

Økologi som virkemiddel i klimasammenhæng

Indhold

1. Indledning
2. Produktionsforhold der henholdsvis mindsker eller øger udledning af klimagasser
3. Estimering af effekter pr. henholdsvis areal eller produceret enhed
4. Udviklingsmuligheder i forhold reduceret klimapåvirkning
5. Klimatilpasning ved økologisk produktion
6. Konklusion

1. Indledning

Der kan være en række klimarelaterede effekter knyttet til økologisk produktion og forbrug. Nærværende notat omhandler hvorledes den økologiske produktionsmetode – i primærproduktionen påvirker klimarelaterede emissioner.

Udover landbrugets bidrag til udledning af CO₂ i forbindelse med forbruget af energi (afbrænding af fossile brændstoffer) til transport, markoperationer, varme samt til produktion af hjælpestoffer som handelsgødning og pesticider, medfører landbrugsproduktionen udledninger af andre drivhusgasser. Det gælder især metan (CH₄) og lattergas (N₂O). Drivhuseffekten af metan og lattergas er hhv. 21 og 310 gange kraftigere end effekten af kuldioxid (CO₂), og det betyder, at disse forhold har stor betydning for jordbrugets samlede drivhusgasudledning. Metan-emissionen er i det væsentligste knyttet til drøvtyggernes fordøjelse samt til håndtering af husdyrgødningen. Lattergas emissionen er i vid udtrækning knyttet til anvendelse af handelsgødning samt håndtering af husdyrgødning. Samtidig kan landbrugsproduktionen gennem den aktuelle arealanvendelse påvirke atmosfærens indhold af CO₂ ved enten at frigøre eller binde kulstof i dyrkningsjorden.

I notatet bruges for nemheds skyld summen af drivhusgasser omregnet til CO₂ ækvivalenter (GWP), hvor effekten af metan og lattergas er indregnet, idet det er det gængse udtryk i forhold til at vurdere effekten på den globale opvarmning.

Den måde hvorpå økologisk jordbrug påvirker drivhusgasudledningen er afhængig af, hvordan det økologiske jordbrug påvirker de nævnte faktorer, hvilket igen afhænger af, hvilken produktionsgren der er tale om.

Sammenlignet med en konventionel produktion er økologisk produktion karakteriseret ved

- At der ikke anvendes handelsgødning og pesticider
- At der i højere grad indgår kvælstof fikserende afgrøder i sædskiftet
- At der er behov for en højere grad af mekanisk jordbearbejdning
- At planteavlsbedrifter har en større andel græs og brak i sædskiftet.
- At malkekvægsbesætninger har relativt mere græs end majs i sædskiftet
- At svinebedrifter har mere græs i sædskiftet på bekostning af korn
- At protein (kvælstof) tildelingen til husdyrene er relativt højere, hvilket påvirker mængden

af N der håndteres i husdyrgødningen

- At der anvendes mindre importeret proteinfoder på husdyrbedrifterne
- At det samlede foderforbrug pr. kg produceret kød fra fjerkræ og svin er højere
- At fjerkræ og svin i en vis udstrækning går ude (på græs)
- At malkekøerne i højere grad afgræsser
- At der i højere grad anvendes dybstrøelse eller andre halmbaserede gødningssystemer på bekostning af gyllesystemer.
- At kornudbyttet pr. ha er væsentlig lavere og mælkeproduktionen pr. ko er noget lavere

2. Produktionsforhold, der henholdsvis mindsker eller øger udledning af klimagasser

2.1. Undladelse af handelsgødning til fordel for anvendelse af N fikserende afgrøder

I økologisk produktion anvendes i vis udstrækning kvælstof fikserende afgrøder (i stedet for handelsgødning) for at tilgodese planternes kvælstof behov. Der er et betydeligt energiforbrug forbundet med fremstilling af handelsgødning (ca. 65 MJ/kg N). Samtidig frigøres lattergas i forbindelse med kvælstofdynamikken i jorden. Mens der tidligere ikke blev skelnet mellem N stammende fra handelsgødning eller fra biologisk N-fiksering, er det nu fundet, at lattergas emissionen ved biologisk N-fiksering kan sættes til nærmest 0, mens der gennemsnitlig regnes med at 1,0% af tilført handelsgødnings-N frigøres som lattergas (IPCC, 2006). Det betyder en klar reduktion af drivhusgasemissionen ved at erstatte handelsgødnings-N med biologisk fiksering.

