

December 1997

4|97

Tidsskrift for **LAND ØKONOMI**



184.
ÅRGANG

Det Kgl. Danske
Landhusholdningsselskab

4/97

184. årgang
December

Redaktion og ekspedition:
Mariendalsvej 27, 2. 2000 Frederiksberg
Tlf. 38 88 66 88 – Telefax 38 88 66 11

Annonceekspedition:
Jan G. Stjerne

Udgivet af Det Kgl. Danske
Landhusholdningsselskab

Redaktør:
Direktør Jens Wulff

Grafisk produktion:
Knud Grøphic Consult,
Odense · 6618 0711

Annoncepriser:	(højde x bredde)
Bagside inkl. grøn farve	190x142: kr. 5.200
1/1 side sort/hvid	210x142: kr. 3.900
1/2 side sort/hvid	101x142: kr. 2.400
2. omslagsside	210x142: kr. 4.250
3. omslagsside	210x142: kr. 4.050
Farvetillæg efter nærmere aftale.	

ISSN 0040-7119

Tidsskrift for LAND ØKONOMI

Indhold

Fra redaktionen 190

Medlemsinformation 191

**Indlæg ved Akademirådets seminar:
"Jordbruget som årsag og offer for luft-
forureninger" 194**

Jes Fenger:

Atmosfæren – og luftforureningens – historie . 194

Søren Pedersen:

Fordampning af kvælstofforbindelser
fra stalde 202

Jakob Magid:

Kvælstoftab ved produktion, opbevaring
og anvendelse af husdyrgødning 203

Bent Borg Jensen:

Metanudskillelse fra husdyrproduktionen 207

Bent Tolstrup Christensen:

Dyrkningens indflydelse på jordens
kulstofindhold 213

Børge Mortensen og Peter Kai:

Lugtgener fra svineproduktionen 222

Carl-Otto Ottosen:

CO₂ indflydelse på vækst og klima 229

Søren Husted og Jan K. Schjørring:

Emission af ammoniak fra planter 233

Thorvald Pedersen:

Er ozonproblematikken relevant for
landbruget? 241

Indholdsfortegnelse for 184. årgang 1997 247

Fra redaktionen

ved direktør *Jens Wulff*

I dette nummer af Tidsskrift for Landøkonomi bringer vi de foredrag der blev holdt ved Akademirådets seminar om luftforurening. Seminaret der behandlede emnet "Jordbruget som årsag og offer for luftforureninger", var det sidste i en serie på tre seminarer der havde det til fælles, at de behandlede affaldsproblematikken omkring jordbruget.

Der henvises endvidere til afsnittet med "Medlemsinformation", hvor der oplyses om forskellige praktiske forhold og nyskabelser der vedrører selskabets medlemmer og andre interesserede.

Det Kgl. Danske Landhusholdningsselskab's Understøttelsesfond

Fondens formål er at uddele legatportioner til værdige, trængende personer der har, eller har haft tilknytning til dansk jordbrug som selvejende eller forpagtere, samt børn eller enker efter disse.

Der kan endvidere ydes støtte til uddannelse inden for dansk jordbrug samt til hædersbevisninger til personer, der har ydet en særlig fortjenstfuld indsats i jordbrugets tjeneste.

Ansøgningsskema, der kan rekvireres i sekretariatet, evt. på telefon 38 88 66 88, indsendes inden den 1. september 1998 til:

Det Kgl. Danske Landhusholdningsselskab

**Mariendalsvej 27, 2.
2000 Frederiksberg**

MEDLEMSINFORMATION

Generalforsamling i Det Kgl. Danske Landhusholdningsselskab

Der indbydes hermed til generalforsamling i Det Kgl. Danske Landhusholdningsselskab den 12. marts 1998 kl. 14.00 i Nationalmuseets festsal, Ny Vestergade 10, 1220 København K, med følgende dagsorden:

1. Selskabets virksomhed
 - a. Beretning fra ledende præsident
 - b. Jordbrugsforlagets virksomhed
 - c. Akademirådets virksomhed
2. Forelæggelse af det reviderede regnskab for 1997 til godkendelse
3. Valg af medlemmer til repræsentantskabet
4. Valg af statsautoriseret revisor og valg af revisorer blandt medlemmerne

5. Fastsættelse af kontingent for det følgende år
6. Eventuelle forslag fra præsidium, repræsentantskab eller medlemmerne
7. Eventuelt

Forslag til behandling på generalforsamlingen skal være indsendt skriftligt til sekretariatet senest den 15. januar 1998.

Legater og fonde

Der henvises til særskilt annoncering i dette nummer vedrørende ansøgningsmuligheder og ansøgningsfrister.

Det Kgl. Danske Landhusholdningsselskab er på internettet

Det Kgl. Danske Landhusholdningsselskab er nu aktive på internettet med følgende adresse

<http://www.jordbrugsforlaget.dk>

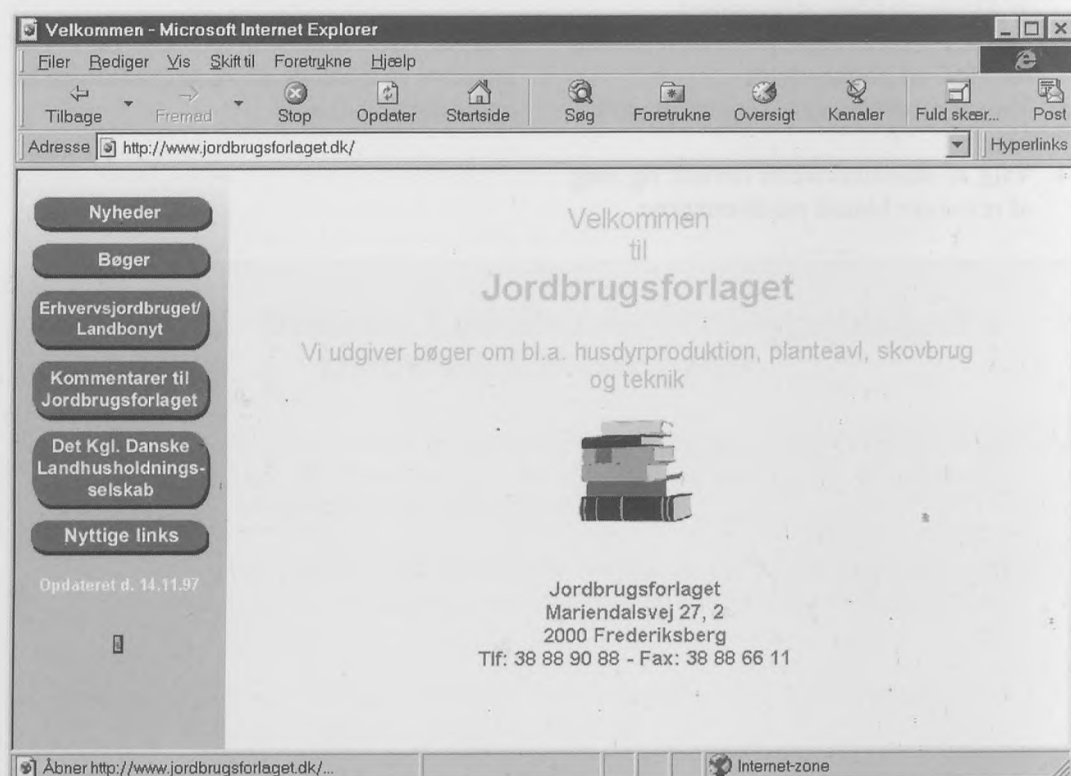
På jordbrugsforlagets homepage informeres der om forlagets bogudgivelser og blade samt om Det Kgl. Danske Landhusholdningsselskab's virksomhed og Akademirådets aktiviteter. Det vil således på disse sider vært muligt at se en oversigt over Jord-

brugsforlagets bøger, programmer for Akademirådets seminarer, selskabets vintermøde samt indhente mange andre informationer om selskabets aktiviteter.

Den elektroniske postadresse for selskabet er

jordbrugsforlaget@bogpost.dk

Til denne adresse kan der sendes alle former for elektronisk post, det være sig tilmeldinger til seminarer, bestilling af bøger samt indhentning af oplysninger om Det Kgl. Danske Landhusholdningsselskab's virksomhed m.v.



Velkommen - Microsoft Internet Explorer

Filer Rediger Vis Skift til Foretrukne Hjælp

Tilbage Fremad Stop Opdater Startside Søg Foretrukne Oversigt Kanaler F

Adresse <http://www.jordbrugsforlaget.dk/> Hyperlinks

Nyheder

Bøger

Erhvervsjordbruget/
Landbonyt

Kommentarer til
Jordbrugsforlaget

Det Kgl. Danske
Landhusholdnings-
selskab

Nyttige links

Opdateret d. 14.11.97



Det Kgl. Danske Landhusholdningsselskab

Det Kgl. Danske Landhusholdningsselskab er en interesseorganisation inden for jordbrugserhvervet.

Selskabets formål er at fremme det danske landbrugs almene vel. Selskabets virksomhed omfatter forlagsvirksomhed, legat- og fondsadministration, prisuddeling, seminarer og mødevirksomhed. Selskabet fungerer endvidere som sekretariat for forskellige udvalg og foreninger, herunder Landhusholdningsselskabets Akademiråd, den danske afdeling af Nordiske Jordbrugsforskeres Forening og som generalsekretariat for Nordiske Jordbrugsforskeres Forening.

Landhusholdningsselskabet udgiver "Landbrugsårbogen" og "Tidsskrift for Landøkonomi". Gennem Landhusholdningsselskabets forlag, Jordbrugsforlaget, udgives fagbladet "Erhvervsjordbruget/Landbonyt" samt fag- og lærebøger til jordbruget og landbrugsskolerne.

Udført Internet-zone

Velkommen - Microsoft Internet Explorer

Filer Rediger Vis Skift til Foretrukne Hjælp

Tilbage Fremad Stop Opdater Startside Søg Foretrukne Oversigt Kanaler F

Adresse <http://www.jordbrugsforlaget.dk/> Hyperlinks

Nyheder

Bøger

Erhvervsjordbruget/
Landbonyt

Kommentarer til
Jordbrugsforlaget

Det Kgl. Danske
Landhusholdnings-
selskab

Nyttige links

Opdateret d. 14.11.97



Bøger

Husdyr:

- [Kvæggets fodring](#)
- [Kvægproduktion](#)
- [Kødkvæg](#)
- [Sundhed og sygdom hos kvæg](#)
- [Moderne kvægaavl](#)
- [Fjerkræavl og fjerkræhold](#)

Planter:

- [Håndbog i frøproduktion](#)
- [Avl af markfrø](#)
- [Planteproduktion i landbruget](#)
- [Ukrudtskimplanter](#)

Skov og have:

Atmosfærens – og luftforureningens – historie

Af Jes Fenger, Danmarks Miljøundersøgelser

Artiklen, der er baseret på et foredrag, er skrevet uden referencer, men i en Temarapport fra Danmarks Miljøundersøgelser (J. Fenger: En atmosfære med voksende problemer – luftforureningens historie. Temarapport fra DMU nr.11/1997) kan man få uddybet problemstillingen og finde henvisninger til yderligere litteratur.

Atmosfærens opbygning

Jorden er omgivet af en kappe af luftarter, atmosfæren. Op til omkring 100 km højde er sammensætningen stort set konstant med knap 21% ilt, 78% kvælstof og knap 1% argon. Specielt i lavere højde vil selv luft, der er upåvirket af menneskelige aktiviteter, indeholde stoffer, som indgår i luftforurening – f.eks. svovldioxid fra vulkaner og kulbrinter fra afdampning fra vegetation. Det er dog ikke de samme molekyler, der optræder hele tiden. Alle indgår i komplicerede, globale stofkredsløb med omsætningstider, der varierer fra sekunder til århundreder.

Atmosfæren har ikke altid haft samme sammensætning. Oprindeligt var der meget kuldioxid og næsten ingen ilt, men da der for små 4 milliarder år siden opstod liv, medførte det en gradvis ændring. Det lave iltindhold i den tidlige atmosfære havde gjort det første liv muligt, men fremkomsten af grønne planter, der ved hjælp af fotosyntese

sen omdanner kuldioxid til ilt og organisk materiale, var en katastrofe for de primitive organismer, som var udviklet i en iltfattig atmosfære. De har siden været henvist til at leve i jorden, i sø- og havaflejringer og i forskellige dyrs tarmkanal.

En stor del af det organiske materiale er blevet oplagret i form af kul, olie og gas. Når vi afbrænder dette fossile brændsel, dannes der igen kuldioxid, som sendes tilbage til atmosfæren. Selvom man på denne måde til en vis grad nærmer sig den oprindelige tilstand, er det ikke uden problemer.



Boks 1. Drivhuseffekten opstår, fordi kortbølget solstråling går relativt let gennem atmosfæren og varmer Jorden op. Varmestrålingen fra Jorden har en længere bølgelængde og har derfor sværere ved at blive sendt tilbage til verdensrummet. Herved varmes Jorden og atmosfæren op indtil der opstår en strålingslignevægt. Forholdene kompliceres af fordampning, konvektion mm.

Indlæg ved Akademirådets seminar om "Jordbruget som årsag og offer for luftforureninger", afviklet 4. september 1997.

Kildetype	Relativt bidrag i %							
	CO ₂	CH ₄	H ₂ O	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂	NH ₃
Kraftværker, fjernvarme, affald	54	0,4	3	36	7	1	71	–
Industrielle fyringsanlæg	11	0,2	1	9	2	2	13	–
Transport	19	0,2	3	40	55	44	7	1
Individuelle fyringsanlæg	15	1,6	1	14	29	10	8	–
Andet (militær)	–	–	–	1	–	–	–	–
Brændselshåndtering	1	4,0	–	1	6	11	–	–
Industrielle processer	2	–	–	–	–	–	2	–
Opløsningsmidler m.v.	–	–	–	–	–	25	–	–
Landbrug	–	76	91	–	–	2	–	99
Arealudnyttelse, skovbrug	–2	–	2	–	–	6	–	–
Affaldsbehandling	–	17	–	–	–	–	–	–
Samlet dansk udslip, Gg/1000 t	57500	430	33	250	700	160	150	127
International transport, Gg/1000 t	7100	–	–	130	13	4	80	–

Boks 2. Forureningsudslip i Danmark i 1995. De relative bidrag er afrundet til hele % og bidrag under 0,5% er ikke medtaget. (Sammenstillet af Erik Runge, DMU på basis af EU's database "Corinair").

Ozonlag og drivhuseffekt

Sideløbende med væksten i iltindholdet i atmosfæren opstod en væsentlig undtagelse fra dens ensartede sammensætning. Solens ultraviolette stråling spalter nemlig iltmolekyler (O₂) i iltatomer (O), der reagerer med iltmolekyler og danner ozon (O₃). Processen afhænger både af strålingsintensiteten, der *stiger* med højden, og af trykket, der *falder* med højden. Resultatet er, at der dannes mest ozon i en højde af 10–15 km. Dette såkaldte ozonlag beskytter Jordens liv mod for kraftig ultraviolet stråling.

En anden strålingseffekt, der er lige så vigtig for forholdene på jorden, er den såkaldte drivhuseffekt (boks 1). Den bevirker, at middeltemperaturen er ca. 35° højere, end den ellers ville have været, og er dermed en væsentlig forudsætning for, at der overhovedet kan være liv på Jorden.

Luftforurening

Menneskene har påvirket atmosfæren, siden man begyndte at anvende ilden, men der var kun tale om rent lokale effekter, indtil indu-

strialiseringen begyndte at tage fart i midten af forrige århundrede. Hovedårsagen er anvendelsen af fossile brændsler, dvs. kul, olieprodukter og gas, der giver anledning til udsendelse af svovldioxid, kvælstofoxider, kuldioxid og kulbrinter. Fra andre kilder, typisk industrielle aktiviteter, kommer ofte stoffer af samme type, men i andre relative mængder f.eks. relativt mere kulbrinter. Fra landbrugsaktiviteter kommer bl.a. ammoniak, metan og lattergas.

Alene siden 2. Verdenskrig er det globale energiforbrug steget med næsten en faktor 5. Da størstedelen af denne energi er blevet fremstillet ved afbrænding af fossile brændsler og mindre mængder biobrændsler uden røggasrensning, har det betydet, at stofudslippet, globalt set, er steget tilsvarende. Samme tendenser har man set i landbrugets anvendelse af gødningsmidler og i industriproduktion.

Luftforurening består derfor i de allerfleste tilfælde af ganske almindelige kemiske forbindelser, der indgår i de naturlige kredsløb og dermed bevirker en forskydning i stofligevægtene. *Derved kommer nogle stoffer til at optræde i generende koncentrationer på ubekvemme steder.* Den geografiske udstrækning af denne forskydning (forure-

ningen) er bestemt af stoffernes omsætnings-tid, der afgør hvor langt de kan transporteres, før de igen fjernes fra atmosfæren. Resultatet af disse fjernelsesprocesser kan være, at der dannes nye (sekundære) luftforureninger; ved afsætning kan stofferne også gå over som vand- eller jordforurening.

