

Screening af andre landes virkemidler og tiltag inden for landbrugssektoren

Cilla Harpsøe Clausen, Sine Skov, Dora Ruth Trummer
Og Erik Nikolaj Lerche Christiansen
NIRAS

Miljøstyrelsen vil, når lejligheden gives, offentliggøre rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, finansieret af Miljøstyrelsens undersøgelsesbevilling.

Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter.

Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Indhold

FORORD	5
SAMMENFATNING OG KONKLUSIONER	7
ANIMALSK PRODUKTION	7
PLANTEAVL	8
AREALANVENDELSE	9
BIOENERGI	9
FREMTIDIGE TEKNOLOGIER	11
SUMMARY AND CONCLUSIONS	12
LIVESTOCK PRODUCTION	12
PLANT PRODUCTION	13
LAND USE	14
BIO ENERGY	14
FUTURE TECHNOLOGIES	16
INDLEDNING	12
1.1 PROJEKTETS FORMÅL OG KONTEKST	17
1.2 AFGRÆNSNING OG DEFINITIONER	17
1.3 RAPPORTENS INDHOLD	18
2 BAGGRUND OG METODE	19
2.1 LANDBRUGETS BIDRAG TIL UDLEDNINGEN AF DRIVHUSGASSER	19
2.1.1 <i>Landbrugets udledninger i referencelandene</i>	19
2.2 DRIVHUSGASSER I LANDBRUGET	20
2.2.1 <i>Kulstofkredsløbet</i>	20
2.2.2 <i>Kvælstofkredsløbet</i>	22
2.3 DEFINITIONER	23
2.3.1 <i>Virkemidler</i>	23
2.3.2 <i>CO₂-fortrængningseffekt ved energiproduktion</i>	24
2.3.3 <i>CO₂-omkostninger</i>	24
3 NUVÆRENDE TEKNOLOGIER OG VIRKEMIDLER I ANDRE LANDE	26
3.1 INDLEDNING	26
3.2 ANIMALSK PRODUKTION	26
3.2.1 <i>Reduceret husdyrproduktion</i>	26
3.2.2 <i>Ændring i fodersammensætningen</i>	28
3.2.3 <i>Gyllehåndtering</i>	30
3.2.4 <i>Sammenfatning</i>	32
3.3 PLANTEAVL	33
3.3.1 <i>Tilpasset gødskning</i>	34
3.3.2 <i>Dyrkning af kvælstoffikserende afgrøder</i>	36
3.3.3 <i>Grøn gødskning</i>	37
3.3.4 <i>Anvendelse af afgrøderester til jordbehandling</i>	38
3.3.5 <i>Pløjefri dyrkning</i>	38
3.3.6 <i>Kalkning</i>	39
3.3.7 <i>Sammenfatning</i>	39
3.4 ÆNDRING I AREALANVENDELSEN	40
3.4.1 <i>Udtagning af landbrugsarealer og beplantning af brakmarker</i>	40

3.4.2	<i>Ændring af dræn på organiske jorder</i>	41
3.4.3	<i>Skovrejsning</i>	43
3.4.4	<i>Plantning af læhegn</i>	43
3.4.5	<i>Sammenfatning</i>	44
3.5	BIOENERGI	45
3.5.1	<i>Anvendelse af landbrugets restprodukter til energiformål</i>	46
3.5.2	<i>Separat produktion af energiafgrøder til energiformål</i>	47
3.5.3	<i>Biogas</i>	51
3.5.4	<i>Sammenfatning</i>	53
3.6	SAMMENFATNING	54
4	FREMTIDIGE TEKNOLOGIER OG VIRKEMIDLER	56
4.1	ANIMALSK PRODUKTION	56
4.1.1	<i>Reduktion af metanudslip fra drøvtyggere</i>	56
4.1.2	<i>Anvendelse af vækstfremmere</i>	57
4.1.3	<i>Gylleseparering</i>	57
4.1.4	<i>Forsuring af gylle</i>	58
4.2	PLANTEPRODUKTION	58
4.2.1	<i>Præcisionsgødsning</i>	58
4.3	BIOENERGI	59
4.3.1	<i>Fremstilling af bioethanol fra cellulose</i>	59
4.3.2	<i>Biomass-To-Liquid teknologi</i>	59
4.3.3	<i>Biomasse til brændstof til transport</i>	59
4.3.4	<i>Pyrolyse af biomasse</i>	60
4.3.5	<i>Forgasning af biomasse</i>	60
4.4	SAMMENFATNING	60
5	OVERSIGTSKEMA OVER TEKNOLOGIERNE OG VIRKEMIDLERNE	63
6	REFERENCER	71

Forord

Nærværende rapport skal give et overblik over, hvilke teknologier og virkemidler andre lande har anvendt eller forventer at anvende for at reducere drivhusgasudslip inden for landbrugssektoren.

Følgende landes strategier er blevet undersøgt: Canada, Holland, Frankrig, New Zealand, Spanien, Storbritannien, Sverige, Tyskland og Østrig.

Rapporten er udarbejdet for Miljøstyrelsen af NIRAS Rådgivende ingeniører og planlæggere A/S. I forbindelse med udarbejdelsen af rapporten har referencegruppen til Miljøstyrelsens projekt *Opfølgning på regeringens klimastrategi – manko og virkemidler i de ikke kvotebelagte sektorer* været inddraget og bidraget med information og kommentarer.

Projektet er afsluttet november 2005.

Sammenfatning og konklusioner

Landbruget har væsentlig indflydelse på de nationale drivhusgasudledninger som følge af udledning af kuldioxid, metan og lattergas. I Danmark bidrog landbruget i 2003 med knap 17 pct. til drivhusgasbalancen. (Miljøministeriet 2005) Udledningerne sker både inden for den animalske produktion og planteavlsproduktionen, herunder arealanvendelsen. Desuden har landbrugssektoren gennem sit samspil med energisektoren ved fremstilling af bioenergi mulighed for at påvirke drivhusgasudledningen.

Regulering af aktiviteter i landbruget kan derfor være et betydningsfuldt virkemiddel til opfyldelse af Danmarks reduktionsforpligtelse i henhold til Kyoto Protokollen.

I nærværende rapport er nuværende og fremtidige reduktionstiltag inden for landbruget undersøgt for ni udvalgte lande. De ni lande er: Canada, Holland, Frankrig, New Zealand, Spanien, Storbritannien, Sverige, Tyskland og Østrig.

Landenes brug af teknologier og virkemidler, til at reducere drivhusgasudslippet, er blevet undersøgt. Det kan på den baggrund konkluderes, at der ikke er indført virkemidler inden for landbruget hvis primære formål har været at reducere drivhusgasudslippet, men i højere grad for at regulere andre miljøproblemer relateret til landbrugssektoren.

Det kan endvidere konstateres fra screeningen, at der er udarbejdet få samfundsøkonomiske beregninger i referencelandene, der understøtter indførelsen af givne teknologier og virkemidler. Bioenergiområdet er dog en undtagelse.

De virkemidler, der er indført i referencelandene inden for bioenergi, afviger i strukturen ikke fra de danske. Det kan dog konstateres, at støtten til biogas i lande som Tyskland og Østrig generelt ligger højere. Endvidere kan det konkluderes, at de andre referencelande har taget flere initiativer til fremme af biobrændstoffer til transportsektoren.

Forskellige landes undersøgelser viser at CO₂-omkostningerne ligger på mellem 2.000 kr. inden for biogasområdet og i omegnen af 400-2.000 kr. for biobrændstoffer til transport ved egenproduktion.

Det kan konstateres, at der ikke er fundet CO₂-omkostningseffektive virkemidler eller teknologier, der kan anbefales overført direkte til danske forhold.

Animalsk produktion

De væsentligste kilder til drivhusgasudledning fra den animalske produktion er drøvtyggerses fordøjelsessystem, som medfører dannelse af metan samt oplagring af gylle fra al husdyrproduktion, hvor der produceres lattergas.

Metanudledningen fra f.eks. kvægs fordøjelsessystem kan reduceres ved en særlig fodersammensætning og indirekte ved at øge dyrenes produktivitet, idet dette kan medføre en reduktion af antallet af dyr.

Der er ikke fundet eksempler på aktiv regulering af fodring eller krav til dyrenes produktivitet blandt referencelandene. Ændringer er derfor primært sket som følge af privatøkonomiske beslutninger relateret til effektivisering af produktionen.

Det vurderes, at der er et reelt reduktionspotentiale med hensyn til fodersammensætningen. Forskellige referencelandes undersøgelser peger på et reduktionspotentiale på op til 25 pct. i kvægs udledning af metan. Undersøgelserne har dog ikke vurderet CO₂-omkostningen af en ændret fodersammensætning. Der er endvidere en række sideeffekter af en ændret fodersammensætning, som eksempelvis kan risikere at forringe dyrenes velfærd mv. Sådanne sideeffekter er samtidig svære at værdisætte ud fra objektive kriterier.

Som følge af EU's Nitratdirektiv skal gylle og møg lagres, hvilket medfører en øget udledning af metan og ammoniak fra disse lagre. Udledningen fra lagre er i flere af referencelandene kontrolleret gennem regulering som eksempelvis krav om etablering af flydelag, hvilket reducerer udledningen. Ved fremstilling og anvendelse af biogassen til energiformål kan drivhusgasudledningen reduceres yderligere, og den samlede CO₂-effekt kan blive positiv.

Planteavl

Referencelandenes brug af virkemidler og teknikker til at reducere drivhusgasudslippet inden for planteavl er blevet gennemgået. Det kan generelt konstateres, at der er mangel på valide data om de reelle drivhusgaseffekter. Idet grundlaget for at måle drivhusgaseffekterne af forskellige teknikker er usikker og svær, er det heller ikke muligt at lave egentlige CO₂-omkostningsberegninger. Der er derfor ikke fundet sådanne beregninger i det materiale, undersøgelsen har dækket.

Der er dog opmærksomhed om denne problematik, og der forskes på mange institutioner for at kunne forstå og måle kvælstof- og kulstofbindinger i jord og planter. Sådanne bindinger er meget følsomme over for lokale forhold som jordbundstype, jordstruktur, lokalt vandindhold i jorden og klima, samt afgrøder og dyrkningsmetoder og derfor vanskelige at måle.

Der er dog ikke tvivl om, at fiksering af kulstof i jorden er relevant og mulig ved brug af forskellige dyrkningspraksiser. Eksempelvis kan nævnes efterladelse af afgrøderester på marken, tilpasset gødskning, brug af kvælstoffikserende afgrøder osv. Disse tiltag fremmes primært gennem information om dyrkningspraksis og regulering. Eksempelvis er der i mange lande forbud mod afbrænding af halm og afgifter på handelsgødning, begge virkemidler medfører en positiv CO₂-effekt.

I Østrig er der indført økonomisk støtte til ekstensivering (reduceret brug af handelsgødning eller plantebeskyttelsesmidler) af planteproduktionen. Dette har en indirekte effekt på drivhusgasudledningen.

Areal anvendelse

Omlægning af jordbrugsarealer til anden anvendelse har ligeledes betydning for drivhusgasudledningen. I Holland fremmes skovrejsning i samarbejde med private aktører, som kan købe CO₂-certifikater ved at medfinansiere skovrejsningsprojekter. Et sådant virkemiddel kan overvejes overført til Danmark, som netop har prioriteret skovrejsning som et indsatsområde. CO₂-certifikater skal dog afspejle den reelle CO₂-effekt.

EU's braklægningsordning, som oprindeligt blev etableret for at begrænse fødevarereproduktionen, har også indirekte indflydelse på drivhusgasudledningen. Etablering af beplantede brakmarker mindsker drivhusgasudledningerne.

Blandt referencelandene hersker forskellige politikker for hvordan organiske jorder ønskes anvendt. Afhængigt af om jorderne er våde eller tørre vil der være store forskelle i drivhusgasudslippet herfra. Det er derfor af betydning for drivhusgasbalancen hvilken politik der vælges for disse områder, eksempelvis om de skal være i omdrift eller om dræn skal nedlægges.

Bioenergi

Bioenergi betegner energi, som er fremstillet af biomasse. Dette kan være alt fra anvendelse af restprodukter fra landbruget til varmeproduktion, og produktion samt brug af energiafgrøder til fremstilling af biogas. Dette medfører, at både teknikker og deraf resulterende CO₂-effekter er forskellige.

Der er generel enighed om, at bioenergi i sin anvendelse er CO₂-neutral, hvor CO₂-effekten ved selve fremstillingen af bioenergi afhænger af en række komponenter. Dette er alt fra biomassens type og fremstilling til konverteringen af biomassen til bioenergi, hvilket igen afhænger af fremstillingsteknikkerne. Derudover afhænger den samlede CO₂-effekt af fortrængningseffekten, det vil sige, i hvilket omfang anvendelsen af bioenergi fortrænger brugen af fossile brændsler.

De undersøgelser, denne rapport afdækker, har alle antaget 100 pct. fortrængningseffekt. Til gengæld har antagelserne om CO₂-intensiteten i den energi, der fortrænges, varieret f.eks. vil el-produktion have forskellige fortrængningseffekter afhængig af, hvordan elektricitet i landet fremstilles. Dette forklarer en del af variationen i CO₂-omkostningsberegningerne. Dette gælder dog ikke for sammenligninger i transportsektoren, som i alle referencelande p.t. er næsten 100 pct. baseret på fossile energikilder.

På det overnationale plan har selve kvotehandelssystemet den effekt, at kvoteomkostningerne overvælttes direkte i energipriserne, hvilket medvirker til at øge de vedvarende energikilders rentabilitet. Dernæst har man i EU vedtaget Biobrændstofdirektivet og direktivet om fremme af andelen af vedvarende energi. Disse direktiver har bevirket indførelsen af forskellige virkemidler oftest i form af afgiftslettelser, samt øget forskning og udvikling inden for relevante områder. Dertil kommer, at der fra EU's landbrugsstøtteprogrammer gives direkte støtte til dyrkning af energiafgrøder på brakarealer.

Biomasse fra landbrugets restprodukter

Anvendelse af landbrugets restprodukter til energiformål (afbrænding af halm) påvirker CO₂-udledningen næsten udelukkende positivt, da der ikke

opstår CO₂-belastning gennem produktionen af biobrændslet, og fossile energikilder substitueres gennem anvendelse¹.

Anvendelse af biomasse (bl.a. fra landbrugets restprodukter) til energiformål er i Holland underlagt en rammeaftale, som i strukturen ligner den danske, og der forligger en aftale om, at kraftværkerne har forpligtet sig til at anvende en vis mængde biomasse.

Overført til danske forhold vurderes det, at anvendelsen af landbrugets restprodukter til energiformål har et stort potentiale. Dette gælder f.eks. afbrænding af halm eller andre restprodukter. På længere sigt kan det også være konvertering af halm til bioethanol.

Biobrændstoffer til transport

EU's braklægningsordning med tilhørende enhedsstøtte og EU's Biobrændstofdirektiv er de mest markante virkemidler i forhold til referencelandene.

Stort set alle referencelandene har taget virkemidler i brug til fremme af biobrændstoffer (biodiesel og bioethanol) ved at indføre afgiftslettelser ved anvendelsen. Også forsyningssikkerheden er en vigtig motivation for at indføre disse virkemidler.

Generelt har det vist sig, at CO₂-omkostningerne for biobrændsler er høje. De ligger på ca. 2.000 kr. En af forklaringerne på de høje CO₂-omkostninger skyldes, at undersøgelserne har forudsat, at prisen for energiafgrøderne er lig produktionsomkostningen ved at producere lokalt.

CO₂-omkostningen kan reduceres ved at importere bioethanol fra eksempelvis Brasilien. Ved import af færdigproduceret bioethanol vil CO₂-udledningen i forbindelse med produktionen af bioethanol ej heller blive tilskrevet den danske drivhusbalance.

En svensk undersøgelse viser, at CO₂-omkostningen ved brug af importeret bioethanol fra Brasilien ligger på knap 400 kr. pr. ton CO₂. Dette er inklusiv EU's told på knap 1 kr. pr. liter bioethanol. Blev tolden fjernet, kunne CO₂-omkostningen reduceres yderligere.

Biogas

Fremstillingen af biogas er den eneste bioenergiform, hvor selve produktionen af biogas medfører en CO₂-besparelse, idet metanudledningen fra lagre opsamles og afbrændes. Biogassens efterfølgende nyttiggørelse til kraftvarmeproduktion eller transport medfører en yderligere CO₂-reduktion i form af substitution af fossile energikilder.

Virkemidlerne til fremme af biogas i referencelandene ligner i strukturen de danske, dog er niveauet på minimumsprisen for strøm højere end i Danmark. Det medfører markant udbygning af biogas kapaciteten i lande som Østrig og Tyskland.

Virkemidler til fremme af biogas til transportformål er p.t. kun fundet indført i Sverige, hvor de primært er efterspørgselsrelateret i form af gunstige

¹ CO₂-belastningen ved produktion af f.eks. halm tilskrives i sin helhed produktionen af salgsafgrøden, f.eks. korn.

forbrugervilkår, investeringsstøtte til biogasbiler, afgiftslettelse, information mv.

CO₂-omkostninger for biogas til el-produktion kan ikke direkte sammenlignes, da de er afhængige af CO₂-fortrængningseffekten. De er dog generelt høje og ligger for undersøgelser i Østrig og Tyskland i omegnen af 2.000 kr. pr. ton. CO₂.

Fremtidige teknologier

De fremtidige teknologier ligger i tæt forlængelse af de teknologier, der anvendes i dag. Der forskes overordnet i at forbedre de nuværende teknologier, præcisere den generelle viden og udvikle bioenergiteknikker.

Der er ikke fundet reelle undersøgelser, der kan dokumentere fremtidige teknologiers CO₂-effekt eller CO₂-omkostning. Det kan forklares med, at det netop er teknologier under udvikling, hvilket betyder, at de nuværende omkostninger ikke vil være repræsentative, når teknologien er færdigudviklet.

Inden for animalsk produktion peger mulige fremtidige virkemidler i retning af intensivering af dyreproduktionen og forbedring af gyllehåndteringen, således at drivhusgasudledningen fra dyrenes fordøjelse, lagring af gylle, og udbringning fra gylle og mæg minimeres.

Når det drejer sig om fremtidige teknologier til CO₂-reduktion inden for planteproduktion eller øget kulstoffiksering i jorden, viser vanskeligheden sig allerede i, at effekten af allerede eksisterende tiltag og virkemidler ikke kan vurderes. Der forskes derfor blandt andet i bedre metoder til at kunne dokumentere effekterne.

Ved fremstilling af bioenergi forskes der i flere forskellige teknikker til fremstilling af nye bioenergiteknikker. Motivationen dertil ses primært i et øget ønske om uafhængighed af fossile energikilder og øget forsyningssikkerhed.

Summary and conclusions

Agriculture has an important influence on national greenhouse gas emissions as a result of emission of carbon dioxide, methane and laughing gas. In Denmark, agriculture contributed to almost 17 per cent of the greenhouse gas balance in 2003 (Ministry for Environment and Energy 2005). The emissions occur within livestock production and arable farming, including land use. Furthermore, through its correlation with the energy sector the agricultural sector can influence greenhouse gas emissions by the production of bio energy.

Thus, regulation of activities in agriculture can be an important means for fulfilment of Denmark's reduction obligations according to the Kyoto Protocol.

The present report describes present and future reduction initiatives within agriculture in nine selected countries. The nine countries are: Canada, the Netherlands, France, New Zealand, Spain, Great Britain, Sweden, Germany and Austria.

The countries' use of technologies and means for reduction of greenhouse gas emissions has been examined. Against this background it can be concluded that no means have been introduced into agriculture with the purpose of reducing the greenhouse gas emissions but rather to regulate other environmental problems related to agriculture.

Furthermore, screening shows that few socio economic calculations have been made in the reference countries which support the introduction of given technologies and means. The bio energy area, however, is an exception.

The means introduced in the reference countries within bio energy do not differ from the Danish means. However, support for bio gas in countries like Germany and Austria is in general higher. Furthermore, it can be concluded that the other reference countries have taken more initiatives for the promotion of bio mass fuels for the transportation sector.

Studies from different countries demonstrate that CO₂ costs are DKK 2,000 within the biogas area and about DKK 400-2,000 for bio mass fuels for the transport sector in case of own production.

No CO₂ cost-effective means or technologies have been found that can be directly transferred to a Danish context.

Livestock Production

The major source of greenhouse gas emissions from livestock production is the digestive system of ruminants, which results in the creation of methane, and storing of manure from all livestock farming in which nitrous oxide is produced.

Discharge of methane from e.g. the digestive system of cattle can be reduced by a special composition of animal feed and indirectly by increasing the productivity of the animals, since this may result in reduction of the number of animals.

No examples of active regulation of feed or requirements for the productivity of animals among the reference countries have been found. Therefore, changes have primarily taken place as a result of private economic decisions related to making the production more effective.

It is estimated that there is a real reduction potential with regard to the composition of animal feed. Studies from different countries point to a reduction potential of up to 25 per cent in the emissions of methane from cattle. The studies did not estimate the CO₂ costs of a changed composition of the feed. Furthermore, there can be a number of side effects from changing the composition of the feed, for example it may deteriorate animal welfare. At the same time it is difficult to assess such side effects from objective criteria.

As a consequence of the EU Nitrate Directive manure and dung should be stored, and this results in increased emissions of methane and ammonia from these stores. In several of the reference countries emissions from stores are controlled through regulations such as a demand for establishment of artificial or natural covers (e.g. straw on the liquid storage facilities), which reduce emissions. By producing bio gas for energy purposes, greenhouse gas emissions can be further reduced and the total CO₂ effect can be positive.

Crop Production

The reference countries' use of means and techniques in order to reduce the greenhouse gas emissions from crop production has been examined. In general, there is a lack of valid data on the actual greenhouse gas effects. Since the basis of measuring the greenhouse gas effects of different techniques is uncertain and difficult, it is also not possible to make actual CO₂-cost calculations. Therefore, such calculations were not found in the material included in the study.

However, this complex of problems is in focus and research is being carried out in many institutions in order to be able to understand and measure nitrogen and carbon fixations in soil and crops. It is difficult to measure such fixations since they are very sensitive to local conditions such as type of soil, soil structure, local water content in the soil and climate, and crops and methods of cultivation.

However, there is no doubt that fixation of carbon in the soil is relevant and possible by means of different cultivation practices, e.g. crop residues in the field, type of fertilizer, use of carbon-fixing crops etc. These initiatives are primarily promoted through information on cultivation practices and regulation. For instance, in many countries burning straw is prohibited and taxes are put on fertilizers, both these regulations result in a positive CO₂ effect.

In Austria financial support for extensification (reduced use of fertilizers or plant protection) of crop production has been introduced. This has an indirect effect on greenhouse gas emissions.

Land Use

The change of farming areas to other uses also influences greenhouse gas emissions. In Holland afforestation is promoted in cooperation with private actors who can buy CO₂ certificates by co-financing afforestation projects. It may be relevant to transfer such means to Denmark, where afforestation has been prioritized as an action area. However, CO₂ certificates must reflect the actual CO₂ effect.

The EU set-aside scheme which was originally established to limit foodstuff production also has an indirect influence on greenhouse gas emissions. The establishment of green set-aside fields reduces greenhouse gas emissions.

Among the reference countries there are different policies for how organic soils should be used. Depending on wet or dry soil the differences of greenhouse gas emissions vary. Therefore, the policy chosen for these areas (e.g. should they be in rotation or should drains be laid) is of importance to the greenhouse gas balance.

Bio Energy

Bio energy is energy produced from biomass. This can be anything from the use of residual products from farming for heat production, and production and use of fuel crops for the production of biogas. Both techniques and the resulting CO₂ effects are different.

It is generally agreed that bio energy is CO₂ neutral, where the CO₂ effect from the actual production of bio energy depends on a number of components. This comprises everything from the type of biomass and production to conversion of the biomass into bio energy which again depends on the production techniques. Moreover, the total CO₂ effect depends on the replacement effect which means to which extent the use of bio energy supersedes the use of fossil fuels.