2.2 Anvendelse af mekanisk ukrudtsbekæmpelse i stedet for herbicider.

Der ses kun små forskelle i det direkte energiforbrug mellem økologiske og konventionelle landbrugsafgrøder (Refsgaard et al., 1998). Energiforbruget var af størrelsesordenen 4000 MJ/ha, svarende til udledning af 360 kg CO₂ ækv/ha. Dieselforbruget ved de to former for ukrudtsbekæmpelse er næsten ens, idet behovet for ekstra harvninger i en vis udstrækning modvirkes af mindre behov for sprøjtninger. Der er kun ufuldstændige oplysninger om det energiforbrug, der er ved fremstilling og håndtering af pesticider, men det afhænger i meget høj grad af det enkelte pesticid. Saunders et al. (2006) har anslået dette energiforbrug til af størrelsesordenen 2000 MJ pr. ha korn svarende til emission af ca. 180 kg CO₂/ha, og Küstermann et al. (2007) estimerer CO₂ emissionen forbundet med pesticidforbruget på et konventionelt sædskifte til 190 kg CO₂/ha.

Sammenfattende vurderes det således kun at have en marginal (men positiv) effekt på klimapåvirkningen at erstatte anvendelse af herbicider med mekanisk ukrudtsbekæmpelse. Dette er dog vurderet på landbrugsafgrøder og der kan være større forskelle (++) og (--) for grønsagsafgrøder.

2.3. Kløvergræs i stedet for andre afgrøder i sædskiftet

Ved ændret arealanvendelse påvirkes både N dynamikken (og dermed emission af lattergas) og kulstofdynamikken (og dermed kulstof lagring(+/-) i jorden). Begge dele betyder noget for den samlede drivhusgasudledning. Olesen (2008) sammenlignede sædskifter baseret på med 25% kløvegræs versus alene korn og bælgeplanter til modenhed og med lidt forskellig gødskningsstrategi, herunder anvendelse af handelsgødning i moderate mængder. Foreløbige resultater viser, at den samlede drivhusgasudledning pr. ha i det økologiske sædskifte med kløvergræs var ca. 2/3 af et sædskifte uden kløvergræs. Mens lattergasemissionen var næsten ens for økologiske sædskifter med og uden græs var der en kulstoffrigørelse fra sædskifterne uden kløvergræs, hvilket bevirkede den nævnte ændring i CO₂-emission (ækvivalenter). For det

konventionelle sædskifte uden kløvergræs var der en lidt højere emission af lattergas, men en mindre nettokulstoffrigørelse fra jorden end i det økologiske sædskifte uden kløvergræs.

Målingerne i de ovennævnte forsøg (Olesen et al., 2007) kvalificerer tidligere modelberegninger, der viser, at inklusion af græsafgrøder i et sædskifte betyder, at der (netto) frigøres mindre kulstof fra jorden/ opbygges kulstof i jorden, hvilket alt andet lige betyder en mindre CO₂ emission fra sådanne dyrkningssystemer. I forsøget omtalt ovenfor var forskellen 0,6-0,7 t CO₂/ ha total areal, og det er således en betydelig gevinst, der kan opnås ved økologisk produktion, når der indgår mere kløvergræs i sædskiftet.

2.4 Anvendelse af dybstrøelse frem for gyllesystemer

For kvæg - og svinegødning antages lattergas emissionen at være ca. dobbelt så stor ved dybstrøelsessystemer som ved gyllesystemer (ICCP, 2006). Både for kvæg og svin bruges der hyppigere dybstrøelse ved økologisk end ved konventionel produktion, men for kvægets vedkommende tyder det på, at nye økologiske systemer i mindre udstrækning baseres på dybstrøelse.

2.5 Større foderforbrug til en given fjerkræ- og svineproduktion

Foderforbruget er den enkeltfaktor, der betyder mest for emission af drivhusgasser i husdyrproduktionen. I svineproduktionen er det således fundet at 2/3 af den samlede drivhusgasudledning for et kg svinekød hidrører fra produktionen af foder (Dalgaard et al., 2007). Da foderforbruget til fremstilling af fjerkræprodukter og svinekød er højere end ved konventionel produktion vil dette isoleret set betyde en større drivhusgasudledning ved økologisk produktion.

Ved økologisk produktion tilstræbes at en stor andel af foderet produceres i Danmark, hvilket alt andet lige kunne betyde mindre energiforbrug til transport. Analyser (Dalgaard et al., 2007) viser imidlertid, at transport af foder med skib kun har en meget begrænset indflydelse på den samlede drivhusgasbelastning ved produktion af animalske produkter. Evt. transport med lastbil betyder derimod noget, men der er ikke grund til at antage at denne del vil være væsentlig forskellig mellem økologisk og konventionel produktion – i hvert fald ikke som svine- og fjerproduktionen er organiseret i Danmark med meget specialiserede enheder.