Danske forureningsudslip

De samlede forureningsudslip i Danmark i 1995 er vist i boks 2. Landbrugets bidrag fra *biologiske processer* er her slået sammen med bidrag fra skovbrug, ændringer i arealanvendelse og ændringer i lagerbeholdning af træ, men udgør dog den absolut dominerende del.

Det ses, at landbruget er ansvarlig for en beskeden del af udslippet af kulbrinter, omkring halvdelen af udslippet af metan og lattergas og næsten hele udslippet af ammoniak. Udslippene af kulbrinter og lattergas har stort set været konstante de sidste 20 år, medens udslippet af metan er faldet ca. 20% i takt med et reduceret kvæghold. Udslippet af ammoniak er ligeledes faldet; dette skyldes også overdækning af gylletanke og en ændret teknik ved udbringelse af gylle.

Det er imidlertid ikke muligt entydigt og meningsfuldt at afgrænse forureningsudslippene fra en given sektor som f.eks. landbrugssektoren. Foruden "biologiske" udslip er landbruget nemlig også ansvarlig for udslip fra andre sektorer f.eks. elproduktion og transport. Hertil kommer de udslip, der er forbundet med produktion af maskiner, gødning mv. i andre lande. Udslipsfordelingen i det øvrige Europa minder om det danske, men det relative bidrag fra landbruget er dog generelt lidt mindre.

Forsuring og eutrofiering

Luftforurening udbredes med vinden, og med en typisk vindhastighed på 5–6 m/s er

der tale om ca. 500 km per døgn. Da mange luftforureninger kan leve flere dage i atmosfæren, kan de transporteres over områder som hele Europa, hvor alle lande forurener hinanden. I dette spil er den overvejende vestenvind dog en fordel for Danmark, fordi de fleste af vore store byer ligger på østkyster, og forureningen derfor blæser ud af landet – bl.a. til Sverige.

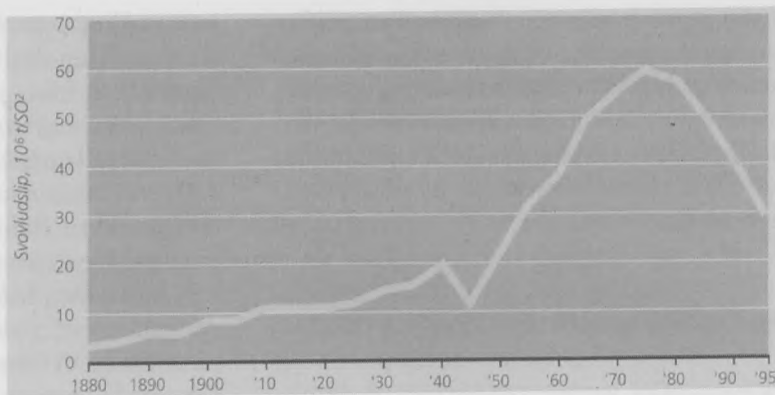
Selv før menneskene begyndte at forurene atmosfæren var nedbøren ikke neutral, men svagt sur; antagelig med et pH omkring 5,5. Det skyldes, at luften altid har indeholdt naturligt forekommende, forsurende stoffer, bl.a. fra vulkanudbrud. Men i dag er der store områder i det nordlige Europa, hvor nedbørens pH er nede omkring 4,5, dvs. den indeholder 10 gange så mange brintioner som "naturlig" nedbør.

Sur nedbør har traditionelt været tilskrevet udslip af svovl- og kvælstofoxider, der i atmosfæren omdannes til henholdsvis svovlsyre og salpetersyre. Omkring 1950 begyndte udslip af ammoniak fra større dyrehold og gødningsanvendelse i landbruget imidlertid at få betydning, og omkring 1980 var det globale udslip af ammoniak større end udslippet af kvælstofoxider – til trods for at dette fortsat var stigende som følge af den voksende trafik.

Umiddelbart vil ammoniak neutralisere syrerne i atmosfæren ved at danne ammoniumsalte, hvorved nedbøren i første omgang bliver mindre sur. Efter at saltene er blevet afsat i økosystemer, vil ammoniumionerne imidlertid medføre, at der frigøres brintioner. Herved giver ammoniakforureningen på længere sigt et bidrag til forsuringen i jorden, der er større end bidraget fra kvælstofoxider og sammenligneligt med bidraget fra svovldioxid.

Normalt opfattes luftforurening som et landfænomen, men i Skandinavien ender en stor del af forureningen på havområder, hvor luftforureningen kan være ansvarlig for ca. 30% af den totale kvælstofbelastning. Den giver derfor et væsentligt bidrag til den overgødskning, der fører til det iltsvind, som har

Boks 3. *Europæisk svovludslip de sidste 100 år. I hele perioden sker de største udslip i et bælte, der strækker sig fra Midtengland over Ruhrdistriktet og ind i Centraleuropa, og det er selvfølgelig også her, forureningsniveauerne bliver størst.*



været et problem i de senere år. Dét problem løses altså ikke bare ved at rense spildevand og reducere landbrugets forbrug af gødning.

Historiske opgørelser af svovlforurening

Som en del af det europæiske monitorings- og evalueringsprogram (EMEP), har man på basis af historiske udslipsgørelser rekonstrueret svovlforureningen i Europa siden 1880 (boks 3).

For det samlede Europa steg udslippet til omkring ti gange så meget i hundredeåret fra 1880 til 1980, men det falder nu igen som følge af de internationale aftaler om udslipsbegrænsninger. For de andre forureninger går det væsentligt langsommere. Udviklingen har ikke været helt den samme i de enkelte lande, og specielle forhold har gjort sig gældende i østlandene. I industrilandene Belgien, Tyskland og i særdeleshed England, var der væsentlige udslip allerede i forrige århundrede, men for de fleste andre lande, herunder Danmark skete der ikke meget før 1. Verdenskrig.

I Sydsverige, hvor jorden er følsom over for forurening, var den forurening, som på længere sigt vil give økologiske skader, allerede så småt overskredet i 1880.

Fotokemisk luftforurening

En del stoffer er ikke alene problematiske i sig selv, men også som udgangspunkt for dannelsen af "sekundære forureninger". Vigtigst er de såkaldte fotokemiske processer, hvor kulbrinter og kvælstofoxider reagerer under påvirkning af sollys og bl.a. danner ozon. En væsentlig kilde til de reagerende kulbrinter og kvælstofoxider er biltrafik, og det var derfor ikke noget tilfælde, at fænomenet først blev observeret i Los Angeles, hvor det medførte en brunfarvning af atmosfæren, en reduktion af sigtbarheden, skader på planter og for mennesker åndedrætsbesvær og svien i øjnene.

Senere er denne "fotokemiske smog" – i daglig tale kaldet "ozonforurening" – blevet observeret i alle andre industrialiserede lande og også i Danmark. Her er der dog i det væsentlige tale om et storskalafænomen, hvor ozon dannet i Mitteleuropa med vinden føres op til vore breddegrader. I Danmark vil en væsentlig del nedbrydes af kvælstofmonoxid (NO) fra biludstødning. Man ser derfor det paradoxale fænomen, at ozonniveauerne generelt er *lavere* i danske byer end ude på landet. Det betyder, at direkte sundhedsskader som følge af ozon ikke er et større problem; derimod kan ozonskader på vegetation i landområder, hvor niveauerne måske er fordoblet i løbet af de sidste hundrede år, være væsentlige. Skønsmæssigt kan skader på afgrøder i Danmark be-

virke et tab i udbytte på 10%. Der er ikke foretaget egentlige beregninger af de økonomiske konsekvenser, men et groft skøn baseret på udenlandske, bl.a. svenske, vurderinger antyder dog, at der er tale om et tab på af størrelsesordenen 1 milliard kroner om året.

Nedbrydningen af ozonlaget

Nogle stoffer har så lang levetid, at de kan nå at blive blandet helt op i stratosfæren; det gælder bl.a. de såkaldte CFC-gasser (freon), der netop på grund af deres store kemiske stabilitet har fået en række industrielle anvendelser. Under den intense UV-stråling i stratosfæren nedbrydes de imidlertid og danner bl.a. frie kloratomer, der angriber ozon. Fænomenet blev af specielle meteorologiske årsager først observeret over Sydpolen, men optræder også på den nordlige halvkugle.

I Danmark måles den totale ozonmængde løbende af Danmarks Meteorologiske Institut (boks 4). Siden målingerne startede i 1979 er der konstateret et samlet fald på omkring 10%. Det svarer nogenlunde til det europæiske gennemsnit.

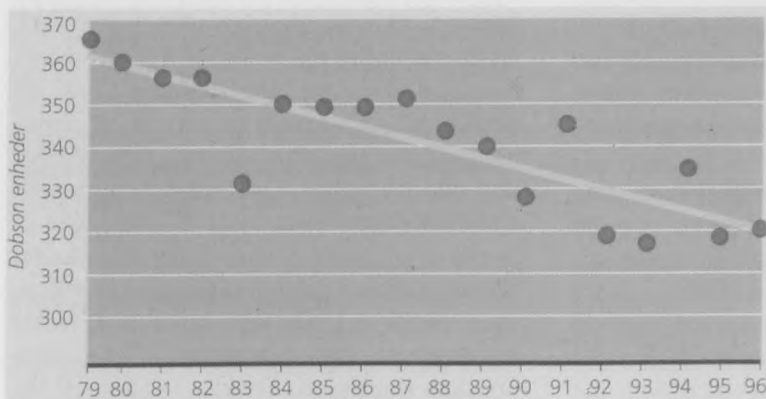
Medens ozon i troposfæren kan være en ubehagelig forurening, er ozon i stratosfæren uundværlig. En udtynding af ozonlaget vil have flere virkninger. Det afgørende er, at der absorberes mindre af solens ultravio-

lette stråling i stor højde, og der dermed når mere stråling ned til jordoverfladen. Den forøgede stråling i jordniveau vil specielt bestå i den biologisk aktive, såkaldte UV-B stråling med en bølgelængde mellem 290 og 320 nm. Foruden menneskeligt helbred rammes en række planter, der har vist sig at reagere med reduceret bladareal og nedsat fotosyntese. Den forøgede UV-stråling betyder endvidere, at der kan dannes mere ozon i lav højde. Vi får altså til en vis grad byttet den "gode" ozon ud med den "onde".

Ozon-nedbrydningen er ikke desto mindre et relativt enkelt problem: Effekterne er allerede blevet observeret og påvirker hele jorden negativt. Man ved, hvad årsagen er, der er tekniske løsninger i form af mere eller mindre vellykkede erstatningsstoffer, og man er langt i det internationale arbejde med udslipbegrænsninger. Uheldigvis er der dog allerede sluppet så meget CFC ud, at det i bedste fald vil vare til hen i midten af næste århundrede, før forureningen er faldet til under det kritiske niveau.

Påvirkning af drivhuseffekten

Forøgelsen af drivhuseffekten og den deraf følgende risiko for globale klimaændringer er både videnskabeligt og politisk set langt mere indviklet og kontroversiel. For det første hænger argumentationen stadig i det væsentlige på modelberegninger. For det an-



Boks 4. Udviklingen i den totale ozonmængde over Danmark siden 1979. 1 Dobson enhed svarer til 0,01 mm ozon ved 1 atmosfæres tryk og 0°C. Ozonmængden er i middel faldet med 0,7% om året.

det vil de forventede virkninger ramme forskellige områder forskelligt med både vindere og tabere. Og endelig omfatter forsøg på en bekæmpelse globale indgreb i både energi- og fødevarerproduktion – en opgave der alvorligt vanskeliggøres af stigningen i verdensbefolkningen og udviklingslandenes ønske om en forbedret materiel levestandard.

Problemet er, at en række menneskelige aktiviteter medfører udsendelse af stoffer, som umiddelbart er ret harmløse, men som efterhånden optræder i så store mængder, at det forrykker Jordens varmebalance. Hovedsynderen er kuldioxid fra afbrænding af fossile brændsler, men også f.eks. metan og lattergas, der bl.a. er knyttet til fødevarerproduktion, er væsentlige drivhusgasser.

De menneskeskabte udslip af kuldioxid udgør kun få procent af transporterne i det globale kulstofkredsløb, men på grund af lange omsætningstider vil det tage århundreder for atmosfæren at indstille sig på en ny ligevægt. Foreløbig er atmosfærens indhold af kuldioxid steget ca. 30% siden industrialiseringen.

Omkring halvdelen af det globale metanudslip skyldes forgæring i våde rismarker og i drøvtyggers fordøjelsessystem. Atmosfærens koncentration af metan er derfor mere end fordoblet i løbet af de sidste par hundrede år.

Naturlige kilder til lattergas er oceanerne og nedbrydning af organisk materiale, mens menneskeskabte kilder primært er forbrænding ved lave temperaturer, afbrænding af biomasse samt landbrugets brug af kvælstofgødning. Atmosfærens indhold af lattergas er steget 14%.

Efter 2. Verdenskrig har atmosfæren endvidere indeholdt stigende mængder af industrielt fremstillede halocarboner (CFC'er m.fl.), som foruden at nedbryde ozonlaget er effektive drivhusgasser.

En stærkt diskuteret virkning af sulfatpartikler, der skyldes svovlforurening, er svær at vurdere, men den har indtil nu antagelig delvis modvirket den forøgede drivhuseffekt. Med en begrænsning af svovludslip-

pet (der af andre grunde er ønskværdig) vil virkningen aftage.

Af den menneskeskabte påvirkning af jordens varmebalance siden midten af forrige århundrede tilskrives godt halvdelen kuldioxid og knap en femtedel metan. Den resterende fordeling er noget usikker, fordi der er en række modvirkende effekter. Hertil kommer, at naturlige fænomener som vulkanudbrud og ændringer i solens udstråling gør en vurdering vanskelig.

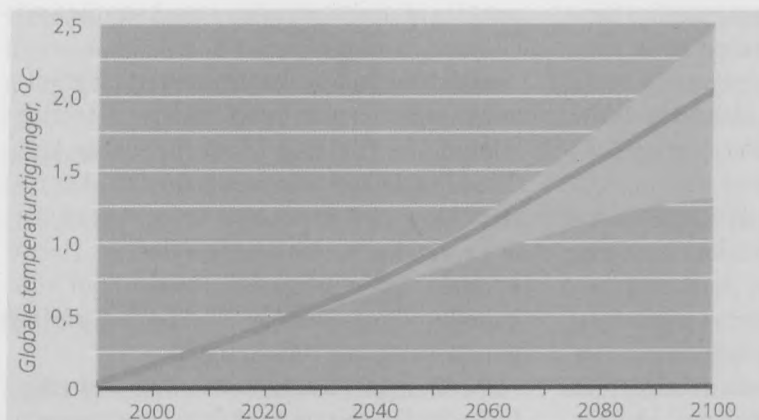
Fordelingen på aktiviteter er ikke entydig, f.eks. fordi fødevarerproduktion kræver energi og medfører ændringer i arealudnyttelse (herunder skovrydninger), men meget groft taget, og globalt set, er energisektoren ansvarlig for godt halvdelen af påvirkningen og landbrugsproduktionen for en fjerdedel.

Klimaeffekter

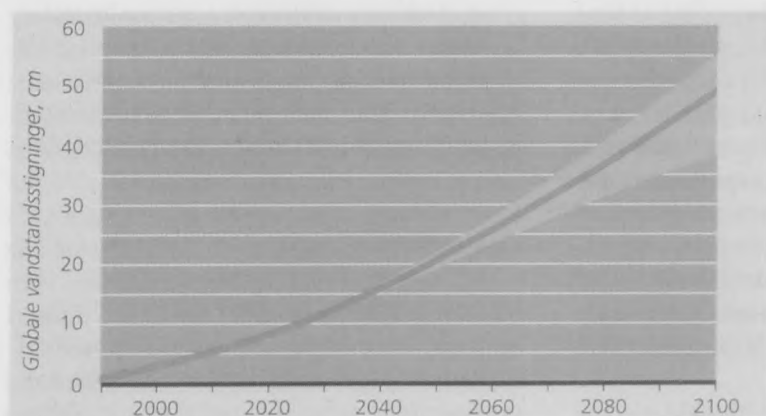
Klimamodellerne er under stadig udvikling, og i takt hermed har der været en tendens til, at forudsigelserne er blevet mindre foruroligende. I følge den seneste udmelding fra IPCC (Intergovernment Panel of Climate Change) er en global opvarmning på 2°C i løbet af næste århundrede det mest sandsynlige (boks 5). Samtidig kan der ske ændringer i nedbørsmønsteret. For styrede økosystemer i skov- og landbrug vil det i Danmark være muligt med en tilpasning bl.a. ved overgang til andre afgrøder, men andre steder i Verden kan konsekvenserne blive alvorlige. Generelt kan klimaændringerne ske dobbelt så hurtigt, som mange naturlige økosystemer kan nå at tilpasse sig.

