceret partikelforurening ved brug af biodiesel, anvendes det også i en række større byer – bl.a. i Østrig.

Fra medio 2010 planlægges markeds-føring af en 5 % blanding (B5) i Danmark.

**1. generations biodiesel** fremstilles allerede på kommercielle vilkår både i Danmark og i udlandet. I Danmark og Europa fremstilles biodiesel primært ud fra rapsolie, hvilket resulterer i RME (Raps Metyl Ester). I USA anvendes typisk sojaolie, hvilket giver SME (Soja Metyl Ester). Og i Østen anvendes især palmeolie, der giver PME (Palme Metyl Ester).

Den største producent i Danmark er Emmelev A/S, der årligt producerer omkring 100.000 tons RME. I en årrække er op imod to tredjedele af den danske rapsolieproduktion anvendt til produktion af biodiesel. Den danske målsætning for biodiesel på 5 % vil kunne opfyldes ved dyrkning af ca. 120.000 ha raps.

**2. generations biodiesel** fra slagteriaffald mv. produceres også i Danmark. Dette kaldes animalsk-fedtsyre-metylester (AFME) og eksporteres i lighed med RME typisk til udlandet. AFME er temmelig tyktflydende, og kan ikke umiddelbart anvendes i ren form, men må iblandes almindelig diesel.

Den danske virksomhed Daka Bioindustries producerer ca. 55 mio. liter biodiesel på baggrund af animalske biprodukter. Produktionen blev påbegyndt i 2008. Det samlede produktionspotentiale er omkring 110 mio. liter årligt. I forhold til rapsbaseret biodiesel konkurrerer animalsk biodiesel ikke med fødevarerproduktionen, men udnytter tværtimod biprodukter fra fødevarerproduktionen, som hverken må anvendes som fødevarer eller foder.



## Forskning og udvikling

1. generations biodiesel produceres allerede kommercielt. Der forskes imidlertid i at optimere processen ved fx at bedre udnyttelsen af olie frøene, reducere energiforbruget samt udvikle nye typer af olie frø til energiformål.

Danske forskere og industri arbejder sammen om at opbygge en dansk vidensplatform med fokus på anvendelsen af restprodukter til **2. generations** biodiesel.

Der er dog stadig en række uløste problemer i forhold til biprodukter ved fremstillingen. Glycerin fra fremstilling af 2. generations biodiesel må f. eks ikke anvendes i den kemiske industri eller i biogasanlæg, men skal forbrændes. Det kræver udvikling af metoder til effektiv forbrænding heraf. De anvendte katalysatorer resulterer i en række biprodukter, der typisk anvendes til gødningsformål. Med tiden vil disse biprodukter dog muligvis helt kunne undgås ved at udvikle faststofkatalysatorer.

## Samspil med andre teknologier

Produktion af biodiesel kan med fordel ske i samspil med andre teknologier. Ved produktion af 1. generations biodiesel baseret på raps dannes også rapshalm, rapskage og glycerin.

**Rapshalm** kan anvendes til produktion af 2. generations bioethanol og bruges i dag som brændsel i kraftvarmeværker. Den bliver dog fortrinsvis anvendt til jordforbedring ved nedmuldning. **Rapskage** kan anvendes som proteinfoder, mens **glycerin** fra rapsbaseret biodiesel f. eks. kan anvendes som foder, i kemiske industri eller som fedtkilde i biogasanlæg.

## Distribution

Distribution af biodiesel i 5 % iblanding vil kunne ske gennem det eksisterende distributionssystem. Dog vil det være nødvendigt at etablere blandingsfaciliteter. Hvis biodiesel skal anvendes rent skal der på udvalgte steder etableres særskilte udleveringsfaciliteter.

Opbevaring ud over 6-12 måneder vil kræve tilsætning af antioxidant. Det vil øge omkostningerne, om end kun marginalt. Ved håndtering og opbevaring er det vigtigt at biodiesel holdes adskilt fra luft og vand.

## Miljø

Brug af RME reducerer CO<sub>2</sub>-udledningen med ca. 55 % i forhold til fossil diesel. Ved en årlig produktion og anvendelse af rapsbaseret biodiesel i Danmark på 300 mio. liter vil dette svare til en samlet CO<sub>2</sub>-besparelse på knap 590.000 tons. Biodiesel nedbrydes hurtigt i naturen og er ugiftigt. En biodiesel/diesel



blanding skal sikkerhedsmæssigt behandles som ren fossil diesel.

Anvendelsen af biodiesel har traditionelt givet en renere forbrænding og mindsket partikeludledning. Brug af svovlfattig diesel og ændrede emissionskrav til nye lastbiler og busser gør dog, at der i dag ikke er miljøgevinster ved biodiesel i forhold til fossil diesel. Anvendelse af biodiesel kan imidlertid give anledning til en højere udledning af Nox'er (summen af kvælstofoxiderne NO og NO<sub>2</sub>). Denne kan mindskes ved brug af partikel- og DeNOx-filter systemer. Ved lave iblandingsprocenter vil man næppe kunne måle ændringer i emissionerne.

### **Forsyningssikkerhed**

Danmark er som det eneste land i EU nettoeksportør af olie, og forventes ifølge Energistyrelsen at være selvforsynende til og med år 2018. Da dansk produktion af biodiesel på raps og animalsk fedt i altovervejende grad er baseret på nationale ressourcer, vil biodiesel på længere sigt kunne have en positiv effekt på forsyningssikkerheden, om end produktionen afhænger af den tilgængelige biomasseressource. EU har desuden et indre marked for energiprodukter. Det betyder, at olieselskaberne vil købe biodiesel, hvor den er billigst, ligesom producenterne vil afsætte produkterne, hvor de kan indbringe størst indtjening.

### **Driftsøkonomi og sikkerhed**

Afhængig af prisen på fossil diesel vil omkostningerne til biodiesel være omkring 35 % højere end fossil diesel. Ifølge Energistyrelsen vil de totale samfundsøkonomiske omkostninger ved anvendelse af biodiesel frem for fossil diesel dog kun være omkring 5 % højere. Da biodiesel har et højere flammepunkt end fossil diesel er det desuden sikrere ved nedbrud.

### **Markedseffekter og erhvervsudvikling**

En øget dansk produktion af biodiesel kan give mindre dansk sårbarhed over for udsving i de internationale oliepriser. En øget dansk produktion vil derudover have en positiv effekt på handelsbalancen som følge af eksport af biodiesel eller en potentiel mindre import/øget eksport af fossil diesel, foruden mindre import af sojaskrå og glycerin.



Swisscan  
Newbury Images



## BIODIESEL



Hvad



Hvor stort



Hvor

Placering afhænger af mange faktorer.

Prisniveau



Produktionsprisens fordeling



Anlæggets levetid



- Kan reducere transportsektorens CO<sub>2</sub>-udledning.
- Kan på sigt øge forsyningsikkerheden pga. mindre behov for olieimport.
- Kan umiddelbart anvendes i dieselmotorer.
- Mulighed for anvendelse af biprodukter i fx landbrug.
- 1. generations teknologi er fuldt kommercielt udviklet.
- 2. generations teknologi er tilstrækkeligt modnet til kommerciel anvendelse.
- 2. generations teknologi kan udnytte animalsk fedt og derved nyttiggøre slagteraffald.
- Mulighed for eksport af teknologi.



- Biomasseressourcerne er begrænsede og der kan opstå konkurrence om biomassen.
- Har lavere energitæthed, hvilket kræver en større tankvolumen for at opnå samme rækkevidde som en konventionel dieselbil.
- Problemer omkring anvendelse af biprodukter (bl.a. glycerin) fra 2. generations produktion.



## BIOGAS

### Kort om

Biogas er et biobrændstof, der fremstilles ved afgasning (dvs. forgæring) af organisk materiale under iltfri (anaerobe) forhold. Biogas kan anvendes til produktion af el og varme i kraftvarmeværker, men vil også kunne bruges alene til varmemål gennem distribution i naturgasnettet eller som brændstof i køretøjers forbrændingsmotorer. Da der ikke frigøres fossilt bundet kulstof ved afbrænding, er biogas som udgangs-punkt en **CO<sub>2</sub>-neutral** energiform.

### Karakteristik

Biogas er en blanding af **metan** (CH<sub>4</sub>) og **kuldioxid** (CO<sub>2</sub>). Metan er ligesom i naturgas den primære bestanddel i biogas. Andelen af metan i biogas kan dog variere afhængigt af, hvilke råvarer der anvendes. Biogas kan produceres ud fra mange forskellige typer biomasse så som husdyrgødning og spildevand samt organisk affald fra industri (bryggerier, mejerier, slagterier, vegetabiliske forarbejdningsvirksomheder, medicinalindustri mv.) og husholdninger.

F.eks. kan man ved at afgasse gylle før den spredes på markerne som gødning udnytte biogassen til energimål. Biogassen kan erstatte fossil energi, hvorved udledningen af CO<sub>2</sub> mindskes. Afgasning før markudbringning vil desuden reducere udslippet af metan og lattergas fra marker og gyllelagre. Begge er kraftige drivhusgasser.

### Teknologi

Biogas fremstilles ved forrådnelsesprocesser, hvor bakterier foretager en biologisk nedbrydning af biomasse materialet til metan og kuldioxid. Den optimale proces med det højeste udbytte opnås ved at kombinere flere biomassetyper i fremstillingen af biogas.

### Anvendelse

I Danmark anvendes biogas i helt overvejende grad på kraftvarmeværker, hvor biogassen erstatter naturgas og omsættes med en meget høj virkningsgrad i motor/ generatoranlæg til el og varme. Biogas kan efter komprimering og opgradering, hvor CO<sub>2</sub>-indholdet fjernes også anvendes som brændstof i benzinmotorer med tryktanke.



Biokraft a/s - rodzoneanlæg (september 2006)



Opgraderet biogas kan også distribueres gennem naturgasnettet. Herved kan biogassen nyttiggøres både til produktion af kraftvarme, til transport eller til individuel opvarmning langt langt fra produktionsstedet.

## Udbredelse

I **Danmark** findes i dag omkring 22 biogasfællesanlæg, som hver behandler gylle fra op til 80 landmænd og ca. 55 gårdanlæg, der behandler gylle fra en enkelt bedrift. Ifølge Brancheforeningen for Biogas og Energistyrelsen har **Tyskland** i løbet af de sidste fem år etableret i alt 4.000 nye anlæg. Det er imidlertid overvejende mindre gårdanlæg. Derudover er biogas som transportbrændstof bl.a. udbredt i **Sverige**. Her kører over 14.000 køretøjer på for-donsgas, der er en blanding af naturgas og biogas, hvor biogas udgør en stadig større andel.



Foto: Det Jordbrugsvidenskabelige Fakultet

Med regeringens plan om **Grøn Vækst** fra juni 2009 er det besluttet, at op til halvdelen af Danmarks husdyrgødning skal udnyttes til energiformål. Det vil primært være via biogasanlæg eventuelt kombineret med andre teknologier til udnyttelse af energiindholdet i afgassede gyllefibre. Sammen med energiaftalen fra 21. februar 2008, hvor elafregningen blev sat markant op har forliget om Grøn Vækst for alvor sat gang i udviklingen af nye biogasprojekter. Ultimo juni 2009 er der op imod 30 projekter for meget store biogasfællesanlæg, som er betydeligt større end selv de største af de nuværende.

## Produktion og potentiale

I 2008 var produktionen af biogas i Danmark på i alt 4 PJ. Den mængdemæssigt væsentligste råvare er husdyrgødning, men det er fortsat kun ca. 5 % af husdyrgødningen, der udnyttes i biogasanlæg. Energistyrelsen har opgjort det samlede danske potentiale for biogas baseret på husdyrgødning, industriaffald, spildevandsslam, have/parkaffald mv. til omkring 40 PJ pr. år. Det er ca. 10 gange højere end den nuværende produktion, så biogasfremstillingen rummer et stort, uudnyttet potentiale svarende til 20-25 % af det nuværende energiforbrug til vejtransport eller en tilsvarende andel af det nuværende naturgasforbrug.