2.6. Husdyr på græs

Den økologiske svine – og fjerkræproduktion er meget forskellig fra den konventionelle i og med, at husdyrene har adgang til et græsnings-/udeareal. Herved afsættes betydelige mængder husdyrgødning udendørs. Generelt antages det, at en lidt større del af husdyrgødningens N indhold bliver til N₂O ved afsætning på græs (0,02) frem for at blive håndteret i et traditionelt gødningssystem, hvor emissionerne fra selve gødningssystemet varierer mellem 0 for gylle uden flydelag og 0,01 for lagre af dybstrøelse. Hertil kommer en emissionsfaktor på 0.01 for udbringningen af husdyrgødning (IPPC, 2006). Det betyder, at der ikke er forskel på den samlede emissionsfaktor for gødning afsat på græs og emissionsfaktoren for dybstrøelse, mens emissionen forbundet med gylle vil være noget lavere.

Samtidig er udearealet i praksis oftest begrænset til, hvad der lovgivningsmæssigt kræves, og undersøgelser har vist (Eriksen et al., 2002, 2006; Hermansen et al., 2005), at der er et stort kvælstof tab fra disse arealer i form af ammoniakfordampning og udvaskning. Dette er også

forbundet med N₂O emission, og da kvælstof-tabene generelt er højere i sådanne systemer end ved normal gødningshåndtering, betyder det at udendørssystemerne i praksis er forbundet med en større lattergasemission og dermed bidrag til drivhusgasudledningen.

For kvægets vedkommende vurderes ovennævnte forskelle at være mindre.

3. Estimering af effekter for konkrete systemer

Det fremgår af afsnit 2, at nogle forhold ved økologisk produktion medfører større emissioner af drivhusgasser, mens andre forhold reducerer emissionerne. I det følgende vises nogle resultater fra konkrete sammenligninger og/eller forventede resultater ved typiske produktionsformer. I vurderingerne er inkluderet såvel de direkte emissioner på landbrugsbedriften, som de emissioner der er forbundet med anvendelse af hjælpestoffer i produktionen.

3.1 Korn dyrkning og/eller planteavlssædskifte

Det er for korn, der dyrkes på kvægbedrifter vist, at det samlede energiforbrug pr. ha (direkte og indirekte via importeret gødning mv.) ved økologisk produktion var 67% af energiforbruget ved konventionel produktion (Refsgaard et al., 1998). Ved økologisk produktion var udbyttet 80% af niveauet ved konventionel produktion, og samlet set var bidraget til global opvarmning for økologisk og konventionel dyrkning henholdsvis 0,20 og 0,25 kg CO₂ ækv. pr. kg korn produceret.

På planteavlsbedrifter er der forskel på sædskiftet mellem økologiske og konventionelle bedrifter, og der er større udbytte forskel i kornafgrøderne. FØI's regnskabsstatistik for økologisk jordbrug (FØI, 2006) viser således, at mens kornafgrøder udgør ca. 70% af det samlede areal på konventionelle bedrifter, udgør korn kun ca. 40% på økologiske bedrifter. Disse har således en mere divers arealanvendelse med op til 39% græs og brak mod 16% på de konventionelle bedrifter. Kornudbyttet er endvidere væsentlig lavere på de økologiske bedrifter (50-60% af udbyttet på konventionelle bedrifter).

Den samlede effekt på bidraget til global opvarmning af disse systemer er ikke direkte undersøgt, men Olesen (2008) fandt i forsøg, som tidligere omtalt, at bidraget fra lattergas og netto CO₂ lagring var reduceret med 1/3 i et økologisk sædskifte, der inkluderede 25% kløvergræs, i forhold til et ensidigt konventionelt korn- og bælg-sædskifte. Hvis man kombinerer denne undersøgelse med resultaterne af Refsgaard et al (1998) under antagelse af, at energiforbruget pr. total ha svarer til Refsgaards resultater, fås følgende estimater for bidrag til global opvarmning (kg CO₂ ækvivalenter):

	Økologisk	Konventionel
Pr. ha i alt	2050	3026
Pr. kg korn	0,58	0,55

Der forventes således en markant mindre drivhusgasudledning pr. ha, men med kun meget lille forskel pr. kg produceret korn.