Samtidig med at temperaturen stiger, vil vandstanden i havene stige – dels fordi vandet udvider sig i varmen, dels fordi der smelter is fra gletchere og på polerne. I år 2100 vil der muligvis blive tale om 50 cm (boks 5). Dette kan give en række problemer med oversvømmelser og forøget kysterosion.

Det er dog væsentligt at pointere, at disse beregnede globale ændringer ikke viser et slutresultat, men kun hvor man kan være nået



Boks 5. Globale temperatur- og vandstandsstigninger i et middelscenario opstillet af IPCC. Spredningen, hvis man vælger andre scenarier, er vist skraveret.



til om 100 år. Udviklingen vil gå videre, men usikkerhederne på scenarier og modelberegninger bliver efterhånden så store, at man let ender i rent gætteværk.

Sammenhængen mellem de store havstrømme og klimaet er heller ikke fuldt forstået. Hvis der f.eks. udløses en retningsændring af den varme Golfstrøm i Nordatlanten, kan det meget vel blive koldere i Danmark i en verden, der generelt bliver varmere.

Et usikkert grundlag

Det fundamentale problem er imidlertid den usikkerhed, der ligger i selve grundlaget for fremskrivningerne. Sammenhængene mellem udslip og luftkoncentrationer er ikke fuldt forstået. Kuldioxidkoncentrationen

vokser således langsommere, end man umiddelbart skulle tro; tilsyneladende sker der en forøget skovvækst i tempererede områder (muligvis som følge af en gødningseffekt), der binder kuldioxid og derved sinker væksten.

Det er indiskutabelt, at det globale udslip af drivhusgasser *skal* begrænses. Men *hvor* *dan* og *hvor meget* og *hvornår* er – trods en række internationale møder og konventioner – stadig et kontroversielt, politisk spørgsmål. Bag det hele lurar nemlig spørgsmålet om den globale befolkning. Usikkerheden om, hvor mange vi bliver, er mindst lige så vigtig som usikkerheden om fremtidens teknologi i energi- og fødevarereproduktion.

I de senere år har UN's prognoser ligget omkring 10 milliarder en gang i næste århundrede. Det har været diskuteret, hvor mange mennesker Jorden overhovedet i det

lange løb kan brødføde. Svaret er ikke entydigt, men afhænger af hvad vi selv vil acceptere i retning af overgang fra animalsk til vegetabilsk føde, genmanipulerede dyr og planter og i sidste ende syntetiske fødemidler. Vurderingerne har da også varieret vildt – fra under 2 til over 1000 milliarder. For nylig har forskere argumenteret, at det er "tvivlsomt om fødemiddelsikkerheden kan opretholdes uendeligt for en verdensbefolkning på 10–12 milliarder". De mener, at det er "mere sandsynligt, at en bæredygtig befolkning – behageligt under Jordens fødevarekapacitet – vil være langt under dagens 5,5 milliarder" Kunne vi opnå det, ville det være langt lettere at løse luftforureningsproblemerne.

Et samspil af virkninger

Alle forureningsformer vekselvirker – både i deres udvikling og i deres effekter. Ingen af den slags komplikationer kan retfærdiggøre, endsige forhindre, den overbelastning af jorden, som følger af den globale vækst i befolkning og materiel levestandard; men de skal tages i betragtning ved tilrettelæggelsen af en rationel miljøbeskyttelsesstrategi. Vi må nemlig ikke bilde os ind, at vi kan leve 5 milliarder mennesker på denne jord – og inden der i bedste fald er bremsset op i næste århundrede måske 10 milliarder – uden at det giver *nogen* skrammer i miljøet. Derfor må der på alle planer træffes nogle ubehagelige valg, hvor det gælder om at slippe billigst muligt. Det kræver en faglig indsigt, som strækker sig langt ud over det rent naturvidenskabelige.

Det Kgl. Danske Landhusholdningsselskab's Informations-, Rejse- og Uddannelsesfond

Fondens formål er at støtte unge under landmandsuddannelse eller under den videregående jordbrugsuddannelse, til studiets gennemførelse eller til rejser i forbindelse med studiet.

Ansøgningsskemaet, der kan rekvireres i sekretariatet, evt. på telefon 38 88 66 88, indsendes inden den 1. februar 1998 til:

Det Kgl. Danske Landhusholdningsselskab

**Mariendalsvej 27, 2.
2000 Frederiksberg**

Fordampning af kvælstofforbindelser fra stalde

Af afdelingsleder *Søren Pedersen*, Forskningscenter Bygholm, Danmarks JordbrugsForskning

Ammoniakemissionen fra stalde har i mange år været i søgelyset som en af atmosfærens forureningskilder. Derfor indledtes der i 1990, på initiativ af Silsoe Research Institute (SRI), GB, et samarbejde mellem GB, NL, D og DK om et EU-projekt vedrørende luftformig forurening i og omkring stalde med titlen:

Reduction of Aerial Pollutant Emissions in and from Livestock Buildings (1992-96)

Projektet har primært beskæftiget sig med

ammoniak- og støvkoncentrationer i stalde og ammoniakemissioner fra stalde.

Den danske del af undersøgelsen har omfattet målinger i 32 kvægstalde, 32 svinestalde og 16 fjerkræstalde, hvor der i hver stald er målt over et døgn. Det samlede antal måleserier for de fire lande er 320, fordelt med 80 i hvert land. Da der er gennemført to måleserier i hver stald, henholdsvis sommer og vinter, indgår der således i alt 160 stalde i undersøgelsen.

Hovedresultatet af undersøgelsen fremgår af følgende tabel:

Nøgletal fra 24-timers målinger i forskellige staldtyper til kvæg

Kategori	Antal stalde	Ventilation	Temp., inde (°C)	Rh., inde (%)	CO ₂ ppm	NH ₃ ppm	NH ₃ g vpe ⁻¹ h ⁻¹
Sengestalde	8	Naturlig	16,3	82	830	5,1	1,36
Bindestalde	8	Undertryk	14,2	81	1300	4,6	0,59
Ungkvægst.	8	Undertryk	15,3	83	1120	6,9	1,20
Kalvestalde	8	Naturlig	10,2	85	550	1,9	0,92
Gns.			14,0	83	950	4,6	1,02

Indlæg ved Akademirådets seminar om "Jordbruget som årsag og offer for luftforureninger", afviklet 4. september 1997.

Kvælstof tab ved produktion, opbevaring og anvendelse af husdyrgødning

Lektor, PhD *Jakob Magid*, Institut for Jordbrugsvidenskab, KVL

De senere års debat om og forsøg på regulering af landbrugets kvælstofhusholdning er igen på dagsordenen, og fører i skrivende stund nye forsøg på regulering med sig. Skal der udpeges en hovedårsag til problemerne med kvælstoftab til omgivelserne, så er det utvivlsomt at husdyrene har en meget fremtrædende plads i jordbrugsproduktionen. Dette forhold er erkendt, men har ikke for alvor været på dagsordenen.

De hidtidige priser har medført, at kvælstof har kunnet anskaffes meget billigt som handelsgødning. Da det samtidig er langt enklere at håndtere handelsgødning og nemmere at forudsige dets virkning, har der været meget tungtvejende praktiske grunde til at basere planteproduktionen på handelsgødning, hvilket i midten af 80'erne førte med sig, at man stort set så bort fra gødningsværdien i husdyrgødning, og skaffede sig af med det med så lidt besvær som muligt. Denne adfærd blevet ændret gennem indførelsen af gødningsregnskaber, og bøder til de bedrifter, der ikke udnytter husdyrgødningen i overensstemmelse med loven. Det har dog ikke altid været nødvendigt at fare frem med hårde midler for at få landmænd til at påskønne organiske gødninger, hvilket følgende citat fra Russel (1919) vidner om:

“Organiske gødninger er længe blevet brugt med fordel af landmænd. Hår er nævnt på Platt's liste fra 1653, og gamle klude er nævnt ikke meget senere... Andre organiske gødninger er nyligt kommet i anvendelse,

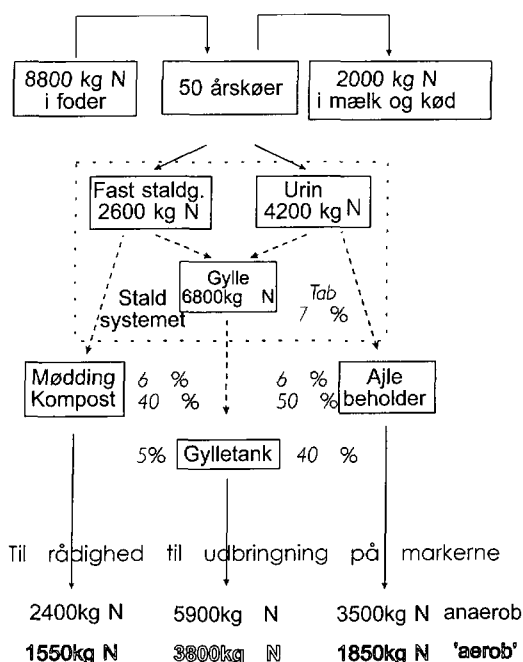
og bliver som regel efterspurgt af landmænd så snart de er tilgængelige. Det har aldrig været besværligt at overtale bønderne til at købe disse substanser som gødning, og på trods af at de aldrig er blevet fremmet af propaganda komitéer eller syndikater, har de altid solgt bedre end de kunstige gødninger’.

Citatet antyder klart at datidens bønder har haft mere tiltro til de organiske gødninger, og set med skepsis på de uorganiske gødninger, hvilket er ganske tankevækkende i lyset af nutidens problemer. Det er da også klart, at der i Danmark på den tid var en betydelig interesse for udnyttelsen af næringsstoffer i husdyrgødning. Således skrev Sigurd Tovborg Jensen i 1928 i den 211. Beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur:

“Man har længe været klar over, at der kan tabes betydelige Mængder af Værdistofferne i Ajle og Staldgødning, naar det bringes ud paa Marken. Paa forsøgstationen i Askov (Iversen, 1927) er det vist, at Staldgødning ved at henligge paa Marken i 4 Døgn, inden Nedpløjning finder Sted, kan tabe henimod Halvdelen i Gødningsværdi, og at øjeblikkelig Nedpløjning i de fleste Tilfælde er nødvendig, hvis man vil undgaa dette Tab. Ammoniakkvælstoffet er de naturlige Gødningers værdifuldeste Bestanddel, men til lige, som vist af Iversen og talrige andre, den Del, som lettest tabes ved Opbevaring og Udbringning. Tabet fremkommer hovedsagelig ved, at Ammoniakken gaar bort i Luftform fra de Opløsninger, hvori den forekommer i Gødningen.”

Dette er en meget klar beskrivelse af hovedtabsvejen for kvælstoffet frem til at det skal virke i jorden, og evt. siden hen tabes

Indlæg ved Akademirådets seminar om "Jordbruget som årsag og offer for luftforureninger", afviklet 4. september 1997.



Figur 1. Oversigt over kvælstofstrømmen i en malkekvægsbedrift, med minimalt hhv. stort tab af ammoniak under lagringen.

ved udvaskning. Der gives samtidig en anvisning på at begrænse tabet, og man har idag pligt til at sørge for en hurtig nedbringning af husdyrgødningen, hvis den udbringes på ubevoksede arealer. Med den viden, vi har idag, er det muligt at sige mere præcist, hvor der sker tab, hvor store de er, og hvordan der skal sættes ind, hvis man vil mindske tabene. At denne viden foreligger, skyldes ikke mindst dansk jordbrugsforskning, som i de senere år har arbejdet intenst med at forstå miljøeffekter af husdyrproduktionen. Særlig skal det nævnes, at der på Askov Forsøgsstation er lavet mange gode studier af tab under lagring og udbringning af husdyrgødning, og at der på det seneste er kommet viden om stalddtab, som i betydeligt omfang er frembragt på Bygholm Forsøgsstation. Produktions og tabskæden er illustreret for en malkekvægsbesætning i figur 1.

Tab i stalde

Så snart fæces og urin udskilles fra dyret opstår der en mulighed for tab af ammoniakkvælstof. Tabets størrelse er i overvejende grad bestemt af dyretypen, idet der er mindre tab fra flermavede dyr, der fortrinsvis gives grovfoder, end fra enmavede dyr, der gives mere kraftfoder. Således må man regne 6–8% af det kvælstof, der udskilles fra opstaldet kvæg for tabt, mens det for svin og fjerkræ er 15–18%, der tabes inde i staldmiljøet. Dybstrøelses stalde er endnu ikke undersøgt ordentligt. Det er teknisk muligt at rense stalduften og genindvinde størstedelen af det tabte kvælstof, men det er meget dyrt, og praktiseres ikke i dagens Danmark.

Tab i lagre

Under selve oplagringen er der mulighed for store tab, med mindre der gøres en aktiv indsats for at hindre disse. Generelt betyder lufttilgang, at der kan fordampe ammoniak, og selvom der kan være nogen fordele ved iltning af gødningen, så medfører det uvægerligt betydelig ammoniakfordampning. Groft sagt må man regne med tab på 50% af kvælstof i ajle, hvis det ikke opbevares lufttæt, og tabet på møddinger og i gyllebeholdere er 30–40% ved 6–8 måneders opbevaring under mindre hensigtsmæssige omstændigheder. Tabene under gunstige betingelser kan i alle systemer holdes nede på 4–6%. For ajlebeholdere gælder, at de skal være tætte, for møddinger, at de skal være bundfyldte, og for gyllebeholdere, at de skal have et flydelag. Flydelag dannes i del tilfælde af sig sig selv, afhængig af gyllens kvalitet, men ellers kan der etableres et flydelag med halm, lecasten eller andre materialer.

Tab ved udbringningen

Generelt gælder det om at undgå fordamp-

ning af ammoniak under udbringningen. Dette gælder desto mere, hvis man har udvist omhu for at holde på ammoniakken under lagringen, for så vil gødningen have et højt indhold af dette. Derfor skal man drage omsorg for, at der er en kort henliggetid inden nedbringning (evt. nedfældning) på ubevokset jord, og jo fastere konsistens gødningen har, desto mere kritisk bliver en omgående nedmuldning. Udbringning i køligt vejr med lav vindhastighed giver generelt det mindste tab. Det er også muligt at udlægge gylle på jord under veludviklet kornafgrøde. Sommer et al. (1997) har vist, at fordampningen i dette tilfælde er stærkt nedsat, dels på grund af lave vindhastigheder ved jordoverfladen, dels fordi de voksende planter kan optage ammoniak fra luften, og endelig fordi gyllen i et vist omfang blev "suget" ned i jorden, som var udtørret af kornafgrøden. Slangeudlægning løser dog ikke problemet med udbringning på mindre velvoksne afgrøder, hvor tabet er meget betydeligt. Det er teknisk muligt at nedfælde gylde i voksende kornafgrøder eller vedvarende græsmarker, uden at afgrøden lider megen overlast. Dette er dog en ganske energikrævende og dyr arbejdsform.

Tab i græsningssystemer

Der er lavet et antal undersøgelser af ammoniakfordampningen fra kvæg på græs, som i alle tilfælde viser at fordampningstabet er ret begrænset (6–10%). Dette er meget lidt sammenlignet med tabene i stald, lager og under udbringning. Dog må man regne med meget betydelig udvaskning fra mere intensivt græssede systemer.

Andre tab

I det ovenstående har der været fokus på tabet af ammoniak fra husdyrgødningen, fordi det er det væsentligste tab under produktion, opbevaring og udbringning. Der er dog

Tabel 1. Oversigt over gældende krav til udnyttelse af total N i husdyrgødning

	1 års virkning	efter virkning	absolut effektivitet ¹⁾
Handelsgødning	–	–	85
Svinegylle	50	10	51
Kvæggylle	45	10	47
Dybstrøelse	15	15	26
Anden husdyrgødning	40	10	43

¹⁾ Den absolutte effektivitet for husdyrgødning er mindre end summen af 1 års virkning og eftervirkningen, fordi disse størrelser er beregnet i forhold til netop handelsgødningens virkning. Eftersom handelsgødningen ikke er 100% virkningsfuld, må husdyrgødningen nedskrives tilsvarende.

flere tab som har miljømæssig betydning, særlig nitratudvaskning og lattergas tab. Disse tab forekommer i det væsentlige efter, at gødningen er blevet udbragt, hvor kvælstoffet er blevet iltet. Dog kan der forekomme udvikling af lattergas både i stalde og på møddinger, omend vi har ret begrænset viden om dette. Lattergas tabet udgør ikke en stor mængde, men er trods dette en væsentlig miljøbelastning, eftersom lattergas er en kraftigt og langtidsvirkende drivhusgas.

Ingen ved nøjagtigt, hvad der foregår i praksis, og hvor mange landmænd, som gør sig umage for at begrænse tab fra lagre. Der er dog utvivlsomt sket en betydelig forbedring i udnyttelsen af husdyrgødningen siden gennemførelsen af vandmiljøhandlingsplanen. De nuværende regler kan opleves som strenge, men skal dog ikke forlede til at tro, at tabene er små. I tabel 1 er lovens krav til udnyttelse af forskellige husdyrgødninger beregnet i forhold til den faktiske udnyttelse af handelsgødningskvælstoffet.