## Forskning og udvikling

Danmark var foregangsland på biogasområdet op gennem 1980'erne og 90'erne. Men etableringen af nye biogasanlæg gik i stå i sidste halvdel af 1990'erne. Dette skyldes primært, at landbruget på daværende tidspunkt var ved at have foretaget de nødvendige investeringer i forhold til opfyldelse af kravene i vandmiljøplan I. Da landbruget blev pålagt nye miljørestriktioner omkring årtusindeskiftet og dermed var parate til at investere i nye biogasanlæg gjorde usikkerhed om og utilstrækkelige rammevilkår, at der ikke kom gang i udbygningen.



Biokraft a/s

Biogasproduktion er en gennemprøvet teknologi. På grund af det relativt lave biogaspotentiale i gylle, har det hidtil været nødvendigt ud over husdyrgødning at anvende biomasse med et højt biogaspotentiale – først og fremmest organisk industriaffald. Industriaffald er imidlertid en begrænset ressource. Kommende biogasanlæg skal derfor gøres mindre afhængige af organisk industriaffald og vil i stedet primært baseres på husdyrgødning eventuelt suppleret med anden biomasse fra landbruget i form af energiafgrøder samt slæt fra plejekrævende naturarealer mv.

Derfor forskes der i at øge gasudbyttet fra gylle og metoder til afgangning af andre affaldsprodukter og energiafgrøder. I Danmark forskes der også i udvikling af nye teknologier til at effektivisere biogasproduktionen – f. eks. ved at mindske logistikomkostningerne ved at forseparere gyllen på gårdene og kun transportere tørstoffet, hvor gaspotentialet er størst, til biogasanlægget.

## Samspil med andre Teknologier

Biogasproduktion kan med fordel spille sammen med produktion af andre biobrændstoffer. F.eks. kan biogas anvendes i forbindelse med rensning af spildevand fra fremstilling af bioethanol, ligesom restprodukter fra bioethanolproduktion kan omsættes til biogas. Samtidig kan den fiberrest, der fås efter afgangning og separation af gylle, anvendes som substrat til produktion af bioethanol. Endvidere kan biogasanlæg nyttiggøre den glycerinrest, der opstår ved produktion af biodiesel.



## Distribution

Anvendelse af biogas til andre formål end produktion af el og varme på lokale, decentrale kraftvarmeværker forudsætter etablering af opgraderingsfaciliteter på biogasanlæggene. Biogassen kan herefter indføres i naturgasnettet og dermed distribueres til andre kraftvarmeværker, tankstationer eller individuelle husholdninger. Anvendelse af biogas til transport forudsætter endvidere investering i opbygning af en infrastruktur. Det er forbundet med betydelige omkostninger at opbygge en infrastruktur med tankningsfaciliteter til naturgas/biogas på almindelige tankstationer.



Biokraft a/s

## Miljø

Ved at afgasse gyllen i biogasanlæg opnås stor **reduktion i udslippet af drivhusgasser**. Dels erstatter den producerede biogas fossil energi. Dels reduceres det naturlige tab af metan fra gyllelagrene samt af lattergas fra den udbragte afgassede gylle. Både metan og lattergas er kraftige drivhusgasser - metan alene er en ca. 20 gange kraftigere drivhusgas end CO<sub>2</sub>. Udslippet af drivhusgasser reduceres med når benzin eller diesel udskiftes med biogas. Samtidig har gasmotorer en meget ren forbrænding, hvorfor udslippet af sundhedsskadelige stoffer fra bilmotorer mindskes ved skifte fra f. eks. diesel til biogas.

Den afgassede gylle er et langt **bedre gødningsprodukt** end rå gylle. Næringsstofferne kan bedre optages af planter, hvorfor udnyttelsen af kvælstoffet er højere og udvaskningsrisikoen er mindre. Derved bidrager afgasning af gylle i biogasanlæg til at **beskytte drikkevand og vandmiljø**.

Afgasset gylle genanvender organisk affald både med hensyn til energiindhold og næringsstoffer og medfører **færre lugtgener** ved markudbringning. Biogasanlæg kan desuden omsætte biomasse fra brakmarker og naturområder, som skal slås for ikke at springe i krat. Ved at høste biomassen, fra f. eks. våde enge og lavbundsjord, vil man **fjerne næringsstoffer fra følsomme naturområder** og nyttiggøre dem som gødning, samtidig med at man får et gasudbytte, der kan erstatte fossil energi.



**Forsyningssikkerhed** Øget brug af biogas i transportsektoren vil på længere sigt, når Danmarks oliereserver løber ud, have en positiv effekt på forsyningssikkerheden. Effekten på forsyningssikkerheden og CO<sub>2</sub>-balancen vil være lige så stor, uanset om man benytter biogas som erstatning for naturgas til el- og varmeproduktion eller som transportbrændstof. Afgasning af organiske restprodukter såsom husholdningsaffald, industriaffald m.v. via biogasanlæg medfører udnyttelse af energiindholdet. Samtidig opnås en recirkulering og dermed genanvendelse af næringsstoffer, hvor det primært er vigtigt, at der fremover sker en større genanvendelse af fosforet, da det er et essentielt plantenæringsstof, som samtidig er en særdeles begrænset ressource. Hvis ikke det tilbageføres i kredsløbet står verdens fødevarerproduktion i en alvorlig situation, da verdens aktuelle reserver af fosfor kun dækker behovet i ca. 70 år.

### **Driftsøkonomi og sikkerhed**

Metan er en brandfarlig gas. Der er til dato ikke sket alvorlige ulykker under produktionen i Danmark. I Sverige anses biogas for at være et af de sikreste transportbrændstoffer, da gassen, i tilfælde af en ulykke, hurtigt blandes op i luften, hvilket reducerer risikoen for brandskader.

Øget genanvendelse af organisk affald i biogasanlæg vil kunne bidrage til at mindske industriens bortskaffelsesomkostninger og/eller øge værdien af deres affaldsprodukter. Tilslutning til naturgasnet og anvendelse af naturgas i transportsektoren forudsætter opgradering. Anvendelse i transportsektoren forudsætter endvidere helt nye logistiksystemer.

### **Marked og erhvervsudvikling**

Det globale marked for biogas- og gyllebehandlingsteknologi er desuden stort og der vil være et betydeligt eksportpotentiale for dansk teknologi på området. Handelshøjskolen ved Århus Universitet har tidligere estimeret, at det globale marked har en værdi på 750 mia. kr.

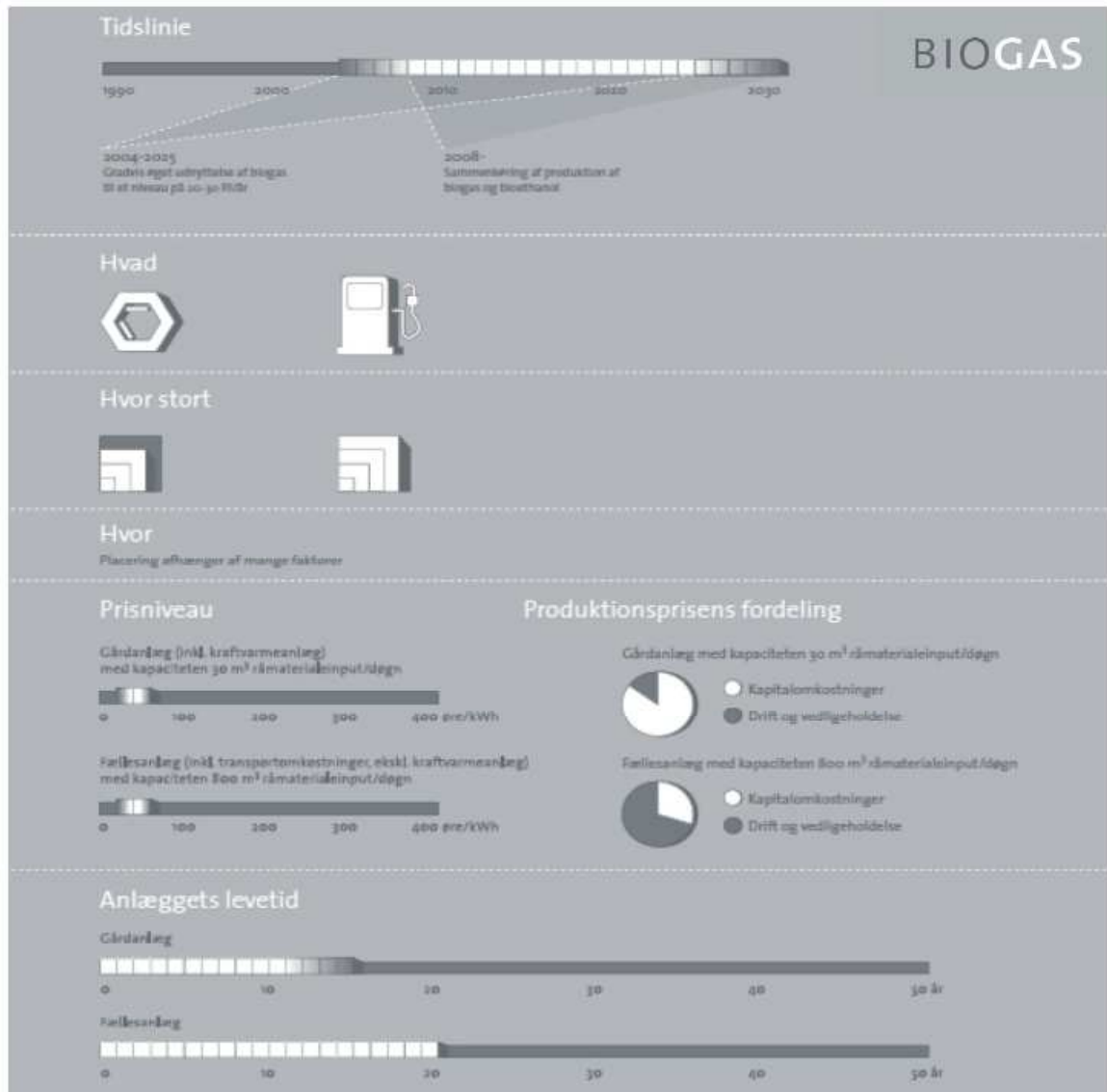


Biokraft a/s



Der er et stort, dansk erhvervspotentiale inden for eksport af teknologi. Etablering af biogasanlæg med separation vil desuden kunne bidrage til at opretholde husdyrproduktionen og dermed beskæftigelsen i fødevarerindustri og serviceerhverv. Uden biogas og afgangning af gylle før markudbringning vil skærpede miljøkrav i form af EU's Vandrammedirektiv, EU's Habitatdirektiv og den danske Vandmiljøplan III kunne indebære en reduktion i husdyrproduktionen. Det vil have alvorlige konsekvenser for de egne af landet, hvor landbrugs- og fødevarerproduktion er afgørende for samfundsøkonomien.

Generelt giver fællesanlæg for biogasfremstilling, hvor biogassen bruges til kraftvarmeproduktion, overskud samfundsøkonomisk. Det er samtidig en billig måde at reducere udslip af drivhusgasser. I nyere opgørelser fra Fødevarerministeriet er omkostningen vurderet til ca. 100 kr. pr. ton i biogasanlæg, alene baseret på husdyrgødning. CO<sub>2</sub>-fortrængningsprisen ved anvendelse af biogas i transportsektoren vil være i størrelsesordenen 200-400 kr. pr. tons inklusive opgradering, men eksklusive omkostninger til etablering af infrastruktur.



- +
- Kan reducere transportens udledninger af CO<sub>2</sub>.
  - Kan reducere landbrugets udledningen af drivhusgasser i form af metan og lattergas.
  - Kan på længere sigt øge forsyningsikkerheden ved at reducere afhængigheden af olie og naturgas.
  - Meget effektiv omsætning af biomasse til biogas. Relativt lavt energiforbruget til opgradering og tryksætning af biogas.
  - Kan anvende restbiomasse som gylle, spildevand og husholdningsaffald og kan tilbageføre nyttige biprodukter til landbrug – fx i form af afgasset gylle.
  - Kan medvirke til at beskytte drikkevand og vandmiljø mod næringsstofudvaskning, da afgasset gylle lettere optages af planter.
  - Færre lugtgener ved udbringning af afgasset gylle på markerne.
  - Kan øge beskæftigelse og give mulighed for teknologiekspert.