Tilsvarende fandt Küstermann et al. (2008) ved modellering af komplekse systemer, at drivhusgasudledningen under tyske forhold for økologiske systemer var 650 kg CO₂-ækv. lavere pr. ha end for konventionelle systemer. Vurderet på udbyttet i vinterhvede var drivhusgasudledningen

henholdsvis 0,50 og 0,36 kg CO₂-ækv. pr. kg korn for henholdsvis økologisk og konventionel produktion, altså størst for den økologiske produktion.

Sammenfattende vurderes det, at omlægning til økologisk produktion betyder en markant reduktion af den samlede drivhusgasudledning pr. ha (600-1000 kg CO₂ ækv./ha) men, at det lavere udbytte pr. ha ved økologisk produktion betyder, at udledningen pr. kg produceret korn forøges lidt.

3.2 Mælkeproduktion

I Danmark er den økologiske mælkeproduktion karakteriseret ved at en lavere dyretæthed pr. ha (ca. 1,1 versus 1,5), en lavere årlig mælkeydelse pr. ko (fra 600 – 900 kg), og en større andel af græs i sædskiftet. På grundlag af data fra repræsentative regnskaber i Danmark er der fundet en markant større drivhusgasudledning pr. ha for konventionelle typiske malkekvægsbedrifter frem for økologiske bedrifter – ca. 2400 kg CO₂ ækvivalenter (Dalgaard et al 2006, LCAFOOD, 2008). Regnet pr. kg mælk var der imidlertid kun en lille forskel, således en udledning på 0,9 kg CO₂ ved økologisk produktion mod 1,0 ved konventionel produktion. Hollandske undersøgelser (Thomassen et al., 2008), hvor mælkeproduktionen er baseret på en højere belægningsgrad pr. ha og en større forskel i mælkeydelse pr. ko (ca. 1800 kg mindre mælk pr. ko i de økologiske systemer), viste en lidt højere CO₂ belastning pr. kg økologisk mælk: (1,5 kg CO₂ pr. kg økologisk mælk versus 1,4 ved konventionel produktion).

Ved modelberegning over CO₂ belastningen for økologisk og konventionel mælkeproduktion under en række forskellige forudsætninger fandt Olesen et al. (2006), at CO₂ belastningen var meget afhængig af kvælstofhusholdningen, og at en højere samlet N effektivitet reducerer CO₂ belastningen markant. I praksis er N-udnyttelsen på bedriftsniveau højere under økologiske forhold (Nielsen og Kristensen, 2005), hvilket er en vigtig årsag til den lavere drivhusgas belastning ved økologisk produktion.

Samlet set vil der være en væsentlig lavere CO₂ belastning pr. ha ved økologisk mælkeproduktion end ved konventionel produktion forårsaget af bl.a. en lavere belægningsgrad og en højere samlet kvælstofudnyttelse. Vurderet pr. kg produceret mælk under typiske danske forhold kan der derimod kun forventes en lille forskel i CO₂ belastningen.

3.3 Svineproduktion

Såvel den konventionelle som den økologiske svineproduktion foregår typisk på bedrifter med en høj belægningsgrad. Der ikke lavet direkte sammenligninger mellem sådanne bedriftstyper.

Halberg et al. (2008) modellerede klimabelastningen pr. kg svinekød ved forskellige økologiske systemer, hvor enten alle grise var holdt på friland eller alene søerne gik på friland, mens slagtesvinene blev opdrættet i stalde med adgang til et udeareal, hvilket er den måde hvorpå den økologiske produktion typisk foregår i Danmark. Der var her forudsat en belægningsgrad på 1 DE/ha og forskellen i CO₂ belastning som følge af forskellige krav tilbygningsmasse var inkluderet. Systemet var optimeret således at der skulle indkøbes mindst muligt foder. Resultaterne viste et bidrag til global opvarmning på fra 2,6 til 2,9 kg CO₂ ækv. pr. kg svinekød – højest i systemet hvor alle svin var på græs. Det svarer til det niveau der ses for konventionel svineproduktion – ca. 2,7 kg CO₂ ækv. pr. kg (Dalgaard et al 2007).

På grundlag af Dalgaard et al (2006) og data fra LCAfood (LCAFOOD, 2008) kan det estimeres at CO₂ belastningen ved konventionel svineproduktion med en belægningsgrad på 1,4-1,7 DE/ha er af

størrelsesordenen 5000 kg CO₂ ækv./ha. For økologiske systemer med en belægningsgrad på 1 DE/ha, som tidligere omtalt, har Halberg et al. (2008) estimeret CO₂ belastningen til ca. 5600 kg CO₂ ækv./ha. Årsagen til den højere drivhusgasbelastning pr. ha ved økologisk svineproduktion, selv ved en lavere belægningsgrad sammenlignet med konventionel produktion, er primært et større bidrag til udledning af lattergas som følge af den betydelige mængde N der afsættes på græs, og hvoraf en betydelig del tabes ved udvaskning.