Det ses, at lovens krav til udnyttelsen rent faktisk efterlader 50–75% til tab til omgivelserne. Dette skal ses i forhold til, at kravene til udnyttelse gælder for gødningen der køres fra lageret, og at der allerede er sket

et betydeligt tab af kvælstof (12–50%) i stalden og under lagringen. Dette illustrerer klarere end noget andet, at husdyrproduktionen er en spildsom proces, hvad angår kvælstof, og man kan jo da overveje, hvor meget længere det er muligt gå i udvidelse af produktionen.

Det er helt klart, at man er nået et punkt hvor der i det omgivende samfund er manglende accept af forholdende, som de er i øjeblikket. Det er også klart, at der er muligheder for ad teknisk vej at nedsætte udslippene yderligere. Imidlertid er det meget kapitalkrævende at bygge nye stalde, og forbedringer i staldsystemer vil kun slå igennem over en lang periode. Det er også rimeligt at antage, at belastningen kan sænkes på længere sigt, hvis der kan opnås en mere hensigtsmæssig fordeling af bedrifterne på landsplan.

Det er utvivlsomt muligt at opnå en bedre udnyttelse af kvælstoffet i husdyrgødningen fra lageret end de krav, der stilles i loven, også uden langsigtede planlægnings eller teknologiske tiltag. Spørgsmålet er imidlertid, om det lader sig gøre at komme længere gennem administrativt tunge rutiner, som kan give anledning til bødestraf, eller om disse medfører en for stor modvilje i længden.

Literatur

- E. J. Russel (1919) The Agricultural Value of Organic Manures, *Journal of the Board of Agriculture*, Vol. XXVI, pp. 228–247
- Sigurd Tovborg Jensen (1928) 211. Beretning fra Statens Forsøgsvirksomhed i Plantekultur
- Sven G. Sommer (1991) NH₃-Volatilization from Fertilizers and Animal Manure. *NPO forskning fra Miljøstyrelsen*, nr. A7
- Sven G. Sommer, Ege Friis, Anne Bach, and Jan K. Schjørring (1997) Ammonia Volatilization from Pig Slurry Applied with Trail Hoses or Broadcast to Winter Wheat: Effects of Crop Development Stage, Microclimate, and Leaf Ammonia Absorption. *Journal of Environmental Quality*, 26, 1153–1160

Metanudskillelse fra husdyrproduktionen

Af forsøgsleder *Bent Borg Jensen*, Afdeling for Ernæring, Danmarks JordbrugsForskning, Forskningscenter Foulum

Indledning

Miljøkonsekvenserne ved produktionen af metan skyldes, at metan virker som en "drivhusgas", hvilket vil sige, at en ophobning af metan i atmosfæren vil medføre at den globale temperatur stiger.

Metan er en farveløs og lugtfri gas, der dels dannes ved naturlige processer og dels som en følge af menneskeskabte aktiviteter. Gennem de seneste 200 år er koncentrationen af metan i atmosfæren steget fra 0,70 ppm i 1787 til 1,68 ppm i 1988. Den totale koncentration af metan i atmosfæren er lav sammenlignet med koncentrationen af den anden vigtige drivhusgas kuldioxid, der findes i en koncentration på 345 ppm i atmosfæren (steget fra 275 ppm i 1787). Alligevel må metan betragtes som en vigtig drivhusgas. Det skyldes, at metan er en langt stærkere drivhusgas end kuldioxid. En stigning i koncentrationen af metan i atmosfæren på 1,3 ppm er således blevet beregnet til at medføre en stigning i den globale temperatur på 1,3 grader celsius (Tyler, 1991). Den nuværende stigning af metankoncentrationen i atmosfæren er på ca. 0,6% per år; det er noget mindre end den stigning på 1,0% der skete op til 1980. Baseret på den aktuelle koncentration af metan i atmosfæren og den hastighed med hvilke den stiger, er det beregnet, at metan udgør omkring 18% af drivhuseffekten, mens kuldioxid udgør ca. 60%. De resterende 22% udgøres af nitro-

genoxider, ozon og forskellige CFC-gasser. Den forholdsvis betydningsfulde effekt af metan skyldes som nævnt tidligere at metan er en langt stærkere drivhusgas (ca. 20 gange) sammenlignet med kuldioxid. Til gengæld er nedbrydningstiden for metan kun 10 år mod 120 år for kuldioxid. Disse forhold gør at metan sammenlignet med de andre drivhusgasser, vil være langt lettere at påvirke. Som følge af metans korte levetid i atmosfæren vil en årlig reduktion på 10% være nok til at stoppe den årlige stigning i metankoncentrationen i atmosfæren.

Kilder der danner og nedbryder metan

En del metan kan dannes abiotisk (ikke biologisk) gennem termiske processer, fortrinsvis ved forbrænding af kul, kulbrinter og biomasse (træ), langt det meste metan dannes dog biologisk. Den biologiske produktion af metan udføres af en bestemt gruppe af bakterier, de såkaldte methanogene bakterier. Disse bakterier er specielle og adskiller sig såvel morfologisk som genetisk fra andre typer af bakterier. Dannelse af metan sker som en anaerob (uden ilt) proces, hvor organisk materiale nedbrydes under dannelse af metan. Der skelnes mellem to former for bionedbrydning af organisk materiale til metan – en ufuldstændig – og en fuldstændig nedbrydning. Ved den ufuldstændige omsætning dannes der udover metan og kuldioxid også kortkædede fedtsyrer som eddikesyre, propionsyre og smørsyre. Metanet dannes ud fra kuldioxid og hydrogen, og metanproduktionen betegnes som et hydrogendræn (fjerner reduktionsækviva-

Indlæg ved Akademirådets seminar om "Jordbruget som årsag og offer for luftforureninger", afviklet 4. september 1997.

Tabel 1. Produktion og nedbrydning af metan

	Beregnet (Tg/år)	Variation (Tg/år)
<i>Produktion</i>		
Naturlig	150	120–300
Menneskeskabt	360	225–570
Total	510	400–610
<i>Nedbrydning</i>		
Fjernelse i atmosfæren	450	420–520
Nedbrydning i jorden	30	15–45
<i>Total</i>	480	435–565
<i>Ophobning i atmosfæren</i>	30	28–37

Kilde: Chynoweth, 1996

lenter) hvilket er nødvendigt for at den anaerobe nedbrydning kan forløbe. Denne proces foregår specielt i fordøjelseskanaalen hos dyr og visse mennesker. Ved den fuldstændige nedbrydning omsættes det organiske materiale fuldstændigt til metan og kuldioxid. Denne proces foregår i systemer med lang opholdstid som rensningsanlæg, gylletanke, sumpområder, rismarker og lossepladser.

Som det fremgår af tabel 1 skelner man ofte mellem den del af metanet der dannes naturligt og den del af metanet der dannes som følge af den menneskelige aktivitet (antropogent). Den menneskeskabte metanproduktion udgør ca. 70% af den samlede

Tabel 2. Naturlige kilder til metandannelse

Kilde	Beregnet (Tg/år)	Variation (Tg/år)
Sumpområder	110	70–170
Termitter (insekter)	20	10–50(500)*
Have	10	5–20
Ferskvand	5	1–25
Kulbrinter	5	0–5
Permafrost	0	0–2
Total fra naturlige kilder	150	

Kilde: Chymoweth, 1996

*Enkelte forskere mener, at produktionen fra insekter kan være så høj som 500 Tg CH₄-C pr. år.

Tabel 3. Metan produceret som følge af den humane aktivitet

Kilde	Beregnet	Variation
Minedrift, raffinering m.v.	100	70–120
Risdyrkning	60	20–150
Husdyr	80	65–100
Husdyrgødning	15	10–20
Spildevandsbehandling	25	20–25
Lossepladser	30	20–70
Afbrænding af biomasse	40	20–80
Total	360	400–610

Kilde: Chymoweth, 1996

metanproduktion på 505 Tg/år (et Tg = 1 million tons).

De vigtigste naturlige kilder til metan er sumpområder og insekter (tabel 2), mens de vigtigste, menneskeskabte kilder til metandannelsen er afbrænding af forstilt brændsel, risdyrkning, husdyrproduktion samt omsætning af affald (tabel 3). Insekters betydning for den totale metanproduktion er meget omstridt, der er ingen tvivl om at den er betydelig, specielt termitter vides at producere store mængder metan. Derimod har størrelsen af andre insekters metanproduktion vist sig vanskelig at estimere, problemet er specielt at få et indtryk af populationsstørrelsen af de forskellige insektgrupper. Beregninger af insekters produktion af metan har således varieret fra 10–500 Tg pr. år.

Den vigtigste kilde for nedbrydning af metan er den nedbrydning der sker i atmosfæren (450 Tg/år, tabel 1). Derudover sker der også en vis nedbrydning i jordoverfladen (30 Tg/år) hvor en anden type bakterier – de metanotrofe – i tilstedeværelse af ilt er i stand til at omsætte metan til kuldioxid og vand. Som det fremgår af tabel 1 er den samlede stigning i metanpuljen beregnet til at udgøre 30 Tg/år.

Metan-udskillelse fra husdyr

Metanemissionen fra den samlede husdyrproduktion er betragtelig. Det er således

beregnet, at verdens population af husdyr producerer 80 Tg metan pr. år, svarende til ca. 16% af den samlede metanemission. Dertil kommer en produktion på 15 Tg pr. år fra nedbrydning (afgasning) af husdyrgødning. Samlet udgør produktionen af metan fra verdens husdyrproduktion således omkring 95 Tg pr. år svarende til 19% af den samlede metanproduktion.

Produktionen af metan varierer meget ikke kun mellem forskellige husdyrtyper, men også mellem ens husdyrtyper under forskellige produktionssystemer. Den daglige metanproduktion hos forskellige husdyr samt hos nogle vilde dyr er vist i Tabel 4. Det er helt klart at metanproduktionen pr. kg legemsvægt er langt højere hos drøvtyggere som køer og får, sammenlignet med enmavede dyr som heste og grise. Større enmavede dyr, som heste og æsler, producerer dog betydelige mængder metan. Det er også oplagt at vilde dyr producerer mindre metan pr. kg legemsvægt end husdyr, formentlig som følge af et mindre foderoptag.

Alt andet lige er mængden af den metan, der dannes i fordøjelsessystemet hos vore husdyr ligefrem proportionalt med den mængde kulhydrat der fermenteres (forgæres) i fordøjelssystemet. Hos drøvtyggere er det beregnet at ca. 6% af den energi, der findes i fodret, udskilles som metan. En dansk malkeko producerer omkring 400 l metan pr. dag. Denne produktion vil selvfølgelig være afhængig af, hvor meget foder koen æder, og goldkoen med en lav foderoptagelse vil producere mindre. Sammenlignet med en dansk malkeko producerer en indisk malkeko kun ca. halvt så meget metan, den æder til gengæld også kun halvt så meget og producerer kun 2,5 kg mælk pr. dag mod den danske, der producerer 11,5 kg mælk pr. dag. Alt i alt producerer en dansk malkeko således kun ca. halvt så meget metan pr. kg produceret mælk sammenlignet med den indiske ko.

I modsætning til køer producerer grise kun omkring 5 liter metan pr. dag. Også for grise er produktionssystemet af betydning for hvor

Tabel 4. Den daglige metanproduktion hos forskellige dyr

Art	Legems- vægt (kg)	Metanproduktion	
		(liter/dag)	(liter/dag/ kg legems- vægt)
<i>Husdyr:</i>			
Ko	500	300	0,46
Hest	500	80	0,75
Får	40	30	0,16
Gris	100	5	0,16
Menneske	50	2	0,05
Gås	4	0,05	0,01
<i>Vilde dyr:</i>			
Bøffel	450	140	0,31
Giraf	750	210	0,28
Gazelle	40	20	0,50
Vortesvin	45	4	0,09
Zebra	200	20	0,10
Næsehorn	800	60	0,07
Flodhest	1000	70	0,07
Elefant	1700	110	0,06
Rotte	0,3	0,001	0,03

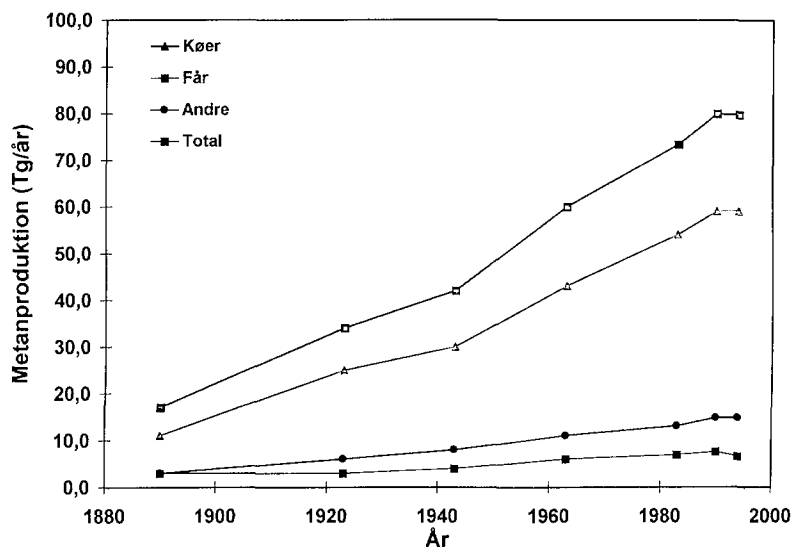
Kilde: Jensen, 1996

meget metan der produceres. Det er således beregnet, at grise i Kina (halvdelen af alle verdens grise produceres i Kina) producerer ca. 50% mere metan end grise produceret i Danmark. Heste producerer betydelige mængder metan nemlig omkring 80 liter pr. dag. Hvad angår mennesker så forholder det sig således, at kun ca. halvdelen producerer metan. Selv hos de mennesker, der producerer metan, er metanproduktionen dog lav, ca. 1-2 liter pr. dag. Nogle forskere mener, at spørgsmålet om hvorvidt mennesker (og visse andre dyregrupper) producerer metan er genetisk bestemt. For alle dyrearter gælder, at det meste metan udskilles med udåndingsluften.

Udviklingen i den samlede metanproduktion fra husdyr

Udviklingen i den totale metanproduktion fra husdyr i perioden fra 1887 til 1994 er vist i figur 1.

Figur 1. Udviklingen i metanproduktionen fra husdyr (modificeret efter Crutzen et al. 1986 og Johansen and Ward, 1996).



Figuren viser, at der i perioden fra 1887 til 1990 skete en kraftig stigning i metanproduktionen fra husdyr. Derimod ser det ud til, at der i perioden fra 1990 til 1994 ikke er sket nogen yderligere stigning i produktionen af metan fra husdyr (tabel 5). Fordelingen af metanproduktionen mellem forskellige husdyr er angivet i tabel 5.

Omkring 95% af den samlede metanproduktion fra husdyr forårsages af store drøvtyggere som køer, bøfler, får og geder, mens den totale produktion fra enmavede dyr er begrænset. Årsagen til at produktio-

nen af metan hos enmavede dyr er mindre end produktionen hos drøvtyggere er, som tidligere nævnt, først og fremmest den mindre mikrobielle fermentering, der sker hos de enmavede dyr. Derudover er der dog meget der tyder på, at der hos enmavede dyr udover metan-dannelsen også findes andre kilder til fjernelse af de reduktionsækvivalenter, der dannes ved den anaerobe fermentering (Jensen, 1996). Blandt andet er det vist, at der i grise og mennesker udover de metanogene bakterier også findes acetogene bakterier (omsætter kuldioxid og hydrogen til acetat) og sulfatfeducerende bakterier (reducerer sulfat til sulfit med hydrogen). Begge disse bakteriegrupper konkurrerer formentlig med de metanogene bakterier om det hydrogen (de reduktionsækvivalenter) der dannes ved den anaerobe fermentering.

Tabel 5. Estimering af den globale metanproduktion (Tg/år) fra forskellige husdyr inden for de seneste 15 år

	1983	1990	1994
Kvæg	54,3	58,7	58,7
Bøfler	6,2	7,4	7,8
Får	6,9	7,5	6,6
Geder	2,4	2,8	3,1
Kameler	1,0	1,0	1,0
Grise	0,9	1,0	1,0
Heste	1,7	1,7	1,7
Total	73,4	80,0	79,8

Kilde: Johnson and Ward, 1996

Metanproduktionen fra husdyrgødning

Den globale produktion af metan fra husdyrgødning fremgår af tabel 6. Dekomponering af husdyrgødning er potentielt en større kilde til metanproduktion end produktionen fra mave-tarmkanalen. Grunden til at

den aktuelle produktion ikke er så stor skyldes, at ikke al gødningen omsættes anaerobt. Som det fremgår af tabel 6 er den mængde metan der dannes fra nedbrydning af gødning fra hhv enmavede dyr og drøvtyggere, omtrent ens (ca. 7 Tg/år for hver dyregruppe).