The studies included in this report have all assumed a 100-percent displacement effect. On the other hand the assumptions on CO₂ intensity in the energy replaced have varied, e.g. the electricity production will have different displacement effects depending on how the electricity is produced in the country in question.

This explains part of the variation of the CO₂ cost calculations. However, this does not apply to comparisons in the transport sector which in all reference countries are at present almost 100 per cent based on fossil energy sources.

At the international level the emissions trading system itself results in passing on the costs of allowances directly in the energy prices, and this contributes to increased profitability of renewable energy. Furthermore, the EU has adopted the Bio Fuel Directive and the directive on the promotion of the proportion of renewable energy. These directives have resulted in the introduction of different means in form of tax relief and increased research and development within the relevant areas. In addition, the EU agricultural support programmes give directed support to growing fuel crops on set-aside fields.

Biomass from residual products of farming

The use of residual products from farming for energy purposes (burning of straw) influences CO₂ emissions solely in a positive way since there is no CO₂-load through the production of the bio fuel, and fossil energy sources are replaced through application².

In the Netherlands the use of bio mass (e.g. from the residual products from farming) for energy purposes is subject to a framework agreement which is similar to the Danish framework agreement, and an agreement exists in which the power plants have committed themselves to using a certain amount of bio mass.

Transferred to Danish conditions, it is estimated that the use of residual products from farming for energy purposes has a large potential. This applies e.g. to burning straw or other residual products. On the long term it may also include conversion of straw to bio ethanol.

Biomass fuel for transport

The EU set-aside scheme with its single payment and the EU Bio Mass Fuel Directive are the most significant means in relation to the reference countries.

Almost all the reference countries have promoted biomass fuel (bio diesel and bio ethanol) by introducing tax relief. Furthermore, the security of supply is an important motivation to introduce these means.

In general, it has turned out that the CO₂ costs of bio mass fuel are higher, approximately DK 2,000. One explanation of the high CO₂ costs is that the studies have assumed that the price of fuel crops is similar to the production costs from local production.

The CO₂ cost may be reduced by importing bio ethanol from e.g. Brazil. When ready-produced bio ethanol is imported, the CO₂ emissions in connection with the production of bio ethanol will not be added to the Danish greenhouse balance.

A Swedish study demonstrates that the CO₂ cost when imported bio ethanol from Brazil is used is almost DKK 400 per tonne CO₂. This includes the EU duty of nearly DKK 1 per litre of bio ethanol. Were the duty removed, the CO₂ cost could be further reduced.

Bio Gas

The production of bio gas is the only form of bio energy in which the production of bio gas results in a CO₂ saving, since the emissions of methane from stores are collected and burned off. The subsequent utilization for power production or transportation results in a further CO₂ reduction in the form of substitution of fossil energy sources.

The structure of the means to promote bio gas in the reference countries is similar to the Danish means, however the level of the minimum price of electricity is higher than in Denmark. This results in a significant extension of the bio gas capacity in countries such as Austria and Germany.

² CO₂ load from production of e.g. straw is added in total to the production of the sales crop, e.g. corn.

Means for promotion of bio gas for transportation purposes have currently only been introduced in Sweden where they are primarily related to demand by improving consumer conditions, investment aid for bio gas vehicles, tax relief, information etc.

CO₂ costs of bio gas for electricity production cannot be directly compared since they depend on the CO₂ displacement effect. However, in general they are high and for studies performed in Austria and Germany the level is around DKK 2,000 /ton CO₂.

Future technologies

Future technologies are closely related to the technologies applied today. Overall research is concentrating on improving the present technologies, defining general knowledge and developing bio energy techniques.

No real studies have been found to demonstrate the CO₂ effect or CO₂ cost of future technologies. The reason might be that the technologies are under development which means that the present costs are not representative of costs when the development of the technology is completed.

Within animal production possible future means point to intensifying animal production and improving management of manure so that the greenhouse gas emissions from the animals' digestion, storing of manure and spreading of manure is minimized.

With regard to future technologies for CO₂ reduction within crop farming from increased carbon fixation, things seem to be more difficult, since the effect of existing initiatives and means cannot be estimated. Therefore, research is underway to improve methods of documentation of the effects.

For production of bio energy, research is being carried out on various new bio energy techniques. The motivation lies in an increased wish to be independent of fossil energy sources and to increase the security of supply.

Indledning

1.1 Projektets Formål og kontekst

Regeringen fører en omkostningseffektiv klimapolitik. Det betyder, at Danmark arbejder for at opfylde sin reduktionsforpligtelse billigst muligt, givet de nationale og internationale rammer og krav.

De nyeste fremskrivninger viser, at Danmarks manko på nuværende tidspunkt er vurderet til 7-12 millioner ton CO₂-ækvivalenter årligt i forpligtelsesperioden 2008-12. Dette er en betragtelig reduktion i forhold til tidligere opgørelser. Der venter dog stadig en betydelig indsats for at overholde de aftalte udledningsmål frem til udløbet af Kyoto Protokollens første bindingsperiode i 2012. (Miljøministeriet 2005)

Væsentlige dele af Danmarks udledning af drivhusgasser sker fra virksomheder, der er omfattet af EU's kvotesystem for CO₂ (EU-ETS). Danmark skal inden juli 2006 udarbejde sin nationale allokeringssplan (NAP) for perioden 2008-12. I den nationale allokeringssplan vil der blive redegjort for, hvorledes Danmark vil opfylde sin samlede reduktionsforpligtelse for perioden 2008-12, hvori kvotetildelingen til de kvotebelagte virksomheder indgår som et af instrumenterne i samspil med tiltag i det øvrige samfund.

For at regeringen kan have det bedste beslutningsgrundlag for at føre en omkostningseffektiv klimapolitik er der behov for, at mulige virkemidler uden for de kvotebelagte virksomheder bliver screenet, og at omkostningerne ved disse tiltag bliver beregnet.

På den baggrund har Miljøstyrelsen igangsat projektet *Opfølgning på regeringens klimastrategi – manko og virkemidler i de ikke kvotebelagte sektorer*, der undersøger virkemidler uden for de kvotebelagte sektorer, som kan bidrage til omkostningseffektive drivhusgasreduktioner.

Nuværende rapport *Screening af andre landes virkemidler og tiltag inden for landbrugssektoren* er et input til dette projekt og skal skabe et overblik over nuværende og potentielle tiltag inden for landbrugssektoren, der kan reducere udledningen af drivhusgasser på en omkostningseffektiv måde.

1.2 Afgrænsning og definitioner

Projektet omfatter screening af nuværende og fremtidige teknologier og virkemidler inden for landbrugssektoren i en række referencelande. De pågældende lande er Canada, Frankrig, Holland, New Zealand, Spanien, Storbritannien, Sverige, Tyskland og Østrig. Endvidere er oversigtsrapporter fra OECD og IEA inddraget i screeningen.

Landbrugssektoren er fortolket snævert, det vil sige, at virkemidler og teknologier i skovbruget ikke er omfattet af denne analyse, bortset fra skovrejsning på tidligere landbrugsarealer.

I denne rapport opereres der med benævnelsen *teknologi* som værende et tiltag, der har en direkte effekt på drivhusgasudslippet eller -optaget. Teknologier defineres som alle former for tiltag og dækker således alt fra for eksempel anvendelse af bestemte typer af gylletanke, over dyrkningsmetoder, til brug af vacciner osv.

Virkemidler anvendes som benævnelse for de redskaber, myndighederne kan anvende til at fremme en bestemt adfærd/udvikling, der igen påvirker brugen og udviklingen af teknologierne, altså en indirekte effekt. Der skelnes mellem administrative, økonomiske og informative virkemidler, som eksempelvis påbud og forbud (administrative), afgifter og tilskud (økonomiske), og annoncekampagner (informative).

I rapporten sammenlignes drivhusgassers indflydelse på drivhuseffekten i CO₂-ækvivalenter. Det vil sige de af Kyoto Protokollen omfattede drivhusgassers effekter omregnet til den mængde CO₂, som vil udløse en tilsvarende effekt, *jf. Tabel 1.1.*

Tabel 1.1: Oversigt over drivhusgasser, som er relevante for landbrugssektoren, og deres effekt

Drivhusgas	Kemisk betegnelse	CO ₂ -ækvivalent
Kuldioxid	CO ₂	1 ton CO ₂ = 1 ton CO ₂ -ækvi
Metan	CH ₄	1 ton CH ₄ = 21 ton CO ₂ -ækvi
Lattergas	N ₂ O	1 ton N ₂ O = 310 ton CO ₂ -ækvi

Det var oprindeligt planlagt, at CO₂-omkostningseberegninger for teknologier og virkemidler med størst relevans for Danmark skulle genberegnes tilpasset danske forhold under forudsætning af, at der fandtes brugbart baggrundsmateriale.

Generelt har mængden af data vedrørende CO₂-omkostninger for teknologier og virkemidler inden for landbruget været overraskende begrænset. Dette kan til dels forklares ved, at hovedparten af teknologierne og virkemidlerne ikke har haft det direkte formål at reducere CO₂-udslippet, og at effekterne er svære at kvantificere. Reduktionerne har som oftest været en indirekte effekt.

Det har derfor ikke været muligt at tilvejebringe data og udføre sådanne beregninger inden for projektets tidsramme.

1.3 Rapportens indhold

Projektets overordnede konklusioner fremgår af rapportens kapitel 1.

De anvendte metoder til data og informationsindsamling præsenteres i kapitel 2.

Kapitel 3 undersøger, hvilke teknologier og virkemidler der er taget i brug i udlandet for at reducere udledningen af drivhusgasser inden for landbruget.

Afsnit 3.2 præsenterer teknologier inden for den animalske produktion, afsnit 3.3 præsenterer teknologier inden for planteproduktion, afsnit 3.4 ændring i arealanvendelsen, og afsnit 3.5 omhandler bioenergi.

Kapitel 4 præsenterer mulige fremtidige teknologier og virkemidler, som forskes i i referencelandene.

Kapitel 5 præsenterer et oversigtsskema, hvoraf virkemidler og så vidt muligt de dertil knyttede CO₂-effekter og -reduktionsomkostninger fremgår.

2 Baggrund og Metode

2.1 Landbrugets bidrag til udledningen af drivhusgasser

I OECD landene står landbruget for henholdsvis 40 pct. og 60 pct. af udledningerne af metan og lattergas, samt for en mindre andel af CO₂-udledningen. Omregnet til CO₂-ækvivalenter står landbruget for 8 pct. af den samlede udledning af drivhusgasser. (OECD 2002)

I det følgende er det opgjort, hvor stor en andel af drivhusgasudledningen, landbruget i henholdsvis Danmark og referencelandene bidrog med i 2002.

2.1.1 Landbrugets udledninger i referencelandene

I de ni referencelande er det som i Danmark lattergas og metan, der udgør langt den største del målt i CO₂-ækvivalenter af drivhusgasudledningen fra landbruget. Lattergas stammer primært fra udbringning og omdannelse af gylle og handelsgødning, men afhænger af udbringningsmetode, gødningskvalitet mv. Metanudslippet er i høj grad relateret til husdyrproduktion.

Tabel 2.1 viser drivhusgasemissionerne (2002) i landbruget fra henholdsvis lattergas og metan omregnet til CO₂-ækvivalenter i de enkelte referencelande, samt hvor stor en del af landets samlede udledning, der stammer fra landbrugsproduktionen. Tabellen medtager også EU-15 som udtryk for en overordnet, fælles udvikling, der delvist er drevet af fælles EU tiltag.

Tabel 2.1: Landbrugets andel af lattergas og metan emissionerne i referencelandene i 2002

Land	Landets Samlede udledning mio. ton CO ₂	Udledning af metan fra landbruget mio. ton CO ₂ (pct.)	Udledning af lattergas fra landbruget mio. ton CO ₂ (pct.)	Udledning af kuldioxid* fra landbruget mio. ton CO ₂ (pct.)	Andel af den samlede udledning i pct.**
Canada	734	24,5 (3,3)	34,9 (4,7)	-0,005 (<0,0)	8
Danmark	70	3,8 (5,4)	6,4 (9,2)	N/A	14,6
EU15	4.179	202,9(4,8)	211,5(5,1)	0,021(<0,1)	9,9
Frankrig	565	43,2 (7,6)	54,9 (9,6)	N/A	17,2
Holland	215	8,2(4)	6,8 (3,1)	N/A	7,1
New Zealand	76	24,1(31,7))	12,7(16,7)	N/A	48,4
Spanien	409	23,7(5,8)	18,9(4,6)	N/A	10,4
Storbritannien	642	19,0(3,0)	27,8 (4,3)	N/A	7,3
Sverige	71	3,3 (4,6)	5,5(7,7)	N/A	12,3
Tyskland	1.024	53,6 (5,2)	34,7(3,4)	N/A	8,6
Østrig	86	4,0 (4,6)	3,4(4)	N/A	8,6

Kilde: UNFCCC 2005.

* CO₂- frigivet fra landbrugsjord.

** Egen beregning. Procentdelen viser hvor stor en andel af drivhusgasudledningen landbruget bidrager med i forhold til den samlede drivhusgasudledning i referencelandene. Den samlede udledning medtager samtlige sektorer dvs. energisektoren, transportsektoren, industrien osv.

Landbruget i Danmark bidrager med en høj andel af den samlede udledning i kraft af stor udledning af lattergas og metan i forhold til referencelandene, der, bortset fra New Zealand, generelt ligger lavere. New Zealand har et forholdsmæssigt højt udslip af metan og lattergas, og er det land i den vestlige verden hvor mest (op mod halvdelen) af drivhusgasudledningen målt i CO₂-ækvivalenter stammer fra landbruget. Op mod 60 pct. af metanudledningen stammer fra kvæg og især malkekvæg, hvor produktionen er steget med ca. 70 pct. siden 1990. (Ministry for the Environment 2005). I resten af referencelandene ligger udledningen af drivhusgasser i et spænd mellem 7 pct. og 17 pct. i forhold til den samlede udledning.

2.2 Drivhusgasser i Landbruget

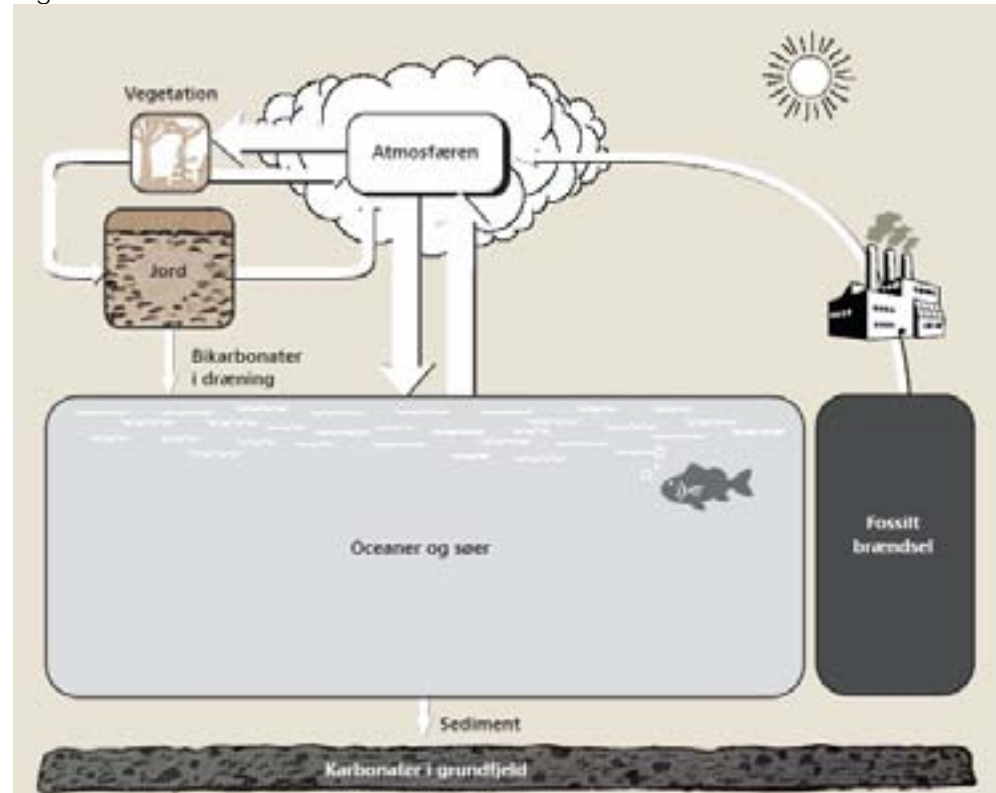
Landbruget har indflydelse på den del af drivhusgasudledningen, der vedrører kuldioxid, metan og lattergas. Den langt mest almindelige gas er kuldioxid, men da både metan og lattergas har en større effekt som drivhusgas, har de ligeledes en væsentlig betydning for det samlede drivhusgasregnskab, *jf. tabel 1.1.*

For at skabe en forståelse for virkningen af de forskellige tiltag, som foretages i landbruget, præsenteres kort *kulstofkredsløbet*, hvor CO₂ og CH₄ indgår, samt *kvælstofkredsløbet*, hvori N₂O indgår.

2.2.1 Kulstofkredsløbet

Mange dele af økosystemet og dermed samfundet har indflydelse på kulstofkredsløbet, *jf. figur 2.1.*

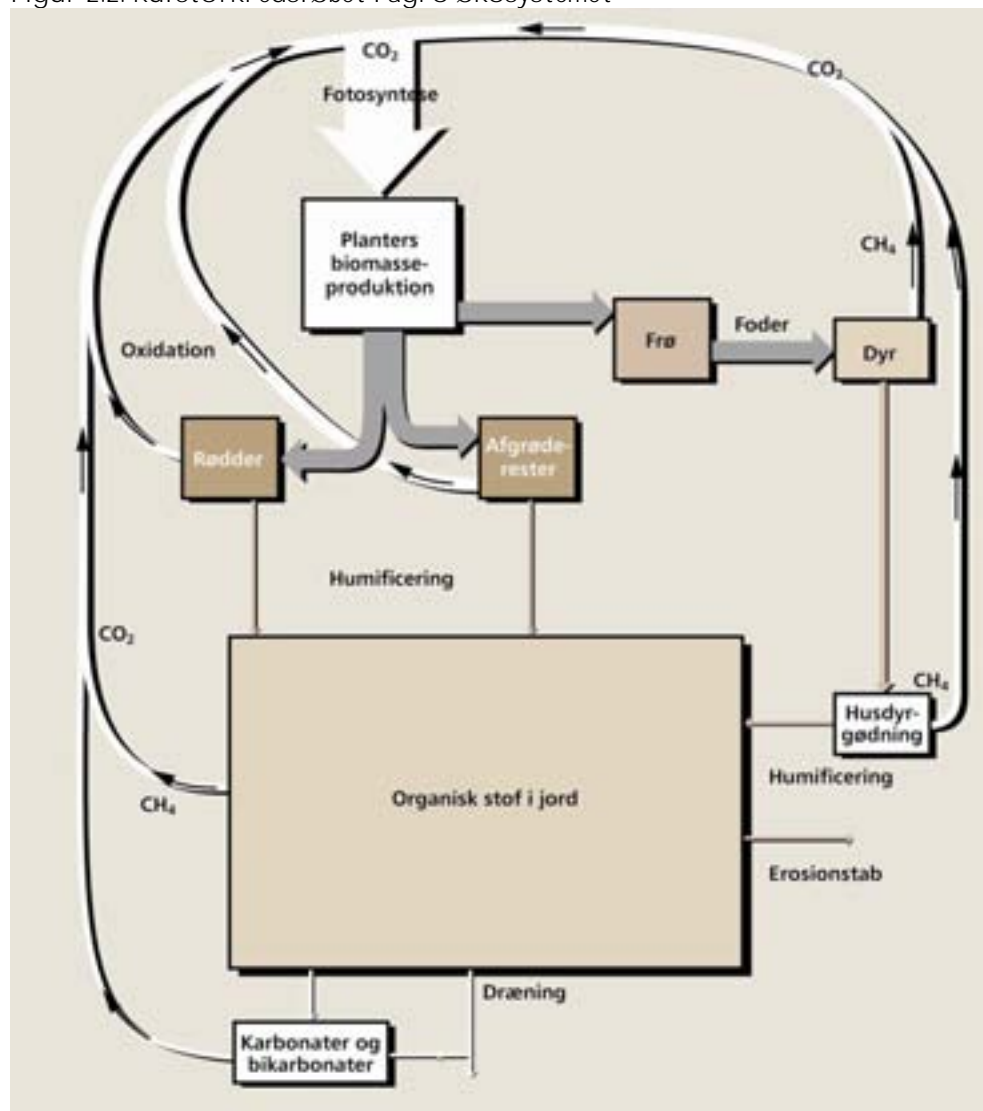
Figur 2.1: Kulstofkredsløbet.



Den del af kredsløbet, som vedrører biomasse i vegetation og i jorden er mest interessant for nærværende rapport, da landbruget påvirker disse mængder og

strømningerne derimellem. Denne del af kulstofkredsløbet ses mere detaljeret i figur 2.2.

Figur 2.2: Kulstofkredsløbet i agro-økosystemet



Note: De kulstofholdige udslip vil variere afhængig af faktorer som dyrkningssystem, klima, jordbundstype m.v.

Af figuren fremgår det, at atmosfærens CO_2 via fotosyntesen indgår i planteproduktionen, hvorved kulstof bindes i planterne. Røddernes respiration frigiver igen en del CO_2 . Nedbrydning af planterester vil ligeledes resultere i en frigivelse af CO_2 til atmosfæren, forudsat at nedbrydningen sker i et iltholdigt miljø. Under visse forhold nedbrydes planterester i et iltfattigt eller helt iltfrit miljø. Herfra vil der frigives CH_4 - en væsentligt mere potent drivhusgas. En del af rødderne og de døde planterester omdannes til humus, som består af mindre organiske partikler, hvorved kulstoffet bliver en del af jordens organiske pulje.

En del af planteproduktionen anvendes til husdyrfoder. Dyr æder og nedbryder de kulstofholdige plantedele som via fordøjelsen omdannes til bl.a. energi og CO_2 . Restprodukterne herfra er CH_4 , især i drøvtyggers fordøjelsessystem produceres større mængder, samt afføring (gødning). Desuden medfører dyrenes ånding (respiration) CO_2 -udslip. Bakterier vil yderligere nedbryde de organiske bestanddele i gødningen, som dyret ikke har

omdannet under fordøjelsen. Under denne proces gælder det igen, at en iltfrig omdannelse vil medføre CO_2 -udslip, mens en iltfattig omdannelse vil resultere i metanudslip. Spredes gødningen på marken, vil den resterende del af biomassen i gødningen, ligesom planterester, omdannes og blive en del af jordens kulstofpulje.