- ÷
- Prisen er p.t. højere end prisen på traditionelle transportbrændstoffer.
  - Er en gas og skal derfor opbevares under tryk/i flydende form.
  - Er meget eksplosivt.
  - Tilslutning til naturgasnet forudsætter opgradering af biogassen.
  - Anvendelse i transportsektor forudsætter nye logistiksystemer.



## BRINT

### Kort om

Brint er en farveløs, lugtfri og ugiftig luftart. Brint forekommer ikke naturligt i større mængder, men kan fremstilles ud fra fossile eller vedvarende energikilder. Brint kan anvendes i brændselsceller eller modificerede forbrændingsmotorer.

### Karakteristik

Brint eller hydrogen ( $H_2$ ) antager gasform ved normalt tryk og er den letteste af alle gasser. Som grundstof (H) indgår brint i en række stoffer bl.a. vand ( $H_2O$ ). Sammen med kulstof (C) er brint det energibærende element i fossile brændsler (kulbrinter).

Målt per vægthenhed har brint en højere brændværdi (120 GJ/kg) end fossile brændsler - næsten tre gange højere end f. eks. benzin og diesels. Brint har dog en lav vægtfylde. På gasform ved normalt tryk vil brint derfor have en lav energitæthed. For at undgå en større forbrændingstank i køretøjer vil brint derfor typisk opbevares under højere tryk.

### Teknologi

Brint er ikke en energikilde, men en "energibærer", der kan produceres ud fra forskellige energikilder. Den mest almindelige metode til fremstilling af brint er **spaltning (dampreforming)** af naturgas. Samme teknologi kan benyttes med kul eller olie som råmateriale. Brug af fossile kilder, herunder især kul og olie, til fremstilling af brint fører dog til udledning af  $CO_2$ .



Brinttank i Ringkøbing, Benny Christensen

Brint kan også fremstilles via **spaltning af vand (elektrolyse)**. Det kræver dog tilførsel af energi. Hvis energien hertil er fremstillet med fossile brændsler, bliver  $CO_2$ -udledningen højere end ved reformering af naturgas, kul eller olie. På grund af det store energitab benyttes elektrolyse

derfor primært, hvor der er adgang til store mængder billig strøm – f. eks. vandkraft eller overskudsstrøm fra vindmøller.

I den forbindelse kan brint anvendes til at lagre strøm. Dermed kan brint være med til at balancere et fremtidigt energisystem baseret på mange vedvarende energikilder med varierende pro-



duktion som netop vind-, bølgekraft og solceller. Elektrolysens lave virkningsgrad (65-75 %) er imidlertid også her et problem i forhold til andre lagringsteknologier som f. eks. batterier. Der arbejdes dog med effektivisering af teknologien.



Brinttank i Californien, iStock

Andre fremstillingsmetoder, der er under udvikling er **fotokatalyse**, **biologiske processer** på basis af biomasse eller **nitrogenfiksering** af brint, hvor brint kobles sammen med nitrogen til ammoniak. Anvendes biomasse som råmateriale og er energiinputtet fremstillet ud fra vedvarende energikilder kan brinten betragtes som **CO<sub>2</sub>-neutral**. Fælles for alle fremstillingsmetoder er dog, at der er et relativt stort energitab forbundet med processen.

## Anvendelse

Brint kan anvendes i **brændselsceller** eller konventionelle **forbrændingsmotorer**. På grund af brints lave energitæthed opnås ved anvendelse i en traditionel **forbrændingsmotor** kun omkring halvdelen af den effekt, motoren yder ved benzindrift. Er brinten fremstillet ud fra fossile kilder vil anvendelse i en forbrændingsmotor på grund af energitabet desuden lede til et højere udslip end ved direkte brug af f. eks. benzin eller diesel.

En **brændselscelle** fungerer som et elektrisk batteri, der omsætter brint og ilt (eller atmosfærisk luft) til elektricitet og vanddamp. Brændselscellen skal ikke oplades, men fungerer så længe den får tilført brint. Brændselsceller har en væsentlig højere energieffektivitet end en forbrændingsmotor.

En almindelig benzinmotors virkningsgrad er ca. 35 %. Brændselsceller, der producerer strøm på basis af brint, kan nå over 50 %. Ved anvendelse af brændselsceller i en el-dreven bil er det således muligt at nå høje virkningsgrader. En væsentlig barriere for anvendelse af brint til transport er dog brændselscelle-teknologiens høje pris.

## Udbredelse

**På verdensplan** dækker brintproduktionen omkring 2 % af det samlede energiforbrug. Langt det meste brint bruges dog som råstof i den kemiske industri – f. eks. ved fremstilling af ammoniak og i forbindelse med raffinering af olieprodukter. I



2002 var produktionen af brint til industrielt brug ca. 50. mio. tons. Heraf var omkring 90 % produceret ved reformering af naturgas. Under 1 % af produktionen foregik ved elektrolyse.

Som drivmiddel bruges brint som raketbrændstof inden for rumfarten. Der er også eksperimenteret med brint i skibe og tog. I løbet af de sidste 30 år har bilfabrikker i USA, Japan og Europa endvidere lanceret en lang række brintdrevne busser, personbiler og varevogne. Dels i form af prototyper og "konceptbiler", dels i mindre serier til praktisk afprøvning. I de første år benyttede en del af køretøjerne brint i forbrændningsmotorer, men siden 1990 har den dominerende teknologi været el-producerende brændselsceller kombineret med elektriske drivmotorer.

**I Danmark** har udviklingen især været koncentreret om brug af brintteknologi i specialkøretøjer som f. eks. trucks til intern transport i virksomheder. Blandt danske brintaktører er bl.a. HIRC (Hydrogen Innovation & Research Centre) i Herning og H2 Logic A/S.



Brintrucks, Herning samt brint-gaffeltruck, Vestas i Ringkøbing, Benny Christensen

## Forskning og Udvikling

Der findes flere typer af brændselsceller. I ældre typer anvendes en flydende elektrolyt (kalilud eller forforsyre). De typer, der er mest benyttede i dag, anvender dog faststof-elektrolytter. I Danmarks forskes og udvikles der både på lavtemperaturceller med polymermembran og højtemperaturceller – hhv. PEM og SOFC. PEM (Polymer Electrolyte Membrane) og SOFC (Solid Oxide Fuel Cell) har en arbejdstemperatur på hhv. 80-100°C 7-800°C.

Til transportformål er PEM-celler det foretrukne valg, mens SOFC-cellerne, der kan bruge andre drivmidler end ren brint, f. eks. naturgas, især benyttes til stationære formål.





## Samspil med andre Teknologier

Transportsektoren er i dag næsten udelukkende baseret på olie som drivmiddel. Imidlertid kan **overskudsenergi fra vindmøller** som nævnt bruges til produktion af brint, der igen kan anvendes i f. eks. **brændselsceller i køretøjer**. Brintteknologi kan således medvirke til at integrere transportsektoren i et fremtidigt energisystem baseret helt eller hovedsageligt på vedvarende energi.

I hvilket omfang, det vil ske, afhænger dog af teknologi- og prisudviklingen for såvel brint og brændselsceller som for andre lagringsteknologier, herunder især batterier. I alle tilfælde må brintkøretøjer forventes at blive **hybridløsninger**. Dvs. en kombination af brændselsceller med andre lagringsteknologier (f. eks. batterier eller superkapacitorer), der muliggør genvinding af bremsenergi.

VE-produceret brint kan som nævnt også anvendes til **stationære formål** f. eks. i kraftvarmeværker. Men på grund af de store energitab forbundet hermed, vil VE-brint formodentlig primært blive udnyttet til substitution af fossile brændsler i transportsektoren.

## Distribution og lagring

Anvendelse af brint til transport vil dog kræve opbygning af en infrastruktur med et netværk af **påfyldningsanlæg**, hvor brint kan tankes på næsten samme måde som benzin, diesel eller gas. Brinten hertil kan leveres enten i flydende form eller som gas under tryk fra en tankbil eller gennem en rørledning. Alternativt kan man **på stedet producere brint** f. eks. ved elektrolyse eller reformering af naturgas.

I 2005 var der globalt ca. 100 **brint-tankanlæg**. De fleste er bygget som led i lokale eller regionale demonstrationsprojekter. Bl.a. er der i Hamburg, Stockholm og en række andre europæiske storbyer blevet opført i alt 10 tankstationer som led i et busprojekt med 30 brintdrevne bybusser. I Danmark er der i 2007-2008 etableret brint-tankanlæg ved Nordisk Folkecenter for Vedvarende Energi i Thy og i Ringkøbing.

Til **stationær lagring** af brint benyttes enten store "klokkekanke" (som ved tidligere gasværker) med lavt tryk (10-15 bar) eller batterier af mindre trykkanke med 100-200 bar.

Til **lagring i køretøjer** benyttes af pladsmæssige grunde tanke med højere tryk. I de fleste benyttes et tryk på 350 bar. En 100 liter brinttank kan ved et tryk på 350 bar rumme 2,4 kg brint, svarende til energiindholdet i ca. 9 liter benzin. I brintdrevne personbiler er det derfor problematisk at få plads til tanke, der



giver samme rækkevidde som konventionelle benzin- og dieseldrevne køretøjer. En forøgelse af rækkevidden kan opnås med anvendelse af højere tryk og en del nyere prototyper anvender brint ved 700 bar tryk.

En større kapacitet kan også opnås ved lagring af brinten i flydende form efter nedkøling til under  $-253^{\circ}\text{C}$ . En 100 liter tank vil her kunne rumme 6,8 kg brint, svarende til ca. 25 liter benzin. Den nødvendige isolering af tanken kræver dog ekstra plads, ligesom der er problemer med afdampning af brint. Desuden er der større energitab i forbindelse med nedkøling af brinten end ved komprimering.

Der arbejdes dog med udvikling af andre lagringsmetoder. Lagring ved binding i metalhydrider ved lavt tryk (fx 20-30 bar) giver højere brintindhold i forhold til tankkvolumen. Vægten er til gengæld et problem, der gør teknikken problematisk i forhold til de fleste køretøjer. Men teknologien er kommercielt tilgængelig og brugbar i f. eks. trucks og andre køretøjer til intern transport samt i lokomotiver.



Brintbus i Reykjavik, Island, Benny Christensen

## Miljø

Ved forbrænding omsættes brint som nævnt til vand under frigivelse af energi. Hvis brinten er fremstillet af vedvarende energikilder som vindkraft, solceller eller biomasse er der derfor ingen forurening eller CO<sub>2</sub>-belastning forbundet med produktion og anvendelse. Da fremstilling af brint kræver megen energi forudsætter det dog, at der er et energioverskud til rådighed for produktion, så den vedvarende energi ikke må erstattes af fossil energi et andet sted i energisystemet. Nedslidte brændselsceller kan derudover indeholde miljøskadelige stoffer og skal affaldsmæssigt håndteres som batterier - med evt. mulighed for genanvendelse af materialer.



## Forsynings- sikkerhed

Eftersom brint kan bruges som en buffer i elnettet ved at lagre overskudsstrøm fra vindmøller, kan den medvirke til at skabe plads for mere vindkraft i elsystemet. Derved vil brint kunne have **positiv effekt** på forsynings sikkerheden. Foruden vindkraft kan brint desuden fremstilles af andre indenlandske kilder – f. eks. biomasse.