Kan metanproduktionens omfang påvirkes

Muligheder for at nedsætte mængden af metan, der produceres specielt fra drøvtyggere, har været udsat for intensive undersøgelser gennem de seneste 30 år. Det har imidlertid vist sig vanskeligt – den bedste løsning har vist sig at være en optimal fodring. Derudover har det vist sig muligt at påvirke metanproduktionen ved brug af forskellige tilsætningsstoffer til foderet, og i faglitteraturen er der beskrevet en lang række stoffer, som har været afprøvet til dette formål, men kun enkelte har fundet praktisk anvendelse og bruges fortrinsvis som tilsætningsstoffer for at forbedre foderudnyttelsen. Det største problem ved disse stoffer er, at de ikke er forenelige med ekstensiv husdyrproduktion som græsning og brug af grovfoder med lav foderværdi.

Konklusion

Der dannes store mængder metan ved den anaerobe fermentering af organisk materiale i fordøjelseskanaalen hos vore husdyr. Specielt drøvtyggere producerer meget metan, som følge af den store fermentering der sker i vommen. Drøvtyggere står for ca. 15% af den samlede globale produktion af metan. Produktionen af metan fra enmavede dyr er langt mindre og udgør mindre end 1% af den samlede globale produktion. Metanproduktionen fra nedbrydning af husdyrgødning udgør ca. 3% af den globale produktion. Stigningen i metanproduktionen fra husdyr var op til 1990 ca. 1,1% pr. år. Denne stig-

Tabel 6. Den globale metanproduktion fra husdyrgødning

Art	Metanproduktion (Tg/år)
Kvæg	6,1
Grise	5,3
Kyllinger	0,7
Får og geder	1,3
Andre	0,5
Total	13,8

Kilde: Johnson and Ward, 1996

ning afspejler stort set den stigning der fandt sted i antallet af husdyr. Meget tyder imidlertid på at der ikke er sket nogen øgning i metanproduktionen fra husdyr siden 1990.

Som følge af at metan relativt let nedbrydes i atmosfæren, vil en reduktion i verdens samlede metanproduktion på 10% være nok til at stoppe den årlige stigning i koncentrationen af metan i atmosfæren. Hvad angår husdyr syntes en optimeret fodring at være den bedste løsning til at nedsætte metanproduktionen. En anden vigtig kilde til at nedsætte koncentrationen af metan i atmosfæren er at øge den nedbrydning af metan, der sker i jordoverfladen. Her tyder nyere forskning på, at forhold som jordbehandling, gødsning, jordens surhed og brug af pesticider, spiller en vigtig rolle.

Referencer

- Chynoweth, D. P. (1996). Environmental impact of biomethanogenesis. *Environmental Monitoring and Assessment* **42**:3–18.
- Crutzen, P. J., Aselmann, I. and Seiler, W. (1996) Methane production by domestic animals, wild ruminants and other herbivorous fauna, and humans. *Tellus* **35B**: 271–284.
- Jensen, B. B. (1996) Methanogenesis in monogastric animals. *Environmental Monitoring and Assessment* **42**: 99–112.
- Johnson, D. E. and Ward, G. M. (1996) Esti-

- mates of animal methane emission, *Environmental Monitoring and Assessment* **42**: 133–141.
- Miller, T. L. (1991) Biogenic sources of methane. In: Rogers, J. E. and Whitmann, W. B. (eds.) *Microbial Production and Consumption of Greenhouse Gases, Methane, Nitrogen Oxide Halomethanes*. American Society for Microbiology, Washington D.C., pp. 175–188.
- Tayler, S. C. (1991) The global methane budget. In: Rogers, J. E. and Whitmann, W. B. (eds.) *Microbial Production and Consumption of Greenhouse Gases, Methane, Nitrogen Oxide Halomethanes*. American Society for Microbiology, Washington D.C., pp. 175–188.

Dyrkningens indflydelse på jordens kulstofindhold

Af afdelingsforstander *Bent Tolstrup Christensen*, Danmarks JordbrugsForskning, Foulum

Indledning

Den dyrkede jords indhold og omsætning af kulstof (C) har betydning for jordens frugtbarhed (1), det vil sige jordens evne til vedvarende at understøtte en planteproduktion der er forsvarlig med hensyn til omfang, kvalitet og påvirkning af det omgivende miljø. Desuden spiller jordens omsætning af C en vigtig rolle for atmosfærens indhold af kuldioxid (CO_2) og den samlede lagring af C i terrestriske økosystemer

Indholdet af CO_2 i atmosfæren udgør det vigtigste element i drivhuseffekten. Før den industrielle revolution var indholdet omkring 0,280%, idag er det 0,356%, hvilket er en stigning på over 25%. Men stigningen ville have været større, hvis al den menneskeskabte CO_2 var forblevet i atmosfæren. Der er således mekanismer, som er i stand til at udjævne ændringer i luftens CO_2 indhold. Landjordens vegetation indeholder samlet en C mængde, der svarer til godt 80% af atmosfærens CO_2 , og i jordens C lager er der godt to gange så meget C som i atmosfæren.

Den årlige udveksling af C mellem land og luft svarer til ca. 8% af atmosfærens samlede CO_2 mængde. Sagt på en anden måde er udvekslingen af C mellem luft og jord/plantesystemet godt 18 gange større end den aktuelle stigning i atmosfærens CO_2 indhold. Denne udveksling drives af planternes fotosyntese og den løbende nedbrydning af planterester og jordens pulje af organisk stof.

Indlæg ved Akademirådets seminar om "Jordbruget som årsag og offer for luftforureninger", afviklet 4. september 1997.

Udvekslingen af C mellem atmosfæren og jord/plante systemet indtager en nøgleposition i det globale CO_2 regnskab. Virkningen af ændringer i drivhuseffekten er beregnet ved hjælp af simuleringsmodeller, hvori der gøres en række antagelser, blandt andet vedrørende udviklingen i arealanvendelsen og klimaeffekternes indvirkning på C omsætningen i jord/plante systemet. Det er afgørende, at vi opnår en mere konkret viden om de mekanismer, der styrer strømmen af C mellem jord og luft. Omsætningen af den store mængde C, der er bundet i jordens organiske stof påkalder sig særlig opmærksomhed.

Organisk stof i jord

Jordens indhold af organisk stof udgøres af rester af planter, dyr og mikroorganismer i alle nedbrydningsstadier, samt af forskellige omsætningsprodukter tæt forbundet med jordens mineralske bestanddele. Jordens organiske stof udgør en integreret del af terrestriske økosystemers struktur og funktion.

Ved den biologiske omsætning af tilført organisk materiale (planterester m.v.) frigives CO_2 og plantenæringsstoffer, samtidigt med at der dannes mikrobiel biomasse og mikrobielt afledte organiske nedbrydningsprodukter. Plantenæringsstofferne kan optages af planterødder, atter fastlægges af nedbryderorganismerne eller tabes fra jorden ved nedvaskning og gasformige tab, mens de organiske nedbrydningsprodukter indgår i jordens pulje af organisk stof.

Tilførsel af organisk materiale har en direkte effekt på aktiviteten af jordens mikro-

bielle biomasse og fauna. Denne virkning er knyttet til de tilførte materials letom-sættelige fraktion.

Derudover har tilført, organisk materiale en mere langsigtet virkning, der er knyttet til det tilførte materials langsomt nedbrydelige fraktioner, samt til den videre omdannelse af de mikrobielt afledte nedbrydningsprodukter. Den langsigtede virkning er forbundet med jordens beskaffenhed, herunder stabiliseringen af det nydannede organiske stof i organo-mineralske komplekser (2).

Overordnet set vil virkningen af det organiske materiale være afhængig af den tilførte mængde og af materialets sammensætning. Mængden af nydannet organisk stof, der stabiliseres i jorden, afhænger af jordtypen, men også graden af forstyrrelse af jordens struktur (f.eks. ved jordbundsfaunaens aktivitet).

Ved gentagen tilførsel af organisk materiale øges jordens indhold af organisk stof, indtil der er opnået en for det pågældende økosystem karakteristisk ligevægt, hvor opbygning og nedbrydning af den organiske stofpulje er af samme størrelse. Skovjorde kan indeholde 50 til 250 t C pr. ha og vådbundsjorde betydeligt mere. For tørvejorde kan C indholdet overstige 1000 t pr. ha.

Dyrkning og jordens C indhold

Omkring 65% af det danske areal er opdyrket. Dyrket jord vil typisk have et noget lavere C indhold, idet selve opdyrkningen og den efterfølgende pasning af jorden vil give

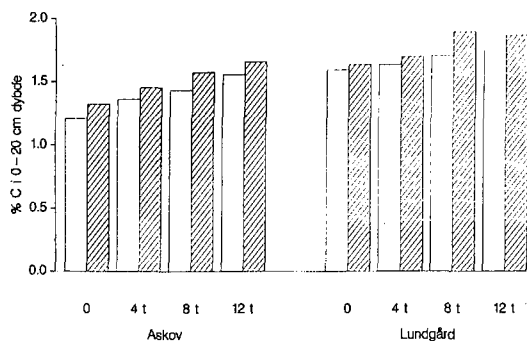
anledning til en nedbrydning af organisk stof, der overstiger mængden af nydannet organisk stof. Først efter en lang periode under dyrkning vil der atter kunne skabes ligevægt mellem nedbrydning og opbygning af organisk stof i jorden. Derfor vil der som regel ske et netto CO₂ udslip til atmosfæren i forbindelse med opdyrkning af naturarealer. For de nordamerikanske prairieområder er tabet ved opdyrkningen fundet at udgøre 30–50% af den oprindelige C pulje i jorden. I de fleste sammenhænge forudsættes det, at indholdet af C i dansk dyrket jord er i ligevægt. Ved opstilling af balancer, f.eks. for CO₂ udslip, antages det således, at der ikke sker nævneværdige ændringer i C lagringen i dyrket jord. En eventuelt faldende tendens i C indholdet på arealer med udstrakt produktion af korn og andre salgsafgrøder og hvor der alene anvendes handelsgødning antages at blive opvejet af ophobning af C i arealer med grovfoderproduktion og hyppig tilførsel af hysdyrgødning.

Der foreligger ikke en nærmere opgørelse over indholdet og udviklingen i den dyrkede jords indhold af C. Vi ved derfor ikke, om der på nationalt plan sker et nettoudslip af CO₂ fra dyrket jord til atmosfæren eller om dyrket jord over tid ophober C. Der findes imidlertid eksperimentelt grundlag for en vurdering af forskellige dyrkningsmæssige tiltags indvirkning på jordens C indhold.

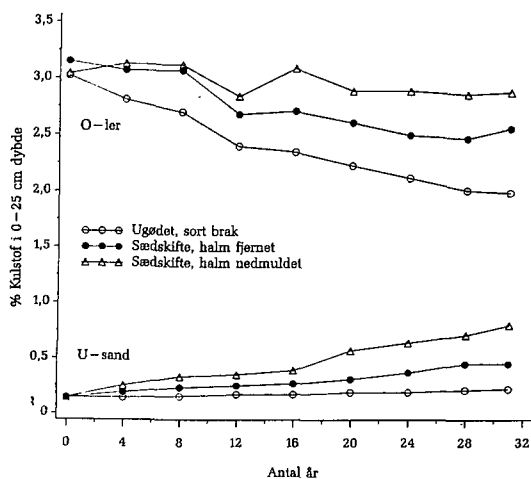
Ændringer i jordens samlede indhold af C manifesteres først over lange tidsrum. En opgørelse af ændringer er derfor vanskelig uanset, om det sker ved modelsimuleringer eller ved målinger. Længerevarende forsøgs-

Tabel 1. Halmnedmuldningens indflydelse på indholdet af C i pløjelaget (0–20 cm) efter 10 års gentagen behandling (3).

Forsøgssted	JB.nr.	Halmen		% stigning ved nedmuldning
		Fjernet	Nedmuldet	
Jyndeved	1	1,53	1,58	3,3
Askov	3	1,18	1,24	5,1
Rønhave	7	1,33	1,43	7,5
Højer	7	1,56	1,71	9,6



Figur 1. Indholdet af C i jord efter årlig nedmuldning af 0, 4, 8 og 12 t halm/ha til vårbyg ved Askov (12 år) og Lundgård (11 år). Skraverede søjler angiver samtidig dyrkning af rajgræs som efterafgrøde i de seneste 3-4 år (9).



Figur 2. Virkning på jordens C indhold af ugødet, ubevokset brak og dyrkning af stråafgrøder med og uden halmnedmuldning på lerjord med højt C indhold (O-ler) og sandjord med lavt C indhold (U-sand).

serier udgør et meget værdifuldt grundlag for direkte dokumentation af ændringer og for kontrol af modelbaserede resultater.

Halmnedmuldning

Tabel 1 viser resultater fra en forsøgsserie, hvor halmnedmuldningens indflydelse på jordens C indhold blev bestemt efter 10 års gentagen halmnedmuldning til vårbyg. Der blev udelukkende anvendt handelsgødning,

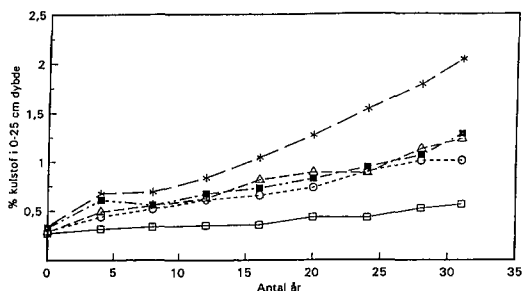
Tabel 2. Virkning af halmnedmuldning på pløjelagets kulstofindhold. Ni forsøgssteder med 10 års gentagen halmnedmuldning. Forsøg i de landøkonomiske foreninger med fortsat vårbygdyrkning (4).

	Ved anlæg 1974	Efter høst 1983	
		Halm fjernet	Halm nedmuldet
% C	1,98	1,77	1,86
Relativt	100	89	94

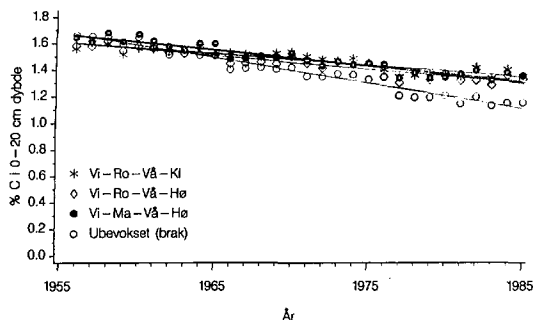
og den årligt nedmuldede halmmængde var 4-5 t/ha. Det ses, at halmnedmuldning i forhold til fjernelse af halm øger jordens C indhold med 3-10%. På baggrund af disse tal er det beregnet, at det ville tage 15 til 56 år at opnå et ligevægtsniveau i jordens C indhold, og at den af halmnedmuldningen forårsagede stigning ved ligevægt ville være 3-16%. Tilsvarende resultater er fundet i forsøg i de landøkonomiske foreninger (tabel 2). Disse forsøg viste desuden, at der selv ved årlig halmnedmuldning skete et fald i jordens C indhold.

Virkningen af halmnedmuldning på jordens C indhold afhænger af den nedmuldede halmmængde. Figur 1 viser, at jordens C indhold stiger næsten proportionalt med den nedmuldede halmmængde, og at virkningen af halm er væsentlig større på den mere lerrige Askov jord (JB5) end den grovsandede Lundgård jord (JB1).

Samspillet mellem jordens C indhold og virkningen af halmnedmuldning fremgår af et 30 årigt forsøg ved Askov Forsøgsstation (figur 2). Der indgik overjord (O-ler) med et ved forsøgets anlæg relativt højt indhold af C (tidligere vedvarende græs jord, JB4) og opgravet undergrundssand (U-sand) med lavt indhold af C ved anlæg. For O-ler's vedkommende faldt indholdet af C i alle behandlinger. For ugødet, ubevokset brak var det relative fald i perioden ca. 35%. Stråsædsafgrøder med halmnedmuldning kunne bedre opretholde jordens C niveau. For U-sand sås en 4-dobling af jordens indhold af C ved halmnedmuldning. Dette forsøg



Figur 3. Udviklingen i indholdet af C i sandjord med lavt indhold af organisk stof (U-sand) efter årlig tilførsel af 6,5 t tørstof/ha i form af halm (O), fast staldgødning (Δ), savsmuld ($\blacksquare$) og sphagnumtørv (*). Jord uden tilførsel er medtaget som reference ($\square$).



Figur 4. Udviklingen i jordens indhold af C ved ubevokset (brak) og forskellige sædskifter (Vi = vinterhvede, Ro = roer, Vå = vårbyg, Kl = kløvergræs, Hø = hør, Ma = majs). Forsøget gennemført på Lermarken, Askov.

illustrerer også, at rodafledt C og C efterladt i stub udgør et væsentligt bidrag til jordens pulje af C.