De nævnte resultater er meget på linie med franske og svenske undersøgelser (Basset-Mens et al. 2005; Stern et al. 2005)

Sammenfattende må der således under gængse praktiske forhold forventes en lidt større drivhusgasbelastning ved økologisk svineproduktion sammenlignet med konventionel produktion – både udtrykt pr. ha og pr. kg svinekød

3.4 Fjerkræproduktion

Der foreligger ingen direkte undersøgelser baseret på danske forhold. Den økologiske fjerkræproduktion er ligesom for svineproduktionens vedkommende, karakteriseret ved at foderforbruget er lidt højere til en given produktion, og at der er relativt større N tab forbundet med produktionen. Derfor er det forventningen, at den økologiske fjerkræproduktion rent klimamæssigt er lidt mere belastende end den konventionelle produktion, jvf. afsnit 2.5 g 2.6.

3.5 Grøntsagsproduktion

Halberg et al. (2006) undersøgte miljøbelastningen ved produktion af bl.a. tomater og gulerødder fra udvalgte gartnerier. Økologiske drivhustomater og økologiske gulerødder var forbundet med en større klimabelastning pr. kg produkt end tilsvarende konventionelle produkter. For tomaternes vedkommende skyldtes det især, at det store bidrag, der kommer fra opvarmning af drivhuset, fordeles på et lavere udbytte i det økologiske system. For økologiske gulerødder var det en kombination af, at der i de betragtede økologiske systemer blev anvendt en større mængde kvælstof end ved konventionel produktion, og at dieselforbruget pr. kg gulerod var højere som en konsekvens af et lavere udbytte, idet diesel forbruget til de generelle markoperationer var næsten det samme for økologiske og konventionelle gulerødder.

4. Udviklingsmuligheder i forhold reduceret klimapåvirkning

Mulighederne for at forbedre de økologiske bedrifter i forhold til en reduktion af drivhusgasbelastningen knytter sig især til 3 forhold – bedre kvælstofstofhusholdning (for at reducere lattergasemissioner), højere udbytter/fodereffektivitet (for at begrænse CO₂ belastningen pr. produceret enhed) og øget energiproduktion (for at reducere netto-forbruget af fossil energi på bedrifterne).

Især for de økologiske svine- og fjerkræbedrifter ligger der et stort potentiale i at reducere næringsstoffstabene fra græsnings/udearealerne. For svinebedrifterne er der muligheder for at reducere den samlede proteintildeling til søerne, idet pilotundersøgelser tyder på, at denne ikke optimeres under hensyn til, at søerne har en højere foderoptagelse sammenlignet med indendørs konventionelle forhold. Samtidig er det vist at fodringen til de drægtige søer i vid udstrækning kan baseres på græsning forudsat belægningsgraden afpasses efter det. Tilsvarende er det vist, at også næringsstofforsyningen til æglæggende høner i højere grad kan baseres på afgrøder der dyrkes i udearealet (forudsat igen en tilstrækkelig lav belægningsgrad) (Horsted, 2006), samt at

proteintildelingen i tilskudsfoderet som konsekvens heraf kan reduceres. Ved disse foranstaltninger fås en positiv effekt gennem dels en lavere belægningsgrad (og reduceret risiko for N udvaskning), og dels en større recirkulering af N i systemet i stedet for 'import' af N til systemet.

For svine- og fjerkræproduktionen ligger der en særskilt mulighed i at udvikle afgrøder, der kan produceres under danske forhold, og som har en bedre aminosyreprofil i forhold til husdyrenes behov.

I planteproduktionen er N forsyningen i høj grad begrænsende for produktionen. Det forhold at N-forsyningen baseres på organisk bundet N betyder, at kvælstoffet i højere grad end under konventionelle forhold frigøres uden for planternes vækstsæson, således at jordens indhold af mineralsk N i perioder bliver høj, hvilket betyder øget lattergasemission og øget risiko for tab gennem udvaskning. Udfordringen ligger i at få en større del af kvælstoffet gjort tilgængelig i vækstperioden til at understøtte plantevæksten og samtidig forhindre, at koncentrationen af mineralsk N bliver høj udenfor planternes vækstsæson. Et af midlerne hertil er at styre jordens plantedække med voksende afgrøder, herunder bedre anvendelse af efter- og mellemafgrøder.