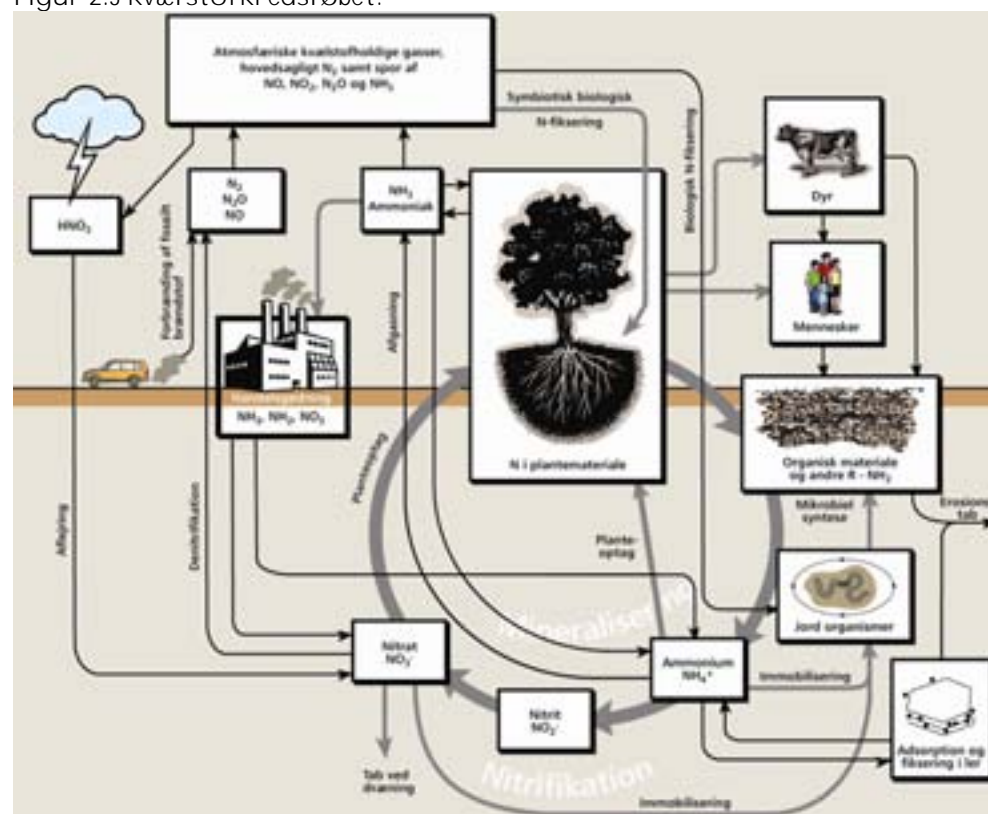
Jordens kulstofpulje omsættes med meget varierende hastighed. Omdannelsen resulterer oftest i CO_2 -udslip, men i våde jorder, hvor der er iltfattigt, dannes der i stedet primært CH_4 . Hastigheden hvormed kulstofholdige forbindelser nedbrydes afhænger generelt af, hvor kompleks forbindelsen er, samt temperatur og tilstedeværelsen af ilt og bakterier, der nedbryder organisk stof.

En lille del af kulstoffet indgår med tiden i uorganiske kemiske forbindelser såsom karbonater, f.eks. kalk. Nedbrydes kalk, f.eks. ved opvarmning, frigives CO_2 også herfra.

2.2.2 Kvælstofkredsløbet

Kvælstof er et vigtigt næringsstof for planter, og jordens indhold af plantetilgængeligt kvælstof (NO_3^- , NH_4^+ eller, ved hjælp af kvælstoffikserende rodbakterier, N_2) er derfor afgørende for at opnå en høj produktion. Landbruget tilfører derfor store mængder kvælstof til jorden, hvoraf en del omdannes til drivhusgassen lattergas (N_2O). I figur 2.3 ses en skematisk oversigt over kvælstofkredsløbet, hvori N_2O indgår.

Figur 2.3 Kvælstofkredsløbet.



Note: Pilenes bredde er proportionel med udslippets størrelse.

Landbrugets indflydelse på lattergasudslip hænger primært sammen med *nitrifikation* og *denitrifikation*. Disse betegnelser dækker over processen, hvor bakterier omdanner ammonium-ionen (NH_4^+) til nitrat (NO_3^-), samt processen hvormed nitrat gennemgår en kemisk reduktion til frit kvælstof

(N₂), lattergas (N₂O) eller NO. Som det ses af figur 2.3, hænger disse processer yderligere sammen med *mineralisering* og *immobilisering*, som henholdsvis dækker over processer, hvor uorganiske kvælstofforbindelser omdannes til organiske forbindelser og omvendt.

De kvælstofholdige aminoforbindelser i organisk materiale, både i planter og organisk gødning, mineraliseres hvormed der dannes ammonium-ioner (NH₄⁺), der kan optages af planter eller reduceres yderligere til nitrat (NO₃⁻). Hvis planter eller mikroorganismer ikke optager nitrat (*immobilisering*), vil det enten sive ned i jorden og udvaskes (med risiko for at forårsage miljøproblemer i nærliggende vandløb og søer i form af eutrofiering), eller der kan ske en *denitrifikation*, hvormed nitrat reduceres og omdannes til NO, lattergas eller frit kvælstof. Hvilken gas, der frigives afhænger af de lokale iltforhold, hvor gassen dannes. I et iltfattigt miljø vil der dannes lattergas, mens der nødvendigvis skal være ilt tilstede for at danne frit kvælstof.

Dannelsen af lattergas forudsætter således forekomst af nitrat samt et iltfattigt miljø. Disse forhold findes i jorden, primært i våde jorder, men også lokalt i lommer i tørre jorder, samt i gylle.

Fordampning af ammoniak (NH₃) er en indirekte kilde til lattergasudledning. Ifølge IPCC skønnes ca. 1 pct. af den gasformige ammoniak at blive omdannet til lattergas.

2.3 Definitioner

2.3.1 Virkemidler

Et virkemiddel er et redskab, myndigheder kan anvende til at fremme eller ændre en bestemt adfærd. Der skelnes mellem administrative, økonomiske og informative virkemidler.

Virkemidlets konkrete konstruktion – er det efterspørgsels- eller udbudspåvirkende – har endvidere betydning for de deraf afledte effekter og eventuelle samfundsøkonomiske forvriddningstab.

Virkemidlet kan også være mere eller mindre specifikt i sin regulering. Nogle virkemidler opsætter generelle mål uden at fastsætte midlerne til at nå målene, mens andre virkemidler er meget specifikke i deres udformning.

Eksempelvis er selve Kyoto Protokollen et overnationalt virkemiddel, der har opsat nogle mål og nogle generelle rammer for, hvorledes målene skal nås. EU's kvotehandelssystem (ETS) er et af de virkemidler, der efterfølgende er indført for at opfylde virkemidlets "Kyoto Protokollen" mål.

Kvotehandelsystemet er dog et virkemiddel, der ligeledes fastsætter nogle reduktionsmål og nogle generelle rammer, som de kvotebelagte virksomheder igen skal agere under. De kvotebelagte virksomheder agerer dog stadig som profitmaksimerende aktører inden for de nye rammer.

Den danske nationale handlingsplan (NAP) er også et produkt af virkemidlet "Kyoto Protokollen", hvor rammerne for opnåelse af målet er specificeret mere tydeligt.

IPPC og Nitratdirektivet er eksempler på overnationale virkemidler på EU-niveau og skal gennem national lovgivning implementeres i de enkelte medlemsstater.

2.3.2 CO₂-fortrængningseffekt ved energiproduktion

En vurdering af den effekt, en teknologi eller et virkemiddel har på det globale CO₂-udslip, vil være afhængig af de rammevilkår hvor under tiltaget bliver gennemført. Eksempelvis vil brugen af bioenergi til elproduktion have forskellig effekt, afhængig af hvilken energikilde, der fortrænges.

Derudover skal man være opmærksom på teknologiers og virkemidlers CO₂-effekt i forhold til det enkelte lands reduktionsforpligtelse, også kaldet *Kyotovinklen*. Eksempelvis vil der kun ske en delvis reduktion i den fossile elproduktion inden for Danmarks grænser ved en forøgelse af vedvarende energi. Det skyldes, at en forøgelse af den vedvarende energi delvist øger den samlede kapacitet uden at reducere den CO₂-udledende produktion tilsvarende.

Vurdering af teknologiers og virkemidlers CO₂-effekt inden for landbrugssektoren sker i nærværende rapport, så vidt det er muligt ud fra Kyoto-vinklen.

Det vil blive forudsat, at teknologier og virkemidler, hvis CO₂-effekt tilskrives energiproduktionen, vil have en fortrængningseffekt på ca. 50 pct. i Danmark, jf. *Energistyrelsens Ramses model*.

2.3.3 CO₂-omkostninger

CO₂-omkostningen for en given teknologi eller et givent virkemiddel er som oftest defineret som den samfundsøkonomiske omkostning ved at reducere drivhusgasser svarende til ét ton CO₂-ækvivalent.

Der kan dog også laves privatøkonomiske CO₂-omkostningsberegninger, hvilket især er relevant for de kvotebelagte virksomheders vurdering af forskellige teknologiers muligheder.

For at kunne vurdere og sammenligne forskellige CO₂-omkostningsberegninger er det vigtigt at analysere de forudsætninger og antagelser, der har været anvendt i beregningerne.

En CO₂-omkostningsberegning kan opdeles på følgende tre hovedkomponenter:

- De direkte CO₂-reducerende effekter.
- De indirekte/afledte positive såvel som negative effekter også kaldet sideeffekter.
- Nettoomkostningerne.

I nærværende rapport har det som tidligere nævnt ikke været muligt at gennemføre deciderede genberegninger af udenlandske undersøgelser af CO₂-omkostningsberegninger, da sådanne kun har været tilgængelige i meget begrænset omfang.

De forskellige CO₂-omkostningsberegningers forudsætninger og antagelser er dog i videst muligt omfang blevet vurderet. Det vil sige, at hvor

beregningernes forudsætninger og antagelser har afvejet betydeligt fra danske forhold og resultater, er forskellene forsøgt forklaret.

3 Nuværende teknologier og virkemidler i andre lande

3.1 INDLEDNING

Undersøgelsen har taget udgangspunkt i referencelandenes nationale kommunikationer samt andet materiale tilgængeligt på internettet eller via personlig kontakt til myndigheder *jf. referencer*.

Teknologierne med tilhørende virkemidler præsenteres sorteret efter animalsk produktion, planteavl, ændring i arealanvendelsen samt bioenergi.

3.2 ANIMALSK PRODUKTION

Den animalske produktion bidrager væsentligt til landbrugets udledning af drivhusgasser. Udledningen kommer fra dyrenes fordøjelsessystem og gylle.

Der er flere muligheder, som kan tages i anvendelse, for at mindske udledningen fra den animalske produktion.

- Først og fremmest kan antallet af dyr mindskes.
- En anden mulighed er at ændre fodersammensætningen.
- Endelig er der mulighed for at ændre måden hvorpå, gyllen håndteres.

Hver af disse muligheder gennemgås i det følgende

3.2.1 Reduceret husdyrproduktion

Drivhusgasudslippet fra den animalske produktion kan reduceres effektivt ved at reducere bestanden af drøvtyggere, såsom kvæg. Dette skyldes, at drøvtyggere generelt producerer mere metan end andre dyr på grund af deres særlige fordøjelsessystem. En reduktion i antal husdyr vil desuden medføre, at der produceres mindre husdyrgødning.

Referencelandene

I en række af referencelandene er husdyrbestanden faldet, hvilket har betydet en faldende udledning af drivhusgasser i de pågældende lande. Reduktionerne skyldes både den generelle konjunkturudvikling og konkrete virkemidler. Virkemidlernes indførelse har dog ikke været motiveret af et direkte ønske om faldende drivhusgasudledning, men andre miljøsyn. De forskellige virkemidler gennemgås nedenfor.

I Holland og Storbritannien er kvægbestanden mindsket gennem en årrække. Reduktionen er sket som led i beskyttelse af overgræssede arealer, og for at mindske erosionen. Således er reduktionen i drivhusgasudledningen en indirekte effekt af et ønske om at beskytte græsarealerne, og at forebygge udvaskning af kvælstof til nærmiljøet. (OECD 2002)

I New Zealand er al landbrugsstøtte til husdyrhold blevet reduceret fra 11 pct. i 1986-88 til 2 pct. i 2002-2004, hvilket sammen med den generelle

prisudvikling har medført, at antallet af får, geder, heste og svin er reduceret. Til gengæld er produktionen af kvæg steget betydeligt (Ministry for the Environment 2005). Reduktionen i landbrugsstøtten skyldes statslige reformer for at tilpasse landbruget til markedsvilkårene. (OECD 2005)

I Storbritannien er reduktionen i kvægproduktionen sket i forbindelse med implementeringen af Nitratdirektivet. Der ydes støtte til enhver landmand, der anvender "miljøvenlig praksis" i produktionen, herunder nedskæringer i besætningen. (Brewer 2005)

I Sverige er antallet af malkekvæg er faldet fra 576.000 dyr i 1990 til 419.000 i 2001. I Sverige forklares reduktionen i landets samlede kvægbestand med effektiviseringen af landbruget. Idet mælkeproduktionen og kødproduktionen pr. ko hidtil har været stigende, vil færre køer kunne opretholde et givent produktionsniveau i forhold til tidligere. Da køer i landskabet er en del af Sveriges miljøkvalitetsmål,³ vurderes det ikke ønskværdigt at reducere antallet af dyr yderligere, da mål opfyldelsen i Miljøkvalitetsmålet forudsætter græssende dyr i landbruget. (Jordbruksverket 2004)

Østrigs husdyrbestand er ligeledes reduceret med årene. Dette skyldes dog ikke regulering, men konjunkturudviklingen (Lampert 2005). Et ønske om en reduktion i drivhusgasudslippet har således ikke været motivationen.

EU-15

I EU-landene har CAP (Common Agricultural Policy) indflydelse på antallet af dyr, da CAP regulerer produktionen, salget og forarbejdningen af landbrugsvarer i EU. I EU15 har udviklingen i kvægproduktionen været faldende, hvilket har haft en positiv indvirkning på udledningen af metangas *jf. tabel 3.1*. Omvendt er svineproduktionen steget i forhold til referenceåret 1995 i tabel 3.1, hvilket har medført en negativ CO₂-effekt.

Tabel 3.1: udviklingen i kvæg og svinebestanden i EU15 landene

	1995	1997	1999	2001	2003
Kvæg	84.880.902	83.969.970	82.719.647	80.587.601	77.987.581
Svin	116.071.700	118.947.530	124.347.950	122.711.950	121.660.720

Kilde: Eurostat 2005.

Nogle EU lande har mindsket mælkekvoteerne for at begrænse mælkeproduktionen. Dette har medført et mindre husdyrhold, da køerne producerer flere liter mælk pr. ko end tidligere.

En CO₂-omkostningsberegning (net added value) viser, at prisen for at reducere et ton metan fra kvæg ligger mellem 357-476 kr. pr. ton CO₂-ækvivalenter, og er ca. 10 gange så høj for malkekvæg, som følge af den tabte fortjeneste. Beregningen har dog ikke inkluderet de positive effekter ved en mindre mængde gylle. CO₂-omkostningen falder med ca. 20 pct., hvis CO₂-effekten af mindre gylle medregnes. (Bates 2001)

Ved en delvis afkobling af EU's landbrugsstøtte skønnes udledning fra den animalske produktion i Danmark at falde som følge af et lavere antal dyr ifølge Økonomimodelgruppen et al., 2003. Oksekødsproduktionen forventes at falde med 15-25 pct. afhængig af en delvis eller fuld afvikling, og svineproduktionen forventes at stige med 2-3 pct. i Danmark. Samlet set

³ De konkrete retningslinier for hvad der skal til for at opnå naturkvalitetsmålet er beskrevet i "et rikt odlingslandskab" (dansk: Et rigt kulturlandskab).

forventes en delvis afkobling af landbrugsstøtten i Danmark at kunne medføre en reduktion på 0,23 millioner ton CO₂ pr. år i forpligtelsesperioden. (Økonomimodelgruppen et al. 2003)

3.2.2 Ændring i fodersammensætningen

Husdyrs udledning af metan har en direkte sammenhæng med mængden af konsumeret foder og fodersammensætningen. Metanudledningen afhænger desuden af, om dyrets produktionsmæssige formål er mælkeproduktion, kødproduktion, uldproduktion eller andet. Dette gælder især for drøvtyggere som kvæg og får. (OECD 2002)

Der findes en række muligheder for ændring i fodersammensætning, som kan have en effekt på drivhusgasudledningen:

- Forøgelse af andelen af kraftfoder i forhold til grovfoder vil ændre forgæringsmønstret og øge dannelsen af propionsyre⁴ og dermed mindske metanudledningen. En modelberegning har vist, at ændring af foderniveau og rationens sammensætning kan reducere metanproduktionen med 10-40 pct. Ved at øge andelen af kraftfoder med 1 kg om dagen og reducere mængden af grovfoder med 0,5 kg. om dagen kan dannelsen af metan mindskes med 6,2 pct. for malkekøer og 8,2 pct. for kødkvæg. Mælke og kødproduktionen forbliver konstant. (Bates 2001)
- Ved at øge mængden af fedt med især umættede fedtsyrer øges ligeledes dannelsen af propionsyre, der hæmmer metandannelsen. Fedt forgæres ikke i vommen og danner derfor ikke i sig selv metan. (Weisbjerg et al. 2005)
Undersøgelser har vist, at man ved at forøge foderets fedtindhold kan opnå reduktioner på 0,48 millioner ton CO₂-ækvivalenter ved inddragelse af 10 pct. af Danmarks ca. 600.000 malkekøer.
- Foderet kan også optimeres ved at findele foderet yderligere, således at overfladen øges, hvilket påvirker fordøjelsen positivt og reducerer udledningen af metan.
- I Sverige har man på forsøgsbasis erstattet andelen af grovfoder med et højt indhold af sammensatte kulhydrater til fordel for kraftfoder med et højt indhold af enkelte kulhydrater. Ved at erstatte 25 pct. af de sammensatte kulhydrater med enkle kulhydrater via ændret fodring kan metanudledningen mindskes med ca. 20 pct. (Jordbruksverket 2004)
- Ligesom fedt har stivelse en positiv indflydelse på metandannelsen. Øges tilførslen af stivelse i kvægfoderet med 25 pct., er det muligt at reducere metanproduktionen i vommen med op til 20 pct. Dette skyldes, at stivelse er letfordøjelig og sænker pH'en i vommen. Et højt indhold af stivelse i foderet kan dog hæmme den samlede generelle fordøjelse og medføre

⁴ Hos drøvtyggere medfører den mikrobielle forgæring i vommen en produktion af metan på grundlag af CO₂ og brint. Omfanget af metanproduktionen, er forbundet med forgæringsmønstret. Eddikesyre- og smørsyreforgæring resulterer i brintproduktion og understøtter dermed metanproduktion, mens Propionsyreforgæring resulterer i et brintforbrug og hæmmer metanproduktion. (Weisbjerg et al. 2005).

sygdom hos dyret. Reduktioner på henholdsvis 13,1 pct. og 7,8 pct. for malkekøer og andre kvæg er dog et realistisk estimat. (Bates 2001)

- Foder med lavt kvælstofindhold til svin kan reducere kvælstofudledningen. Ved en diæt med den perfekte kvælstofbalance har det i Canada vist sig, at kvælstofudslippet fra fordøjelsen kan reduceres med 50 pct. Hvis der til gengæld fjernes for mange kvælstofkomponenter fra foderet kan der opstå den modsatte effekt, idet svinenes helbred kan svækkes og have negativ effekt på fordøjelsen og udledningen af kvælstof. (OECD 2002)
- Det er også muligt at øge tørstofmængden i foderet således, at den flydende gyllemængde reduceres, og den faste fraktion øges. Dette vil mindske udledningen af ammoniak fra gyllelagre og mark, og dermed reducere den potentielle dannelse af lattergas.

Nogle fodringspraksiser anvendes af landmanden på eget initiativ, uden at der nødvendigvis gøres brug af virkemidler fra offentlig side, da en ændret fodringspraksis kan give økonomiske fordele i sig selv.

Referencelandene

I flere af referencelandene bliver der lavet undersøgelser og gennemført nye praksis med ændring i fodersammensætningen. Endvidere afhænger fodersammensætningen i referencelandene i høj grad af, om dyrene (specielt kvæg) har adgang til græsningsarealer, eller om dyrene holdes i stald. Dette hænger typisk sammen med den øvrige arealanvendelse.

Administrative og finansielle virkemidler til ændret fodringspraksis eksisterer efter foreliggende undersøgelser stort set ikke, da de fleste teknologier i denne kategori ligger i landmandens valg af foder, der ikke er reguleret.

Nye fodersammensætninger anvendes ofte på forsøgsbasis, og er således ikke udbredt i særlig høj grad.

I Canada har forsøg vist, at anvendelse af foder med lavt kvælstofindhold til svin kan reducere kvælstofudledningen. Det er dog afgørende, at den optimale balance mellem kvælstof i foderet og den mængde kvælstof, som dyret er i stand til at omsætte, etableres. Ved optimering af kvælstofmængden skal der samtidig medregnes den mængde, som dyret modtager fra andre komponenter i foderindtaget, hvilket kan gøre det kompliceret at finde balancen. Den modsatte effekt har dog også vist sig ved at fjerne for mange af de komponenter, der er gode for fordøjelsen. (OECD 2002)

Der er ikke indført regulering eller andre virkemidler i Canada på baggrund af undersøgelsesresultaterne. Der arbejdes dog med generel optimering af anvendelse af foder, der bliver effektivt fordøjet, hvormed gyllemængden reduceres og derved har en reducerende CO₂-effekt.

Som i Danmark har man i Canada og Storbritannien forsøgt at øge fedtprocenten i foderet. Det er ikke en praksis, der er udbredt for at mindske udledningen af drivhusgasser, men kan have andre årsager som f.eks. at variere fedtindholdet i mælkeproduktionen. Som tidligere omtalt har det dog en positiv indvirkning på metandannelsen i vommen, således af udslippet mindskes.

Ændring i fodersammensætningen for at reducere metanudslip fra kvæg har været diskuteret i Sverige. Her vurderes denne metode dog ikke som brugbar af flere årsager. Forholdet mellem grovfoder og kraftfoder er allerede optimeret, og en yderligere optimering vil medføre øget risiko for forstyrrelse i fordøjelsestragten, det vil sige; spiseforstyrrelser, gasophobning etc. Da man ikke vil gå på kompromis med dyrevelfærden, ses en ændring i fodersammensætningen derfor ikke som en brugbar metode til at reducere metanudslippet fra kvægbestanden.

Desuden vurderes det, at ændringer i fodersammensætningen ligeledes kan få konsekvenser for arealanvendelsen, idet græsmarker forventes at blive overflødige, og i stedet blive anvendt til korndyrkning. Dette vil typisk medføre øget anvendelse af kemiske bekæmpelsesmidler og kan således få en negativ indflydelse på andre miljøforhold såsom vandmiljø og biodiversitet (Jordbruksverket 2004). Ved at ændre fodringspraksisen på denne måde er det nødvendigt at holde dyrene i stalden for at kunne kontrollere foderindtaget.

EU 15

IPPC direktivet fra 1996 regulerer forurening fra industrien. Landbruget er omfattet af denne lovgivning. Direktivet udstikker krav om, hvorledes produktionen skal indrettes, således at forureningen begrænses. Til at opnå dette mål stilles der krav om anvendelse af den bedst tilgængelige teknik (BAT) i produktionen. Direktivets udgangspunkt er, at alle landbrug med over 250 dyreenheder⁵ skal opnå IPPC godkendelse. Der består særlige regler for fjerkræfarme, landbrug med produktion af slagtesvin, samt dambrug.

Vilkårene for drift, herunder grænseværdier for udslip til luft og vand fastsættes i individuelle godkendelser, der meddeles til driftslederen på det enkelte (husdyr)brug. I tæt sammenhæng med IPPC godkendelsens vilkår indgår nitratdirektivets krav til håndtering af husdyrgødning. Der fastsættes ikke vilkår for udslip drivhusgasser.

Udslippet af drivhusgasser fra landbruget reguleres således, ikke direkte i en IPPC godkendelse, men kravet om anvendelse af BAT vil ofte føre til f.eks. en reduktion i brændstofanvendelsen, ligesom nitratdirektivets krav om gødningsudbringelse vil påvirke landbrugets udslip af drivhusgasser.

På større svine- og fjerkræfarme skal der anvendes den bedst anvendelige fodringspraksis for at reducere udledningerne fra dyrenes fordøjelse. (Brewer 2005) Direktivet har indirekte indflydelse på flere andre udledninger fra landbruget bl.a. i gyllehåndteringen som bliver gennemgået i næste afsnit.

3.2.3 Gyllehåndtering

Der er stor forskel på drivhusgasemissionerne fra gylle afhængig af, hvordan gyllen håndteres i stald, opbevares og udbringes på marken.