Virkning af forskellige C holdige tilførsler, herunder halm, er belyst i et andet 30-årigt forsøg med U-sand. Der blev årligt tilført fast staldgødning, sphagnumtørv, halm eller savsmuld svarende til 6,5 t tørstof/ha. Stigningen over 30 års perioden var stort set den samme efter årlig tilførsel af staldgødning, halm og savsmuld (figur 3). Beregnet på grundlag af tilført C gav staldgødning anledning til et højere C niveau i jorden end savsmuld og halm. Efter 100 års gentagen

årlig tilførsel vil det beregnede indhold i 0-25 cm dybde være henholdsvis 1,12, 1,00 og 0,92% C.

Det kan konkluderes, at årlig nedmuldning af normale halmmængder på langt sigt vil kunne øge den dyrkede jords C indhold med mellem 3 og 15% set i forhold til at fjerne halmen fra marken. Virkningen af halmnedmuldning vil være størst på de mere lerrige jorde med lavere C indhold og mindst på grovsandet jord.

Med udgangspunkt i et indhold på 56 t C/ha og en halmafledt stigning på 7,5% vil årlig nedmuldning af halm på længere sigt med-

Tabel 3. Årlig ændring i C indholdet i 0-25 cm dybde beregnet ud fra resultater fra 30-årige forsøg ved forskellige afgrødesystemer på C rig jord (O-ler) og to C fattige jorde (U-sand, U-ler) placeret i rammer ved Askov Forsøgsstation. Ved beregningen er antaget 3750 t jord/ha. Tal i parentes angiver relative værdier (afgrødesystem 4=100).

Afgrødesystem	Årlig ændring i jordens C indhold (kg C/ha)			
	O-ler (3% C)	U-sand (0,1% C)	U-ler (0,2% C)	
1 Ubevokset, ugødet	-1249 (218)	+90 (18)		
2 Stråsæd, halm fjernet, HA ²⁾	-851 (148)	+371 (72)		
3 Stråsæd, halm nedmuldet, HA	-319 (56)	+765 (149)		
4 Sædskifte ¹⁾ , HA	-574 (100)	+514 (100)	+578 (100)	
5 Sædskifte med HU ³⁾	-308 (54)	+724 (141)	+960 (166)	
6 Rodfrugter, HA	-926 (161)	+240 (47)		
7 3 år kløvergræs + 1 år roer, HA	-458 (80)	+596 (116)		

1) vintersæd, roer, vårsæd, kløvergræs

2) HA = handelsgødning

3) HU = fast husdyrgødning

Tabel 4. Indhold af C i 0-10 cm og 10-20 cm dybde efter mere end 10 år med ensidig korndyrkning (primært vårbyg) med og uden rajgræs som efterafgrøde (8).

	% C i jorden			
	Jynde vad		Højer	
	0-10 cm	10-20 cm	0-10 cm	10-20 cm
Uden efterafgrøde ¹⁾ , pløjet	1,86 (100)	1,85 (100)	1,58 (100)	1,55 (100)
Med efterafgrøde, pløjet	2,07 (111)	1,92 (104)	1,73 (109)	1,69 (109)
Med efterafgrøde, pløjefri dyrkning	2,15 (116)	1,88 (102)	2,03 (128)	1,75 (113)

1) Rajgræs isået om foråret, gødet efter kornhøst, og et slæt fjernet primo november

føre en C lagring i 0-25 cm dybde (pløjelaget) på 4,2 t C/ha. Med et samlet kornareal på 1,4 mio. ha vil forskellen mellem at fjerne eller nedmulde halmen på hele arealet svare til en lagring i jorden på 6 mio. t C.

Sædskifte

Afgrødevalgets virkning på jordens C pulje er knyttet til rodsystemets beskaffenhed, antal af planter pr. arealenhed, henfald af overjordisk plantebiomasse i vækstforløbet, vækstperiodens længde, og omfanget af jordbearbejdning, der er knyttet til afgrødens dyrkning. Således vil græs med en høj plantetæthed, en lang aktiv vækstperiode, og et rodsystem med stor udbredelse og rodtæthed give en større tilførsel af rodafledt organisk stof end salgsafgrøder med kort vækstperiode og rækkeafgrøder med relativt få planter pr. arealenhed. I sædskifter med stor andel af salgsafgrøder (korn, raps og ærter) og rækkeafgrøder (roer, kartofler og majs) vil det gennemsnitlige, årlige antal af jordbearbejdninger være højere end i sædskifter med flerårige græsmarker.

Figur 4 viser udvikling i jordens C indhold over en 30-årig periode i et markforsøg ved Askov Forsøgsstation. I forsøget blev tre sædskifter sammenlignet med et ubevokset (brak) areal, der blev tilført samme mængde handelsgødning som arealet med de tre sædskifter. I løbet af perioden faldt C indholdet i pløjelaget (0-20 cm) med 34%, når jorden blev holdt ubevokset. Det mindste fald blev observeret, når kløver-

græs udlagt i vårsæden indgik i sædskiftet, men med en kløvergræsafrøde hvert fjerde år var forskellen dog beskedent. Forskellen mellem roer og majs som rækkeafgrøde i sædskiftet var ikke statistisk sikker. De beregnede årlige fald i jordens C indhold var mellem 269 og 589 kg C pr. ha.

I et andet 30-årigt forsøg (tabel 3) sammenlignedes forskellige dyrkningssystemer på en lerjord med højt C indhold (O-ler), en sandjord med lavt C indhold (U-sand), samt lerjord med lavt C indhold (U-ler). O-ler jorden havde forud for forsøget været i vedvarende græs og havde derfor et højt C indhold. For de to jorde med lavt C indhold (U-sand og U-ler) bidrog sædskiftet til opbygning af jordens C pulje. Et øget antal år med kløvergræs i sædskiftet havde en positiv virkning på jordens C indhold, mens dyrkning udelukkende af rodfrugter kun virkede halvt så godt som sædskiftet med handelsgødning. Det bemærkes, at supplerende fast husdyrgødning forbedrede C lagringen markant i forhold til anvendelse af handelsgødning alene.

Udover valg af hovedafgrøder vil anvendelse af mellemafrøder (efterafgrøder og grøngødningsafgrøder) i perioder, hvor jorden ellers ville være ubevokset medvirke til et øget C indhold i jorden. Figur 1 viser virkningen af rajgræs udsået i vårbyg og anvendt som efterafgrøde med nedmuldning sent efterår. Efterafgrøden har øget jordens C indhold med 3-12% i forhold til behandlingerne uden rajgræs. Tilsvarende resultater er fundet i andre forsøg (Tabel 4).

Tabel 5. Virkning af kvæggylle (7% tørstof) og fast kvæggødning (23% tørstof) på jordens C indhold (% C i 0-25 cm) efter årlig tilførsel af i gennemsnit 25, 50 og 100 t gødning/ha over en periode på 12 år. Sædskiftet var roer (majs på JB1), byg, rajgræs og byg.

Friskvægt/ha/år	Lundgård (JB1)		Askov (JB5)	
	Gylle	Fast gødning	Gylle	Fast gødning
Handelsgødning ¹⁾	1,45 (100)		2,21 (100)	
25 t husdyrgødning	1,53 (106)	1,55 (107)	2,26 (102)	2,37 (107)
50 t husdyrgødning	1,59 (110)	1,69 (117)	2,30 (104)	2,53 (114)
100 t husdyrgødning	1,60 (110)	1,98 (137)	2,39 (108)	2,74 (124)

1)referenceled uden tilførsel af husdyrgødning

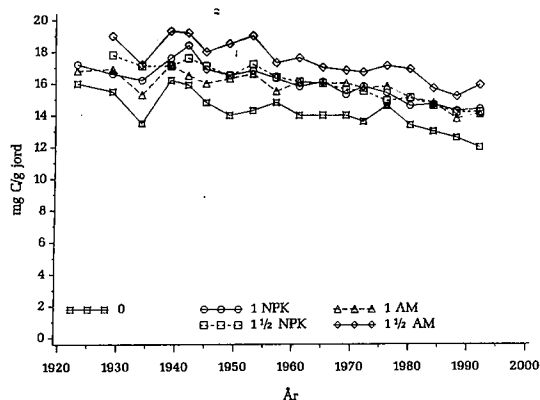
Husdyrgødning

Tabel 5 viser indholdet af C i Askov og Lundgård jord efter årlig tilførsel af 25, 50 og 100 t husdyrgødning over en periode på 12 år. Gødningen var enten kvæggylle med 7% tørstof eller fast kvæggødning med 23% tørstof. I forhold til anvendelse af handelsgødning øgedes jordens C indhold ved brug af husdyrgødning, og fast gødning gav generelt anledning til den største stigning ved tilførsel af ækvivalente mængder friskvægt. Beregnet på basis af den tilførte tørstofmængde har gylle og fast staldgødning i disse forsøg haft stort set samme effekt på jordens C indhold. Indholdet af C i Lundgård jorden var ved forsøgets anlæg på 1,5% og bortset fra handelsgødning har alle gød-

ningstilførsler øget C indholdet. På Askov jorden var der 2,7% C i jorden ved forsøgets begyndelse. Dette for Askov jorden høje C indhold faldt i alle forsøgsbehandlinger. Kun 100 t staldgødning hvert år har kunnet opretholde C puljen på dette areal.

I de langvarige gødningsforsøg ved Askov Forsøgsstation (anlagt 1894) ses også en generelt faldende tendens i jordens C indhold (figur 5). Indtil 1972 modtog 1 AM behandlingen fast husdyrgødning (10 t/ha/år i gennemsnit af sædskiftet), derefter er der tilført gylle (25 t/ha/år). Ved 1 NPK tildeles handelsgødning med et N, P og K indhold svarende til 1 AM. Indholdet af C i jorden er mindsket i alle behandlinger og det gennemsnitlige årlige tab af C har tilsyneladende været uafhængigt af behandlingerne. Et generelt fald i jordens C pulje kan tilskrives virkningen af den almindelige dyrkningspraksis på mineralisering af det organiske stof, der var opbygget i jorden forud for opdyrkningen omkring år 1800. Sådanne langsigtede dyrkningsbetingede fald i jordens C indhold er også fundet i udenlandske langvarige markforsøg.

Det uøgdede led har et lavere C niveau end led med gødningstilførsel. Dette må tilskrives den større mængde rod- og stubrester, der efterlades af de større afgrøder på gødede led. Generelt er udbytteerne 2 til 3,5 gange større ved tilførsel af 1 NPK og 1 AM. Ved 1½ NPK opnås samme C indhold som ved 1 NPK og 1 AM, hvilket kan betyde, at mængden af tilført stub og rodafledt C ikke stiger i samme takt som det indhøstede



Figur 5. Udviklingen i indholdet af C i pløjelaget (0-20 cm) på B3-marken i de langvarige gødningsforsøg ved Askov Forsøgsstation. Figuren viser behandlingerne: ugødet (0), to niveauer af handelsgødning (NPK) og af husdyrgødning (AM).

udbytte. Ved tilførsel af 1½ AM etableres et højere C indhold i jorden. Idet der tilføres samme mængde N, P og K og høstes stort set samme udbytte ved 1½ NPK og 1½ AM, må denne stigning tilskrives organisk materiale tilført med husdyrgødningen.

Husdyrgødning giver altså anledning til et højere C indhold i jorden, end når tilsvarende mængder næringsstoffer tilføres med handelsgødning. Virkningen af husdyrgødning er større end ved tilførsel af samme mængde C i afgrøderester. Såfremt jordens C indhold ønskes øget markant over en kortere årrække kræves imidlertid betydelige, årlige tilførsler af husdyrgødning.

Rodafledt kulstof

Uanset håndteringen af de overjordiske afgrøderester vil dyrket jord blive tilført betydende mængder C via rodafledt organisk materiale. Det rodaflede C hidrører fra rødder og rodexudater m.v., der produceres og omsættes i selve vækstperioden, og fra den del af rodsystemet, der efterlades og nedbrydes i jorden efter høst af afgrøden. Mængden af rodafledt C vil derfor afhænge af afgrødetype, vækstperiodens længde og til en vis grad af afgrødens produktionsniveau. Der er dog næppe nogen simpel sammenhæng mellem en afgrødes overjordiske og underjordiske produktion.

Tabel 6 viser mængden af rodafledt C i vår- og vinterbyg. Resultaterne er baseret på ¹⁴CO₂ pulsmærkninger af afgrøderne i marken. Igennem hele vækstperioden blev der

fra vårbyg sendt 1,7 t C/ha ned i rod og jord. Fem dage efter mærkningen var de 23% frigivet igen som CO₂ ved rod- og mikrobiel respiration, mens 18 og 59% kunne genfindes i henholdsvis makro-rødder og jord. For vinterbyg var den samlede rodafsætning i vækstperioden 2,4 t C/ha. For denne afgrøde blev imidlertid 40% omdannet til CO₂ indenfor de første fem dage efter mærkningen.

Det ses, at rodafledt C for begge afgrøder svarer til ca. 1/3 af den ved modenhed indhøstede C. Ses der bort fra den rodaflede C, der blev omsat til CO₂ indenfor 5 dage, udgjorde C tilførslen med rodsystemet ca. 1,4 t C/ha.

Mængden af rodafledt C er formodentlig lavere fra rækkeafgrøder som roer og majs, mens græsafgrøder vil give anledning til en større mængde rodafledt C.

Der vides kun lidt om virkningen af øget atmosfærisk CO₂ indhold på fordeling og omsætning af rodafledt C. Resultater fra laboratorie- og vækstkammerforsøg peger på, at forhøjede niveauer af CO₂ i luften leder til større rodmasse, større rod/skud forhold, øget rodexudering og rodrespiration. Hertil kommer, at den kemiske sammensætning af det rodaflede organiske materiale påvirkes ved forhøjet CO₂ i luften. Der er imidlertid et markant behov for undersøgelser gennemført under mark eller markliggende forhold. Blandt andet på denne baggrund har Statens Jordbrugs- og Veterinærvidenskabelige Forskningsråd iværksat et 5-årigt forskningsprogram, som skal belyse virkningen af øget atmosfærisk CO₂ og tem-

Tabel 6. Overjordisk og underjordisk planteproduktion i vår- og vinterbyg. Resultater baseret på ¹⁴CO₂ pulsmærkning under markforhold (5).

	1990, Vårbyg		1991, Vinterbyg	
	kg C/ha	%	kg C/ha	%
Overjordisk produktion	4703	100	7433	100
Underjordisk produktion	1652	35	2372	32
Respiration (dag 0-5)	394	8	936	13
Makro-rødder (rodvask)	303	6	472	6
Jord *	955	20	964	13

peratur på mængde og omsætning af rod-afledt organisk materiale.

Ændret arealanvendelse

De her omtalte forsøg demonstrerer klart, at dyrkningsmæssige tiltag, der påvirker tilførslen af organisk materiale til jorden, har betydelige konsekvenser for lagringen af C i jorden, og at tidshorisonten for dyrkningsbetingede ændringer i jordens C lager er meget lang (>100 år). For en række af forsøgene synes der at være et generelt faldende C indhold i jorden og dermed et netto CO_2 udslip til atmosfæren. Hvorvidt denne tendens også genfindes i det samlede danske, dyrkede areal vides ikke.

Ændret arealanvendelse vil i endnu højere grad end ændringer i dyrkningspraksis påvirke udvekslingen af C mellem jord og atmosfære. Etablering af vedvarende græsareal, tilplantning med skov, men også øget anvendelse af flerårige afgrøder med høj tørstofproduktion må forventes at bidrage til en øget C lagring i jorden. Disse arealanvendelser må forventes at have et større potentiale for at fjerne CO_2 fra atmosfæren end sædskifteafgrøder.

Til anskueliggørelse kan der laves følgende meget løse skøn for energiafgrøden elefantgræs. For fuldt etableret elefantgræs kan den overjordiske tørstofproduktion ved vækstperiodens afslutning anslås til 15–30 t/ha (6), hvoraf ca. halvdelen indhøstes det følgende forår. Skønsmæssigt vil jorden således årligt blive tilført 3–7 t C/ha via overjordiske plantedele. Hertil kommer tilførsel af rodafledt C på måske samme størrelse. Sammenlignet med dyrkning af vinterbyg med efterfølgende nedmuldning af halmen (5 t halm/ha) vil dyrkning af elefantgræs kunne give en tre gange større C tilførsel til jorden.

Flerårige energiafgrøder med stor planteproduktion (f.eks. elefantgræs og pil) vil således kunne have en dobbelteffekt i relation til CO_2 i atmosfæren. Dels sker der ved ud-

nyttelse af det indhøstede plantemateriale en fortrængning af CO_2 fra fossilt brændstof, dels kan afgrøden, i forhold til traditionelle sædskifteafgrøder, medvirke til en reduktion i den samlede CO_2 emission ved en større C lagring i jordens organiske stof.