## Driftsøkonomi og sikkerhed

Brintmolekylets ringe størrelse stiller store krav til de materialer, der anvendes til **beholdere**, rør, tætningen m.v. Der er dog mange års erfaringer på området – f. eks. fra håndtering af bygas, der indeholder ca. 50% brint, samt fra anvendelse i industri og rumfart. I industriområder i bl.a. **Tyskland** findes meget store distributionsnet med rørledninger til transport af brint til industrivirksomheder. I **Danmark** er der opbygget stor erfaring i håndtering af brint i forbindelse med de gamle bygasværker.

Risikoen ved produktion og anvendelse begrænses af, at brint ved **udslip** hurtigt fortyndes og stiger til vejrs. Forebyggelse af udslip i lukkede rum, hvor der kan opstå eksplosionsfarlige blandinger af luft og brint, kræver dog sikkerhedsforanstaltninger med detektorer m.v.

Intet brændselscelleanlæg har i 2009 nået et teknologisk stade, der er konkurrencedygtigt med konventionelle elproduktionsanlæg med hensyn til pris, levetid og virkningsgrad. Den høje pris kan dog være acceptabel i forbindelse med **militæranlæg** og **nødstrømsanlæg** til f. eks. hospitaler og banker, og til **bærbare computere og mobiltelefoner**.

På **transportområdet** vil teknologien også inden for de nærmeste år være forbeholdt “nicheanvendelser” især inden for intern transport. Men demonstration af brintkøretøjer til landevejstransport og opbygning af den nødvendige infrastruktur til disse projekter forventes at fortsætte.

## Erhvervsudvikling og marked

Brint-produktionen vil i fremtiden formodentlig være baseret på forskellige kilder og forekomme både i stor og lille skala – fra store, centrale anlæg til små private. Da brint som nævnt ikke er en energikilde, men energibærer, vil der i de kommende år formodentlig blive fokuseret på VE-produceret brint.

Vedvarende energi er integreret i det danske elforsyningssystem og der foregår forskning og udvikling inden for flere aspekter af brintområdet. Bl.a. forskes der i brændselsceller i relation til så-



kaldte reformere og effektelektronik. Danmark er derfor velegnet til demonstration og testetablering af et brintsamfund, hvilket vil give dansk industri, forsyningsvirksomheder og forbrugere et førstehåndskendskab til teknologiens krav, problemer – og problemløsninger. Det vil åbne for at danske virksomheder kan skabe nye energiindustrier, som giver valuta og arbejdspladser.



## BIOMETANOL

### - og metanol- / syntesegasafledte biobrændstoffer

<b>Kort om</b>	<b>Biometanol og metanol- / syntesegasafledte biobrændstoffer</b> kan fremstilles på basis af organisk materiale ved hjælp af en række forskellige teknologier. Er råmaterialet organisk kan det fremstillede biobrændstof betragtes som <b>CO<sub>2</sub>-neutralt</b> . Biometanol og heraf afledte biobrændstoffer kan anvendes direkte som brændsel i forbrændingsmotorer, men kan også anvendes til en række andre formål.
<b>Karakteristik</b>	<b>Metanol</b> eller <b>træsprit</b> (CH <sub>3</sub> OH) er den simpleste form for alkohol. Metanol og metanolafløede brændstoffer kan fremstilles ud fra syntesegas på basis af råmaterialer, der indeholder kulstof. Metanol og metanolafløede brændstoffer kan anvendes som brændsel i forbrændingsmotorer og til en række andre formål afhængigt af hvilken afledt gas, der er tale om – f. eks. som brændsel i kraftværker, i den kemiske industri og som drivmiddel i brændselsceller og sprayflasker. Metanol anvendes i dag især som opløsningsmiddel og råstof til kemikaliefremstilling.
<b>Teknologi</b>	Metanol og metanolafløede brændstoffer kan alle fremstilles ud fra en syntesegas bestående af CO, CO <sub>2</sub> og H <sub>2</sub> . Syntesegas kan fremstilles af råmaterialer, der indeholder kulstof. Både organisk materiale i form af biomasse og fossile brændsler som kul og naturgas indeholder kulstof. Syntesegas kan fremstilles på basis af vedvarende energi – bl.a. ved hjælp af følgende metoder:
<i>Biomasse og ilt</i>	Biomasse (f. eks. i form af organisk affald) omdannes til syntesegas ved tilsætning af ilt. Den optimale syntesegas, med et minimalt indhold af metan og tjærestoffer, fås ved forgasning med brug af ren ilt og under høj temperatur og højt tryk.
<i>Brint og CO<sub>2</sub></i>	Brint fra elektrolyse af vand blandes med CO <sub>2</sub> fra et bioethanolanlæg eller røg fra et kraftværk. Elektrolyse af vand er i dag en kommerciel om end ret strømkrævende teknologi. Hvis udbygningen af elproducerende vedvarende energi fortsætter, vil brinten dog eventuelt kunne produceres af overskudsel fra vindmøller, vandkraft og senere bølgekraft og solenergi. Det vil åbne for integration af mere vedvarende energi i elsystemet og skabe et potentiale for syntesegasproduktion ud fra CO <sub>2</sub> .
<i>Syntesegas af biogas</i>	Biogas kan omdannes til syntesegas. De gasmængder, der er til rådighed i et biogasanlæg, vil dog typisk være for små til at gøre metoden rentabel. Et metanolanlæg skal formodentlig have en produktionskapacitet på ikke under 100.000 tons pr. år, hvis det skal være rentabelt.



## Anvendelse og udbredelse

Metanol er et glimrende **brændstof**, der kan bruges direkte i forbrændingsmotorer. Metanols energiindhold er ca. det halve af benzin og diesel, men har et oktantal på 106-110. Det gør det teknisk muligt at øge motorenes virkningsgrader ved brug af metanol. Det er i dag tilladt at tilsætte op til 3 % metanol efter volumen til almindelig benzin. Større iblandinger kan nødvendiggøre ændring af motoren for at forebygge korrosion.

Metanol anvendes dog primært som **opløsningsmiddel** og til **kemikaliefremstilling** samt fremstilling af **MTBE** (methyl-tertær-butyl-ether), der kan tilsættes blyfri benzin for at øge oktantallet. MTBE øger benzinens iltindhold, hvorved forbrændingen forbedres og udslippet af kulilte og kulbrinter mindskes. MTBE har imidlertid en ubehagelig lugt og smag og anvendelse øger udslippet af sundhedsskadelige aldehyder. På grund af faren for udslip og nedsivning til grundvandet anvender den danske oliebranche derfor ikke MTBE, men bruger i stedet alkylater.



Istock

Metanol kan også bruges til fremstilling af **DME** (dimethylether) og **syntetisk benzin**. Derudover kan metanol anvendes i **brændselsceller** som DMFC (Direct Metanol Fuel Cells) eller reformeres til **brint** og benyttes i brintbaserede brændselsceller. Af syntesegas kan fremstilles **syntetisk diesel** og **syntetisk naturgas** (SNG).

## DME

**DME** er et miljøvenligt alternativ til diesel. Det har gode tændings- og forbrændingsegenskaber og forbrænder uden at danne partikler. DME anvendes dog primært som drivmiddel i hårspray og medicinspray. DME kan fremstilles ud fra ren metanol via en proces med katalytisk dehydratation, der adskiller vand og metanol. Men DME kan også fremstilles direkte af syntesegas af såvel fossilt som vegetabilsk materiale. Denne proces er stadig under udvikling. Ofte kombineres fremstilling af DME og metanol. DME er en gas ved stuetemperatur og skal derfor være under tryk for at kunne opbevares som væske.



Den største fordel ved DME er brændstoffets miljøvenlighed og lave toksicitet. Der er imidlertid behov for at løse de sikkerhedsmæssige problemer med at håndtere DME i biler samt for at udvikle af en egentlig DME-motor, før DME kan blive et kommercielt anvendt motorbrændstof.

### Syntetisk benzin

**Syntetisk benzin** kan fremstilles ud fra metanol ved 3-400 grader celsius og et tryk på ca. 20 bar. Der er udviklet forskellige teknologier til formålet. Prisen på metanolbaseret benzin bestemmes af råvareprisen. Konverteringen resulterer i ca. 80 % benzin og 20 % LPG (autogas/flaskegas). Har udgangsmaterialet været biometanol kan LPG afsættes som vedvarende energi og anvendes som brændsel i kraftvarmeproduktion, i køretøjer med gasmotorer – eller det kan recirkuleres i processen. Syntetisk benzin vil kunne iblandes benzin i ubegrænset mængde.

### Syntetisk diesel

**Syntetisk diesel** har været kendt i mange år og blev bl.a. anvendt under 2. verdenskrig. Syntetisk diesel bliver typisk fremstillet ved en proces kaldet **Fischer-Tropsch (FT)** syntese. Processen foregår ved 200-350 grader celsius og et tryk på 20-60 bar og ved brug af kulilte (CO) og brint (H) fra enten kul, naturgas eller biomasse. Ved produktion af diesel på basis af naturgas er udbyttet typisk 40 % af den naturgas, man tilføjer. Restproduktet er bl.a. voks og olier. Syntetisk diesel vil kunne iblandes diesel i ubegrænset mængde. Det er formodentlig årsagen til, at syntesegas typisk benyttes til at lave metanol til kemikalieindustrien, mens FT benyttes til brændstofmarkedet trods lavere energieffektivitet og højere anlægsomkostninger end ved fremstilling af metanol.

### Syntetisk naturgas

**Syntetisk naturgas (SNG)** kan fremstilles ud biogas, men også ud fra syntesegas baseret på biomasse. Råvaregrundlaget for gasificeringsprocessen omfatter en række forskellige biomasse-materialer og spektret er bredere end for dannelsen af biogas. SNG kan produceres ud fra en syntesegasproces, som er udviklet det danske selskab Haldor Topsøe A/S. Anvendelse i transportsektoren vil kræve, at der etableres en infrastruktur til naturgas- og SNG-drevne biler. En naturgasinfrastruktur eksisterer allerede i lande som Sverige, Tyskland og Italien. En gasbil kan, afhængig af modellen, køre 200-400 km på en tankfuld gas. Flere bilmærker laver modeller, der både kan køre på benzin og gas. SNG vil kunne iblandes naturgas i ubegrænset mængde og vil, fremstillet på basis af vedvarende energi, kunne opfylde eventuelle krav om VE-indhold i naturgas.

### DMFC

Udover at fungere som brændstof i en forbrændingsmotor, kan metanol også anvendes som energikilde i en **brændselscelle**, der omformer metanol til elektricitet via en katalysator. Metanol er et lovende brændstof til brændselsceller som **DMFC**. I modsæt-



ning til f. eks brint opfylder metanol alle krav til energitæthed, forurening, distribution m.v. Virkningsgraden i brændselsceller er endvidere meget høj (teoretisk 100 %) og brændselscellerne er forureningsfri. Selv når konverteringstabet medregnes, kan en elmotor med metanol-brændselsceller opnå en højere virkningsgrad end en metanol-forbrændingsmotor. Teknologien er dog endnu under udvikling og brændselsceller er fortsat meget dyre.

### Forskning og udvikling

Forskning på forgasningsområdet er domineret af multinationale selskaber. Det er tvivlsomt, om dansk forskning kan opnå en betydende position på dette område. I så fald vil det nok være inden for udvikling af forbehandlingsteknologi til forgasning af biomasse/bioaffald. Udviklingsomkostningerne er imidlertid store og konkurrencen hård.

Der er desuden behov for udvikling af teknologier, der kan fremme en fleksibel energiforsyning, foruden teknologier, der kan anvendes til konvertering af vedvarende energi som vind, sol og bølgeenergi til transportbrændsler. På baggrund af Danmarks høje andel af vindenergi er vi blandt de første i verden, der har set behovet for at skabe et elnet med store reguleringsmuligheder og fleksibilitet. Her vil Danmark måske kunne opbygge en global position – men timingen er vigtig.

### Samspil med andre teknologier

I det fremtidige danske energisystem vil der være behov for at samtænke energi- og transportsektoren for at skabe fleksibilitet og bedre reguleringsmulighederne. Med udfasning af fossile brændsler og øget anvendelse af vedvarende energi er der behov for at ændre fokus fra samtidig produktion af el og varme til samtidig produktion af el, varme og transportbrændsler. I den forbindelse er der brug for teknologier, der kan anvendes til konvertering af vedvarende energi fra bl.a. vind, sol og bølger til transportbrændsler.