Klimaet har også betydning for drivhusgasudslippet, især fra metan. I varmt vejr er udslippet op til seks gange større end i koldt vejr. Ligeledes har gyllens

⁵ Anlæg til husdyrproduktion for mere end 250 dyreenheder, dog 270 dyreenheder hvis mindst 90 pct. af dyreenhederne stammer fra søer med tilhørende smågrise til 30 kg. 100 dyreenheder i slagtekyllinger. 230 dyreenheder i æglæggende høns. 210 dyreenheder i slagtesvin (over 30 kg).

konsistens (flydende, fast) betydning for drivhusgasemissionen. De flydende gyllehåndteringssystemer forårsager størst udslip. Ved opbevaring i gylletanke opstår der iltfrie/iltfattige forhold i gyllen, som medfører udslip af metan og lattergas. Udslip af både metan og lattergas fra gyllehåndtering kan reduceres ved at anvende gylle til produktion af biogas, *jf. afsnit 3.5.3*.

Ammoniakfordampningen kan reduceres ved, at gyllen hurtigere udsluses fra stalden, og der etableres fast eller flydende overdækning på gylletanken.

Lagre med fast husdyrgødning bidrager også væsentligt til metan og lattergasemissionen. Ved at overdække lagrene eller afbrænde fraktionen, i forbindelse med varmeproduktion, kan der opnås betydelige reduktioner. (Hansen et al. 2004).

Gylle- og metan produktionen for henholdsvis kvæg og svin ses i tabel 3.2. Målingerne er foretaget i lande med koldt klima som i Nordeuropa med en gennemsnitstemperatur under 15° C.

Tabel 3.2: Gylle og Metanproduktion for kvæg og svin

	Malkekøveg	Andet kvæg	Svin
Gylleproduktion pr. dyr i ton pr. år.	17,3	8,7	1,7
Metanproduktion pr. dyr i ton pr. år.	0,029	0,011	0,003* 0,005**

Kilde: Bates 2001

*Ved mindre end én måneds opbevaring i gylletank.

**Ved over én måneds opbevaring i gylletank.

Referencelandene

I flere af referencelandene bliver anvendt en række teknologier og virkemidler, som kan medvirke til at reducere udledningen af drivhusgasser fra gyllehåndteringen. Disse vil blive gennemgået i dette afsnit. Der er flere eksempler på at implementering af Nitratdirektivet i den nationale lovgivning, har påvirket landenes drivhusgasbalance.

Større svinefarme er i dag reguleret under EU's IPPC direktiv, og i Storbritannien vil de fleste mindre svinefarme også blive underlagt retningslinierne i IPPC-direktivet i 2007. Svinefarmene skal anvende den bedst anvendelige teknik til at reducere udledningerne fra bl.a. gyllehåndteringen. (Brewer 2005)

I Storbritannien er der udarbejdet vejledninger til landmændene om implementering af BAT inden for gyllehåndtering, men også inden for andre områder i landbruget. I vejledningerne er der opstillet nogle "gyldne regler" i gyllehåndteringen, som bør følges af landmændene. Reglerne omhandler opbevaring af gylle, undersøgelse af jordens gødningsbehov, udbringning af gylle, kompostering af gylle, og udbringning af uorganisk gødning, *jf. afsnit 3.3.1*.

I Storbritannien anvendes også metoder, hvor gyllen sikres en kompostering i gylletanke. Denne praksis, som er meget dyr, bliver dog mest anvendt for at reducere lugtgener i forbindelse med opbevaringen. IPPC direktivet forpligter landmændene til at overdække nye gylletanke og med tiden også eksisterende gylletanke. (Brewer 2005)

I Sverige er der i miljølovgivningen opsat retningslinier for gyllehåndteringen. Gylletanke skal således være overdækkede for at mindske ammoniakudslippet. Svenske studier har vist, at overdækning af gyllelagre kan mindske ammoniakfordampningen med 70-85 pct. Erfaringer viser dog, at en semipermeabel overdækning, som anvendes til at tilbageholde ammoniak, ikke er tilstrækkelig for at forhindre metanudslip, da metan er en mere "letflygtig" gas. Der kræves derfor en helt tæt overdækning for at hindre metanudslip. Da ammoniakfordampningen er størst fra flydende gødning, er lovkravene mest restriktive for denne type gødning. Flydende gødning må kun påfyldes under dække. Der er ligeledes påbud om at flydende gødning skal opbevares med flydedække eller andet, f.eks. halm eller leca-kugler, som effektivt reducerer ammoniakfordampningen. Ved tildækning med semigennemtrængende materialer såsom halm og leca-kugler under lagringsperioden, kan metanudslippet dog reduceres med 30-40 pct. (Jordbruket 2004)

I forbindelse med Sveriges implementering af Nitratdirektivet er der udpeget følsomme områder, hvor der i den nationale lovgivning er skærpede regler for gylleopbevaring og udbringning, *jf. afsnit 3.3.1*. Landbrug i de følsomme områder på over 10 dyreenheder skal have opbevaringsfaciliteter til gylle, der modsvarer en gødningsproduktion på mellem 8 og 10 måneder afhængig af dyrearten. (Sveriges Riksdag 1998)

I øvrige dele af landet skal landbrug med mere end 100 dyreenheder have plads til opbevaring af husdyrgødning som mindst modsvarer en gylleproduktion på mellem 8 og 10 måneder afhængig af dyrearten. På landbrug med mere end 10 dyreenheder skal der være plads til opbevaring af gylle mellem 6 og 10 måneder afhængig af dyrearten.

EU-15

EU's Nitratdirektiv spiller en afgørende rolle for implementering af initiativer til begrænsning af udledningen fra gylle. Direktivet stiller nogle helt specifikke krav til gyllehåndteringen og hvor stor en mængde nitrat, der må bringes ud på marken.

Direktivet forpligter medlemsstaterne til at udpege nitratsårbare zoner af alle kendte jordområder som bidrager til forureningen. Medlemslandene skal udarbejde handlingsplaner om foranstaltninger til at begrænse anvendelsen af enhver form for kvælstofholdig kunstgødning på landbrugsjord, ligesom planen især bør indeholde specifikke begrænsninger for anvendelse af husdyrgødning.

IPPC direktivet har ligeledes stor indflydelse på EU landenes nationale lovgivninger, der ligesom Nitratdirektivet har udlagt nogle specifikke retningslinier for medlemsstaternes miljøpolitik.

3.2.4 Sammenfatning

Inden for den animalske produktion kan der overordnet gøres brug af tre tiltag for at mindske udledningen. Næmlig reduktion af besætningerne, ændring af foderet eller ændringer i forhold til gyllehåndteringen.

Ingen af referencelandene har dog indført virkemidler, hvis primære formål har været at reducere drivhusgasudledningen. Det har derfor heller ikke været muligt at finde analyser, der har vurderet CO₂-omkostningen af de forskellige landes virkemidler.

Der er dog i referencelandene indført en række virkemidler, som indirekte har påvirket drivhusgasudledningen fra den animalske produktion.

En positiv indirekte effekt af effektivisering af produktionen i referencelandene har således været en faldende drivhusgasudledning. Regulering af mælkekvoterne påvirker bestanden af malkekvæg og derved også drivhusgasudledningen. Derudover har de økonomiske konjunkturer påvirket antallet af husdyr i negativ retning.

Ved ændring i fodersammensætningen er det i høj grad landmandens eget incitament og ikke offentlige virkemidler, der er den afgørende faktor. Incitamenterne afhænger af hvilken form for produktion, der finder sted, om det er økologisk produktion, mælke- eller kødproduktion mv., idet fodersammensætningen har indflydelse på produktionens output.

Årsagen til ændringer i drivhusgasudslip fra den animalske produktion, synes derfor kun i begrænset omfang at være drevet af offentlig regulering. Da fodersammensætningen har stor betydning for metanudledningen, kan der potentielt tages virkemidler i brug for at regulere fodersammensætningen i landbruget med henblik på at nedbringe fremtidige metanudslip.

Ved at øge andelen af kraftfoder til fordel for grovfoder er der et potentiale for at nedbringe metanudledningen, idet forgærmønsteret i vommen ændres, dette gælder især for drøvtyggere. Der kan dog være uheldige helbredsmæssige effekter ved at ændre på kvægs foder, som skal tages med i betragtning. Ved at øge mængden af kvælstof i foderet til svin, har canadiske undersøgelser vist, at der kan være et godt potentiale for at reducere dyrenes kvælstofudslip.

Ved at øge fedt- og stivelsesindholdet i specielt kvægfoder kan der opnås betydelige reduktioner.

Gyllehåndteringen er den tredje faktor, som har indflydelse på udledningen af drivhusgasser. For at mindske udslippet af drivhusgasser kan der enten ændres på opbevaringen af gylle, eller gyllen kan anvendes til f.eks. biogas, *jf. afsnit 3.5.3.*

Det er i høj grad EU's Nitratdirektiv, der har været det overordnede virkemiddel i EU referencelandene. Medlemslandene har implementeret direktivet i den nationale lovgivning på forskellige måder, eksempelvis ved at udpege nitratsårbare zoner og fastsætte regler for gylleopbevaringen.

I Sverige påbyder lovgivningen landmændene at tildække deres gylletanke med et fast flydelag, som kan begrænse ammoniak- og metanudledningen med henholdsvis 70-85 pct. og 30-40 pct.

3.3 PLANTEAVL

Landbrugets planteavl påvirker kulstof- og kvælstofkredsløbet, og derved også emissionen af såvel kuldioxid (CO₂), lattergas (N₂O) og metan (CH₄). Det er derfor relevant at redegøre for de virkemidler referencelandene anvender til at regulere brugen af teknologier, som påvirker drivhusgasudslippet fra planteavl. Disse teknologier kan opdeles i

- Tilpasset gødskning

- Dyrkning af kvælstoffikserende afgrøder
- Grøn gødsning
- Anvendelse af afgrøderester til jordbehandling
- Pløjefri dyrkning
- Kalkning

Det vurderes, at der på nuværende tidspunkt ikke er indført virkemidler, hvis direkte formål har været at reducere drivhusgasudslippet, dette er rettere en afledt sideeffekt fra de nævnte teknologier.

3.3.1 Tilpasset gødsning

Gennem tilpasning af kvælstofholdig gødning til planternes behov, kan udslip af overskydende kvælstofholdige forbindelser, såsom lattergas og nitrat, reduceres. Gødningsmængden kan tilpasses ved

- så præcist som muligt at sprede den mængde gødning, der opfylder planternes behov for næring,
- ved at sprede gødningen på det "rigtige" tidspunkt og
- gennem præciseret gødsning så nær ved planteroden som muligt.

Dermed vil planten udnytte en maksimal andel af kvælstoffet i den tilførte gødning, hvilket reducerer den potentielle dannelse af lattergas.

I en del lande benytter man desuden gødningstyper med nitrifikationshæmmere, kontrolleret næringsfrigivelse og tidsmæssig forskudt gødsning til at kontrollere kvælstoffrigivelsen, så afgrøden kan optage den størst mulige andel af næringsstoffet. Dermed reduceres det potentielle lattergasudslip. (OECD 2002)

Nitrifikationshæmmende stoffer kan reducere N_2O udledningen idet dannelsen af nitrat forsinkes⁶. Forsøg fra flere lande har vist, at anvendelse af nitrifikationshæmmende stoffer kan reducere N_2O udledningen med op til 50 pct. (Ministry of Agriculture and Forestry 2001).

Husdyrgødning består af organisk materiale i modsætning til handelsgødning. Anvendelse af husdyrgødning kan derfor medvirke til at øge jordens organiske indhold. Dele af det organiske stof skal dog nedbrydes før næringsstofferne i gødningen er plantetilgængelige. Næringsfrigivelsen er derfor mere usikker og sværere at tilpasse planternes behov end i handelsgødning, hvilket kan resultere i større udslip. Undersøgelser af økologiske jordbrug, hvor al gødsning er baseret på husdyrgødning viser, at netto drivhusgasudslippet er lavere pr. hektar på økologisk dyrkede jorder. Opgøres effekten i stedet pr. produceret enhed, er netto drivhusgasudslippet dog større end i konventionelt landbrug, da produktionen er lavere i økologiske brug end i konventionelle jordbrug. (Olesen 2005)

Referencelandene

Tilpasning af gødningsmængden til planternes behov er udbredt praksis i de fleste referencelande. I Canada, Frankrig, Holland, Storbritannien, Sverige og Østrig bestemmes den rette mængde gødning normalt ud fra jordprøver.

⁶ Gødning tilsættes nitrifikationhæmmende stoffer for at undgå, at nitrat frigives i jorden i større mængde end plantens behov, hvorved udsivning eller omdannelse til frit kvælstof og lattergas risikeres.

Derudover ændres praksis løbende via information til landmændene om spredning af gødning.

Der udvikles rådgivningsmateriale i Storbritannien, ligesom der gives støtte til "road shows" og demonstrationsprojekter for at opmuntre landmændene til at målrette gødskningen bedre til planternes behov.

I Sverige har man udviklet et dataprogram (STANK) til bedst muligt at beregne gødningsplaner til de enkelte landbrug for derigennem at opnå optimal vækst af afgrøder samtidig med minimal risiko for udvaskning og afgasning af kvælstofholdige forbindelser, heriblandt lattergas (Jordbruksverket 2004). Det egentlige formål med anvendelsen af STANK er at reducere nitratudvaskningen og ammoniakfordampning gennem bedre kvælstofhåndtering. En positiv sideeffekt ved dette tiltag er at lattergasudslippet reduceres. Rådgivningscentre anbefaler den beregnede plan, men der er ingen krav om, at den skal efterleves.

I Frankrig kan landmænd få mellem 30 og 50 pct. støtte til gyllesystemer, der forbedrer udbringningen af gylle. I Storbritannien findes en lignende ordning med op til 25 pct. økonomisk støtte. (OECD 2002)

I forbindelse med implementeringen af Nitratdirektivet er der i Storbritannien udpeget 68.000 hektar landbrugsjord. Dette svarer til 55 pct. af landbrugsarealet, udpeget som nitrat-sårbare zoner, der skal beskyttes mod handels- og husdyrgødning. Dette sker ud fra direktivets principper om godt landmandsskab⁷.

Programmet "Environmental Stewardship" er et nyt landbrugsmiljøprogram fra 2005, som økonomisk støtter landmænd i Storbritannien, som anvender effektive miljøløsninger. Formålet er at højne biodiversiteten, forbedre landskabet, beskytte naturressourcer og forbedre offentlig adgang til landskabet. Miljøprogrammet er opdelt i to: "Entry Level Stewardship" (ELS) og "Organic Entry Level Stewardship" (OELS).

I ELS kan landmænd få 330 kr. (30 £) i støtte pr. hektar, der lever op til programmets standarder. I programmet er der opstillet 50 forskellige tiltag, som hver giver et vist antal point. Nogle af de vigtigste tiltag er anlæggelse af bufferzoner mellem markerne, beplantning af læhegn, anlæggelse af permanente græsmarker og dyrkningspraksisser til beskyttelse af jorder med høj erosionsrisiko. Når der er lavet tiltag for sammenlagt 30 point pr. hektar, kan støtten udbetales. Programmet administreres af en offentlig instans, som endvidere yder hjælp til den praktiske gennemførelse. Aftalerne indgås over 5 år. (Department for Environment, Food and Rural Affairs 2005).

⁷ 1) Undlade at udbringe gødning i perioder hvor tilførsel af gødning til jorden er uhensigtsmæssig, 2) Undlade at gøde på stejle skråninger, 3) Undlade at tilføre gødning til vandmættede, oversvømmede, frosne og snedækkede jorde, 4) Opstille betingelser for gødningstilførsel nær vandløb, 5) Dimensionere kapaciteten af opbevaringsanlæg for husdyrgødning, således at vandforurening som følge af nedsvivning af husdyrgylle og ensilage undgås, 6) Tilpasse udbringningsmetode, tidspunkt og hyppighed således at den udbragte kvælstof udnyttes bedst muligt, 7) Planlægge jordens anvendelse, 8) Opretholde et mindstemål af plantedække i nedbørsrige perioder, 9) Udarbejde gødningsplaner på bedriftsniveau, 10) Forhindre vandforurening, som følge af kunstvanding. (EF 1991)

I OELS kan landmænd opnå et tilskud på 660 kr. (60 £) pr. hektar økologisk dyrket land, der er optaget i programmet. Til gengæld skal der opnås 60 point for at få udbetalt tilskuddet. Der udstedes dog automatisk 30 points for allerede godkendt økologisk jord. For at omlægge konventionelt landbrug til økologisk kan der opnås 1.925 kr. (175 £) pr. hektar pr. år over en to-årig omlægningsperiode. (Department for Environment, Food and Rural Affairs 2005).

For at opfylde IPPC direktivets krav om brug af BAT er det en udbredt praksis i Storbritannien at nedfælde gyllen i jorden efter spredningen.

I Sverige er der indført forskellige påbud om nedpløjning af gødning. Der er udpeget følsomme områder af landet hvor pløjning skal ske inden for et bestemt antal timer, afhængig af tidspunktet på året, typisk fra oktober til februar. (Wahlander 2005).

I Sverige gives økonomisk støtte til landmænd, der fremmer anvendelse af systemer, der begrænser nitratudvaskningen.

I Østrig er over 20 pct. af landbrugsarealet beskyttet mod anvendelse af nitrat, og der er begrænsninger for udbringningen af handelsgødning og gylle på 175 kg N pr. hektar landbrugsjord og 210 kg N pr. hektar på græsningsarealer.

Østrig støtter desuden ekstensive driftsformer herunder landbrug som ikke anvender handelsgødning på markerne. Dette gøres som led i en strategi om at fremme en ekstensivering af landets planteavl. Ordningen er etableret som følge af Østrigs tiltrædelse til EU under EU Miljøprogram for at sikre landbrugets konkurrencedygtighed. (Posch 2005)

EU

Nitratdirektivet i EU forpligter alle medlemslande til at regulere landbrugets nitrathåndtering. Dette gøres gennem Nitratdirektivets 10-punkts kodeks for godt landmandskab, *jf. note 6*. Flere punkter herunder omhandler restriktioner for hvor og hvornår, der må gødes. Dette kaldes strategisk gødskning. Tiltag, der indgår i kodekset for godt landmandskab kan forventes at være efterfulgt i alle EU-lande.

Danmark

Som reaktion på Nitratdirektivet er der også i Danmark indført restriktioner for hvor og hvornår, der må gødes. Dette gøres for at reducere nitratudslip til nærliggende vandmiljøer. Der hersker usikkerhed omkring effekten af disse tiltag på lattergasudslip.

3.3.2 Dyrkning af kvælstoffikserende afgrøder

Dyrkning af kvælstoffikserende planter, eksempelvis kløver eller bønner, overflødiggor tilførsel af kvælstofholdig gødning. Dyrkes de kvælstofreducerende planter sammen med andre afgrøder, eksempelvis græs sammen med kløver, nedsættes behovet for den tilførte gødningsmængde. Dermed reduceres det potentielle lattergasudslip forbundet med gødsugning.

Afgrøder indeholder varierende andele af kvælstof. Kvælstoffikserende afgrøder (f.eks. ærter, bønner og kløver) består af ca. 0,03 kg N/kg tør biomasse, hvilket er omtrent dobbelt så meget som ikke-kvælstof fikserende afgrøder. Det vurderes, at gennemsnitligt 65 pct. af afgrødens biomasse efterlades i jorden. Baseret på disse estimater fremgår det, at der bindes 19,5 g

N/kg tør biomasse. I forbindelse med nedbrydningen af disse planter, hvad enten de anvendes til grøn gødsning, *jf. afsnit 3.3.3*, eller rødderne fra døde planter omsættes, vil der potentielt kunne dannes større mængder lattergas end fra almindelige planter. (OECD 2002)

Der hersker stor usikkerhed om hvor meget lattergasudslip, der kan reduceres ved plantning af kvælstoffikserende afgrøder. Det kræver yderligere forskning i frigivelse af lattergas under omdannelsen af de kvælstoffikserende planter, og den potentielt fortrængte mængde lattergas, som følge af reduceret gødsning.

Referencelandene

Både i Canada, Frankrig, New Zealand, Storbritannien og Østrig opfordres der til i højere grad at plante kvælstoffikserende afgrøder. Opfordringen i disse lande indgår typisk som en del af programmer for at øge arealet med økologisk jordbrug, hvor handelsgødning erstattes af husdyrgødning og kvælstoffikserende planter. For de europæiske landes vedkommende er det en del af EU's "Organic Farming Regulation".

I Storbritannien anvendes endvidere bioteknologi til at optimere afgrøders brug af kvælstof, herved er man eksempelvis kommet frem til en ny variation af rød kløver, som fikserer mere kvælstof end tidligere anvendte røde kløvere. Denne art dyrkes på konventionelt dyrkede græsmarker.

3.3.3 Grøn gødsning

Ved at plante flere afgrøder samtidig på et markareal kan det samlede kulstof- og kvælstofoptag forhøjes og således reduceres netto drivhusgasudslippet. Dette forbedres yderligere, hvis den ene afgrøde pløjes ned i jorden som såkaldt "grøn gødning". I stedet for at pløje den ene afgrøde ned kan man pløje halm eller slam ned i jorden. Det forventes, at kulstofpuljen i jorden øges dermed. Modsat vil den øgede planteproduktion typisk kræve øget gødsning, og dermed risiko for øget lattergasudslip. Der er derfor endnu usikkerhed forbundet med den egentlige effekt grøn gødsning (Jordbruksverket 2004).

Referencelandene

Frankrig og Østrig er blandt de lande, der gør brug af grøn gødsning som et positivt bidrag til drivhusgasbalancen fra landbrugssektoren ved f.eks. at have plantedække mellem vinrækkerne.

Det østrigske miljøprogram inden for landbrug (ÖPUL) promoverer en række dyrkningsmetoder over for landbruget. Blandt disse er afgrøderotationer, herunder dyrkning af salgsafgrøder eller afgrøder, der omdannes til grøn gødning, i løbet af efteråret og vinteren for at undgå bare marker. Formålet med denne kampagne er primært at stabilisere eller forbedre kvaliteten af overfladevand og grundvand gennem reduceret nitratudvaskning. Dette medfører ligeledes reduceret lattergasudslip, som en sideeffekt.

Danmark

I Danmark har markafbrænding (se afsnit 3.3.4) været forbudt i en årrække, hvorfor der finder en del nedpløjning af halm sted. Dette har bidraget med øget kulstofindhold i jorden, afhængigt af mængderne, der er nedpløjet. Ved samtidig at dyrke efterafgrøder og sprede gylle på jorden øges kulstof puljen yderligere. En dansk undersøgelse har fundet, at nedmuldning af 4,8 og 12 ton halm pr. hektar resulterede i, at jordens kulstofindhold steg med henholdsvis 12, 21 og 30 pct. (Christensen 2005)

3.3.4 Anvendelse af afgrøderester til jordbehandling

Efterlades afgrøderester som dækning samt gødning på den høstede landbrugsjord øges jordens kulstofindhold med omtrent 10 pct. Denne andel varierer dog afhængig af klimatiske forhold, gødsning m.m. Endvidere kan jordens kulstofindhold øges med op til 20 pct. ved regelmæssig spredning af organisk gødning. (OECD 2002)

Til gengæld kan en for stor tilførsel af kulstofholdigt materiale til jorden have en negativ virkning, da dette vil skabe underskud af kvælstof i jorden. Det skyldes, at mikrober forbruger kvælstof, når de nedbryder biomassen. Afgrøderne har ligeledes brug for kvælstof. For at sikre afgrødernes vækst kan det derfor blive nødvendigt at tilføre forholdsvist mere kvælstofholdigt gødning til marken, hvilket muliggør lattergasudslip. Tidspunktet for indarbejdelsen af det organiske materiale i jorden er derfor væsentlig for at undgå kvælstofmangel i afgrødernes vækstsæson.