Ved skovrejsning vil der ske en C lagring både i jorden og i den årlige trætilvækst. Bindingen af C i vedmassen kan være ganske betydelig, og set i relation til beslutningen om at fordoble skovarealet i Danmark i løbet af en skovgeneration er det beregnet, at der i løbet af de næste 150 år kan bindes op til 80 mio. t C i den overjordiske biomasse (7). Den C lagring der vil finde sted i form af organisk stof i skovbunden og jorden, er ikke klarlagt.

Sammenfatning

Generelt gælder at:

- jordens frugtbarhed påvirkes af indhold og omsætning af C
- arealer med vedvarende vegetation vil have større indhold af C i jorden end dyrkede arealer
- opdyrkning giver anledning til et fald i jordens C indhold og dermed netto CO_2 udslip
- ændringer i jordens C indhold manifesteres over lange tidsrum
- dyrkningspraksis påvirker jordens C indhold
- der fortsat kan tabes CO_2 fra jord der har været dyrket meget længe

Vi ved imidlertid ikke, om der for den enkelte jordtype er en kritisk nedre grænse eller et optimalt C niveau. Tilsvarende har vi heller ikke et samlet overblik over hvor meget C, der er lagret i det samlede danske areal, og hvordan ændret dyrkning og ændret arealanvendelse påvirker den samlede C lagring i jord. Med hensyn til virkningen af dyrkningspraksis har forsøg vist at:

- årlig nedmuldning af normale halmmængder på langt sigt vil øge den dyrkede jords indhold af C med 3–15% set i forhold til at fjerne halmen fra marken
- et øget antal år med græs/kløvergræs i sædskiftet medfører et større C indhold i jorden, mens flere rækkeafgrøder og øget korndyrkning giver et forholdsmæssigt mindre bidrag til jordens C pulje
- anvendelse af rajgræs som efterafgrøde ved ensidig korndyrkning bidrager væsentligt til jordens C indhold
- tilførsel af samme mængde tørstof i fast husdyrgødning og gylle har samme virkning på jordens C indhold
- såfremt jordens C indhold ønskes øget markant over en kortere årrække, kræves betydelige, årlige tilførsler af tørstofrig husdyrgødning eller andre organiske gødninger
- for kornafgrøder udgør rodafledt C 1–1,5 t pr. år
- organisk materiales bidrag til en øget C lagring i dyrket jord, afhænger af jordens C niveau i udgangssituationen. Er indholdet i forvejen stort, ses et fald, mens jord med et lavt udgangsniveau viser en stigning.

Referencer

- (1) Christensen, B. T. & A. E. Johnston, 1997. Soil organic matter and soil quality – lessons learned from long-term experiments at Askov and Rothamsted. I E. G. Grego-rich & M. R. Carter (red.) *Soil Quality for Crop Production and Ecosystem Health*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 399–430.
- (2) Christensen, B. T. 1996. Carbon in primary and secondary organomineral complexes. I M. R. Carter & B. A. Stewart (red.) *Advances in Soil Science – Structure and Organic Matter Storage in Agricultural Soils*. CRC Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, 97–165.
- (3) Christensen, B. T. & P. Schjønning (red.) 1987. Nedmuldning af halm. Tidsskrift for Planteavl Specialserie, Beretning nr. S1911, Statens Planteavlsforsøg, København.
- (4) Skriver, K. 1984. Forsøg med nedbringning af halm. Oversigt over Landsforsøgene, 1983. Landsudvalget for Planteavl, Aarhus Stiftsbogtrykkeri, Århus, 50–52.
- (5) Jensen, B. & B. T. Christensen 1993. Rodafsætning i byg. *Naturens Verden* nr. 9, 352–358.
- (6) Jørgensen, U. 1997. Genotypic variation in dry matter accumulation and content of N, K and Cl in *Miscanthus* in Denmark. *Biomass and Bioenergy* 12, 155–169.
- (7) Linddal, M. 1994. CO₂ binding ved skovrejsning – en miljøøkonomisk model. Rapport til Miljøministeriet, Skov- og Naturstyrelsen, Skovpolitisk kontor.
- (8) Rasmussen, K. J. 1991. Reduceret jordbearbejdning og italiensk rajgræs som efterafgrøde II. Jordtæthed, rodudvikling og jordkemi. *Tidsskrift for Planteavl* 95, 139–154.
- (9) Thomsen, I. K. 1995. Catch crop and animal slurry in spring barley grown with straw incorporation. *Acta Agriculturae Scandinavica* B45, 166–170.

Lugtgener fra svineproduktionen

Ved afdelingschef *Børge Mortensen* og konsulent *Peter Kai*, Landsudvalget for Svin, DANSKE SLAGTERIER

Indledning

Lugt fra svineproduktionen betragtes almindeligvis som noget uundgåeligt. Grise lugter nu engang af grise, synes mange at mene. Men efterhånden som omfanget af den danske svineproduktion øges, øges også naboernes modvilje.

Et forsigtigt skøn peger på, at 2000–3000 svinebedrifter er lokaliseret i så kort afstand til deres naboer, at de må betegnes som potentielle genevoldere. Lugten optræder i forbindelse med svinestalde, gødningslagre samt udbringning af gødningen på markerne.

Lugt fra gødningsbeholdere kan imidlertid reduceres væsentligt, hvis der etableres et velfungerende flydelag. Alternativt kan lugtbelastningen fra gyllebeholdere reduceres ved at afdække med en plasticdug eller lignende.

Udbringning af gylle på marker giver ofte anledning til lugtgener for omkringboende. Brug af slangeudlægger kan imidlertid afhjælpe lugtgenerne i nogen grad i forhold til traditionel bredspredning. Almindelig hensynsfuld adfærd, f.eks. ved at varsle forud for spredning af gylle tæt ved andre ejendomme. Så vidt muligt bør der ikke udbringes gylle i og op til weekender, på helledage eller ved uheldig vindretning.

Hvad er staldlugt?

Lugten fra svinestalde er en blanding af op

Indlæg ved Akademirådets seminar om "Jordbruget som årsag og offer for luftforureninger", afviklet 4. september 1997.

mod 200 forskellige lugtstoffer, der hovedsageligt stammer fra gødningen og urinen – men også til en vis grad fra foderet og fra dyrene selv. Lugtstofferne tilhører forskellige kategorier af kemiske forbindelser bl.a.: flygtige fedtsyrer, phenoler, kvælstofholdige (ammoniak, aminer, indol, skatol m.fl.) samt svovlforbindelser (thioler, sulfider, disulfider m.fl.).

Lugtstofferne dannes ved mikroorganismernes nedbrydning af ufordøjede næringsstoffer i foderet, samt ved enzymatisk påvirkning af visse stoffer i urinen efter udskillelsen. Den bakterielle nedbrydning starter allerede i tarmsystemet og fortsætter efter udskillelsen af ekskrementer. Hvor meget der dannes afhænger i høj grad af det miljø gødningen og urinen befinder sig – det vil i praksis sige, hvordan gødningen håndteres i og uden for stalden.

Hvordan måles lugt?

For at finde ud af, hvordan lugtgener kan afhjælpes, er det nødvendigt at kunne måle lugt. Men hvad er i det hele taget "lugt"?

En lugt kan beskrives ved en *lugtkarakter* (lugter det af grise eller roser?), en *lugtintensitet* (hvor meget det lugter), *accepterbarheden* (et udtryk for, hvor godt eller dårligt det lugter) samt en *lugtkoncentration* (udtrykker, hvor meget lugten skal fortyndes, før den ikke længere kan registreres af mennesker). Bedømmelsen af lugt er ydermere påvirket af, hvor *hyppigt* en given lugt optræder, samt af *hvor længe* ad gangen, man udsættes for lugten. Endelig påvirkes bedømmelsen af lugt af en række parametre,

der er knyttet til personen: alder, køn, ryger/ikke-ryger, sundhedstilstand, tidligere erfaringer med den pågældende lugt, mv.

Lugtmåling er således et ganske komplekst fænomen, og der eksisterer da heller ingen egentlige instrumentelle metoder, der entydigt kan anvendes til at bestemme om "det lugter for meget".

Man står dog ikke helt tomhændet. Der findes en metode kaldet olfaktometri, som går ud på, at et sensorisk lugtpanel, typisk 6–12 personer (*panelister*), lugter til en række fortyndinger af en lugtprøve, som præsenteres for dem ved hjælp af et apparat, kaldet et *olfaktometer*. Panelisterne skal hverken angive, hvad det lugter af (lugtkarakteren), om de kan lide lugten eller ej (accepterbarheden), men udelukkende om de kan registrere lugt. Det er noget nær den mest objektive fremgangsmåde, der kan benyttes, når det nu engang er nødvendigt at forlade sig på mennesker som instrument.

Ved store fortyndingsgrader, dvs. hvor lugtprøven er fortyndet med en stor andel af ren luft, kan panelisterne ikke registrere nogen lugt. Efterhånden som lugtprøven fortyndes mindre og mindre, kan flere og flere af panelisterne registrere lugten. Lugtkoncentrationen defineres som fortyndingsgraden, hvor netop 50% af panelisterne kan registrere lugt. Der er egentlig tale om en

dimensionsløs størrelse – en fortyndingsfaktor – men af hensyn til forståelsen tildeles man normalt lugtkoncentrationen enheden "lugtenheder pr. kubikmeter" (LE/m^3).

Ulempen ved metoden er, at lugtpanelets følsomhed varierer over tid, ligesom der ofte er niveauforskelle mellem analyser fra forskellige laboratorier, som udfører olfaktometrisk bestemmelse af lugte. Hvad kan man så bruge metoden til, når den nu er så usikker, vil mange sige. Dels kan man forsvare brugen med, at det er den eneste nogenlunde objektive metode, der findes på nuværende tidspunkt. Dels kan lugtkoncentrationen bruges til at beskrive forskellen mellem staldsystemer på baggrund af fx case-control forsøgssopstillinger.

Forebyggelse af lugtgener

Der er grundlæggende tre metoder der kan forhindre kontroverser forårsaget af lugt fra svinestalde:

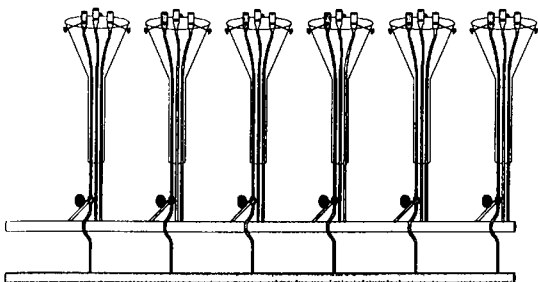
1. Lokalisering af husdyrbrug i tilstrækkelig afstand til anden bebyggelse
2. Atmosfærisk fortynding af den udledte staldluft
3. Nedbringelse af lugtemissionen fra stalden.

Lokaliseringsregler

Undersøgelser har påvist en sammenhæng mellem størrelsen af husdyrproduktionen og afstanden, inden for hvilken lugt fra husdyrproduktionen kan registreres. I en række lande er der derfor indført regler for, hvor tæt på anden bebyggelse husdyrstalde må etableres.

Danske afstandsregler

Ifølge Miljøbeskyttelseslovens §2 skal virksomheder lokaliseres i forhold til omgivelserne, så faren for forurening undgås. For at imødegå lugtgener i forbindelse med er-



Olfaktometer til bestemmelse af lugtkoncentrationen af f.eks. staldluft. Det viste apparat leverer 6 fortyndinger af lugtprøven. For hver fortynding findes der tre lugteporte, hvoraf kun den ene leverer fortyndet lugt mens de andre to er blindprøver, der ikke lugter. Paneldeltagerne begynder med den mest fortyndede lugtprøve og ender med den mindst fortyndede lugtprøve.

hvervsmæssigt husdyrhold er der derfor i Husdyrbekendtgørelsen (Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 1159 af 19. december 1994 om erhvervsmæssigt dyrehold, husdyrgødning ensilage mv) fastsat følgende afstandskrav afhængig af svineproduktionens størrelse målt i dyreenheder (DE):

Danske afstandsregler:

	15-120 DE	121-249 DE
Nabobeboelse	50 m	50 m
Fremtidigt byzone- eller sommerhusområde	100 m	100 m
Eksisterende byzone- og sommerhusområde	100 m	300 m

For husdyrbrug over 250 DE er der på nuværende tidspunkt ikke defineret yderligere krav i Danmark. Miljøministeriet arbejder imidlertid på en vejledning til regulering af denne type husdyrbrug.

Tyske retningslinier

I Tyskland er der udarbejdet retningslinier til forebyggelse af lugtgener forårsaget af husdyrproduktionen. Retningslinierne har til formål at sikre tilstrækkelig afstand mellem husdyrbrug og andre ejendomme. Denne afstand, separationsafstanden, afhænger – ud over husdyrholdets art og størrelse – også af staldindretning, gødningsopbevaring og andre forhold, herunder topografien. Parametrene tildeles point efter betydning for lugtemissionen, idet høj lugtbelastning giver lav pointscore, og lav lugtbelastning giver høj pointscore. Kriterierne for tildeling af point er inddelt i 3 grupper: A) Håndtering og lagring af gødning, B) Staldventilation samt C) Andet. Pointgivningen i de 3 grupper summeres, og sammenholdt med produktionsomfanget i tyske dyreenheder (GV), er det muligt at finde mindsteafstanden til byzone. Boliger i andre zonetyper, fx landsby, må acceptere et større lugtbidrag, hvorfor kravet til mindsteafstand

Kriterier for pointtildeling i den tyske lugtvejledning (VDI 3471) Point

A) Gødningshåndtering

- 1) System med fast gødning
 - a) dybstrøelsesstald 60
 - b) mekanisk gødningshåndtering
 - møddingsplads omgivet af 3 mure 50
 - transportkøretøj 40
 - åben kegle af fast gødning 20

- 2) Håndtering af flydende gødning
 - perforeret gulv, mere end 45% af arealet 10
 - perforeret gulv, under 45% af arealet 5
 - gødningshåndtering med skraber 0

- 3) Lagring af flydende gødning
 - beholder med lukket afdækning 50
 - beholder med simpel afdækning 30
 - beholder med lukket naturligt flydelag 30
 - beholder uden afdækning 0
 - oplagring i stalden 30

B) Staldventilation

- 1) Sommerluftskifte
 - Temperaturdifference (inde-ude) $\leq 2^{\circ}\text{C}$ 10
 - Temperaturdifference (inde-ude) $\leq 3^{\circ}\text{C}$ 5
 - Temperaturdifference (inde-ude) $> 3^{\circ}\text{C}$ 0

- 2) Returluftaftræk
 - a) Lodret over tag
 - højde $\geq 1,5$ m over tagryg 15
 - højde $\leq 1,5$ m over tagryg 5
 - b) Vandret, naturligt ventilation 0

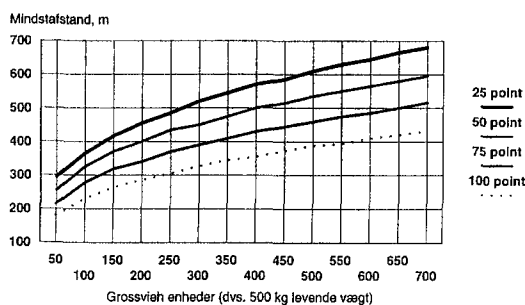
- 3) Lufthastighed i ventilationsafkast ved maksimum
 - ≥ 12 m/s 25
 - ≥ 10 m/s 20
 - ≥ 7 m/s 10
 - < 7 m/s 0

C) Andet

- 1) Fradrag for særlige fodermidler
 - tørt affald 0
 - køkkenaffald og fodermidler med begrænset egenlugt til -10
 - valle, slagteaffald og lign. fodermidler med stærk egenlugt til -25

- 2) Påvirkninger hidrørende fra beliggenhed ± 20

- 3) Kapacitet for lager af flydende gødning
 - ≥ 6 måneder 10
 - ≥ 5 måneder 5
 - ≥ 4 måneder 0



Tysk model for mindstefstand mellem svineproduktion og naboejendomme som funktion af svineproduktionens størrelse og pointsummen (Mod e. VDI 3471).

halveres i forhold til byzonekravet. For rent sohold kan antallet af GV endvidere halveres, idet lugtbidraget fra sohold er lavere end fra slagtesvinehold.