Herudover ligger der et uudnyttet potentiale i at anvende f.eks. en kløverafrø og/eller en del af efterafgrøderne til biogasproduktion. Møller et al. (2006) har således vurderet, at inklusion af 16% kløvergræs i sædskiftet til biogasproduktion kunne medføre en omfordeling af ca. 90 kg N pr. ha til de N krævende afgrøder, hvorved f.eks. udbyttet i hvede kunne øges markant.

Udover at medvirke til optimering af den økologiske planteproduktion vil produktion af biogas i sagens natur kunne betyde en reduktion i forbruget/afhængigheden af fossilt brændstof (og dermed reducere bidraget til global opvarmning), hvilket er særskilt mål for økologisk jordbrug. Halberg et al (2008) modellerede effekten af at introducere 10% kløvergræs i sædskiftet, høste afgrøden og transportere den til et fælles biogasanlæg beliggende 25 km væk samt returnere restproduktet til bedriften. Den samlede effekt var, at mens der i udgangssituationen var et energiforbrug på 5,6 GJ pr. ha ville konsekvensen af at introducere biogasproduktionen som beskrevet være en netto produktion af energi på 3,2 GJ pr. ha. Det svarer til at det samlede bidrag til global opvarmning var reduceret med ca. 800 kg CO₂ ækv./ha.

5. Klimatilpasning ved økologisk produktion

Menneskeskabte klimaændringer er ikke noget der alene hører fremtiden til. Over de seneste 50 år er den globale middeltemperatur steget med 0,6°C, og temperaturstigningerne i Danmark har været af ca. samme størrelse. I de senere 10 år har gennemsnitstemperaturen endda ligget endnu højere i Nordeuropa. I Danmark har det ført til en forøgelse af vækstsæsonen med ca. en måned. Samtidigt har nedbørsmønstrene ændret sig. På verdensplan er der blevet mere udbredt tørke, især i de tørre troper og subtroper (IPCC, 2007). Det ses i Europa mest tydeligt i Middelhavsområdet, hvor stigende hyppighed af tørke har ført til stigende pres på vandingsystemerne. I Nordeuropa har der derimod været en stigning i nedbørmængderne. For Danmarks vedkommende er nedbørmængden steget med ca. 100 mm over de sidste 50 år. Ændringen er næsten udelukkende sket i vinterhalvåret.

Det er ikke kun gennemsnitsklimaet, der har ændret sig. Der er også blevet flere ekstremer. Over det meste af verden er størrelsen og hyppigheden af meget intens nedbør steget (IPCC, 2007). Det hænger sammen med at varm luft kan rumme mere vanddamp, og dermed bliver der også mulighed for meget større nedbørmængder under regnvejr. De højere temperaturer og dermed højere energiindhold i atmosfæren giver også grundlag for kraftigere storme. Disse tendenser forventes at

fortsætte fremover, og det forventes for Danmark at føre til både længerevarende tørkeperioder om sommeren, mere kraftige nedbørhændelse og større vinternedbør.

De menneskeskabte klimaændringer ventes for Danmark i år 2100 i forhold til 1990 for de mest anvendte emissionsscenarioer at føre til stigninger i den årlige middeltemperatur vil på 3-5 °C (IPCC, 2007). Nedbøren i vinterperioden vil stige med 20-40%, mens nedbøren i sommerperioden vil falde med 10-25%. Klimaændringerne i år 2050 bliver noget mindre. Tendensen til mere ekstremt klima og større variation i vejrforholdene vil blive stadig mere udtalt fremover. Klimaet i Nordeuropa, herunder Danmark, er som nævnt blevet varmere og vådere i løbet af de seneste 20-30 år. Stigningen i temperaturen er en af de meget betydende årsager til at der i løbet af de sidste 15 år er sket et totalt skifte i afgrødevalg i kvægbruget fra grovfoder baseret på græs, foderroer og helsæd til en foderproduktion baseret på græs og majsensilage, som meget ligner produktionen i Tyskland og Holland. De højere temperaturer er formentlig også medvirkende til at nye skadedyr som coloradobillen og sygdomme som bladplet og brunrust på hvede nu optræder almindeligt i Danmark, hvilket har øget behovet for anvendelse af bekæmpelsesmidler. Stigningen i nedbøren har formentlig været en medvirkende faktor til den fortsat høje udledning af kvælstof fra landbruget til vandmiljøet (Andersen et al., 2006).