Alternativt kan afgrøderester afbrændes på marken. Der frigives CO_2 og en mindre andel N_2O ved afbrænding af stubmarker og andre afgrøderester. Drivhusgasserne frigives både fra afbrænding af vegetationen og den organiske pulje i jordens øverste lag. Udslippets størrelse varierer med afgrøden, eksempelvis er andelen af lattergasudslip større fra kvælstoffikserende planter, end de der ikke fikserer kvælstof. Det er fundet, at markafbrænding reducerer en stor del af jordens organiske materiale. Desuden er det vist, at den største reduktion i jordens organiske materiale, som følge af markafbrænding, sker, hvor der praktiseres et konventionelt landbrug. (OECD 2002)

Referencelandene

I Canada og Storbritannien opfordres der til at anvende afgrøderester som dækning og/eller gødning. Flere lande dækker også jorden som forebyggelse mod erosion fra vind eller vand. Andre steder opfordres man til om efteråret at inkorporere materiale med et højt C/N-forhold i jorden. Mikrober vil derefter anvende jordens overskydende kvælstof til at nedbryde materialet. Dermed reduceres kvælstofudslippet, primært i form af nitrat men også som lattergas, udenfor vækstsæsonen.

Omvendt anbefaler eksempelvis Holland at opsamle planteresterne og anvende dem til biobrændsler. Dermed reduceres CO_2 -fiksering i marken. Anvendelse af biobrændsel kan derimod medføre en reduktion af CO_2 -udledningen fra energisektoren.

I Holland, Storbritannien og Østrig er der forbud mod afbrænding af afgrøderester. I Sverige derimod er det tilladt i begrænset omfang. Disse tiltag er hovedsageligt sket for at afhjælpe andre miljøpåvirkninger, primært den lokale luftkvalitet. (OECD 2002)

I Østrig ydes økonomisk støtte til landmænd, som efterlader afgrøderester på marken. Denne støtteordning indgår som en del af programmet for at ekstensivere landbruget i Østrig. (Posch 2005)

3.3.5 Pløjefri dyrkning

Jordbearbejdningen påvirker nedbrydningen af jordens organiske materiale. Man kan undlade at pløje marken og i stedet så direkte oven i resterne af den tidligere afgrøde. Desuden kan jorden forberedes til dyrkning gennem

afgrøderotation og herbicider i stedet for pløjning. Ved nedsat eller ingen pløjning reduceres aktiviteten blandt de bakterier, som omdanner det organiske materiale. Dermed reduceres CO_2 -udslippet fra landbrugsjorderne. Det skønnes fra forskellige undersøgelser, at ingen eller reduceret jordbearbejdning øger kulstofindholdet i jorden med mellem 5 og 10 pct. (OECD 2002). Desuden reduceres CO_2 -udslip fra det brændstof, der anvendes ved selve pløjningen.

Reduceret jordbearbejdning har den største effekt på jorder med et højt organisk indhold, desuden varierer effekten en del afhængig af klima, afgrøder og dyrkningsmetoder.

Referencelandene

Med tiden er jordbearbejdning reduceret i både Canada og Spanien. Dette skyldes forbedrede maskiner, bedre brug af afgrøderester og mere effektive herbicider, som anbefales at doseres i mindre doser.

Danmark

Danske undersøgelser er præget af store usikkerheder omkring den egentlige effekt på kulstoflagring og lattergasudslip ved pløjefri dyrkning (Olesen et al. 2005).

Interessen for pløjefri dyrkning har været stigende i Danmark i de senere år, da denne praksis reducerer arbejds- og maskinomkostninger. Traditionelt har pløjning været set som nødvendig jordbearbejdning for at sikre et godt udbytte. Undersøgelser har dog vist en meget lille ændring i gennemsnitsudbyttet ved pløjefri dyrkning. Pløjefri dyrkning skønnes at kunne praktiseres på yderligere 300.000 ha i Danmark (Olesen et al. 2005).

3.3.6 Kalkning

Kalkning anvendes på sure jorder for at forbedre planteproduktionen. Den øgede planteproduktion binder kulstof i jord og planter, hvorved CO_2 -udledningen mindskes. Jordens struktur kan ligeledes forbedres, som følge af kalkningen, og kan dermed nedsætte udslippet af lattergas (N_2O). Til gengæld frigives der CO_2 , når kalk (CaCO_3) omdannes kemisk ved kontakt med den sure jord.

Der er ikke noget klart billede af, hvorvidt kalkning samlet set bidrager positivt eller negativt til drivhusgasbalancen (Jordbruksverket 2004). Dette område vil således kræve videre forskning for at kunne indgå i landes drivhusgasberegning.

Hidtil er der ud fra IPCC's guidelines regnet med at alt tilført karbonat omdannes til CO_2 før eller siden. Denne beregningsmetode ændres dog fra næste forpligtelsesperiode, idet man har fundet, at i lande med meget nedbør, som eksempelvis Danmark, vil en del af karbonatet (CO_3^{2-}) udvaskes, og dermed ikke påvirke drivhusgasbalancen fra jordbrug.

3.3.7 Sammenfatning

Teknologier til at reducere drivhusgasudslip i forbindelse med planteavl kan groft opdeles i initiativer inden for kvælstofhåndtering, afgrødehåndtering, jordbearbejdning og kalkning. Påvirkningen af drivhusgasbalancen er typisk enten relateret til kvælstofgødskning tilpasset planternes behov, hvorved der opnås en reduktion i lattergasudslippet eller en øget kulstofbinding i jorden

eller planterne. De beskrevne teknologier er alle kendte i dansk landbrug, men der er mulighed for at fremme anvendelsen af dem i Danmark.

Beregning af tiltagenes effekt på kulstofbindingen i jord vanskeliggøres af, at ophobningen af kulstof i jord varierer med mange faktorer, og derfor er meget forskellig lokalt. Desuden vil en blivende ændring i kulstofpuljen først kunne vurderes efter flere årtier, hvilket kræver at dyrkningspraksis skal være uændret i denne periode for at få overbevisende målingsresultater.

Det er ligeledes vanskeligt at kvantificere lattergasudslip fra jorden, da det i høj grad afhænger af lokale forhold som temperatur, jordens vandindhold og kvælstofindhold. Disse faktorer har en stor rummelig variation.

Ingen lande har opmuntret til anvendelse af teknologierne af hensyn til drivhusgasbalancen. Referencelandene er derimod opmærksomme på, at de kan forårsage en effekt herpå. Mange tiltag praktiseres med det formål at reducere nitratudslippet fra planteavl eller som kompensation for brug af handelsgødning i økologiske brug, herunder tiltag til reduktion af kvælstofudvaskning, øget brug af kvælstoffikserende afgrøder samt grøn gødskning. Det vurderes, at EU-landenes initiativer hovedsageligt er gennemført i medfør af Nitratdirektivet, og således at direktivet overholdes, men uden at der er introduceret yderligere tiltag for at reducere drivhusgasudledningen. Regulering af disse tiltag er sket gennem rådgivning og forbud.

Andre teknologier anvendes for at optimere arbejdsgangen for eksempel i forbindelse med arbejdsomkostninger, udbytteafkast etc. Dette er tilfældet for øget brug af kvælstoffikserende afgrøder, pløjefri dyrkning og kalkning. Da disse teknologier kan være en umiddelbar økonomisk fordel for landbruget har ibrugtagningen af teknologierne ikke altid været motiveret gennem offentlig regulering. Landbrugsrådgiveres opfordring til at anvende teknologierne støttes dog i nogle af referencelandene med offentlige tilskud.

Endelig har Østrig et støtteprogram for landbrug, som giver afkald på at anvende produktionsfremmende driftsformer, da landet ønsker at fremme ekstensiveringen af landbruget. Dette forventes at lede til en nicheproduktion, som kan øge det østrigske landbrugs konkurrencedygtighed.

3.4 ÆNDRING I AREALANVENDELSEN

Arealanvendelsen har betydning for kulstofkredsløbet og kvælstofkredsløbet og dermed for drivhusgasbalancen. Såvel i Danmark som i referencelandene er der taget en række initiativer, som virker positivt på balancen, såsom udtagning af landbrugsjord til brakmarker, beskyttelse af moser, våde enge og andre marginale jorder, skovrejsning samt plantning af læhegn. Indtil nu har initiativerne ikke været motiveret af drivhusgaseffekterne.

3.4.1 Udtagning af landbrugsarealer og beplantning af brakmarker

Jorden virker som dræn for drivhusgasser, hvis jordens kulstofpulje øges. Landbrugsarealer forventes at have større potentiale for kulstofbinding, hvis de tages ud af omdrift (OECD 2002). Nedbrydningen af jordens organiske materiale til blandt andet CO₂ er mere effektiv på bare marker end beplantede. Jordens kulstofdræn øges derfor yderligere, hvis der er permanent plantedække på arealet, da kulstofbindingen på et beplantet areal både vil være relativt højere i jorden og i vegetationen end på bare arealer. Potentialet

afhænger dog af en lang række faktorer såsom klima, sammensætningen og mængden af jordens organiske pulje, tidligere dyrkningsmetoder, beplantning etc.

Referencelandene

I Canada, Sverige og Østrig opfordres der til at reducere ubeplantede brakarealer. I Sverige er det ikke tilladt at have mere end 50 pct. bar brakmark pr. landbrug (i Skåne og Halland dog max. 40 pct.).

I Frankrig tilbydes økonomisk støtte som incitament til at udtage landbrugsarealer fra produktionen og lade områderne udvikle naturlig vegetation til gavn for flora og fauna.

EU

Som et led i reformen af EU's landbrugspolitik er braklægningsordningen og støtteordninger i denne forbindelse ændret. Medlemslandene har haft forskellige muligheder for at efterleve nye krav, og det har bevirket ændringer i støtteordningerne. Ændringerne er trådt i kraft, således at hektarstøtten erstattes af den nye enhedsstøtteordning. I stedet for at tilskuddet tidligere blev udbetalt direkte efter produktionen, bliver støtten nu udbetalt uafhængigt af produktionen, således at der udbetales et fast enhedstilskud på 2.240 kr. pr. hektar. Landbrugsstøtten er til forskel fra tidligere nu delvis uafhængig af hvilke afgrøder der dyrkes. Den tidligere braklægningsstøtte udgør nu det samme enhedstilskud på 2.240 kr. pr. hektar. På landbrug over 22 hektar skal 8 pct. braklægges.

Danmark

Der findes kun få data, der viser hvor meget jordens organiske pulje øges ved at afvikle landbrugsproduktionen. Dog menes der i Danmark at kunne opnå en stigning på ca. 2,5 pct. af jordens kulstofindhold ved omlægning af jord i omdrift til permanente græsmarker.

Da optaget varierer meget afhængigt af de førnævnte faktorer, er det et område som kræver mere forskning for at kunne vurdere effekten af denne teknologi i forbindelse med drivhusgasbalancen.

I Danmark har EU's landbrugspolitik resulteret i, at landbrug på mere end 22 ha har pligt til at braklægge 8 pct. af arealet. Der ydes braklægningsstøtte til arealerne for at kompensere for tabet af udbytte som følge af denne lov. Mindre brug kan dog ligeledes søge om støtte til brakmarker. Der er pligt til at have plantedække på brakmarkerne, hvilket er positivt i forhold til drivhusgasbalancen. Drivhusgasbalancen har dog ikke haft indflydelse på vedtagelsen af støtteordningen.

3.4.2 Ændring af dræn på organiske jorder

Organiske jorder, hvad enten de er våde eller tørlagte, udleder generelt flere drivhusgasser end minerale jorder. Opbygningen af den organiske pulje betyder dog, at der sideløbende bindes kulstof- og kvælstofholdige forbindelser i jorden. Organiske jorder dannes i iltfrie eller iltfattige miljøer, som skyldes et vandmættet miljø, og hvor der er rigelig tilgang af organisk materiale, typisk død vegetation. Dannelsen skyldes, at hastigheden, hvormed det organiske materiale nedbrydes i et iltfrit miljø, er stærkt reduceret. Dermed opbygges efterhånden en stor organisk pulje i jorden. Særlige bakterier kan omdanne det organiske materiale uden brug af ilt, hvorved der frigives metan og lattergas.

Drænes jorden, så den bliver iltholdigt, vil udslippet af disse drivhusgasser reduceres. Derimod vil der være stigende udslip af CO₂ og kvælstofholdige forbindelser uden betydning for drivhusgasbalancen, såsom frit kvælstof eller nitrat. Nitratforekomsten kan være uhensigtsmæssig i forbindelse med andre miljøproblemer, specielt eutrofiering. Nettoeffekten af at dræne en organisk jord vil være negativ for drivhusgasbalancen. Idet ophobningen af organisk materiale aftager, og overstiges af nedbrydningen heraf vil færre drivhusgasser målt i CO₂-ækvivalenter undslippe en våd organisk jord end en tørlagt organisk jord. Det reelle drivhusudslip afhænger af klima, dræningstilstand, næringsindhold i jorden, dyrkningsmetode og arealanvendelse.

Referencelandene

I Frankrig og Holland er der restriktioner mod at udtage organiske jorder fra landbrugsproduktionen, med mindre formålet er naturbeskyttelse. Man reducerer således metanudslippet og lattergasudslippet til fordel for et øget CO₂-udslip.

I Sverige er det vist, at drivhusgasudslippet fra organiske jorder varierer med arealanvendelsen (vist i prioriteret rækkefølge, hvor effekten af udslippet er størst i førstnævnte):

1. opdyrket tørvejord
2. ufuldstændig afgravet tørvejord
3. tørvejord med skov
4. urørt tørvejord på lavbundsmose
5. urørt tørvejord på højbundsmose

Der efterspørges dog mere forskning på området for at få bedre viden om det egentlige udslip fra de forskellige typer af arealanvendelse på organiske jorder (Jordbruksverket 2004).

Ud fra et formål om at nedsætte drivhusgasudslippet, vurderes det i Sverige, at tørveudvindelse er mest fordelagtig på de jorder, hvorfra der er størst udslip af drivhusgasser (Jordbruksverket 2004).

EU

For at overholde EU's Nitratdirektiv skal der tages initiativer til at reducere nitratudvaskningen til vandløb. Et virkemiddel er at have våde enge mellem marker i omdrift og vandløb. Dette initiativ fremmes yderligere med Vandrammedirektivet, som er vedtaget for at beskytte vandmiljøet. Findes vandløbet i et område udpeget til særlig høj vandkvalitet gennem EU's Habitatdirektiv, vil incitamentet være særlig højt til at sikre, at der findes et vådområde mellem landbrugsjorden og vandløbet.

Danmark

I Danmark findes der en betydelig mængde af organiske jorder såvel tørlagte som våde (moser, våde enge etc.). I forbindelse med overholdelse af Nitratdirektivet og Vandrammedirektivet retableres en række våde jorder (typisk våde enge) ved at nedlægge dræn i landbrugsjorder, hvorfor det er relevant at overveje konsekvensen for drivhusgasudslippet fra denne type jorder.

3.4.3 Skovrejsning

Landbrugsarealer, der udtages af produktion for at rejse skov på området, binder kulstof i træerne. En del kulstof bindes desuden i jorden, som ikke længere er i omdrift. Bindningen i den overjordiske biomasse (træer og anden vegetation) er kendt for en del træsorter. Den egentlige binding lokalt afhænger dog af mange faktorer, heriblandt driftsform og træsort. Kulstofbindingen i jorden er derimod meget varierende lokalt afhængig af klima, jordbundstype og tidligere driftsform. Da ændringen i jorden sker langsomt vil man typisk først kunne måle ændringen i jordens kulstofindhold som effekt af skovrejsningen efter flere årtier.

Skov vurderes desuden til at kunne bidrage positivt til drivhusgasbalancen ved at levere træ som råvare til energisektoren som substitut til fossilt brændstof. Dette kan reducere drivhusgasudslippet fra energisektoren. (UNFCCC (Germany) 2005)

Referencelandene

"The National Green Fund" i Holland har lavet aftaler med selskaber om at rejse skov og vedligeholde dem i 50 år. Fonden udsteder CO₂-certifikater på 30 € pr. ton CO₂ svarende til antal tilplantede hektar. Til eksempel kan et energiselskab, som ønsker at rejse skov, trække et beløb fra i skat, som i stedet skal betales til "The National Green Fund". Fonden betaler lodsejere, der har underskrevet kontrakt om skovrejsning. (UNFCCC (The Netherlands) 2005)

Frankrig har en målsætning om at rejse 30.000 ha skov om året. Dette mål skal nås ved hjælp af økonomisk regulering. (UNFCCC (France) 2005)

I Spanien anses skovrejsning som en nyttig metode til at binde kulstof, og dermed til at reducere landets samlede drivhusgasudslip. (OEEC 2005)

Danmark

Det er vurderet, at danske skove binder 0,109 mio. ton CO₂ pr. år⁸ (Brunner et al. 2005). Dette svarer til en gennemsnitlig CO₂-binding på 0,22 ton CO₂ pr. år pr. ha⁹.

Danmark har en målsætning om at fordoble det nationale skovareal inden for 80-100 år. Der udpeges derfor skovrejsningsområder i lokalplaner og gives støtte til en række aktiviteter i forbindelse med skovrejsning¹⁰. Skov i skovrejsningsområder er desuden omfattet af fredsskovspligt, hvilket betyder at skoven ikke må nedlægges igen.

3.4.4 Plantning af læhegn

Plantning af læhegn influerer på samme måde som skovrejsning på drivhusgasbalancen, idet læhegnbeplantningen binder kulstof i biomassen.

⁸ Dette tal er gældende for skove i traditionel drift.

⁹ Beregningen er baseret på Danmarks samlede skovareal i 2000: 486,235 ha

¹⁰ Der gives tilskud til anlæg og pleje af bevoksninger, tillæg for anlæg uden brug af pesticider, tillæg for anlæg med skånsom jordbearbejdning, opsætning af hegn mod vildtet, kompensation for tabt indkomst i 10 år (kun i skovrejsningsområder), udarbejdelse af skovkort og fastsættelse af areal samt jordbundsundersøgelse (Skov og Naturstyrelsen 2005)

Referencelandene

I Canada har Agriculture and Agri-Food Canada (AAFC) med succes uddelt træer til læhegn og buske gennem deres læhegnsprogram. Dette sker med henblik på tilplantning på landbrugsarealer for at skabe habitater for dyrelivet og for at støtte initiativer til skovdrift. Organisationen "The Prairie Farm Rehabilitation Administration Shelterbelt Centre" producerer 29 træ- og busksorter og distribuerer mere end 5 millioner træer og buske årligt til 10.000 skovbrug på prærien. Træer og buske udleveres gratis, mens modtagerne er ansvarlige for transportomkostninger, plantning og vedligeholdelse af læhegnene. (AAFC 2005)

Danmark

Der er tradition for at have læhegn på danske marker. Dette ses især i Vestjylland hvor vinden er stærkest, og fordelene ved de levende hegn er derfor størst. I Danmark er der et ønske om at øge beplantningen i det åbne land, herunder læhegn, både for at lække og for at skabe sammenhæng mellem vildthabitater. Effekten på drivhusgasbalancen er således en positiv sideeffekt. For at fremme beplantning i det åbne land er der oprettet tilskudsordninger, som dækker ca. 40 pct. af udgiften til plantning af læhegn og 80 pct. af planteprisen for oprettelse af små biotoper (Landsforeningen De Danske Planteforeninger 2005 og Skov og Naturstyrelsen 2005).

3.4.5 Sammenfatning

Der er ikke fundet hverken teknologier eller virkemidler inden for ændring i arealanvendelsen blandt referencelandene, som afviger meget fra initiativer, man allerede har iværksat i Danmark.

Et fællestræk ved de behandlede tiltag inden for ændring i arealanvendelsen er, at de alle influerer på drivhusgasbalancen ved at øge bindingen af kulstof. Det er forholdsvis simpelt at beregne effekten på drivhusgasbalancen for den del af kulstoffet, som er bundet i vegetationen. Derimod er ændringen i jordens organiske pulje svær at fastsætte. Dette skyldes både, at omdannelsen i jorden varierer meget lokalt, og at den egentlige effekt først kan vurderes med større sikkerhed efter en længere årrække.

Omlægning til brak er reguleret ved hjælp af påbud om ændring i arealanvendelsen. Dette skyldes EU's landbrugspolitik, og omlægning til brakarealer er derfor reguleret i de europæiske referencelande. For referencelandene uden for EU er der ikke fundet anvendelse af juridiske eller økonomiske virkemidler til at fremme dette initiativ.

Arealanvendelsen på organiske jorder er ligeledes juridisk fastlagt, idet Frankrig og Holland har nedlagt forbud mod at ændre arealanvendelsen på organiske jorder i omdrift. De nationale vurderinger af hvordan organiske jorder ønskes anvendt er dog varierende. Dette vil være interessant at undersøge nærmere med henblik på effekt på drivhusgasbalancen og omkostningen ved at tage jorden ud af drift eller anvende den til andre formål end planteavl. Dette vil være relevant for Danmark, da man i forbindelse med blandt andet Nitratdirektivet og Vandmiljøplanerne genetablerer vådområder i landbrugslandet.

Plantningen af træer på landbrugsjorder reguleres derimod gennem økonomiske styremidler. Både tilskuddenes størrelse og de omkostninger, der ydes tilskud til, varierer, men støtten er primært knyttet til køb af planter.

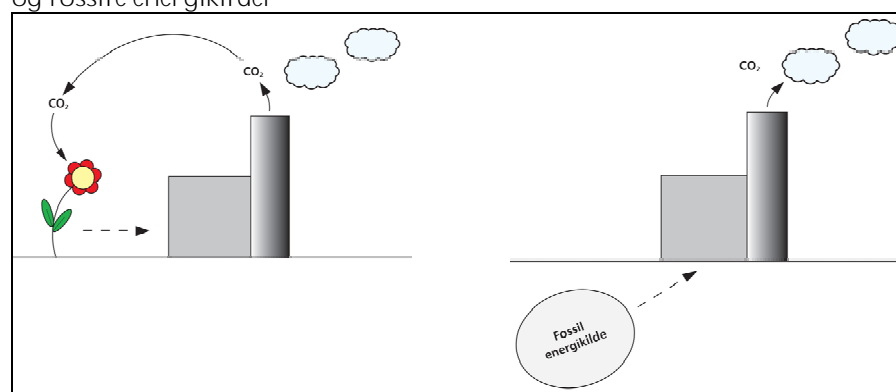
3.5 Bioenergi

Bioenergi betegner energiprodukter, som fremstilles på basis af biomasse. Begrebet dækker således alt fra afbrænding af træ i almindelige brændeovne til anvendelsen af bioethanol i transportsektoren. Træ og dets anvendelse til energiformål (f.eks. anvendelse af træflis og træpiller) er i denne rapport defineret som afgrøder fra skovbrug og derfor ikke behandlet.

De fleste former for bioenergi påvirker CO₂-balancen både via produktionen af biomassen, transport af biomassen til brug/konvertering og under brændslets/brændstoffets omsætning til energi.

Anvendelse af bioenergi medfører også CO₂-udslip, dog stammer denne CO₂-emission fra det CO₂, som planter har optaget fra atmosfæren. Derfor betragtes bioenergi som CO₂-neutral. Omvendt medfører forbrænding af fossile energikilder en CO₂-forøgelse i atmosfæren, hvilket bidrager aktivt til drivhuseffekten. Figur 3.1 anskueliggør disse forhold.

Figur 3.1: Anskueliggørelse af CO₂-kredsløb ved anvendelsen af CO₂-neutral bioenergi og fossile energikilder



Note: Bioenergi er i anvendelsen CO₂-neutral, da der kun frigives CO₂, som allerede har været i atmosfæren (venstre). Anvendelsen af fossile energikilder medfører derimod et tilskud af CO₂ til atmosfæren (højre).

CO₂-reduktionen sker som følge af en substitutions-/fortrængningseffekt i forbindelse med anvendelsen af bioenergien. Det vil sige, at bioenergiens CO₂-reduktionseffekt beror på, at den fortrænger en CO₂-udledende energikilde, såsom benzin eller kul, fra eksempelvis transport- eller energisektoren.