### Distribution

**Metanol** kan distribueres via den eksisterende infrastruktur. Indføres der i større stil metanolbaserede brændselsceller som **DMFC** eller metanolblandinger som M95 med 95 % metanol til forbrændingsmotorer, vil en ændring af infrastrukturen dog være relevant. Udbredelse af **DME** vil ligeledes kræve en ny infrastruktur og modificering af tanke og biler. Derimod kan **syntetisk benzin, diesel og naturgas (SNG)** iblandes de respektive fossile brændstoffer i ubegrænset mængde og vil derfor uden problemer indgå i den eksisterende infrastruktur. Da metanol fylder ca. dobbelt så meget som benzin, kan det også tale for en konvertering til benzin snarere end at skulle øge

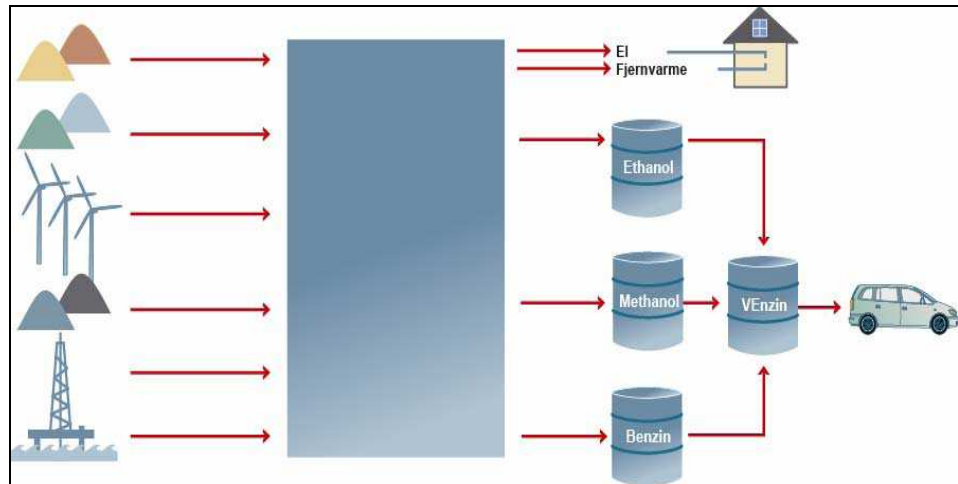




kapaciteten i infrastrukturen. Dog vil der være et anseeligt kon-  
gt konverteringstab forbundet hermed.

## Miljø

Metanol har en meget ren forbrænding stort set uden  
udstødningspartikler og nedbrydes desuden relativt hurtigt og  
problemfrit i naturen.



Elsam, mar. 2006, VEnzin visionen

## Driftsøkonomi og sikkerhed

Metanol er særdeles giftig ved indtagelse i større mængder (25-  
90 ml) pga. risiko for ophobning af myresyre i kroppen.  
Problemet kan undgås ved at omdanne metanol til andre  
brændstoffer eller iblande det benzin, så det ikke er attraktivt at  
drikke. På grund af giftigheden skal sikker håndtering af  
metanol ske i lukkede systemer. Selvom 3 % iblanding i benzin  
er tilladt vil metanol af arbejdsmiljømæssige hensyn, ifølge den  
danske oliebranche ikke, blive blandet direkte i benzin.

## Markedseffekter og erhvervsudvikling

Da sektorer som plastic- og kemikalieindustrien også kan bruge  
metanol, er metanolprisen sårbar over for udsving. Især hvis  
disse sektors betalingsvillighed overstiger transportsektorens.  
Metanolprisen oplever generelt lidt større prisudsving end  
olie/benzinprisen.

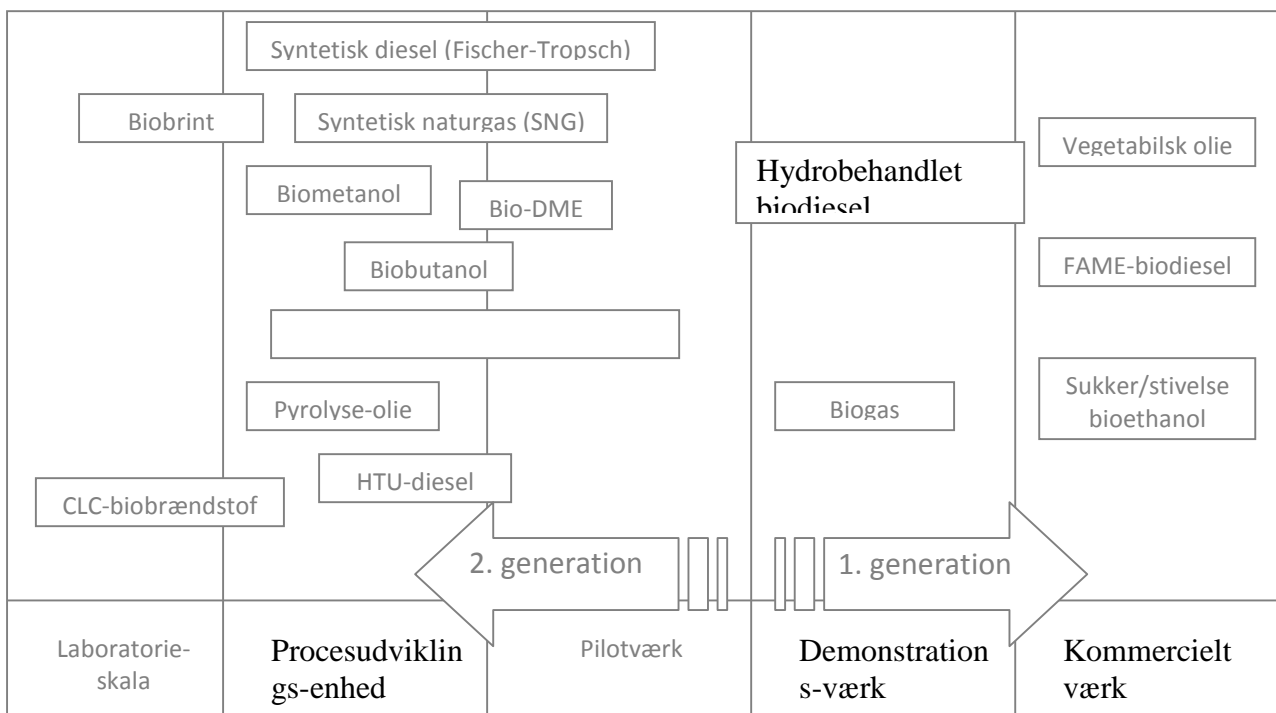
Danmark har en fremherskende position inden for fremstilling  
af metanol og inden for fremstilling og udnyttelse af syntesegas.  
Samtidig findes der i Danmark allerede en væsentlig tekno-  
logieksport inden for omdannelse af fossile ressourcer til meta-  
nol m.v. Sammen med kraftværkernes kompetencer inden for  
biomassehåndtering, forbrænding og forgasning, vil disse kom-  
petencer være et godt udgangspunkt for opbygning af en eks-  
port af teknologi til syntetisk fremstilling af biobrændstoffer.



## Sammenligning af Biobrændstoffer

	Bioethanol		Biodiesel		Biogas
	1. generation	2. generation	Vegetabilsk	Animalsk	
Produktionsteknologi	Kommerciel	Forskning/opskalering. Markedsmoden om 5-10 år	Kommerciel	Opskalering	Kommerciel
Infrastruktur	Distribution kan indpasses i eksisterende infrastruktur med få tilpasninger				Kræver udbygning af gasdistribution til særlige flåder eller generelt. Evt. via naturgasnettet.
Ressource	Stor	Moderat	Begrænset	Lille	Stor
Potentiale for teknologiekspert	Enzymteknologier	Enzymteknologier og koncepter	Energi-effektivitet		Biogas- og separations-teknologi

## Teknologisk stadi





## BILAG

I nedenstående materiale gengives:

- Artikel 17 om **Bæredygtighedskriterier for biobrændstoffer og andre flydende biobrændsler,**
- Artikel 18 om **Kontrol af opfyldelse af bæredygtighedskriterierne for biobrændstoffer og andre flydende biobrændsler, samt**
- Artikel 19 om **Beregning af drivhusgasindvirkningen fra biobrændstoffer og andre flydende biobrændsler.**

### Artikel 17

Bæredygtighedskriterier for biobrændstoffer og andre flydende biobrændsler

1. Uanset om råmaterialerne er dyrket i eller uden for Fællesskabets område, skal alene energi fra biobrændstoffer og andre flydende biobrændsler, der opfylder bæredygtighedskriterierne i stk. 2-5, tages i betragtning i forbindelse med litra a), b) og c):

- a) måling af overholdelse af kravene i dette direktiv vedrørende nationale mål
- b) måling af overholdelse af VE-pligt
- c) berettigelse til finansiel støtte til forbrug af biobrændstoffer og andre flydende biobrændsler.

Biobrændstoffer og andre flydende biobrændsler, der er fremstillet af affald og restprodukter, som ikke stammer fra landbrug, akvakultur, fiskeri og skovbrug, behøver dog kun at opfylde bæredygtighedskriterierne i stk. 2 for at blive taget i betragtning i forbindelse med litra a), b) og c).

2. Den reduktion af drivhusgasemissionerne ved anvendelse af biobrændstoffer og andre flydende biobrændsler, der tages i betragtning med henblik på stk. 1 i denne artikel, skal være 35 %.

Den reduktion af drivhusgasemissionerne ved anvendelse af biobrændstoffer og andre flydende biobrændsler, der tages i betragtning med henblik på stk. 1, skal med virkning fra 2017 være 50 %. Efter 2017 skal den være 60 % for biobrændstoffer og andre flydende biobrændsler, der er produceret i anlæg, der går i produktion fra 2017 og frem.

Reduktionen af drivhusgasemissionerne ved anvendelse af biobrændstoffer og andre flydende biobrændsler beregnes i henhold til artikel 19, stk. 1.

Når der er tale om biobrændstoffer og andre flydende biobrændsler, der fremstilles på anlæg, der var i drift i januar 2008, finder første afsnit anvendelse fra den 1. april 2013.



4. Biobrændstoffer og andre flydende biobrændsler, der tages i betragtning med henblik på stk. 1 i denne artikel , må ikke fremstilles af råmaterialer fra et landområde med [høj biodiversitetsværdi, dvs. et landområde, der havde en af følgende statusser i eller efter januar 2008, uanset om landområdet stadig har denne status:
- a) primærskov og andre træbevoksede arealer , dvs. skov og andre træbevoksede arealer med hjemmehørende arter , hvor der ikke er klart synlige tegn på menneskelige aktiviteter, og hvor de økologiske processer ikke er forstyrret i væsentlig grad
  - b) i) områder, der ved lov har fået status som eller af den relevante kompetente myndighed er udlagt som naturbeskyttelsesområde, eller
  - ii) områder til beskyttelse af sjældne, truede eller udryddelsestruede økosystemer eller arter, der er anerkendt i internationale aftaler eller er medtaget på lister udarbejdet af mellemstatslige organisationer eller Den Internationale Naturværnsunion, idet disse områder dog skal anerkendes i henhold til proceduren i artikel 18, stk. 4, andet afsnit, medmindre det kan påvises, at fremstilling af dette råmateriale ikke har ændret på denne naturbeskyttelsesstatus
  - c) i) naturlige græsarealer med høj biodiversitet, dvs. græsarealer, der ville forblive græsarealer uden menneskelig intervention, og som opretholder den naturlige artssammensætning og de økologiske kendetegn og processer, eller
  - ii) ikke-naturlige græsarealer med høj biodiversitet, dvs. græsarealer, der ville ophøre med at være græsarealer uden menneskelig intervention, og som er artsrige [og ikke forringede, medmindre det kan påvises, at det er nødvendigt at høste råmaterialet for at bevare deres status som græsarealer .