Et varmere klima giver både nye muligheder og nye udfordringer inden for økologisk jordbrugsproduktion. Udfordringerne vil især være knyttet til større planteværnsproblemer, især med nye sygdomme og skadedyr. Med en temperaturstigning på kun ca. 1°C vil coloradobillen kunne blive alvorligt tabsgivende i økologisk kartoffelproduktion (Olesen et al., 2006). Dette ligger kun 20-30 år ude i fremtiden. Der er også muligheder for at nye og meget tabsvoldende ukrudtsarter kan etablere sig i Danmark, men der hersker fortsat stor usikkerhed om dette.

Især inden for planteproduktionen giver en længere og varmere vækstsæson mulighed for introduktion af nye afgrøder. Derimod vil klimaændringerne formentlig ikke i nævneværdig grad påvirke kvægbrugene, som i stort omfang allerede er skiftet til fodring med kløvergræs og majs. Dog vil produktionen i græsmarkerne blive stimuleret ikke blot af den længere vækstsæson, men også af det højere CO₂ indhold, som især er gavnligt for kløver og andre bælgplanter.

En temperaturstigning på ca. 1°C giver mulighed for at dyrke majs til modenhed i Danmark (Olesen et al., 2006). Det vil nok især blive udnyttet konventionel planteavl, men også økologisk produktion af svinefoder vil have mulighed for at kunne øge produktionen og billiggøre foderet på denne måde. Det kræver naturligvis en god kvælstofforsyning, men her kan et mildere efterår hjælpe med at øge produktionen i kvælstoffikserende efterafgrøder, som så kan nedmuldes forud for majs.

Der er dog også andre afgrøder, som bliver mere aktuelle under et varmere klima. Noget af bælgsåden, som undertiden giver problemer med at modne tidligt nok af under det nuværende klima, vil kunne dyrkes med større lethed. Det gælder f.eks. hestebønne, hvor det også kan blive relevant med et mildere vinterklima at dyrke vinterhestebønne. Der er dog også nye muligheder for proteinafgrøder, f.eks. solsikke og på lidt længere sigt sojabønne.

Inden for grønsagsproduktionen ligger mulighederne især i en længere vækstsæson, hvilket betyder at dansk produktion af økologiske frilandsgrønsager vil kunne dække markedet i en længere periode (Olesen et al., 2006). Et varmere sommerklima giver naturligvis også muligheder for nye produktioner, f.eks. tomater og agurker i uopvarmede væksthuse eller måske endda på friland.

Desuden vil der naturligvis på sigt være muligheder for lokal dansk produktion af økologisk vin. Det vil dog formentlig fortsat være en nicheproduktion, men kunne udgøre et godt supplement til de mange andre danske økologiske kvalitetsvarer.

Der melder sig dog også nogle udfordringer for planteproduktionen i økologisk jordbrug. Disse vil nok især være knyttet til øget risiko for tørke i vækstsæsonen. Da kornproduktionen i økologisk jordbrug især er baseret på vårsæd, som er mindre tørketolerant end vintersæden, kan dette få særligt skadelige effekter for økologisk jordbrug. Dette vil under danske forhold formentlig kun i mindre grad blive reddet af at den økologiske dyrkningspraksis ofte giver en mere frugtbar jord med en større vandholdende evne.

6. Konklusion

Økologisk produktion betyder under nogle omstændigheder – men ikke altid - en lavere udledning af drivhusgasser regnet pr. ha som følge af der ikke bruges handelsgødning, og at sædskiftet i højere grad indeholder afgrøder, der medvirker til at opbygge jordens kulstofpulje. Regnet pr. produceret enhed vil der generelt set **ikke** forventes en lavere udledning af drivhusgasser ved økologisk produktion som følge af lavere udbytter, større foderforbrug til en given produktion, eller fordi kvælstofhusholdningen ikke er tilstrækkelig forbedret i det økologiske system, selv om der ikke tilføres handelsgødning. Det betyder, at økologisk produktion med den nuværende praksis ikke er et særligt effektivt middel til at begrænse drivhusgasudledningen (manglende produktion et sted må formodes at betyde større produktion et andet sted og øge arealbehovet til fødevarerproduktion der)

Hvis økologisk produktion skal have en særlig effekt i forhold til klimabelastning vil der være behov for at udvikle produktionsmetoderne med dette for øje. Det kan inkludere systemer der minimerer jordens indhold af mineralsk N udenfor vækstsæsonen, udnyttelse af afgrøder til biogasproduktion og udvikling af foderafgrøder der i højere grad muliggør en optimal aminosyreforsyning hos husdyrene. Klimaændringerne, der finder sted pt., kan måske understøtte dette.