CO₂-effekten afhænger dog af det pågældende lands kulstofintensitet, det vil sige udledt kulstof pr. produceret energienhed. For eksempel fremstilles næsten al Frankrigs elektricitet ved CO₂-neutral atomenergi og vandkraft, hvorimod den største del af Australiens elektricitet fremstilles på kul. CO₂-effekten forbundet med elektricitetsproduktion i Frankrig vil dermed være negativ ved anvendelse af bioenergi (grundet CO₂-udledningen ved produktion af biomassen), hvorimod effekten vil have et positiv fortegn i Australien. Det betyder også, at CO₂-effekter af enkelte teknikker fra specifikke lande ikke uden videre kan sammenlignes, uden at der foreligger kendskab til kulstofintensiteten i landets energisektorer.

En undtagelse herfra er transportsektoren, som p.t. i alle lande er næsten 100 pct. baseret på fossile energikilder (benzin eller diesel).

Ud fra CO₂-relaterede betragtninger kan bioenergi inddeles i 3 grupper:

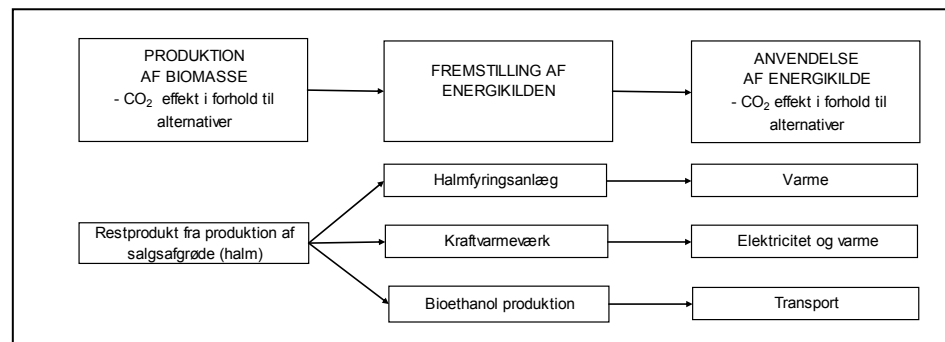
- Anvendelse af landbrugets restprodukter til energiformål,
- Separat produktion af energifægrøder til energiformål og
- Behandling af restprodukter i biogasanlæg.

3.5.1 Anvendelse af landbrugets restprodukter til energiformål

Et af de mest almindelige restprodukter fra landbrugssektoren er halm. Ved anvendelse af halm til energiformål må CO₂-effekten i hvert enkelt led i processen fra mark til slutanvendelse vurderes.

Selve halmens anvendelse til biobrændsel har en positiv CO₂-effekt som følge af substitutionseffekten i enten energi- eller transportsektoren, *se figur 3.2*.

Figur 3.2: Anvendelse af restprodukter ved produktion af salgsafgrøder



Note: CO₂-indsatsen i produktionen kan 100 pct. tilskrives produktionen af afgrøden, CO₂-effekten ved anvendelse er afhængig af anvendelsessektoren.

Nedenfor gennemgås de enkelte led i processen og deres CO₂-effekt.

1. CO₂-effekten ved at fjerne halmen fra marken
Ved at fjerne halmen fra marken kan potentielt mindre kulstof bindes i jorden *jf. afsnit 3.3.3*.
2. CO₂-effekten ved transport af halmen til anvendelsessted.
Det store antal lastbiltransporter med halm til forbrændingsværkerne eller transporten over lange afstande udleder CO₂ til atmosfæren fra bilernes motorer. En lastvogn kører 2-3 kilometer på en liter dieselolie, der har et udslip på ca. 0,9 - 1 kg CO₂ pr. kilometer. (Videncenter for Halm- og Flisfyring 2005)
3. CO₂-effekten ved f.eks. halmens anvendelse
Et læs halm med en brændværdi på 14,5 GJ/ton vejer 11-12 tons og repræsenterer en energimængde på ca. 170 GJ. Afhængig af konverteringsteknikken kan den med nutidige teknikker anvendes til opvarmning alene eller til elektricitets- og varmfremstilling. Selve CO₂-effekten er afhængig af, hvilken energikilde den fortrænger, og hvor stor fortrængningseffekten er.

Det har ikke været muligt at finde internationale data på den samlede CO₂-fortrængningseffekt eller de dertil knyttede omkostningsberegninger på restprodukter fra landbruget. I Holland er der i 2000 lavet en aftale mellem regering og energiselskaber om, at 475 MegaWatt skal produceres på (uspecificeret) biomasse i stedet for fossilt brændsel.

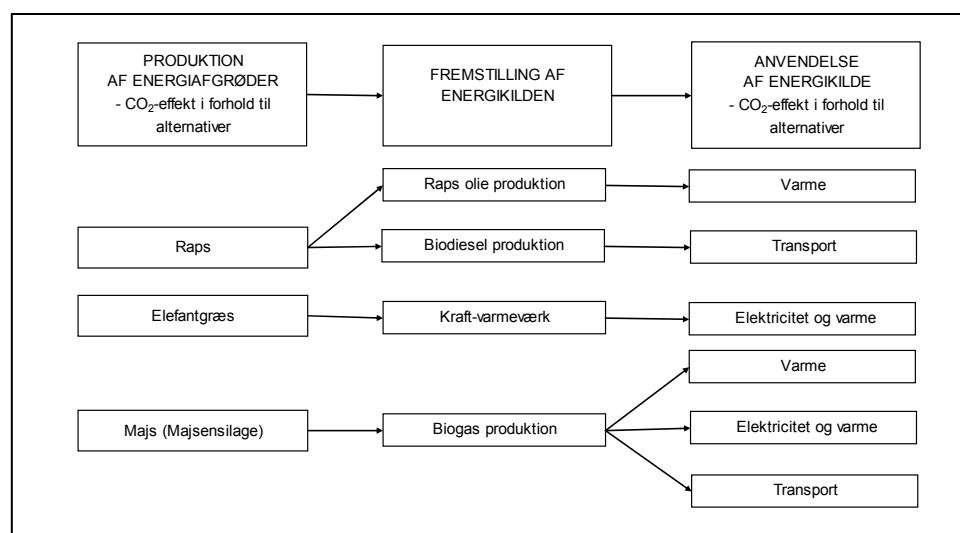
Afbrænding af husdyrgødning

Som det fremgår i kapitel 2, medfører håndtering af gylle betydelige metan- og lattergas udledninger fra lager og udbringning på marken. Derfor kan afbrænding af gødning medføre reduktioner af disse udledninger. Endvidere kan substituering af fossile energikilder medføre reduktion af CO₂-udslip. I Holland findes der storskalaanlæg, hvor husdyrgødning forbrændes til kraftvarmeproduktion. Det har dog ikke været muligt at finde oplysninger om CO₂-reduktionseffekten eller virkemidler, som vedrører denne teknologi.

3.5.2 Separat produktion af energiafgrøder til energiformål

Raps, elefantgræs, triticale kan nævnes som afgrøder, der dyrkes alene til energiformål, jf. figur 3.3 (Statens Jordbrugs- og Fiskeriøkonomiske Institut 2001b). Idet disse afgrøder alene dyrkes til energiformål, skal CO₂-effekten til produktionen (alternativ arealanvendelse), transport af afgrøden og konvertering medregnes i den samlede CO₂-effekt. Størrelsen af CO₂-effekten ved produktionen og ved anvendelsen sættes i forhold til hinanden. Dette er genstand for mange undersøgelser.

Figur 3.3: Anvendelse af energiafgrøder som er fremstillet til energiformål



Note: Produktion og transport af energiafgrøder påvirker CO₂-balancen, CO₂-effekten ved anvendelse er afhængig af anvendelsessektoren.

Nogle energiafgrøder er ét-årige andre flerårige, og der er også forskel på energiindholdet i de enkelte afgrøder i forhold til deres anvendelse; f.eks. har indholdet af fedt betydning for afgrødens brændværdi eller brændstoffotentiale. Energiafgrøder skal således dyrkes formålsspecifikt alt efter hvilket produkt, der ønskes produceret.

Potentialet for at reducere CO₂-udledninger ved dyrkning af energiafgrøder i forhold til andre afgrøder er til stede, men afhænger i høj grad af hvilken afgrøde, der dyrkes. Generelt kan det konstateres, at flerårige energiafgrøder ved selve dyrkningen har flere positive sideeffekter end ét-årige afgrøder f.eks. med hensyn til hindring af nitratudvaskning, erosionsreduktion mm.

Transporten af energiafgrøder medfører til gengæld CO₂-udslip fra fossile brændsler.

Afhængig af konverteringsmetoden kan energiafgrøder med dagens teknikker anvendes til:

- Forbrænding til fremstilling af varme
- Forbrænding til kraftvarme
- Fremstilling af biobrændsler (biodiesel og bioethanol)

Ydermere er CO₂-effekten afhængig af selve fortrængningseffekten, der varierer fra energiform til energiform.

CO₂-effekten fra produktion af for eksempel biodiesel er afhængig af råstoffets art (f.eks. raps, solsikker m.m.), dyrkningsindsatsen, den alternative arealanvendelse, transportafstanden og anvendelsen af biodiesel.

Internationale data på CO₂-fortrængningseffekten af energiafgrøder og prisen er i litteraturen ofte angivet som samlede summer af alle beskrevne elementer uden at sammenligningsgrundlag er beskrevet tilstrækkeligt. Det kan forklare modsigende data på anvendelsen af enkelte teknikker.

Dyrkning af energiafgrøder

Dyrkning af energiafgrøder støttes allerede i dag i EU. Der ydes et tilskud på godt 330 kr. til dyrkning af energiafgrøder pr. hektar i form af enhedsstøtte, som grundlæggende er blevet indført til at begrænse landbrugsproduktionen (Europaparlamentet 2003). Endvidere er det muligt at dyrke energiafgrøder på brakarealer og arealer henlagt til udtagelse.

I Sverige overvejes det at give yderligere støtte til dyrkning af energiafgrøder og tilbyde langsigtede afsætningskontrakter til landmændene. Baggrunden for dette er implementeringen af Biobrændselsdirektivet. Ud over det øgede økonomiske incitament vurderes det, at der bør sættes yderligere på forskning og på at forbedre informationsudvekslingen mellem samtlige aktører i branchen. (Jordbruksverket 2004)

Mange former for bioenergi anvendes i dag i transportsektoren, og de to mest udbredte teknikker, produktion af bioethanol og produktion af biodiesel, er præsenteret i nedenstående afsnit. Dog kan brændstoffer til transportsektoren også fremstilles ved andre teknologier, som i dag befinder sig i forsknings og udviklingsstadiet, *jf. afsnit 4.3.*

Fremstilling af bioethanol

Bioethanol betegner ethanol, som er fremstillet af forgæret biomasse fra eksempelvis landbruget. Den mest udbredte produktionsform er ethanol produceret på basis af glukose og stivelseholdige afgrøder som sukkerroer og korn. Ved glukosebaseret produktion forgæres sukkeret direkte, hvorefter destillationen finder sted. Stivelsesbaseret produktion kræver en forbehandling, hvor glukosen udvindes af stivelsen gennem en enzymproces, der frigiver sukkeret, som forgæres til ethanol med efterfølgende destillation. Der kan produceres flere værdifulde sideprodukter, blandt andet foder, som kan anvendes i landbrugets animalske produktion.

Nye teknologier åbner vej for produktion på basis af celluloseholdigt biomasse som halm og træ, som dog stadig kræver mere forskning og udvikling (IEA 2004), *jf. afsnit 4.3.1.*

Regeringen i Canada iværksatte i august 2003 et støtteprogram med det formål at reducere udslippet af drivhusgasser fra transportsektoren. Produktionsstøtten blev uddelt til eksisterende ethanolfabrikker for at hæve produktionen. Endvidere har afdampningen på ethanol blandet med benzin været

afskaffet siden 1992, hvorved den blev substitueret med ca. 3 kr. pr. liter ethanol.

I Sverige er der fuld afgiftsfritagelse på bioethanol svarende til godt 3,50 kr. pr. liter (2003). Der dyrkes energiafgrøder dedikeret til produktion af bioethanol. En del af ethanolen bliver produceret på et anlæg i Sverige, og en del bliver importeret fortrinsvis fra Brasilien. Ethanol bliver anvendt i Stockholmsområdet, hvor alle benzinselskaberne deltager i distributionen. Ethanol bliver endvidere anvendt i 400 offentlige busser i Stockholmsområdet, og i et antal E85 demonstrationsanlæg i forskellige dele af Sverige¹¹.

Endvidere er der etableret en såkaldt "biofuel region". I denne region skal forskellige biobrændstoffer afprøves. Regionen skal fungere som et pilotprojekt, hvor information og læring er i fokus.

Spanien er EU's største producent af bioethanol, og regeringen har givet fuld afgiftsfritagelse på 3 kr. pr. liter siden 2003. I Spanien anvendes ethanolen blandt andet til fremstilling af ETBE (Ethyl Tertiary Butyl Ether), som tilsættes benzin. På foranledning af en skattefordel forventes produktionen udvidet yderligere i Spanien.

ETBE fremstilles ligeledes i Frankrig, hvor der gives en afgiftsfritagelse for ethanol på ca. 2,80 kr. pr. liter (2003).

I Tyskland er der flere ethanolprojekter undervejs, og staten yder en afgiftsfritagelse på ca. 4,80 kr. pr. liter (2003).

Fremstilling af biodiesel

Biodiesel fremstilles af organisk fedt og olieholdige råstoffer. Raps er den mest udbredte afgrøde til produktion af biodiesel. Om biodiesel produceret på raps anvendes betegnelsen RME (Rapeseed-Methyl-Ester), biodiesel fremstillet af forskellige udgangsprodukter betegnes med det generelle udtryk FAME (Fatty-Acid Methyl-Ester). Biodiesel kan anvendes direkte i moderne dieselmotorer eller i enhver sammenblanding med fossilt diesel. Biodiesel fremstilles primært gennem en kemisk proces, hvor glycerinen fjernes fra det animalske fedt eller den vegetabiliske olie.

Biodiesel bliver ikke solgt kommercielt i Canada, men offentlige busser er i et vist omfang begyndt at køre på biodiesel. Tiltaget er ment som et læringsinstrument for udbredelse af biobrændstoffer.

I Frankrig er der en afgiftsfritagelse på knap 2,80 kr. pr. liter, og der er et godt samarbejde mellem biodieselproducenterne og olieindustrien, således at biodiesel distribueres på de normale tankstationer.

I Spanien gives der tilskud til opførelse af anlæg til produktion af biobrændstoffer.

I Tyskland er der fuld afgiftsfritagelse på biodiesel svarende til 3,50 kr. pr. liter. 40 pct. af biodieselen sælges på særskilte tankstationer til priser, der ligger under prisen på fossilt diesel pga. afgiftsfritagelsen, hvilket medvirker til et voksende marked. Siden 2004 har olieselskaberne ARAL og Shell solgt brændstof hvoraf 5 pct. består af biodiesel.

¹¹ E85 betegner benzin tilsat 85 pct. ethanol.

I Østrig er der fuld afgiftsfritagelse for brændstoffer fremstillet udelukkende af biologisk materiale. I 2003 blev biobrændstoffer 100 pct. afgiftsfritaget over en periode på 6 år. Produktion af biodiesel vurderes at have et reduktionspotentiale på 0,3 mio. ton pr. år i Østrig.

CO₂-reduktionsomkostninger for bioethanol og biodiesel

Reduktionspotentialet ved at erstatte fossile brændstoffer med biodiesel eller bioethanol varierer betragteligt afhængig af, hvilke energiafgrøder og teknologier der anvendes. Undersøgelser vurderer, at reduktionspotentialet i forhold til fossile brændstoffer ligger på 40-60 pct. for biodiesel og 20-40 pct. for bioethanol produceret på kornafgrøder. Fortrængningseffekten kan dog komme nær 100 pct. for bioethanol produceret på basis af cellulose fra restprodukter. (IEA 2004)

Store variationer i såvel produktionsomkostningerne som reduktionspotentialet i forskellige undersøgelser betyder, at CO₂-omkostningsberegninger kan variere meget.

En hollandsk undersøgelse har forsøgt at sammenligne en række studier vedrørende biobrændstoffer til transport (Netherlands Agency for Energy and the Environment 2003). Rapporten vurderer, at de bedste undersøgelser resultater giver et spænd i forhold til biodiesel på 1.972-2.158 kr. (265-290 €) pr. reduceret ton CO₂ og 1.711-2.641 kr. (230-355 €) pr. reduceret ton CO₂ for bioethanol, *jf. tabel 3.3.*

Endvidere vurderes det i rapporten *Biofuels for Transport* fra IEA, at reduktionsomkostningerne for bioethanol produceret i OECD lande hidtil har været høje. Helt op til 3.125 kr. (500 USD) pr. ton CO₂. Denne pris gælder for reduktionen af CO₂ isoleret. Medregnes andre sideeffekter og fordele bliver prisen pr. reduceret ton CO₂ lavere (IEA 2004).

Disse undersøgelser har alle antaget, at produktionen vil ske i EU og med de dertil hørende støtteordninger. Dette har en væsentlig betydning for omkostningsberegningerne, idet produktionsomkostninger er højere i EU, end de ville være i eksempelvis Brasilien.

Dette skyldes, at produktionen af energiafgrøder (sukkerrør) er billigere og mere effektiv. Produktionen af bioethanol fra sukkerrør er således en langt mere omkostningseffektiv løsning og nærmer sig produktionsprisen på fossile brændstoffer. (IEA 2004)

Dette resultat underbygges af en svensk undersøgelse, der har en CO₂-omkostning på knap 400 kr. ved importeret bioethanol fra Brasilien.

Tabel 3.3: Oversigt om forskellige studiers CO₂-omkostningsberegninger

Kilde	CO ₂ -omkostning	Hovedantagelser
Biofuels for Transport, IEA 2004	3.125 kr. (500 \$)	
Biofuels in the Dutch market – a fact finding study, Netherlands Agency for Energy and The Environment, 2003	Bioethanol 1.711-2.641 kr. (230 -355 €) Biodiesel 1.972-2.158 kr. (265-290 €)	Der er antaget egen produktion i EU-landene samt nuværende EU subsidieordninger.
Naturvårdsverket 2004, Rapport 5433, skattebefrielse för	Ethanol fra Brasilien knap 400 kr.	

biodrivmedel. –Leder den rätt?	Ethanol fra Sverige knap 2300 kr.	
--------------------------------	-----------------------------------	--

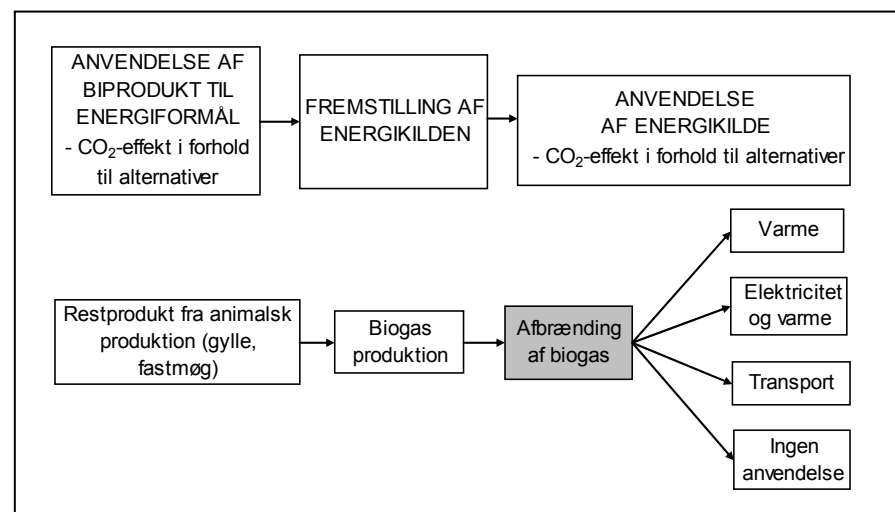
Problematikken om biobrændstoffer skal produceres lokalt eller importeres er vigtig i forhold til hvilke virkemidler der bør overvejes indført på området. Ud fra en ren Kyoto-vinkel kan det være CO₂-omkostningsminimerende at få fremstillet biobrændstoffet uden for EU, både fordi produktionsomkostninger vurderes lavere, og fordi CO₂-effekten ved fremstilling af biobrændstoffet bliver tilskrevet det land, hvor biobrændstoffet produceres og ikke det land, hvori det anvendes.

3.5.3 Biogas

Behandling af restprodukter/affaldsstoffer fra landbruget i biogasanlæg, det vil sige opsamling og simpel afbrænding af biogassen, har en positiv CO₂-effekt. Det skyldes, at drivhusgasser, der ellers var opstået ved almindelig oplagring af biomassen, bliver kontrolleret og afbrændt. Biogas er således den eneste bioenergi, hvor selve fremstillingsprocessen medfører CO₂-reduktioner, og som derved direkte kan tilskrives landbrugssektoren.

Derudover er der en positiv CO₂-effekt ved anvendelsen som følge af en substitution i enten energi- eller transportsektoren. Figur 3.4 illustrerer fremstilling af biogas fra restprodukter fra landbruget, og gassens anvendelsesmuligheder.

Figur 3.4 Illustration af produktion af biogas



Selve behandlingen af gylle i biogasanlæg reducerer udledningen af metan og lattergas, også hvis energien ikke bliver nyttiggjort. I et biogasanlæg afgasses gyllen således, at udledningen fra lager og efter udbringning på marken reduceres markant.

Nyttiggørelse af biogas kan bidrage til en yderligere CO₂-reduktion gennem substitution af fossilt brændstof til el- og varmeproduktion. Ud over gylle kan et biogasanlæg behandle andre former for organisk materiale blandt andet affald fra husholdninger og industri, men også anvendelse af energiafgrøder bliver i dag afprøvet i flere anlæg i Danmark, Tyskland og Østrig.

Tilsætning af organisk affald øger biogasudbyttet og dermed den økonomiske rentabilitet. Ud over reduktion af drivhusgasser og produktion af biogas kan

der tillægges en række sideeffekter bl.a. omkostninger til affald og fjernelse af lugtgener fra landbrug. (Finansministeriet 2003)

I Sverige er der taget flere initiativer for at fremme produktionen af biogas. Biogas bliver anvendt i transportsektoren til gods og passagertransport i central og Sydsverige (UNFCCC (Sweden) 2005). Programmerne "KLIMP" og "LIP" støtter lokale initiativer til reduktion af drivhusgasser, blandt andet til biogasanlæg og affaldsbehandling. I flere kommuner er der iværksat projekter, hvor offentlige køretøjer kører på biogas f.eks. busser og taxier. (Swedish Environmental Protection Agency 2004)

Som virkemidler til at fremme efterspørgslen af biogas til transport findes der investeringsstøtte til biogasbiler samt afgiftsfritagelse af biogas som brændstof til transport. I mange svenske byer er biogasbiler fritaget for parkeringsafgift og biogasbiler må køre i byernes inderzoner i modsætning til andre biler. Afgiften på kommercielle biler er lavere, såfremt de kører på biogas, og taxaer, som kører på biogas, kan benytte særlige kørebaner (Jönsson 2005).

Det har i forbindelse med denne undersøgelse dog ikke været muligt at finde fyldestgørende beregninger på CO₂-reduktionsomkostninger for brug af biogas til transportformål, dog er prisen oplyst til 300 – 2.900 kr. pr. ton CO₂ (41 – 390 € pr. ton CO₂). (TU Graz, 2003)

I Tyskland bliver elektricitet produceret fra biomasse, inklusiv biogas, garanteret en minimumspris i henhold til lovgivningen Renewable Energy Sources Act af 2. juli 2004, der prioriterer elektricitet produceret fra vedvarende energikilder. Biogas bliver subsidieret med feed-in tariffer afhængig af anlæggenes størrelse. Tabel 3.4 viser de forskellige tariffer, som bliver mindsket jo større kapaciteten er. Regeringen har tidligere tilbudt fordelagtige lån med op til 30 pct. reduktion i renten, hvilket forårsagede en stor stigning i kapaciteten af biogasanlæg. (Bundestag 2004)

I Østrig har regeringen givet støtte til opførelse af biogasanlæg. For at øge udbygningen med biogasanlæg kan det være nødvendigt at kunne klassificere el produceret med biogas som "grøn energi" (OECD 2002). Som i Tyskland garanteres biogasproducenter en fast "feed-in" tarif, dog kun i 13 år. Afregningen for producenten er noget højere for mindre anlæg end i Tyskland, *jf. tabel 3.4.* (Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit 2002)

Tabel 3.4: Feed-in tariffer for afregning af biogas i Tyskland og Østrig

Anlægsstørrelse	<150 kW	<500 kW	<5000 kW	>5000 kW
Tyskland, feed-in tarif pr. kWh	0,85 kr.	0,74 kr.	0,66 kr.	0,62 kr.
Anlægsstørrelse	<100 kW	<500 kW	>1000 kW	
Østrig, feed-in tarif pr. kWh	1,2 kr.	1,16 kr.	0,77 kr.	