Kommissionen opstiller kriterier og geografiske udstrækninger for at afgøre, hvilke græsarealer der er omfattet af første afsnit, litra c). En sådan foranstaltning til ændring af ikke-væsentlige bestemmelser i dette direktiv vedtages efter forskriftsproceduren med kontrol i artikel 25, stk. 4 .

4. Biobrændstoffer og andre flydende biobrændsler, der tages i betragtning med henblik på stk. 1, må ikke fremstilles af råmaterialer fra et landområde med stort kulstoflager, dvs. et landområde, der havde en af følgende statusser i januar 2008 og ikke længere har denne status:

- a) vådområder, dvs. landområder, der permanent eller i en betydelig del af året er vanddækket eller vandmættet [
- b) sammenhængende skovområder, dvs. landområder på over 1 ha bevokset med træer af en højde på over 5 m og med en kronedækningsgrad på mindst 30 %, eller med træer, der kan nå disse tærskler på lokaliteten
- c) c) arealer på over 1 ha bevokset med træer af en højde på over 5 m og med en kronedækningsgrad på mellem 10% og 30%, eller med træer, der kan nå disse tærskler på lokaliteten, medmindre det kan påvises, at kulstoflageret før og efter omlægning er af et sådant omfang, at betingelserne i stk. 2, ville blive opfyldt ved anvendelse af metodologien i bilag V, del C .



Bestemmelserne i dette stykke finder ikke anvendelse, hvis landområdet på det tidspunkt, hvor råmaterialet blev udvundet, havde samme status som i 2008.

5. Biobrændstoffer og andre flydende biobrændsler, der tages i betragtning med henblik på stk. 1, må ikke fremstilles af råmaterialer fra områder, der var tørveområder i januar 2008, medmindre det kan påvises, at dyrkning eller høst af dette råmateriale ikke indebærer afvanding af hidtil udrænet jord.

6. Landbrugsråstoffer, der dyrkes i Fællesskabet og anvendes til produktion af biobrændstoffer og andre flydende biobrændsler, der tages i betragtning med henblik på stk. 1 i denne artikel, fremstilles i overensstemmelse med de krav og standarder, der er fastsat i de bestemmelser, der er nævnt under overskriften "Miljø" i del A og i punkt 9 i bilag III til Rådets forordning (EF) nr. 1782/2003 om fastlæggelse af fælles regler for den fælles landbrugspolitik ordninger for direkte støtte og om fastlæggelse af visse støtteordninger for landbrugere <sup>(18)</sup>, og i overensstemmelse med de mindstekrav til god landbrugs- og miljømæssig stand, der er fastsat i henhold til denne forordnings artikel 5, stk. 1.

7. Kommissionen aflægger hvert andet år for så vidt angår både tredjelande og EU-medlemsstater, der er en væsentlig kilde til biobrændstoffer eller råmaterialer til biobrændstoffer, der forbruges inden for Fællesskabet, rapport til Europa-Parlamentet og Rådet om nationale foranstaltninger, der træffes til overholdelse af de bæredygtighedskriterier, der er nævnt i stk. 2-5 i denne artikel, og til beskyttelse af jord, vand og luft. Den første rapport forelægges senest i 2012.

Kommissionen aflægger hvert andet år rapport til Europa-Parlamentet og Rådet om indvirkningen af en øget efterspørgsel efter biobrændstoffer på den sociale bæredygtighed i Fællesskabet og i tredjelande og om indvirkningen af EU's biobrændstofpolitik på udbuddet af fødevarer til overkommelige priser, især for befolkningerne i udviklingslandene, og andre generelle udviklingsspørgsmål. Rapporterne skal omhandle respekt for brugsrettigheder til jord. For både tredjelande og medlemsstater, der er en væsentlig kilde til råmaterialer til biobrændstoffer, der forbruges inden for Fællesskabet, skal det i rapporterne anføres, om landet har ratificeret og gennemført hver af følgende konventioner fra Den Internationale Arbejdsorganisation:

- Konventionen vedrørende tvunget eller pligtmæssigt arbejde (nr. 29)
- Konventionen om foreningsfrihed og beskyttelse af retten til at organisere sig (nr. 87)
- Konventionen om retten til at organisere sig og føre kollektive forhandlinger (nr. 98)
- Konventionen vedrørende lige løn til mandlige og kvindelige arbejdere for arbejde af samme værdi (nr. 100)
- Konventionen om afskaffelse af tvangsarbejde (nr. 105)
- Konventionen vedrørende forskelsbehandling med hensyn til beskæftigelse og erhverv (nr. 111)



- Konventionen om mindstealder for adgang til beskæftigelse (nr. 138)
- Konventionen om forbud mod og omgående indsats til afskaffelse af de værste former for børnearbejde (nr. 182).

For både tredjelande og medlemsstater, der er en væsentlig kilde til råmaterialer til biobrændstoffer, der forbruges inden for Fællesskabet, skal det i rapporterne anføres, om landet har ratificeret og gennemført:

- Cartagenaprotokollen om biosikkerhed
- konventionen om international handel med udryddelsestruede vilde dyr og planter.

Den første rapport forelægges senest i 2012. Kommissionen foreslår eventuelt korrigerende foranstaltninger, navnlig hvis der er dokumentation for, at produktionen af biobrændstoffer har en betydelig indvirkning på fødevarerpriserne.

8. Med henblik på stk. 1 må medlemsstaterne ikke ud fra andre bæredygtighedsbegrundelser afvise at tage biobrændstoffer og andre flydende biobrændsler, der er fremstillet i overensstemmelse med denne artikel, i betragtning.

9. Kommissionen aflægger senest **den 31. december 2009** rapport om kravene om en bæredygtighedsordning for energianvendelser af biomasse, bortset fra biobrændstoffer og [flydende biobrændsler]. Rapporten ledsages efter omstændighederne af forslag til Europa-Parlamentet og Rådet om en bæredygtighedsordning for andre energianvendelser af biomasse. Denne rapport skal bygge på de bedste tilgængelige videnskabelige fakta under hensyn til nye udviklinger inden for innovative processer. Hvis den analyse, der foretages med henblik herpå, viser, at det i forbindelse med skovbiomasse ville være passende at indføre ændringer i beregningsmetoden i bilag V eller af de bæredygtighedskriterier med hensyn til kulstoflagre, der anvendes på biobrændstoffer og andre flydende biobrændstoffer, skal Kommissionen om nødvendigt samtidig fremsætte forslag herom.

## Artikel 18

Kontrol af opfyldelsen af **bæredygtighedskriterierne** for biobrændstoffer og andre flydende biobrændsler

1. Når biobrændstoffer og andre flydende biobrændsler skal tages i betragtning med henblik på artikel 17, stk. 1, kræver medlemsstaterne af de økonomiske aktører, at de påviser, at de **bæredygtighedskriterier**, der er fastsat i **artikel 17, stk. 2-5**, er opfyldt. Til dette formål kræver de, at de økonomiske aktører anvender et massebalancesystem, der fastsætter følgende:

- a) forsendelser af råmaterialer eller biobrændstoffer med forskellige bæredygtighedskarakteristika kan være blandede



- b) oplysninger om bæredygtighedskarakteristikaene og forsendelsernes størrelse, jf. litra a), skal fortsat være henført til blandingen, og
- c) det sikres, at summen af alle forsendelser, der trækkes ud af blandingen, beskrives som havende de samme bæredygtighedskarakteristika i de samme mængder som summen af alle forsendelser, der tilføres til blandingen.

2. Kommissionen aflægger rapport for Europa-Parlamentet og Rådet i 2010 og 2012 om metoden for verifikation af massebalancen, der er beskrevet i stk. 1, og om mulighederne for at bruge andre verifikationsmetoder i relation til nogle eller alle typer råmaterialer, biobrændstoffer eller andre flydende biobrændsler. I sin vurdering overvejer Kommissionen de verifikationsmetoder, hvor oplysningerne om bæredygtighedskarakteristikaene ikke behøver at være fysisk henført til særlige forsendelser eller blandinger. Vurderingen skal tage hensyn til behovet for at opretholde verifikationssystemets integritet og effektivitet, samtidig med at det undgås at lægge en urimelig byrde på industrien. Rapporten ledsages efter omstændighederne af forslag til Europa-Parlamentet og Rådet om at åbne mulighed for andre verifikationsmetoder.

3. Medlemsstaterne træffer foranstaltninger for at sikre, at **de økonomiske aktører** forelægger pålidelige oplysninger og på opfordring stiller de data, der er anvendt til at udarbejde oplysningerne, til rådighed for medlemsstaten. Medlemsstaterne kræver af de økonomiske aktører, at de sørger for en passende standard for uafhængig revision af de oplysninger, de forelægger, og at påvise, at dette er blevet gjort. Revisionen skal kontrollere, at de systemer, der anvendes af de økonomiske aktører er nøjagtige, pålidelige og sikret mod svindel. Den evaluerer frekvensen og metodologien i prøveudtagningen og dataenes pålidelighed.

De oplysninger, der er nævnt i første afsnit, skal navnlig omfatte opfyldelse af de bæredygtighedskriterier, der er nævnt i artikel 17, stk. 2-5, passende og relevante oplysninger om foranstaltninger, der er truffet med henblik på beskyttelse af jord, vand og luft, genopretning af forringede arealer, undgåelse af overdrevent vandforbrug i områder, hvor der er vandknaphed, samt passende og relevante oplysninger om de foranstaltninger, der er truffet for at tage hensyn til de forhold, der er nævnt i artikel 17, stk. 7, andet afsnit.

Kommissionen opstiller den i første og andet afsnit nævnte liste over de passende og relevante oplysninger, som medlemsstaterne kræver af de økonomiske aktører efter rådgivningsproceduren i artikel 25, stk. 3. Den påser navnlig, at afgivelsen af disse oplysninger ikke er en for stor administrativ byrde for aktørerne generelt og for mindre landbrugere, producentorganisationer og kooperativer i særdeleshed.

De forpligtelser, der er fastlagt i dette stykke, finder anvendelse, uanset om biobrændstofferne eller de flydende biobrændsler er produceret inden for Fællesskabet eller importeret.

Medlemsstaterne indberetter i sammenfattet form oplysningerne i første afsnit til Kommissionen, der i kortfattet form offentliggør disse oplysninger på den i artikel 24 omhandlede gennemsigtighedsplatform under iagttagelse af fortroligheden af forretningsmæssigt følsomme oplysninger.



4. Fællesskabet bestræber sig på at indgå bilaterale eller multilaterale aftaler med tredjelande, der omfatter bestemmelser om bæredygtighedskriterier svarende til dem, der findes i dette direktiv. Når Fællesskabet har indgået aftaler, der indeholder bestemmelser, der omfatter emner, omfattet af bæredygtighedskriterierne i artikel 17, stk. 2-5, kan Kommissionen beslutte, at disse aftaler [skal godtgøre , at de biobrændstoffer og andre flydende biobrændsler, der er fremstillet af råmaterialer] dyrket i disse lande, overholder disse bæredygtighedskriterier . Ved indgåelsen af disse aftaler lægges der behørig vægt på foranstaltninger, der er truffet med henblik på beskyttelse af områder, der leverer grundlæggende økosystemtjenester i kritiske situationer (f.eks. beskyttelse af afvandingsområder og erosionskontrol), beskyttelse af jord, vand og luft, indirekte ændringer i arealanvendelsen, genopretning af forringede arealer, undgåelse af overdrevent vandforbrug i områder, hvor der er vandknaphed, og de forhold, der er nævnt i artikel 17, stk. 7, andet afsnit.