Referencer

- Andersen, H.E., Kronvang, B., Larsen, S.E., Hoffmann, C.C., Jensen, T.S. & Rasmussen, E.K., 2006. Climate-change impacts on hydrology and nutrients in a Danish lowland river basin. *Science of the Total Environment* 365, 223-237.
- Dalgaard, R., Halberg, N. & Hermansen, J.E., 2007. Danish pork production. An environmental assessment. *DJF Animal Science* 82, 1-34.
- Dalgaard, R., Halberg, N., Kristensen, I.S. & Larsen, I., 2006. Modelling representative and coherent Danish farm types based on farm accountancy data for use in environmental assessments. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 117, 223-237.
- Eriksen, J., Petersen, S.O. & Sommer, S.G., 2002. The fate of nitrogen in outdoor pig production. *Agronomie* 22, 863-867.
- Eriksen, J., Studnitz, M., Strudsholm, K., Kongsted, A.G. & Hermansen, J.E., 2006. Effect of nose ringing and stocking rate of pregnant and lactating outdoor sows on exploratory behaviour, grass cover and nutrient loss potential. *Livestock Science*. 104, 91-102.
- Halberg, N., 2008. Every use and Green house gas emission in organic agriculture. International conference *Organic agriculture and climate change*, Enita of Clermont, France, April 17-18th,

2008.

- Halberg, N., Dalgaard, R. & Rasmussen, M.D., 2006. Miljøvurdering af konventionel og økologisk avl af grøntsager: Livscyklusvurdering af produktion i væksthuse og på friland: Tomater, agurker, løg, gulerødder. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen 5.
- Halberg, N., Hermansen, J.E., Kristensen, I.S., Eriksen, J. & Tvedegaard, N., 2008. Comparative environmental assessment of three systems for organic pig production in Denmark. Proceedings of ISOFAR Conference: Organic Agriculture in Asia, Korea 13-14 March. p 249-261.
- Hermansen, J.E., Horsted, K., Hegelund, L. 2005. Forbedrede udearealer i økologiske ægproduktion. DJF rapport –Husdyrbrug nr. 67, 2005.
- Horsted, K., 2006. Increased foraging in organic layers. Ph.D. Thesis KU-Life. 141 pp.
- IPCC, 2007. Summary for Policymakers. I Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor, M. & Miller, H.L. (red.), Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC, 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4. Agriculture, Forestry and Other Land Use. Editors: Eggleston, S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., Tanabe, K.). Intergovernmental Panel on Climate Change. Available on-line at: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.htm>
- Küstermann, B., Kainz, M. & Hülsbergen, K-J., 2008. Modeling carbon cycles and estimation of greenhouse gas emissions from organic and conventional farming systems. Renewable Agriculture and Food Systems 23, 38-52.
- Nielsen, A.H. & Kristensen, I.S., 2005. Nitrogen and phosphorus surpluses on Danish dairy and pig farms in relation to farm characteristics. Livestock Production Science 96, 97-107.
- Olesen J.E., Bindi, M., 2002. Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. European Journal of Agronomy 16, 239-262.
- Olesen, J.E., 2008. Greenhouse gas emissions from organic farming systems in Denmark. Upubliceret.
- Olesen, J.E., Hansen, E.M., Askegaard, M. & Rasmussen, I.A., 2007. The value of catch crops and organic manures for spring barley in organic arable farming. Field Crops Research 100, 168-178.
- Olesen, J.E., Jacobsen, B.H., Thorup-Kristensen, K., Andersson, N., Kudsk, P., Jørgensen, L.N., Hansen, L.M., Nielsen, B.L. & Boelt, B., 2006. Tilpasning til klimaændringer i landbrug og havebrug. DJF rapport Markbrug nr. 128.
- Olesen, J.E., Schelde, K., Weiske, A., Weisbjerg, M.R., Asman, W.A.H. & Djurhuus, J., 2006. Modelling greenhouse gas emissions from European conventional and organic dairy farms. Agriculture, Ecosystems & Environment 112, 207-220.
- Saunders, C., Barber, A. & Taylor, G., 2006. Food Miles – Comparative Energy/Emissions performance of New Zealand's Agriculture Industry. Research Report 285. 105 pp.
- Thomassen, M.A., K.J. van Calker, M.C.J. Smits, G.L. Iepema & I.J.M. de Boer., 2008. Life cycle

assessment of milk production systems in the Netherlands. *Agricultural Systems* 96 (1): 95-107.