Kilde: Bundestag 2004 og Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit 2002.

CO₂-reduktionsomkostninger ved biogas

Den østrigske metode på beregninger af CO₂-omkostningen baserer på differencen af energiproduktionsomkostninger i forhold til effekten af biogassens CO₂ fortrængning. Som referenceanlæg forudsættes et moderne gasfyret kraftvarmeanlæg med CO₂-emissioner på 0,34 ton pr. MWh.

Det østrigske energiagentur anslår en CO₂-omkostning for strømproduktion på 1.761 – 2.286 kr. pr. ton CO₂ (238¹²-309¹³ € pr. ton CO₂) (Österreichischen Energieagentur 2004).

Til sammenligning har Danmarks JordbrugsForskning beregnet en CO₂-omkostning i Danmark med sideeffekter på godt 43 kr. pr. reduceret ton CO₂, og uden sideeffekter på 589 kr. pr. reduceret ton CO₂.

Samtidigt skal det påpeges, at både den danske og den østrigske beregning refererer til en 100 pct. fortrængning.

3.5.4 Sammenfatning

Blandt andet på grund af CO₂-effekterne vurderes bioenergi at være det område inden for landbruget, hvor der i disse år tages flest konkrete initiativer til at fremme forskellige udledningsreducerende teknologier.

På det overnationale plan har selve kvotehandelssystemet den effekt, at kvoteomkostningerne overvælttes direkte i energipriserne, hvilket medvirker til at øge de vedvarende energikilders rentabilitet.

Dernæst har man i EU vedtaget Biobrændstofdirektivet, og direktivet om fremme af andelen af vedvarende energi. Disse direktiver har bevirket indførelse af forskellige virkemidler oftest i form af afgiftslettelser samt øget forskning og udvikling inden for relevante områder. Dertil kommer, at der fra EU's landbrugsstøtteprogrammer gives direkte støtte til dyrkning af energiafgrøder på brakarealer.

Der er generelt enighed om, at bioenergi i anvendelsen er CO₂-neutralt, mens der eksempelvis i forhold til dyrkning af energiafgrøder på brakarealer ikke er enighed om, hvorvidt de samlede miljøeffekter er positive eller negative.

De virkemidler, der er indført i referencelandene, afviger i strukturen ikke fra de danske. Det kan dog konstateres, at støtten til biogasenergi i lande som Tyskland og Østrig generelt ligger højere end i Danmark, *jf. tabel 3.3*. Endvidere kan det konkluderes, at referencelandene har taget flere initiativer til fremme af biobrændstoffer til transportsektoren.

Især i Sverige har man valgt at bruge en række forskellige virkemidler, der hovedsagligt er efterspørgselsrettede. Det være sig både information, gunstige forbrugervilkår, afgiftslettelser, pilotprojekter mv.

Omvendt har lande som Spanien og Canada anvendt både efterspørgsels- og udbudsrettede virkemidler. Her tænkes på afgiftslettelser, der øger efterspørgslen, og tilskud til produktionen i form af enten direkte tilskud eller forbedrede skatteforhold.

På trods af de positive CO₂-effekter ved brug af bioenergi viser de forskellige undersøgelser resultater stadig høje CO₂-omkostninger.

¹² Beregningen for biogasfællesanlæg: (125,8 € pr. MWh – 45 € pr. MWh) / 0,34 ton CO₂ pr. MWh = 238 € pr. ton CO₂

¹³ Beregningen for gårdbiogasanlæg: (150 € pr. MWh – 45 € pr. MWh) / 0,34 ton CO₂ pr. MWh = 309 € pr. ton CO₂

3.6 SAMMENFATNING

Drivhusgasudledningen fra landbrugssektoren skyldes primært:

- metanudslip fra drøvtyggers fordøjelsessystem,
- metan- og lattergasudslip fra håndtering af husdyrgødning
- og udslip af kuldioxid, metan og lattergas fra jordbrug

Regulering foretaget for at kontrollere markedet, f.eks. i forbindelse med kvotetildeling på mælke- og kødproduktionen, har ligeledes fået en positiv sideeffekt på drivhusgasudledningen. Dette skyldes, at en reduktion i dyrebestanden både reducerer drivhusgasudslip fra ånding og fordøjelse samt den producerede mængde gylle. Effekten af reguleringen er derfor særlig høj, når den påvirker drøvtyggerbestanden. Da effekten af denne regulering er væsentlig og let at måle, er den interessant i forbindelse med regulering af landbrugssektorens drivhusgasudslip.

Der kan ligeledes tages forskellige initiativer til at øge optaget af kulstof og dermed reducere den samlede drivhusgasudledning. Disse initiativer hænger sammen med:

- Jordbearbejdningen
- Dyrkningspraksis (plantevalg, gødsning osv.)
- Arealanvendelsen

Regulering af kvælstof, for at undgå nitrat-udslip eller ammoniakfordampning ved gylleopbevaring og gødsning, har påvirket udviklingen inden for flere områder i landbrugssektoren (animalsk produktion, planteavl og arealanvendelsen). Da der er positiv sammenhæng mellem disse udslip og lattergasudledninger, virker reguleringen i øvrigt effektivt på drivhusgasbalancen.

Regulering i landbrugssektoren er især sparsom, når det drejer sig om at påvirke jordens pulje af kulstofholdige forbindelser. Dette forventes primært, at skyldes de stadig store usikkerheder på målinger og vurderinger af drivhusgasudslip fra denne kilde.

Ændringer i arealanvendelsen er ligeledes reguleret. Dette forekommer typisk ved brug af juridiske virkemidler, eksempelvis påbud om udtagning til brakarealer. Økonomiske tilskud har ligeledes fremmet tiltag til skovrejsning eller mindre beplantninger.

Kun ved produktion af bioenergi er det fundet, at referencelandene har etableret offentlig regulering af hensyn til blandt andet drivhusgasbalancen. De øvrige områder er reguleret på baggrund af andre interesser.

Ved at erstatte energi fremstillet med fossilt brændsel med bioenergi kan der mellem landbrugssektoren og energisektoren opstå spændende samarbejder, som kan resultere i nedsat drivhusgasudledning fra begge sektorer.

4 Fremtidige teknologier og virkemidler

Landbruget bidrager væsentligt til drivhuseffekten. Det er derfor yderst relevant at forske i teknologier til at reducere det samlede drivhusgasbidrag fra landbrugssektoren samt at overveje virkemidler til at regulere brugen af disse teknologier.

Her kort redegøres kort for forskningsindsatser i referencelandene. Flere af de nævnte teknologier anvendes allerede, som vist i kapitel 3, dog typisk ud fra en anden hensigt end reduktion af drivhusgasudledningerne. Denne vinkel er derimod i højere grad blevet et forskningsemne.

4.1 Animal sk produktion

4.1.1 Reduktion af metanudslip fra drøvtyggere

En stor del af drivhusgasudslippet fra landbrugssektoren stammer fra drøvtyggers metanudslip i forbindelse med dyrenes fordøjelse. Dette har ledt til en række forskellige forskningsprojekter i referencelandene med det formål om at finde nye metoder til at reducere metanudslippet fra drøvtyggere.

Det er i dag velkendt, at der er en direkte sammenhæng mellem drøvtyggers forholdsvis høje metanudledning og næringsstofsammensætningen i foderet. Ændring i næringsstofbalancen hos drøvtyggere foregår ofte ved, at dyrene får et fodertilskud foruden deres normale foderindtag fra græsningen. (Ministry of Agriculture and Forestry 2001).

I Canada forskes der i anvendelse af mikroorganismer til forbedring af tarmfloraen, for derved at reducere metanproduktionen. På New Zealand har anvendelse af nye græstyper betydet mindre metandannelse og større produktion og vækst hos dyrene. Hvidkløver giver f.eks. udslag i større vækst hos dyrene end de mere almindelige græstyper. Der bliver forsket i udvikling af nye græstyper til at forbedre produktionen yderligere, men der er behov for mere information om græssernes foderværdi i forhold til dyrenes produktion. (Ministry of Agriculture and Forestry 2001)

Ved at kombinere øget vækst med mindsket metanproduktion er der tale om en situation, der kommer både landmanden og drivhusgasbalancen til gode. Således har teknologien et potentiale i fremtiden, såfremt det viser sig at være effektivt og økonomisk rentabelt. Ændring i foderstofbalancen er som tidligere omtalt en udbredt teknologi i dag, som også anvendes i Danmark for at optimere udbyttet. Hertil anvendes eksempelvis metanhæmmende stoffer, grovfoder/kraftfoder forholdet og fedtindholdet i foderet. Tiltagene har dog vist sig at være enten dyre, have indflydelse på dyrevelfærden eller have andre effekter såsom indflydelse på mælkefedtindholdet. Anvendelse af mikroorganismer eller nye græstyper kan derfor være en mulighed, der mangler dog stadig forskningsresultater for potentialet.

Forskning i teknologier til reduktion af metanudslippet i referencelandene Canada og New Zealand har i høj grad haft fokus på anvendelse af medicinering. Udenlandske rapporter har påvist, at medicinering kan nedsætte metanudledningen fra kvæget med mellem 5 og 30 pct.

Medicinering anvendes i Canada og New Zealand. Formålet med teknologierne er at effektivisere produktionen, og teknologien er således ikke anvendt for at reducere drivhusgasudslippet, men har en reducerende effekt på metandannelsen i vommen.

På New Zealand er det almindelig praksis, at landmænd anvender forskellige former for medicinering til at forbedre dyrenes produktivitet. Monensin er en af de mest anvendte former for medicin på New Zealand til at hæmme metanudledningen i forbindelse med kvægs fordøjelse. Herved effektiviseres omdannelsen og nedbrydningen af foder i maven. Dette medfører at dyrenes nødvendige foderindtag falder, samtidig med at produktiviteten fastholdes eller øges. (Ministry of Agriculture and Forestry 2001)

I EU landende er denne metode dog ikke tilladt, da det er vurderet at medicinering kan aflede uacceptable miljø- og sundhedsmæssige indvirkninger på dyr og mennesker. Ved en eventuel ophævelse af forbuddet kan det dog vise sig at være en effektiv metode til at nedsætte metanudledningen fra den animalske produktion.

4.1.2 Anvendelse af vækstfremmere

Udslippet af drivhusgasser fra husdyr kan reduceres gennem udvikling af større og mere effektive dyr ved anvendelse af bl.a. hormoner og anabolske steroider. Dermed kan færre dyr opretholde eller øge den samlede produktion.

Hormoner og anabolske steroider anvendes for at øge dyrenes masse og mælkeproduktion. Vækstfremmere anvendes ikke i EU. I Sverige er der som i flere andre EU-lande stor folkemæssig modstand mod anvendelse heraf. Til gengæld fremhæves opretholdelse af god sundhed hos dyrene, som den bedste forudsætning for at hæve produktiviteten. (Jordbruksverket 2004).

4.1.3 Gylleseparering

Der findes flere separeringsmetoder, lavteknologiske såvel som højteknologiske.

Lavteknologisk gylleseparering adskiller gyllen i en fiberfraktion og en væskefraktion. Fiberfraktionen, som er fast, bidrager med mindre metan og lattergasudslip end ved lagring af gylle i gylletanke. Den tynde væskefraktion svarer til tynd gylle, som siver hurtigt ned i jorden hvilket minimerer ammoniakfordampning og lugtgener. (Jacobsen et al. 2002).

Højteknologiske gylleseparationsanlæg kan adskille gyllen i flere værdifulde fraktioner. Afhængigt af anlæggets sorteringsteknologi kan separering ske i forskellige fraktioner. Fælles for anlægstyperne er, at slutprodukterne indeholder en fiberfraktion, et nitrat- (N), et kalium- (K), og et fosforkoncentrat (P) og en mere eller mindre ren vandfraktion eller tynd gyllefraktion.

Ved at have opdelt gyllen i flere fraktioner kan flere forureningskilder i forbindelse med husdyrgødning reduceres, herunder udslip af metan og lattergas fra lagring og udbringning.

Der er dog store usikkerheder i vurderingen af hvor store mængder drivhusgasser, der kan reduceres, derfor er der brug for yderligere forskningsresultater for teknologiens anvendelighed i denne sammenhæng. (Fødevarerøkonomisk Institut 2002)

4.1.4 Forsuring af gylle

Forsuring af gylle kan reducere ammoniaktabet og kan dermed medvirke til reduktion af drivhusgasudledningen. Effekten af forsuring af gylle på metanemissionen er i dag ikke klarlagt, men forsuringen øger muligheden for at udnytte nitrat i planteproduktionen.

Ammoniakfordampning er en indirekte kilde til lattergas. Det skønnes (jf. IPCC's metodik), at 1 pct. af fordampet ammoniak på et senere tidspunkt, dvs. efter deposition, vil blive frigivet til atmosfæren i form af lattergas. Gyllen forsures ved at tilsætte svovlsyre, så pH-værdien falder fra ca. 7,2 til ca. 5,5. Svovlsyren kan ikke tilsættes direkte, da der dermed skabes den giftige gas svovlbrinte. Dette forhindres ved at tilsætte luft samtidig med svovlsyren nedefra i tanken.

Såfremt den større gødningsværdi indregnes ved gødningsanvendelse i marken, vil effekten slå igennem i form af mindre tab af lattergas og nitratudvaskning. Hvis dette ikke er tilfældet, kan effekten af at begrænse ammoniaktabet i stald og lager være negativ, fordi udvaskningen i opgørelserne beregnes som en fast andel af den udbragte gødning, og emissionsfaktoren for lattergas fra udvasket N er 2,5 pct. (Søren O. Petersen 2005).

Der foreligger ikke tilstrækkelige forskningsresultater til at vurdere drivhusgaseffekten af gylleforsuring. Såfremt teknologien i fremtiden viser positive resultater med henblik på at nedbringe udledningen af drivhusgasser fra gyllelagre, har teknologien et potentiale i Danmark, da svineproduktionen generelt intensiveres og gyllemængden dermed øges.

4.2 Planteproduktion

4.2.1 Præcisionsgødsning

Teknologier til præcisionsgødsning anvendes allerede i flere lande heriblandt Danmark, *jf. afsnit 3.3.1*, men der forskes stadig i at optimere disse metoder. To af disse metoder beskrives kortfattet herunder.

Ved hjælp af jordprøver er det muligt at bestemme næringsstofindholdet på markerne og således udregne gødningsbehovet afhængig af afgrøde. Jordprøverne skal udtages i et mønster på marken, således at det er muligt at skabe et overblik over jordens gødningsbehov. Efter at have kortlagt marken kan det nøjagtigt bestemmes, hvor stor en mængde gødning der er behov for, afhængig af afgrøde og klima, til at opnå den optimale plantevækst og dermed undgå overgødsning på nogle arealer. For at udbringe gødningen i overensstemmelse med plantens behov er der brug for forbedrede gødningsspredere, der skal være i stand til at afveje den præcise gødningsmængde.

En mere avanceret form for præcisionsgødskning er anvendelse af avanceret Computer- og GPS teknologi. Teknologien muliggør spredning af gødningen med en avanceret gødningsspreader, der kan genkende planterne og analysere jordlaget, således at den nøjagtige gødningsmængde kan udregnes og tilføres markerne. Udstyret er mest anvendeligt på større landbrug, hvor der er rimelig variation i jordlaget og afgrøderne. Som et incitament for at anvende teknologien har landmanden mulighed for at forbedre udbyttet og øge indtjeningen.

4.3 Bioenergi

4.3.1 Fremstilling af bioethanol fra cellulose

Teknologien befinder sig i et udviklings-/demonstrationsstadium, men især USA og Canada satser gennem store støtteprogrammer for at fremme teknologiudviklingen.

Regeringen i Canada igangsatte i august 2003 et støtteprogram med formålet at reducere udslippet af drivhusgasser fra transportsektoren, og der ydes i den forbindelse finansiel støtte til udvikling af ethanol fremstilling af cellulose. (S&T Consultants et al. 2004). I USA har kongressen i forår 2005 vedtaget et støtteprogram til udvikling af cellulose baseret ethanol (Makinbladet, 2005).

CO₂-fortrængningseffekten fra bioethanol er næsten 100 pct., da hele den CO₂-indsats som opstår ved produktionen af afgrøden, tilskrives produktionen af salgsafgrøden (f.eks. korn).

En canadisk undersøgelse har vurderet CO₂-omkostningen til at ligge i et spænd på ca. 700-6.000 kr. det har ikke været muligt at vurdere de bagvedliggende antagelser på baggrund af det tilgængelige materiale, men det store spænd indikerer generelt usikkerheden ved brugen af teknologien. (IFEU 2004).

4.3.2 Biomass-To-Liquid teknologi

Som mulig fremtidig teknologi inden for bioenergien kan Biomass-To-Liquid teknologien nævnes, som dog i øjeblikket befinder sig i forsknings- og udviklingsstadiet. CO₂-effekter derfra er derfor ikke evalueret endnu. I princippet går teknologien ud på, at biomasse fra f.eks. restprodukter i landbruget, affald m.m. forgasses (forbrændes med iltunderskud) hvorefter der fremstilles kulstof- og brinholdig syntesegas. Syntesegassen oprenses efterfølgende, og ved en kemisk proces (Fischer-Tropsch Syntese) genereres der kulstofkæder, som kan anvendes som syntetisk brændstof i motorer. I Tyskland gennemføres udviklingsprojekter indenfor denne teknologi i samarbejde med bl.a. Shell og VW (The Energy Blog 2005).

4.3.3 Biomasse til brændstof til transport

Der findes forskellige andre teknikker som arbejder med omformning af biomasse til fremstilling af brændstoffer til transportformål. Deraf kan følgende nævnes: DME (Di-methyl ester), metanol eller fremstilling af hydrogen (bio-hydrogen - biologisk fremstilling af hydrogen, evt. rensat fra syntesegas m.m.). Disse teknologier befinder sig dog i forskningsstadiet og det vurderes, at de inden for de næste 5 år ikke vil spille en større rolle.

4.3.4 Pyrolyse af biomasse

Pyrolyse (forbrænding af biomasse med iltunderskud) er en proces som genererer en gas, der indeholder mange kondensater. Teknologien anvendes i forbindelse med forsøget på at syntetisere produkter, som kan anvendes til produktion af brændstoffer til transportformål, dog er teknologien i forskningsstadiet (Matti 2005).

4.3.5 Forgasning af biomasse

Via forgasning er det muligt at anvende biomasse/restprodukter fra landbruget til elektricitet og varmfremstilling. Ved forbrænding af biomassen fremstilles en gas som bliver brugt som brændstof i gaskedler, gasturbiner eller brændstofceller, og den samlede virkningsgrad vurderes til at kunne nå op på 100 pct. Som brændsel til forgasning kan træ, energiafgrøder eller halm anvendes, dog er teknologien i det store og hele i demonstrationsfasen, da det første storskala kommercielle anlæg p.t. er ved at blive bygget i Finland (Matti 2005).

Det var ikke muligt at finde dokumentation for, hvordan denne teknologi betragtes som muligt fremtidigt virkemiddel til CO₂-reduktion i referencelandene.

4.4 Sammenfatning

Fremtidige teknologier til reduktion af drivhusgasudslippet fra landbruget udmærker sig i det store og hele ved, at effekterne heraf er svært målbare. Flere af disse teknologier anvendes allerede, mens der forskes videre i forbedrede metoder.

Ændring i fodersammensætningen i den animalske produktion, bliver i dag anvendt i flere henseender for at påvirke produktionen af mælk og kød. I denne sammenhæng bliver der forsket i nye muligheder indenfor græstyper og anvendelse af mikroorganismer til forbedring af tarmfloraen hos drøvtyggere til reduktion af metan.

I referencelandene Canada og New Zealand er det almindelig praksis, at der anvendes vækstfremmere til forbedring af dyrenes produktion. Dette har også en positiv indflydelse på mængden af udledt metan. I EU-landene er denne praksis dog ikke tilladt på nuværende tidspunkt.

Forbedret gyllehåndtering kan være en af de fremtidige teknologier, som kan bidrage til reduktion af drivhusgasudledningerne fra landbruget. Dette kan gøres ved hjælp af højteknologisk gylleseparation og/eller forsuring af gylle. Teknologierne er i dag ikke særlig udbredte i hverken referencelandene eller i Danmark, da der stadig kræves en større forskningsindsats og afprøvning på demonstrationsanlæg. Da der er en væsentlig gyllemængde specielt fra svineavl i Danmark har teknologierne umiddelbart et potentiale, som dels kan nedbringe udslippet af drivhusgas og dels kan afhjælpe dele af landbrugets øvrige miljøproblemer.

Præcisionsgødsning er en af de teknologier, der både gavner landmandens egen nytte og miljøet. Der findes flere forskellige teknikker til præcisionsgødsning, hvoraf de mere avancerede i fremtiden kan bidrage til endnu bedre og mere præcis gødsning i forhold til planternes behov. Dette

vil yderligere reducere drivhusgasudslip, da en større andel af den tilførte næring vil optages af planterne. Dette vil ligeledes mindske nitratudslip fra markerne.

Der bliver i dag forsket i flere teknikker til anvendelse af forskellige former for biomasse til bioenergi. Af de teknologier der i dag bliver forsket i kan nævnes: Biomass-to-liquid teknologien, hvor biomasse forgasses, hvorefter der fremstilles kulstof- og brinholdig syntesegas; DME, metanol og biohydrogen kan fremstilles af biomasse og anvendes som biobrændstoffer til transportformål; gasudvinding af biomasse via pyrolyse samt forgasning af biomasse til varme- og energifremstilling. Fælles for alle disse teknikker er, at de ikke direkte genererer CO₂-reduktioner i landbrugssektoren, men indirekte via fortrængning af fossil energi i energi- og transportsektoren. Teknologierne befinder sig alle mere eller mindre på forskningsstadiet og kræver generelt en større forskningsindsats, før det er muligt at vurdere effekten og potentialet for anvendelse af teknologierne i Danmark.

Ved at undersøge virkemidler inden for bioenergi vurderes det, at det største fremtidige potentiale til fremme af bioenergi ligger i at anvende landbrugets restprodukter til energiformål. Det gælder både deres anvendelse til kraftvarmeproduktion og anvendelse til biobrændstoffer.

5 Oversigtskema over teknologierne og virkemidlerne

Dette kapitel opsummerer informationer vedrørende de nuværende teknologier og virkemidler herunder tiltagens effekt samt CO₂-omkostning, i det omfang oplysningerne har været tilgængelige. Disse informationer fremgår af tabel 5.1.

Tabellen er opbygget efter samme kronologi som kapitel 3, således gennemgås teknologierne inden for animalsk produktion, planteavl, ændring i arealanvendelsen og bioenergi.

For nogle lande har det kun været muligt at finde oplysninger om anvendte virkemidler, men ikke nogen effekt eller reduktionsomkostning. For andre lande har det kun været muligt at finde en reduktionsomkostning og/eller CO₂-effekt, uden oplysninger om virkemidler, der har påvirket effekten eller er forbundet med reduktionsomkostningen. Hvor tabellens felter er tomme, er der ikke fundet nogen oplysninger.

Tabel 5.1: Oversigtsskema over resultater fra kapitel 3.