Kommissionen kan beslutte, at frivillige nationale og internationale ordninger, der fastsætter standarder for fremstilling af biomasseprodukter, skal indeholde nøjagtige data med henblik på artikel 17, stk. 2 , eller skal godtgøre , at partier af biobrændstoffer overholder bæredygtighedskriterierne i artikel 17, stk. 3-5. Kommissionen kan beslutte, at disse ordninger skal indeholde nøjagtige data til oplysning om foranstaltninger, der er truffet med henblik på beskyttelse af områder, der leverer grundlæggende økosystemtjenester i kritiske situationer (f.eks. beskyttelse af afvandingsområder og erosionskontrol), beskyttelse af jord, vand og luft, genopretning af forringede arealer, undgåelse af overdrevent vandforbrug i områder, hvor der er vandknaphed, og de forhold, der er nævnt i artikel 17, stk. 7, andet afsnit. Kommissionen kan også med henblik på artikel 17, stk. 3, litra b), nr. ii), anerkende områder til beskyttelse af sjældne, truede eller udryddelsestruede økosystemer eller arter, der er anerkendt ved internationale aftaler eller er medtaget på lister udarbejdet af mellemstatslige organisationer eller Den Internationale Naturværnsunion.

Kommissionen kan beslutte, at nationale, multinationale eller internationale ordninger til at måle drivhusgasbesparelser indeholder nøjagtige data med henblik på artikel 17, stk. 2 .

Kommissionen kan beslutte, at arealer, der indgår i et nationalt eller regionalt genopretningsprogram, der tager sigte på at forbedre stærkt forringede eller stærkt forurenede arealer, skal opfylde kategorierne i bilag V, del C, punkt 9.

5. Kommissionen vedtager kun beslutninger i henhold til stk. 4 i denne artikel , hvis den pågældende aftale eller ordning opfylder rimelige standarder for pålidelighed, gennemsigtighed og uafhængig kontrol. Med hensyn til ordninger til at måle drivhusgasbesparelser skal sådanne ordninger også overholde metodologikravene i bilag V. Med hensyn til områder med høj biodiversitetsværdi, jf. artikel 17, stk. 3, litra b), nr. ii), skal lister over sådanne områder opfylde rimelige standarder for objektivitet og overensstemmelse med internationalt anerkendte standarder samt sikre passende ankeprocedurer.

6. Beslutninger i henhold til stk. 4 fastsættes om nødvendigt efter rådgivningsproceduren i artikel 25, stk. 3 . Sådanne beslutninger er ikke gyldige i en periode på mere end fem år.





7. Når en økonomisk aktør tilbyder bevis eller data, der er opnået i overensstemmelse med en aftale eller ordning, der har været genstand for en beslutning i medfør af stk. 4, kan en medlemsstat ikke kræve, at denne giver yderligere beviser på overholdelse af de bæredygtighedskriterier, der er fastsat i artikel 17, stk. 2-5, eller oplysninger om de foranstaltninger, der er nævnt i stk. 3, andet afsnit.

8. Efter anmodning fra en medlemsstat eller på eget initiativ undersøger Kommissionen anvendelsen af artikel 17 i relation til en kilde til biobrændstof eller flydende biobrændsel og træffer senest seks måneder efter modtagelsen af en anmodning og i overensstemmelse med rådgivningsproceduren i artikel 25, stk. 3, afgørelse om, hvorvidt medlemsstaten kan tage biobrændstof eller flydende biobrændsel fra denne kilde i betragtning med henblik på artikel 17, stk. 1.

9. Senest i 2012 aflægger Kommissionen rapport til Europa-Parlamentet og Rådet om:

- a) effektiviteten af det system, der er indført for forelæggelse af oplysninger om bæredygtighedskriterier, og
- b) hvorvidt det er muligt og hensigtsmæssigt at indføre bindende krav vedrørende beskyttelse af luft, jord eller vand under hensyntagen til de nyeste videnskabelige resultater og Fællesskabets internationale forpligtelser.

Kommissionen foreslår eventuelt korrigerende tiltag.

## Artikel 19

Beregning af drivhusgasindvirkningen fra biobrændstoffer og andre flydende biobrændsler

1. Drivhusgasbesparelser i forbindelse med anvendelse af biobrændstoffer og andre flydende biobrændsler beregnes med henblik på artikel 17, stk. 2, på følgende måde:

- a) for biobrændstoffer, hvor en standardværdi for drivhusgasreduktioner for den pågældende biobrændstofproduktionsvej er fastlagt i del A eller B i bilag V, og hvor  $e_l$ -værdien for de pågældende biobrændstoffer beregnet i henhold til bilag V, del C, punkt 7, er lig med eller mindre end nul, ved at anvende denne standardværdi, eller
- b) ved at anvende en faktisk værdi, der er beregnet i overensstemmelse med den metodologi, der er fastlagt i del C i bilag V, eller
- c) ved at anvende en værdi  $\square$  beregnet som summen af faktorerne i den formel, der er nævnt i bilag V, del C, punkt 1, hvor de disaggregerede standardværdier i bilag V, del D eller E, kan anvendes for nogle faktorer, og de faktiske værdier beregnet i overensstemmelse med den metodologi, der er fastlagt i bilag V, del C, for alle andre faktorer.

2. Senest den 31. marts 2010 forelægger medlemsstaterne Kommissionen en rapport med en fortegnelse over de områder på deres territorium, der er klassificeret som niveau 2 i den fælles nomenklatur for statistiske regionale enheder (i det følgende benævnt



"NUTS") eller som et mere disaggregeret NUTS-niveau i henhold til Europa-Parlamentets og Rådets forordning (EF) nr. 1059/2003 af 26. maj 2003 om indførelse af en fælles nomenklatur for regionale enheder (NUTS) <sup>(19)</sup>, hvor typiske drivhusgasemissioner fra dyrkning af landbrugsråstoffer kan forventes at være lavere end eller svare til de emissioner, der rapporteres under overskriften "Dyrkning" i bilag V, del D, til dette direktiv, ledsaget af en beskrivelse af den metode og de data, der er anvendt til udarbejdelsen af listen. Metoden tager jordbeskaffenhed, klima og forventede råmaterialeudbytter i betragtning.

3. Standardværdierne i bilag V, del A, for biobrændstoffer og de disaggregerede standardværdier for dyrkning i bilag V, del D, for biobrændstoffer og andre flydende biobrændsler må kun anvendes, når råmaterialerne hertil:

- a) dyrkes uden for Fællesskabet
- b) dyrkes i Fællesskabet i områder, der er optaget på de lister, der er nævnt i stk. 2, eller
- c) består af affald eller restprodukter, der ikke stammer fra landbrug, akvakultur eller fiskeri.

For biobrændstoffer og andre flydende biobrændsler, der ikke er omfattet af litra a), b) eller c), anvendes de faktiske værdier for dyrkning.

4. Senest den 31. marts 2010 aflægger Kommissionen rapport til Europa-Parlamentet og Rådet om de praktiske muligheder for at udarbejde lister over områder i tredjelande, hvor typiske drivhusgasemissioner fra dyrkning af landbrugsråstoffer kan forventes at være lavere end eller svare til de emissioner, der rapporteres under overskriften "Dyrkning" i bilag V, del D, så vidt muligt ledsaget af sådanne lister og en beskrivelse af den metode og de data, der er anvendt til udarbejdelsen af dem. Kommissionen lader i fornødent omfang rapporten være ledsaget af relevante forslag.

5. Kommissionen aflægger senest den 31. december 2012 og derefter hvert andet år rapport om de skønnede typiske værdier og standardværdier i bilag V, del B og E, med særlig vægt på emissioner fra transport og fremstilling, og kan om nødvendigt beslutte at korrigere værdierne. En sådan foranstaltning, der har til formål at ændre ikke-væsentlige bestemmelser i dette direktiv vedtages efter forskriftsproceduren med kontrol i artikel 25, stk. 4.

6. Senest den 31. december 2010 forelægger Kommissionen en rapport for Europa-Parlamentet og Rådet, der vurderer indvirkningerne af indirekte ændringer i arealanvendelsen på drivhusgasemissioner og foreslår måder, hvorpå disse indvirkninger kan minimeres. Denne rapport ledsages, hvis det er relevant, navnlig af et forslag, der, på baggrund af den bedste tilgængelige videnskabelige dokumentation, indeholder en konkret metode til at tage højde for emissioner fra ændringer i kulstoflagre forårsaget af indirekte ændringer af arealanvendelsen og sikrer overensstemmelse med dette direktiv, navnlig artikel 17, stk. 2.

Forslaget skal indeholde de nødvendige beskyttelsesforanstaltninger til sikring af investeringer, der er foretaget, før denne metode tages i anvendelse. For så vidt angår



anlæg, som producerede biobrændstoffer før udgangen af 2013, medfører gennemførelsen af foranstaltningerne i første afsnit ikke, at biobrændstoffer produceret af disse anlæg bedømmes til at være i modstrid med dette direktivs bæredygtighedskrav, hvis de ellers ville have været i overensstemmelse med det, før i 2017, forudsat at disse biobrændstoffer opnår en drivhusgasbesparelse på mindst 45 %. Dette skal gælde for biobrændstofsinstallationernes kapacitet ved udgangen af 2012.

Europa-Parlamentet og Rådet bestræber sig på senest i 2012 at træffe afgørelse om sådanne forslag fra Kommissionen.

7. Bilag V kan tilpasses det tekniske og videnskabelige fremskridt, bl.a. ved tilføjelse af værdier for yderligere biobrændstofproduktionsveje for de samme eller for andre råmaterialer og ved ændring af metodologien i del C. En sådan foranstaltning, der har til formål at ændre ikke-væsentlige bestemmelser i dette direktiv ved at supplere det, vedtages efter forskriftsproceduren med kontrol i artikel 25, stk. 4 .

Hvad angår standardværdier og metodologien i bilag V, bør der lægges særlig vægt på:

- beregningsmetoden for affald og restprodukter
- beregningsmetoden for biprodukter
- beregningsmetoden for kraftvarmeproduktion og
- den status, restprodukter fra landbruget får som biprodukter.

Standardværdierne for biodiesel fra vegetabilsk eller animalsk affaldsolie skal tages op til revision så snart som muligt.

Enhver tilpasning af eller tilføjelse til listen over standardværdier i bilag V skal ske under overholdelse af følgende regler:

- a) hvis en faktors bidrag til de samlede emissioner er lille, eller hvis der er begrænset variation, eller hvis omkostningerne eller vanskelighederne ved at fastslå de faktiske værdier er store, er standardværdierne typiske for normale produktionsprocesser
- b) i alle andre tilfælde er standardværdierne forsigtigt ansat sammenlignet med normale produktionsprocesser.

8. Der fastsættes detaljerede definitioner, herunder tekniske specifikationer, som er nødvendige for kategorierne i bilag V, del C, punkt 9. En sådan foranstaltning, der tager sigte på at ændre ikke-væsentlige bestemmelser i dette direktiv, vedtages efter forskriftsproceduren med kontrol i artikel 25, stk. 4 .



## Program for 1. workshop

### Bæredygtig 2. generations bioethanol

29. april 2009 kl. 10-16 i Erhvervs- og Byggestyrelsen, Rådssalen, 4. sal  
Langelinie Allé 17, 2100 København Ø

*Bemærk, at der er begrænsede parkeringsmuligheder. Nærmeste S-togsstation er Østerport ca. 15 minutters gang fra mødestedet.*

#### Formiddag kl. 10.00-12.30

**Indledning** om Hvidbog-projektet vedr. bæredygtig 2. generations bioethanol  
v. Knud Larsen, formand for Partnerskabet for Biobrændstoffer

**Oplæg** om Brug af biomasse til energiformål  
v. Henrik Wenzel, Leder af Center for Energi- og Miljøeffektiv Teknologi, Syddansk Universitet

**Generelt** om workshopens formål og dagens forløb  
v. Gy Larsen og Janne Foghmar, projektledere Teknologirådet

**Diskussion** af perspektiverne for en dansk satsning på bæredygtig 2. generations bioethanol: "Hvad er udfordringerne og mulighederne – hvor står vi i dag?"

Temaerne for diskussionerne er:

- Ressourcegrundlag - arealanvendelse og råvarer
- Teknologi - produktionsmåder, produkter, biprodukter, fleksibilitet
- Miljø- og bæredygtighed - energiforbrug, CO2 fortrængning, biodiversitet
- Økonomi og lovgivning

Deltagerne har fået tilsendt et inspirationsmateriale, der også fungerer som datagrundlag for arbejdet med projektets Hvidbog om bæredygtig 2. generations bioethanol.