Teknologi	Land	Virkemiddel	Effekt	Reduktionsomkostning
Animalsk produktion	Canada			
	Danmark		0,30 mio. ton CO ₂ -ækv. (kvæg) 0,16 mio. ton CO ₂ -ækv. (svin)	320 kr. pr. ton CO ₂ -ækv. (kvæg) 580 kr. pr. ton. CO ₂ -ækv. (svin)
	Frankrig			
	Holland	Regulering til beskyttelse af overgræssede arealer		
	New Zealand	<i>Reduceret økonomisk støtte</i> Landbrugsstøtten er blevet reduceret fra 11 pct. i 1986-88 til 2 pct. i 2002-2004		
	Spanien			
	Storbritannien	<i>Påbud / Økonomisk støtte</i> Regulering til beskyttelse af overgræssede arealer. Der ydes støtte til landmænd der anvender " miljøvenlig praksis " i deres produktion, herunder nedskæringer i besætningen.		
	Sverige	<i>Ingen</i> Reduktion i bestand skyldes økonomiske konjunkturer og effektiviseringer i landbruget.	Fald i antallet af malkekvæg fra 576.000 – 419.000 dyr mellem 1990 og 2001	
	Tyskland			
	Østrig	<i>Ingen</i> Reduktion i husdyrbestanden grundet konjunkturudviklingen		
Ændring i fodersammensætningen	Canada	<i>Økonomisk støtte</i> Midler til forskning	Ved den perfekte balance i svinefoderets kvælstofindhold, har det vist sig, at udslippene af kvælstof fra fordøjelsen kan reduceres med op til 50 pct.	
	Danmark	<i>Ingen</i>	0,48 mio. ton CO ₂ -ækv. Ved inddragelse af 10 pct. af Danmarks ca. 600.000 malkekøer.	-55 kr. pr. ton CO ₂ -ækv.

	Frankrig			
	Holland			
	New Zealand			
	Spanien			
	Storbritanien			
	Sverige	<i>Ingen</i> 25 pct. af de sammensatte kulhydrater i foderet er på forsøgsbasis blevet erstattet med enkelte kulhydrater	20 pct. mindsket metan udledning	
	Storbritanien			
	Østrig			
	Canada			
	Danmark		65.000 ton CO ₂ ækv. (metan) og 26.000 ton CO ₂ -ækv. (lattergas)	
	Frankrig			
	Holland			
	New Zealand			
	Spanien			
	Storbritanien	<i>Påbud / forbud</i> Større svinefarme er i dag reguleret under EU's IPPC direktiv, og de fleste mindre svinefarme vil også blive underlagt retningslinierne i IPPC direktivet i 2007. Svinefarmene skal anvende BAT til at reducere udledninger. IPPC direktivet forpligter landmændene til at overdække nye gylletanke og med tiden også eksisterende gylletanke.		
Gyllehåndtering				

	Sverige	<i>Påbud</i> Landbrug med mere end 100 dyreenheder skal kunne opbevare gødning svarende til 8 måneders gylleproduktion fra kvæg, heste, får og geder, samt 10 måneders produktion fra andre dyr. I særligt følsomme områder (udvalgte områder og len), skal landbrug med mellem 10 og 100 dyreenheder desuden kunne opbevare gylleproduktion fra 6 måneder for kvæg, heste, får og geder, samt 10 måneders gylleproduktion fra øvrige dyr fra landbruget. Gylletanke skal være tætte og begrænsede i forhold til omgivelserne. For udpegede følsomme områder eller len gælder det at påfyldning af flydende gødning skal ske under dække, og have et stabilt flydelag eller dække som effektivt reducerer ammoniakudslip.	Reduktion af metanudled- ningen på mellem 30-40 pct. ved tildækning af gyllelagre med fast flydelag.	
	Tyskland			
	Østrig			
Planteavl				
Tilpasset gødskning				
	Canada			
	Danmark	<i>Økonomisk støtte</i>		0-1520 kr. pr. ton. CO2. (for anvendelse af nitriifikationshæmmende stoffer)
	Frankrig	<i>Information / Økonomisk støtte</i> Information om tilpasning af gødningsmængder. I Frankrig kan landmænd få mellem 30 og 50 pct. støtte til gyllesystemer, der forbedrer udbringningen af gylle.		
	Holland	<i>Information</i> Information om tilpasning af gødningsmængder.		
	New Zealand			
	Spanien			
	Storbritan nien	<i>Information</i> Information om tilpasning af gødningsmængder. 55 pct. af landbrugsarealet i Storbritannien er beskyttet som nitratsårbar zone. 30 £ i støtte pr. hektar i programmet "Entry Level Stewardship" (ELS) og 60 £ i støtte pr. hektar i programmet "Organic Entry Level		

	<p>Sverige</p>	<p>Stewardship" (OELS). <i>Påbud / Forbud / økonomisk støtte</i> Økonomisk støtte til landmænd, der fremmer anvendelse af systemer, der begrænser nitratudvaskningen Regulering af kvælstofudledning ved: Skat/afgift på handelsgødning STANK (dataprogram til beregning af optimal N-tilførsel) Påbud om nedpløjning af gødning indenfor bestemte tidsrum, afhængigt af måned og område (følsomt/ikke følsomt) Forbud mod gødskning i følsomme områder på vandmættet, snedækket eller frossen jord. I særligt udpegede områder skal gødskning med flydende gødning ske vha. udvalgte teknikker.</p>		
Dyrkning af kvælstoffikserende afgrøder	Tyskland			
	Østrig	<i>Information / økonomisk støtte / Forbud</i> Information om tilpasning af gødningsmængder. Økonomisk kompensation for fravalg af brug af produktionsfremmende tiltag (heriblandt gødskningsilttag). I Østrig er over 20 pct. af landbrugsarealet beskyttet mod anvendelse af nitrat og der er begrænsninger for udbringningen af handelsgødning og gylle på 175 kg N pr. hektar landbrugsjord og 210 kg N pr. hektar på græsningsarealer. <i>Anbefaling</i>	Binding af 19,5 g N/kg tør biomasse	
	Canada	<i>Anbefaling</i>		
	Danmark			
	Frankrig	<i>Anbefaling</i>		
	Holland			
	New Zealand			
	Spanien			
	Storbritannien	<i>Anbefaling</i>		
	Sverige	<i>Anbefaling</i> Anbefales i forbindelse med økologisk jordbrug		

	Tyskland Østrig	<i>Økonomisk støtte</i> Program for afkald på produktionsfremmende dyrkningsmetoder, herunder brug af handelsgødning. Dette kan indirekte medføre dyrkning af kvælstoffikserende afgrøder.		
Grøn gødskning	Canada			
	Danmark		Nedmuldning af 4,8 og 12 t halm pr. ha giver øger kulstofpuljen med hhv. 12, 21 og 30 pct.	
	Frankrig			
	Holland			
	New Zealand			
	Spanien			
	Storbritanien			
	Sverige			
	Tyskland			
	Østrig	<i>Information</i> Miljøprogram, der fremme udbredelsen af grøn gødskning		
Anvendelse af afgrøderester til jordbehandling	Canada	<i>Anbefaling</i>	10-20 pct. øget kulstofindhold	
	Danmark	<i>Forbud</i> Forbud med markafbrænding		
	Frankrig			
	Holland	<i>Forbud</i> Forbud med markafbrænding		
	New Zealand			
	Spanien			
	Storbritanien	<i>Forbud</i> Forbud med markafbrænding		
	Sverige	<i>Anbefaling</i> Anbefales i forbindelse med økologisk jordbrug		
	Tyskland			
	Østrig	<i>Økonomisk støtte</i> <i>Forbud</i> Forbud med markafbrænding		
Pløjefri dyrkning	Canada	<i>Anbefaling</i>		

Kalkning	Danmark	Forbedret teknologi og anbefaling af pløjefri dyrkning		
	Frankrig			
	Holland			
	New Zealand	<i>Anbefaling</i>		
	Spanien	<i>Anbefaling</i> Forbedret teknologi og anbefaling af pløjefri dyrkning		
	Storbritanien			
	Sverige	<i>Anbefaling</i>		
	Tyskland			
	Østrig	<i>Økonomisk støtte</i>		
	Canada			
	Danmark			
	Frankrig			
	Holland			
	New Zealand			
	Spanien			
	Storbritanien			
	Sverige			
Tyskland				
Østrig				
/Endring i arealanvendelsen				
Udtagning af landbrugsarealer og beplantnings af brakmarker	Canada			
	Danmark	<i>Økonomisk støtte / Påbud</i>		
	Frankrig	<i>Økonomisk støtte</i>		
	Holland			
	New Zealand			
	Spanien			
	Storbritanien			
	Sverige	<i>Forbud / Anbefaling</i>		
	Tyskland			
	Østrig	<i>Anbefaling</i>		

Organiske jorder	Canada			
	Danmark	<i>Påbud / Økonomisk støtte</i>		
	Frankrig	<i>Forbud</i> Forbud mod at tage marker på organiske jorder ud af omdrift, med mindre omlægningen skyldes ønske om naturbeskyttelse.		
	Holland	<i>Forbud</i> Forbud mod at tage marker på organiske jorder ud af omdrift, med mindre omlægningen skyldes ønske om naturbeskyttelse.		
	New Zealand			
	Spanien			
	Storbritanien			
	Sverige	<i>Nedlagt økonomisk støtteordning</i> Tidligere var der støtte til dyrkning af arealer med organiske jorder.		
	Tyskland			
	Østrig			
	Canada			
	Danmark	<i>Økonomisk støtte</i>		Danske skove binder 0,109 mio. ton CO ₂ /år (Brunner et al. 2005). Dette svarer til en gennemsnitlig CO ₂ -binding på 0,22 ton CO ₂ /år/ha.
	Frankrig	<i>Økonomisk støtte</i>		
	Holland	<i>Økonomisk støtte</i> Der udstedes CO2-certifikater ved skovrejsning til den part, der betaler for projektet		
New Zealand				
Spanien				
Storbritanien				
Sverige				
Tyskland				
Østrig				
Canada	<i>Økonomisk støtte</i> Planter til læhegn kan afhentes uden beregning.			
Danmark	<i>Økonomisk støtte</i>			
Frankrig	<i>Økonomisk støtte</i>			

	Holland			
	New Zealand			
	Spanien			
	Storbritanien			
	Sverige			
	Tyskland			
	Østrig			
Bioenergi				
Anvendelse af restprodukter	Canada			
	Danmark			
	Frankrig			
	Holland	<i>Påbud</i> Der er indgået en aftale mellem regering og energiselskaber om, at 475 MegaWatt skal erstattes med (uspecificeret) biomasse		
	New Zealand			
	Spanien			
	Storbritanien			
	Sverige			
	Tyskland			
	Østrig			
	Canada			
	Danmark	<i>Økonomisk støtte</i>		
	Frankrig	<i>Økonomisk støtte</i> Der ydes et tilskud på 330 kr. til dyrkning af energijafrøder pr. hektar. Der gives en afgiftsfritagelse for ethanol på ca. 2.80 kr. pr. liter. Der gives en afgiftsfritagelse for ethanol på ca. 2.80 kr. pr. liter biodiesel.		
Holland	<i>Økonomisk støtte</i> Der ydes et tilskud på godt 330 kr. til dyrkning af energijafrøder pr. hektar.			
New Zealand				
Separat produktion af energijafrøder	Canada			
	Danmark	<i>Økonomisk støtte</i>		

Biogas	Spanien	<p><i>Økonomisk støtte</i> Der ydes et tilskud på godt 330 kr. til dyrkning af energiafgrøder pr. hektar.</p> <p>Der er fuld afgiftsfritagelse på 3 kr. pr. liter bioethanol.</p> <p>Der gives tilskud til opførelse af anlæg til produktion af biobrændstoffer.</p>			
	Storbritanien	<p><i>Økonomisk støtte</i> Der ydes et tilskud på godt 330 kr. til dyrkning af energiafgrøder pr. hektar.</p>			
	Sverige	<p><i>Økonomisk støtte</i> Der ydes et tilskud på godt 330 kr. til dyrkning af energiafgrøder pr. hektar.</p> <p>Der er fuld afgiftsfritagelse på bioethanol svarende til godt 3,50 kr. pr. liter.</p>			Import 400 kr. Egen produktion 2.300 kr.
	Tyskland	<p><i>Økonomisk støtte</i> Der ydes et tilskud på 334,80 kr. til dyrkning af energiafgrøder pr. hektar.</p> <p>Staten yder en afgiftsfritagelse på godt 4,80 kr. pr. liter.</p> <p>Der er fuld afgiftsfritagelse på biodiesel svarende til 3,5 kr. pr. liter.</p>			
	Østrig	<p><i>Økonomisk støtte</i> Der ydes et tilskud på 334,80 kr. til dyrkning af energiafgrøder pr. hektar.</p>		Produktion af biodiesel vurderes at have et reduktionspotentiale på 0,3 mio. ton pr. år	
	Canada				
	Danmark				43 kr. pr. reduceret ton CO ₂ , med sideeffekt og 589 kr. pr. ton CO ₂ uden sideeffekt
	Frankrig				
	Holland				
	New Zealand				
Spanien					

Storbritannien				
Sverige	<i>Økonomisk støtte</i> Investeringsstøtte til biogasbiler, samt afgiftsfritagelse af biogas som brændstof til transport, desuden en række fordele for biler, der kører på biogas.			
Tyskland		<i>Økonomisk regulering</i> Feed-in tariff (se tabel 3.4)		
Østrig		<i>Økonomisk regulering</i> Feed-in tariff (se tabel 3.4) Information	1700 – 2300 kr. pr. ton CO2	

6 Referencer

AAFC (Agriculture and Agri-Food Canada), 2005:

http://www.agr.gc.ca/pfra/shelterbelt/wildlife_e.htm 26/9 2005.

AEA (Österreichischen Energieagentur), 2004: Energieeffizienz und Erneuerbare 2010. Austria.

Bates et al., 2001: Economic Evaluation of Emission Reductions of Nitrous Oxides and Methane in Agriculture in the EU Bottom-up Analysis, UPDATED Final report. AEA Technology Environment. Storbritannien.
http://res2.agr.gc.ca/initiatives/manurenet/download/ghg_eu_agriculture.pdf

Brewer, Alan, 2005: Department for Environment, Food and Rural Affairs: E-mail kommunikation

Brunner, Andreas, Vivian Kvist Johansen & Lars Vesterdal, 2005: Effekten af statskovenes overgang til naturnær drift på kulstofbinding i skovene. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen 10/2005. Miljøstyrelsen.

Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit, 2002, Austria: Verordnung des Bundesministers für Wirtschaft und Arbeit, BGBl. II Nr. 508/2002. BMWA, mit der Preise für die Abnahme elektrischer Energie aus Ökostromanlagen festgesetzt werden.

Bundestag, 2004, Germany: Renewable Energy sources Act of 21st July 2004.

Christensen, Bent T, 2005: Kulstof I dyrket jod – vurdering af potentiale for øget lagring. I: Olesen, Jørgen E. (red.), 2005: Drivhusgasser fra jordbruget – reduktionsmuligheder. DJF rapport Markbrug nr. 113, januar 2005. Danmarks JordbrugsForskning.

DJF (Danmarks JordbrugsForskning) 2005:

<http://www.agrsci.dk/afdelinger/forskningsafdelinger/jpm/grupper/plantedyrkning> 01/11 2005

Danmarks statistik, 2005:

<http://www.statistikbanken.dk/statbank5a/default.asp?w=1024> 12/10 2005

Department for Environment, Food and Rural Affairs 2005: Environmental Stewardship. Storbritannien. <http://www.defra.gov.uk/erdp/pdfs/es/es-promotional-booklet.pdf> 29/10 2005

E-Control 2005: Bericht über die Ökostrom-Entwicklung und fossile Kraft-Wärme-Kopplung in Österreich. Austria.

EF, 1991: EF-Tidende nr. L 375 af 31/12/1991 s. 0001 – 0008, 1991:Rådets direktiv 91/676/EØF af 12. december 1991 om beskyttelse af vand mod forurening forårsaget af nitrater, der stammer fra landbruget.

http://europa.eu.int/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexplus!prod!CELEXnumdoc&lg=da&numdoc=391L0676

Energistyrelsen Arbejdsgruppe 5, 2005: Strategi for forskning, udvikling og demonstration vedrørende brintteknologi i Danmark
[http://www.miljoenligelproduktion.dk/media\(326,1030\)/Internationalt_samarbejde.pdf](http://www.miljoenligelproduktion.dk/media(326,1030)/Internationalt_samarbejde.pdf) d. 01/11 2005

Environment Agency, 2001: Best Farming Practices, Profiting from a good Environment (Revised 2003), Storbritannien. <http://www.environment-agency.gov.uk/business/444304/444312/668607/669460/797716/669400/?version=1&lang=e>

Europaparlamentet, 2003: Europaparlamentets og Rådets direktiv 2003/30/EF af 8. maj 2003 om fremme af anvendelsen af biobrændstoffer af andre fornyelige brændstoffer til transport.

Finansministeriet, 2003: En omkostningseffektiv klimastrategi. Finansministeriet.

Fødevarerøkonomisk Institut, 2002: Samfundsøkonomiske analyser af biogasfællesanlæg, rapport no. 136. Fødevarerøkonomisk Institut.

Hansen, M.N., Petersen, S.O., Sommer, S.G. & Asman, W.A.H., 2004. Drivhusgasudledninger fra håndtering af husdyrgødning. I: Olesen, J.E., Petersen, S.O., Gyldenkerne, S., Mikkelsen, M.H. Jacobsen, B.H. Vesterdal, L., Jørgensen, A.M.K., Christensen, B.T., Abildtrup, J., Heidmann, T. & Rubæk, G. (red). Jordbrug og klimaændringer – samspil med vandmiljøplaner. DJF rapport Markbrug nr. 109. Danmarks JordbrugsForskning.

IFEU, 2004: CO₂ mitigation for biofuels in the transport sector. Heidelberg. Germany.

Jordbruksverket, 2004: Förutsättningar för en minskning av växthusgasutsläppen från jordbruket. Rapport 2004:1. Jordbruksverket. Sverige.

Jönsson, Ove: Svenskt Gastekniskt Center AB, Biogas upgrading and use as transport fuel. <http://www.novaenergie.ch/iea-bioenergy-task37/Dokumente/06%20biogasupgrading.pdf> 15-10-2005

Lampert, Christopher, 2005: Bundesministerium f. Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung V/4 - Klima- und Immissionsschutz. Samtale 22/9 2005

Landsforeningen De Danske Planteforeninger, 2005: www.laeplant.dk 19/10 2005

Maskinbladet 2005: 22 marts

Matti Nieminen, 2005: VTT Processes, Gasification and gas cleaning: e-mailkorrespondance 19.08.2005

Miljøministeriet, 2005: Danmarks klimapolitiske mål og resultater. Miljøministeriet.

Ministry for the Environment, 2005: New Zealand's Greenhouse Gas Inventory 1990-2003. Ministry for the Environment. New Zealand.

Ministry of Agriculture and Forestry, 2001: Potential management practices and technologies to reduce nitrous oxide, methane and carbon dioxide emissions from New Zealand agriculture. Ministry of Agriculture and Forestry. New Zealand.

Naturvårdverket, 2004: Rapport 5433, skattebefrielse för biodrivmedel. – Leder den rätt?

Netherlands Agency for Energy and the Environment, 2003: Biofuels in the Dutch market: A fact-finding study. Netherlands Agency for Energy and the Environment. The Netherlands.

OECC (Oficina Española de Cambio Climático), 2005: National Allowance Allocation Plan 2004. OECC. Spain.
http://www.mma.es/oecc/pdf/spanish_nap.pdf 19/10 2005.

OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development), 2002: Joint Agricultural Practices that Reduce Greenhouse Gas Emissions: Overview and results of survey instrument. COM/EPOC/AGR/CA (1998)149/FINAL. OECD. France.

OECD, International Energy Agency, 2004: Biofuels for Transport – An International Perspective.

OECD, 2005: PSE/CSE database.
<http://www.oecd.org/dataoecd/45/21/35331950.pdf>

Olesen, Jørgen E.: Danmarks JordbrugsForskning. Samtale d. 1/11 2005.

Olesen, Jørgen E., Elly M. Hansen og Lars Elsgaard, 2005: Udledning af drivhusgasser ved pløjefri dyrkningssystemer. I: Olesen, Jørgen E. (red.), 2005: Drivhusgasser fra jordbruget – reduktionsmuligheder. DJF rapport Markbrug nr. 113, januar 2005. Danmarks JordbrugsForskning.

Posch, Alois, 2005: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft. Samtale d. 14/10 2005.

Rech, Thomas, 2005: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt- und Wasserwirtschaft. Samtale d. 3/11 2005.

Skov og Naturstyrelsen, 2005: www.sns.dk 20/10 2005.

Statens Jordbrugs- og Fiskeriøkonomiske Institut 2001a: Rapport nr. 125, Langsigtede biomasseressourcer til energiformål - mængder, omkostninger og markedets betingelser. Statens Jordbrugs- og Fiskeriøkonomiske Institut.

(S&T)² Consultants inc. and Meyers Norris Penny LLP, 2004: Economic, Financial, Social Analysis and Public Policies for Fuel Ethanol Phase 1. Natural Resources Canada. Canada.
<http://www.greenfuels.org/ethanol/pdf/OConnor-Report-Ethanol-2004.pdf>
15/09 2005

Statens Jordbrugs- og Fiskeriøkonomiske Institut 2001b: Rapport nr. 131, Energiagrødeprogrammet, Hovedrapport. Statens Jordbrugs- og Fiskeriøkonomiske Institut.

Sveriges Riksdag, 1998: Förordning (1998:915) om miljöhänsyn i jordbruket. Sveriges Riksdag.

Swedish Environmental Protection Agency, 2004: Achieving climate targets. Swedish Environmental Protection Agency. Sweden.

Søren O. Petersen, 2005: Danmarks JordbrugsForskning , Forskningscenter Foulum, e-mailkorrespondance 24.10.2005.

The Energy Blog, 2005:

http://thefraserdomain.typepad.com/energy/2005/08/shell_investmen.html
20/10 2005.

TU Graz, 2003: Treibhausgasemissionen von Transportsystemen – Vergleich von biogenen und fossilen Treibstoffen, in AEA 2004.

UNFCCC 2005: Greenhouse Gas Inventory.

<http://ghg.unfccc.int/> 15/09 2005

UNFCCC, 2005 (France): Third National Communication under the UN Framework Convention on Climate Change. France.

<http://unfccc.int/resource/docs/natc/france3.pdf> 17/8 2005.

UNFCCC, 2005 (Germany): Third National Communication under the UN Framework Convention on Climate Change. Germany.

<http://unfccc.int/resource/docs/natc/gernc3.pdf> 17/8 2005.

UNFCCC, 2005 (Sweden): Third National Communication under the UN Framework Convention on Climate Change. Sweden.

<http://unfccc.int/resource/docs/natc/swenc3.pdf> 17/8 2005.

UNFCCC, 2005 (the Netherlands): Third National Communication under the UN Framework Convention on Climate Change. The Netherlands.

<http://unfccc.int/resource/docs/natc/netnc3.pdf> 17/8 2005.

Videncenter for Halm- og Flisfyring, 1998: Halm som Energiformål.

http://www.videncenter.dk/gule%20halm%20haefte/Gul_Dansk/halm-DK02.pdf 15/09 2005

Wahlander, Johan, 2005: Jordbruksverket. Interview d. 19/10 2005.

Weisbjerg R., Martin, Torben Hvelplund, Peter Lund og Jørgen E. Olesen 2005: Metan fra husdyr: Muligheder for reduktion ved ændret fordring. I:

Olesen, Jørgen E. (red.), 2005: Drivhusgasser fra jordbruget – reduktionsmuligheder. DJF rapport Markbrug nr. 113, januar 2005.

Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, Danmarks JordbrugsForskning.

Økonomimodelgruppen, 2003. Omkostninger ved reduktion af næringsstoffabet til vandmiljøet. Fødevarøkonomisk institut, Danmarks Miljøundersøgelser. www.vmp3.dk