*Diskussionerne foregår i grupper. En referent fra Teknologirådet noterer debatten ved hvert bord.*

Formiddagskaffe og frugt i grupperne.



### **Frokost og netværk kl. 12.30 -13.30**

### **Eftermiddag fra kl. 13.30 –16.00**

**Indledning** om eftermiddagens arbejde med scenarier for fremtidens anvendelse af biomasse og produktion af 2. generations bioethanol til transport.  
v. Gy Larsen og Janne Foghmar, projektledere i Teknologirådet

**Scenariediskussion:** ”I hvilken retning bør vi gå i de kommende årtier?”

På baggrund af referencescenarier producerer hver gruppe to scenarier med fokus på henholdsvis:

- Miljø og klima
- Flexibilitet, forsyningssikkerhed og eksport

*Diskussionerne foregår i nye grupper.*

*Eftermiddagskaffe og kage/frugt i grupperne*

**Opsamling** på scenariearbejdet

Grupperne præsenterer kort deres arbejde i plenum.

Referenterne samler materialet fra diskussionerne.

**Afrunding af workshopen og kort om det videre projektforløb**  
v. Knud Larsen, formand for Partnerskabet for Biobrændstoffer og  
Gy Larsen og Janne Foghmar, projektledere Teknologirådet

Tak for i dag og vel mødt til den anden workshop 3. juni 2009!



## Deltagerliste 29. april 2009

### Workshop Bæredygtig 2. generations bioethanol

Anne Belinda Thomsen Anne-Mette Vehmüller	Risø DTU Det Økologiske Råd
Benny Christensen Bent Sundby Olsen Birgir Norddahl Bruno Sander Nielsen	Siemens A/S SDU Landbrugsrådet
Christian Ege	Det Økologiske Råd
Gy Larsen	Teknologirådet
Henning Jørgensen Henrik Flyver Christiansen Henrik Gudmundsson Henrik Wenzel	KU, LIFE Energistyrelsen DTU SDU
Jacob Mogensen Jan Bünger Janne Foghmar	Center for Bioenergi og Miljøteknologisk Innovation Energistyrelsen Teknologirådet
Kaj Jørgensen Kathrine Hauge Madsen Knud Larsen Kåre Riis Nielsen	Risø DTU AgroTech Partnerskabet for Biobrændstoffer Novozymes
Lene Lange	AAU
Maria Josefina Figueroa Martin Lidegaard Mette Maj Norddahl Kirsch Michael Mücke Jensen Niels Henriksen	DTU CONCITO KU, LIFE Oliebranchens Fællesrepræsentation DONG Energy
Per Brinch Pernille Skovgaard	Statoil A/S KU, LIFE
Sine Beuse Faueryby Steffen Blume Svend Brandstrup Hansen Søren Barsberg Søren Laurentius Nielsen	Danmarks Naturfredningsforening Ecoadvice, Gefion Danish Biofuel KU, LIFE RUC
Thomas Alstrup Troels Hilstrøm	FORA BioGasol ApS



## Program for 2. workshop

### Bæredygtig 2. generations bioethanol

3. juni 2009 kl. 10-16 i Energistyrelsen  
Amaliegade 44, 1256 København K

*Bemærk, at der er begrænsede parkeringsmuligheder. Nærmeste S-togsstation er Østerport ca. 15 minutters gang fra mødestedet.*

#### Program

##### Formiddag kl. 10.00-12.30:

##### Indledning

*v. Knud Larsen, formand for Partnerskabet for Biobrændstoffer*

##### Oplæg

- Danske biomasseressourcer og bioethanolpotentialer.  
*v. Steffen Blume, Ecoadvice*
- Arealanvendelse og 2. generations bioethanol. Nye biobrændsler med høj energitæthed.  
*v. Claus Felby, KU LIFE*
- Biomasse til energiformål, fasekonvertering og syntetiske brændstoffer.  
*v. Henrik Flyver Christiansen, Energistyrelsen*

##### Pause

##### Generelt

Om workshoppens formål, dagens forløb og arbejdet med udviklingsspor  
*v. Gy Larsen og Janne Foghmar, projektledere Teknologirådet*

##### Diskussion af udviklingsspor

Diskussionen tager udgangspunkt i baggrundsmaterialets forslag til udviklingsspor:

- Lovgivning og mål (reference)
- Energi-mix spor
- VE-spor

*Diskussionerne foregår i grupper. Hver gruppe vælger en ordstyrer, der efter frokost kort præsenterer gruppens arbejde i plenum. En referent fra Teknologirådet noterer debatten ved hvert bord.*

*Formiddagskaffe og frugt i grupperne.*



## **Frokost og netværk kl. 12.30 -13.30**

## **Eftermiddag fra kl. 13.30 –16.00**

**Kort introduktion** til eftermiddagens program  
v. *Gy Larsen og Janne Foghmar*

**Opsamling** på arbejdet med udviklingsspor  
Grupperne præsenterer kort deres arbejde i plenum.

**Pause**

**Oplæg**

- Anbefalinger og videre perspektiver

v. *Knud Larsen, formand for Partnerskabet for Biobrændstoffer*

**Generelt** om eftermiddagens arbejde med anbefalinger  
v. *Gy Larsen og Janne Foghmar, projektledere i Teknologirådet*

**Diskussion** af anbefalinger

På baggrund af formiddagens diskussion omkring udviklingsspor, udarbejdes en række anbefalinger til det centrale politiske niveau og det forskningspolitiske område. Der vil være fokus på anbefalinger til:

- Dansk sammenhæng
- EU sammenhæng

*Diskussionerne foregår i de samme grupper som tidligere på dagen.*

*Eftermiddagskaffe og kage/frugt i grupperne*

**Afrunding af workshoppen og kort om det videre projektforsløb**

v. *Knud Larsen, formand for Partnerskabet for Biobrændstoffer og Gy Larsen og Janne Foghmar, projektledere Teknologirådet*





## Deltagerliste 3. juni 2009

### Workshop Bæredygtig 2. generations bioethanol

Anders Lyngaa Kristoffersen  
Anne-Mette Wehmüller

Novozymes  
Det Økologiske Råd

Benny Christensen  
Bruno Sander Nielsen

Landbrugsrådet

Claus Felby  
Gy Larsen

KU/LIFE  
Teknologirådet

Henrik Flyver Christiansen

Energistyrelsen

Jan Bünger  
Janne Foghmar  
Julie Fjendbo Jørgensen

EUDP-Sekretariatet  
Teknologirådet  
Teknologirådet

Kim Pilegaard  
Knud Larsen

Risø DTU  
Partnerskabet for Biobrændstoffer

Lars Ege Larsen  
Martin Lidegaard  
Martin Rudbeck Jepsen  
Martin Schneekloth  
Michael Mücke Jensen  
Niels Henriksen

AU/ DMU  
CONCITO  
AU/ DMU  
Skov- og Naturstyrelsen  
EOF (Energi- og Olieforum.dk)  
DONG Energy

Oliver Bo Schmidt

Teknologirådet

Per Kaspersen  
Steffen Blume

Teknologirådet  
Ecoadvice, Gefion

Thomas Alstrup  
Thomas Budde Christensen  
Tyge Kjær

FORA  
RUC  
RUC



## Litteraturliste og andre informationskilder

Anders Kristoffersen - Liska et al (2008): Improvements in LCA Energy Efficiency and Greenhouse Gas Emissions of Corn-Ethanol.

Anders Kristoffersen - Carling et al (2009): Can Large-Scale Biofuels Provide a Real and Sustainable Solution to Reducing Petrol Dependence.

Anders Kristoffersen - Employ-RES, European Commission and DG Energy and Transport (2009): The impact of renewable energy policy on economic growth and employment in the EU.

Anders Kristoffersen - McKinsey & Company (2009): Roads Toward a Low-Carbon Future.

Claus Felby - Bentsen et al (2008): Energy, feed and land use balances of refining winter wheat to ethanol.

Claus Felby - Bentsen et al (2006): Energy Balance of 2nd G Bioethanol Production in Denmark.

Dansk Landbrug, januar 2009, Biogas

Energistyrelsen (2008 og 2009) Energistatistik 2007 Og 2008

Fødevarerministeriet (2008): Jorden – en knap ressource. Fødevarerministeriets rapport om samspillet mellem fødevarer, foder, bioenergi. Dansk potentiale i et internationalt perspektiv.

Finansministeriet, Fødevarerministeriet, Miljøministeriet, Skatteministeriet, Økonomiministeriet og Erhvervsministeriet (2007): Fagligt udredningsarbejde om virksomheder i forhold til implementering af vandrammedirektivet. Rapport fra Finansministeriet.

Hasler et al (2004): Samfundsøkonomisk analyse af sikringen af naturvenlig drift på § 3-arealer og naturskøvsarealer. DMU Arbejdsrapport nr. 197.

Helena Paul, The Ecologist, februar 2009, "Biofuels".

Henning Jørgensen - S&T (2009): An Examination Of The Potential For Improving Carbon/Energy Balance Of Bioethanol.

Henrik Flyver Christiansen - Energistyrelsen (2007): Biomasse kraftvarmeanlæg -status for 2005.

Henrik Wenzel - Hedegaard et al (2008): LCA of an Advanced Bioethanol Technology in the Perspective of Constrained Biomass Availability.

Henrik Wenzel - JRC, European Commission (2008): Biofuels in the European Context.

Henrik Wenzel - FVM (2008): Landbrug og klima - Analyse af landbrugets virkemidler til reduktion af drivhusgasser og de økonomiske konsekvenser.

Henrik Wenzel - Henningsen et al, CONCITO (2009): Biobrændstoffer i dansk klimapolitik.

Institut for Miljøvurdering, IMV, (2006): CO<sub>2</sub>-reduktionsomkostninger ved biodiesel. Dansk biodiesel på raps.

Jørgensen og Petersen (2006): Interactions between biomass energy technologies and nutrient and carbon balances at the farm level.



Landbrugsrådet (2007): Klima, Jordbrug og fødevareproduktion.

Lavbundsjord: [www.djfgeodata.dk](http://www.djfgeodata.dk)

Partnerskabet for biobrændstoffer

Refuel, EU (2008): Eyes on the track, Mind on the horizon. From inconvenient rapeseed to clean wood. A European roadmap to biofuels.

Schou, J.S et al (2007): Virkemidler til realisering af målene i EU's Vandrammedirektiv, Faglig rapport fra DMU nr. 625.

Steffen Blume - Blume (2008): Danmarks potentiale for afgrødebaseret biobrændstofproduktion i år 2020.

Steffen Blume - Blume et al (2008): Opgørelse af den danske biomasse-ressource til brug for fremstilling af biobrændstoffer til transportsektoren frem mod 2020.

Svend Brandstrup - Danish Biofuel (2009)

Teknologirådet (2006): Morgendagens transportbrændstoffer – danske perspektiver

Transport og Energiministeren (2006):Energipolitisk redegørelse 2006

Uffe Jørgensen, Peter Sørensen, Anders Peter Adamsen og Inge T. Kristensen, DJF,AU (2008): Energi fra biomasse- Ressourcer og teknologier vurderet i et regionalt perspektiv.

#### **INFO-sider på nettet:**

<http://www.climateminds.dk/>

<http://www.ing.dk/>

<http://www.refuel.eu/biofuels/>

<http://www.dongenergy.dk/privat/energiforum>

<http://www.hvorlangtpaaliteren.dk/sw101242.asp>

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

<http://www.biotechacademy.dk/undervisningsprojekter/bioethanol.aspx>

## Teknologirådet

Antonigade 4  
1106 København K

Telefon 3332 0503  
Fax 3391 0509

Tekno@tekno.dk  
www.tekno.dk



### Teknologirådet har til opgave at

Fremme teknologidebatten

Vurdere teknologiens  
muligheder og konsekvenser

Rådgive Folketinget og regeringen