Forøget atmosfærisk fortynding af den udledte staldluft

I mange situationer vil det ikke være muligt at etablere tilstrækkelig stor afstand til naboer. Det vil typisk dreje sig om ejendomme, der med tiden er udbygget, samtidig med at der er bygget flere og flere beboelsesejendomme i området. I sådanne situationer kan det være nødvendigt at afhjælpe eventuelle lugtgener med andre midler. Et af disse vil

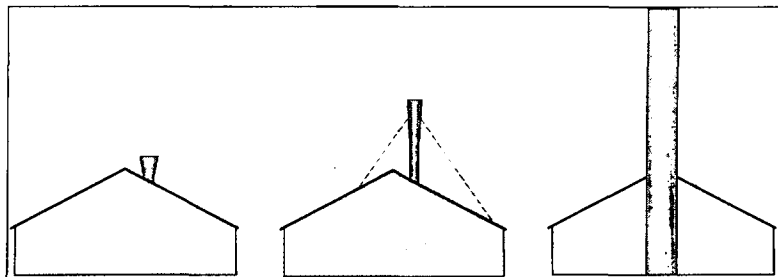
være at udlede staldluften i så stor en højde, at den atmosfæriske fortynding forbedres, hvorved staldlugten ikke generer naboerne. Ved hjælp af meteorologiske spredningsmodeller kan man få et indtryk af effekten af forskellige løsningsmuligheder. Modelerne er imidlertid ikke designet til at håndtere beregninger vedr. lugt, hvorfor beregninger på baggrund af spredningsmodeller skal behandles med forsigtighed. Det er derfor uklart, hvilken udledningshøjde, der er nødvendig for at opnå en tilstrækkelig fortynding af staldluften. Tilsvarende gælder de økonomiske konsekvenser af de mere eksotiske løsninger.

Nedbringelse af lugtemissionen

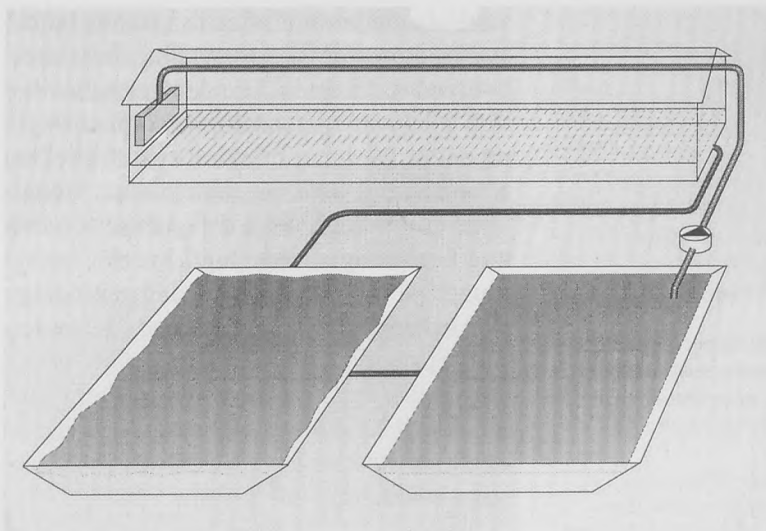
Både af hensyn til naboer og til personalet, som passer dyrene vil det være bedst, hvis lugtemissionen kunne begrænses allerede ved kilden. Løsningerne omfatter metoder til at forhindre dannelsen og fordampningen af lugtstoffer i stalden.

Grise lugter ikke lige meget

Forskellige udenlandske undersøgelser har vist, at lugtbidraget fra grise bl.a. afhænger af grisenes alder. Beregninger på baggrund af en tysk undersøgelse viser bl.a., at lugtbidraget fra en integreret besætning forde-



Hvordan skal fremtidens ventilationsafkast på svinestalde udformes? Modelberegninger peger på, at der vil kunne opnås en god effekt ved at samle ventilationsluften fra flere staldsektioner og udlede luften via en central skorsten. Tv: traditionel udformning og placering af afkast. Midt: Afkast tilhørende hver staldsektion er hævet fx 4 m i forhold til traditionel løsning. Th: Ventilationsluften fra hver staldsektion samles og ledes til fælles 15 m høj skorsten.



I et dansk skyllesystem kan gyllen måske renses ved dekantering vha. to gyllebeholdere.

ler sig med ca. 30% fra smågriseproduktionen og ca. 70% fra slagtesvineproduktionen. Det svarer nogenlunde til fordelingen af dyreenheder i en sådan bedrift, blot skal man tænke på, at arealbehovet pr. DE ved smågriseproduktion er større end ved slagtesvineproduktion, og derved fordeles den udledte lugt over et større område allerede fra starten. Hvis ønsket om at udvide produktionen på en ejendom møder modstand fra myndigheder og naboer, kan det derfor overvejes at producere slagtesvinene på en ejendom beliggende i et mindre "lugtfølsomt" område. Evt. kan samme fremgangsmåde anvendes i forbindelse med smågrisene, hvilket ofte vil give en sidegevinst i form af forbedret sundhed i svineproduktionen.

Gødningssystemer

Meget tyder på, at det vil være muligt at nedbringe lugtemissionen fra svinestalde ved at ændre på gødningshåndteringen i stalden. Et gødningssystem, der har vundet stor udbredelse i USA er baseret på hyppig gennemskylning af gyllekanalerne fra stalden ved hjælp af overfladevand fra gyllelagunen, som fungerer som ekstern gødningsopbevaring. Resultatet af udskylningerne er,

at fæces og urin, som er hovedansvarlig for frigivelsen af ammoniak og lugt, hurtigt fjernes fra stalden.

I Danmark vil gyllelaguner ikke kunne benyttes på grund af lovgivningen. Det er imidlertid muligt senere at frembringe en skyllevæske ved at separere gylle i hhv. en tynd, tørstoffattig fraktion og en tyk, tørstofferig fraktion. Metoden er dog endnu ikke færdigudviklet til praktisk brug, ligesom prisen for fremstilling af skyllevæsken på nuværende tidspunkt er for høj.

Et andet lovende system er baseret på vandkloset-princippet, som kendes fra almindelige toiletter. Metoden går ud på at dyrenes fæces og urin falder ned i et stort væskevolumen bestående af rensed gylle. Lugtstofferne – herunder ammoniak – "opsuges" i væsken, og fordampningen nedsættes. Med jævne mellemrum tømmes gyllekummen, hvorefter den påfyldes rensed gylle. Problematikken omkring tilvejebringelse af væsken er beskrevet ovenfor.

Foderoptimering

En lang række lugtstoffer kan henføres til foderets indhold af forskellige aminosyrer. Udenlandske forsøg har således peget på, at

Stamforbindelse	Nedbrydningsprodukt
Plantefibre og -protein	likekædede flygtige fedtsyrer
Aminosyrer: Valin	iso-butansyre
Isoleucin	iso-valerianesyre
Leucin	2-methylbutansyre
Phenylalanin, Tyrosin	phenol, p-cresol, benzoesyre, phenyleddikesyre, phenylpropionsyre
Tryptofan	indol og skatol
Cystin, Cystein	sulfider og thiol (merkaptaner)
Methionin	methanthiol og dimethylsulfid
Kulhydrater	n-VFA'er
Fedt	alkoholer og organiske syrer
Sulfat (udskilles med urinen)	hydrogensulfid
Urea (karbamid, urinstof)	ammoniak + kuldioxid
Ammoniak + alkoholer	aminer
hydrogensulfid + alkoholer	thiol

tildeling af en optimeret foderblanding indeholdende syntetiske aminosyrer til slagtesvin kan nedsætte lugtemissionen fra gyllen. Fremtidige forsøg skal yderligere dokumentere en mulig effekt.

Tilsætningsstoffer

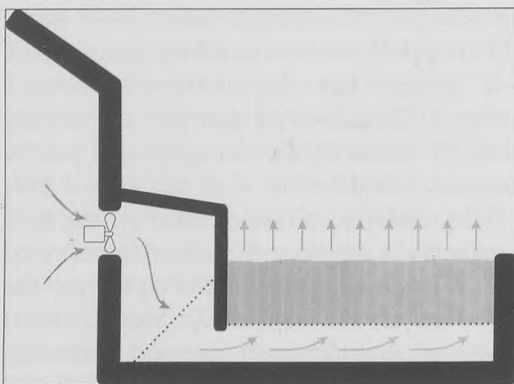
Der markedsføres en lang række tilsætningsstoffer, der angiveligt skulle kunne fjerne lugt, binde ammoniak, forbedre dyrenes sundhed samt forbedre afgrødernes udnyttelse af næringsstofferne. Produkterne findes som gylletilsætningsstoffer, som foderadditiver eller som en kombination af begge. Fælles for langt hovedparten af produkterne er, at der ikke findes nogen videnskabelig dokumentation for deres effekt. Det er derfor ikke muligt på nuværende tidspunkt at udpege produkter, som har nogen dokumenteret lugtbegrænsende effekt.

Rensning af staldluft

Rensning af luft for forureningsstoffer inden udledning til atmosfæren er en udbredt metode i mange industrier, når andre metoder til begrænsning ikke er tilstrækkeligt. Der findes i dag en lang række metoder til rensning af luft: katalytisk forbrænding, kemisk scrubbing m.fl. I relation til rensning

af ventilationsluften fra svinestalde fokuseres der hovedsageligt på biologiske rensningsmetoder, hvortil hører biofiltertechnik.

Et biofilter er opbygget af et filterlag bestående af et porøst materiale, fx en blanding af flere af følgende materialer: spagnum, tørv, lyng, træflis, humus eller lignende, som ventilationsluften ledes igennem. Biofiltret er podet med et stort antal mikroorganismer, der lever af og derved nedbryder lugtstofferne i luften. Efter passagen gennem biofiltret har man målt rensningseffektiviteter på op mod 95% målt ved olfaktometri, dvs. en meget effektiv luftrensning



Biofiltret renser staldluften, der først ledes gennem et støvfiltret og dernæst gennem et porøst materiale indeholdende mikroorganismer, som nedbryder lugtstoffer.

men samtidig en dyr lugtbegrænsende metode, idet prisen for rensning af luften fra slagtesvinestalde er i størrelsesordenen 30 kr. pr. produceret svin. Udviklingen går dog i retning af biofiltre, der er billigere i både anskaffelse og drift.

Afslutning

Det må forventes, at klager over lugtgener i svinestalde vil blive hyppigere fremover. Ikke fordi grise lugter mere end tidligere,

men fordi tolerancetærskelen er blevet lavere. I mange tilfælde er klagerne dog berettiget. Myndighederne får fremover behov for at kunne vurdere lugtens intensitet dels for at være i stand til at bedømme nye staldes lokalisering og dels for at sikre, at de krav, der stilles for nedbringelse af lugtgener, er realistiske.

Forskningen vedr. lugt fra svinestalde vil i de kommende år koncentrere sig om at afklare, hvorledes lugtemissionen til staldrummet kan nedbringes, og hvilke metoder, der vil være de mest realistiske.

CO₂ indflydelse på vækst og klima

Af Carl-Otto Ottosen, Seniorforsker, Afd. for Prydplanter, Danmarks JordbrugsForskning

Introduktion

Drivhuseffekten kender alle efterhånden til, og de fleste ved, at det har noget med kul-tveilte (CO₂) at gøre og CO₂ har hidtil været en af de vigtigste faktorer i forbindelse med de forventede klimaændringer. Mange studier vedr. klimaændringer har været koncentreret i de store modelanalyser med forudsigelse af globale klimaændringer. Imidlertid har planterne kun i mindre omfang været inddraget i modellerne og i langt de fleste tilfælde blot som faste størrelser, der ikke tager højde for de dynamiske ændringer, som planterne og økosystemerne påvirkes af. Tankevækkende nok har det gjort det sværere at komme med simple konklusioner om planter og økosystemers reaktioner på klima. Mønstreet i planternes reaktioner er mildest talt meget komplekst, fordi mange fysiologiske processer spiller sammen eller mod hinanden.

For landbrugsafgrøderne må man skelne med de *direkte* effekter af CO₂ på planterne og de *indirekte* – ændring i nedbør og temperatur pga. de globale klimaændringer, men også de deraf følgende introduktion af både nye skadevoldere og ukrudtsarter.

Selvom specielt det nordeuropæiske landbrug er yderst effektivt, er det dog udsat for naturens luner, og modellerne for effekterne af drivhuseffekten antyder samstemmende, at temperaturen vil stige mindst 1°C. Alene temperaturstigningen uden CO₂-stigningen

betyder, at nye sorter kan dyrkes i Danmark. Modeller i grønsager "blot" på basis af temperaturstigninger viser, at produktions-tiden for flere grønsager forkortes, og samtidig udstrækkes sæsonen for produktionen, så der kan f.eks. produceres flere hold af grønsager.

Selv en lille temperaturstigning betyder også, at planter kan få sværere ved at indvintre, og dermed blive mere følsomme for kulden om efteråret. På samme måde kan man risikere flere skader pga. sen frost om foråret.

CO₂'s direkte effekter på planterne – over jorden:

Mange undersøgelser af planter er gennemført om effekterne af atmosfærens stigende indhold af CO₂, og de første stammer fra produktion af planter i væksthuse, hvor CO₂ i årtier er blevet anvendt som "næringsstof". Under gode lysforhold øges fotosyntesen hurtigt med stigende CO₂, og selv en lille stigning fra det nuværende 350 ppm CO₂ betyder en betydelig potentiel stigning i fotosyntesen. Når man fordobler til 700 ppm, er der betydelige tilvæksteffekter. På den anden side kan man indenfor den samme planteart se store forskelle i effekten på fotosyntesen. Imidlertid er mange undersøgelser baseret på enkeltbladsundersøgelser, så hvad sker der, når man opskalerer undersøgelserne? Specielt lysforholdene har stor betydning, og det er derfor vanskeligt at konkludere noget som helst *kvantitativt* ud fra de undersøgelser, der er lavet på enkeltplanter eller småbestande ofte i pletter med

Indlæg ved Akademirådets seminar om "Jordbruget som årsag og offer for luftforurening", afviklet 4. september 1997.

meget begrænset rodvolumen med deraf følgende fejlkilder.

Resultaterne er ikke særligt klare, da der i en række planter optræder en akklimatisering – dvs. forøgelsen af fotosyntesen pga. høj CO_2 forsvinder, når planter udsættes for høj CO_2 over en længere periode. Men en anden faktor er også, at CO_2 og øget temperatur spiller sammen. Ved normal CO_2 koncentration får vi for eksempel en optimum fotosyntese ved 21°C , men når CO_2 niveauet stiger til det dobbelte, så stiger fotosyntesen med ca. 30%, men optimum fotosyntesen ligger nu omkring 30°C . Den stigende CO_2 koncentration betyder altså både en væsentlig stigende fotosyntese, men også ændret reaktion. Det skyldes, at det vigtigste enzym i fotosynteseprocessen, RUBISCO, påvirkes af den ændrede balance mellem O_2 og CO_2 .

CO_2 's direkte effekter under jorden:

Der er foretaget et meget begrænset undersøgelse af effekten af forhøjet CO_2 på rødder. Hvordan påvirkers rodvæksten og rod/top forholdet? Ændringer i balancen kan være afgørende for at udnytte jordbundens ressource af vand og næringsstoffer? Bliver rodvæksten mindre i forhold til topvæksten, vil det gøre afgrøden mere følsom for stress, mens en øget rodvækst kan give de modsatte fordele, fordi de længere rødder kan fange mere vand og næringsstoffer, fordi de når ud i et større rodvolumen.

Forhøjet CO_2 ser ud til at stimulere rodvæksten især væksten i den øverste del af jorden. Hvis der forbliver et uændret kulstof/kvælstof forhold i plantemassen, vil mindre CO_2 frigøres, så kulstofmængden i jorden vil øges betragtelig. Nuværende undersøgelser antyder, at kulstof ophobningen i græsmarker er betydeligt højere end i skovområder.

Rodaktiviteten reduceres, når planterne begynder at blomstre, og blomster under udvikling favoriseres over roden mht. fordeling af fotoassimiler og næringsstoffer.

Det er ofte sammenfaldende med tidspunktet, hvor planterne udsættes for kraftige stresspåvirkninger. En høj rodaktivitet under dyrkningsfasen, opnået ved at undgå for stor næringsstoftilførsel, kan derfor tænkes at have stor betydning for planternes stress tolerance.

CO_2 og vandforsyning

Som tidligere nævnt betyder væksthuseffekten både en øget temperatur og et ændret nedbørsmønster – dvs. at der bliver større risiko for perioder med nedsat nedbør, måske endda tørke. Reduceret vandforsyning betyder i de fleste planter, at udbyttet går mere eller mindre dramatisk ned afhængigt af tørketidspunktet. Effekten af forhøjet CO_2 ser dog ud til delvis at kunne kompensere for reduceret nedbør. I praksis har undersøgelser af løvtræer under vores breddegrader vist, at under tørkestress går fotosyntesen op med stigende CO_2 , mens transpirationen forbliver på niveau med naturlig CO_2 , når planterne stresses med vandmangel. Det betyder samlet, at der her er muligheder for en øget tørstofproduktion, hvis der er vand nok, men at følsomheden for tørke i disse plantearter vil blive større med stigende atmosfærisk CO_2 .

I raps tegner der sig et andet billede, idet fotosyntesen styrer spalteåbningerne både under tørke og under ikke stressede forhold. Øget CO_2 betyder mindre fordampning, som vil forsinke udviklingen af tørkestress. Denne effekt vil på afgrødeniveau blive mindsket af forøget bladareal og af forøget bladtemperatur og dermed øget blad til luft damptryksforskul. Under en tørkeperiode, hvor der f.eks. er en begrænset, fast mængde vand til rådighed, vil den procentvise vækstoførgelse som følge af forhøjet CO_2 kunne være større end ved fuld vandforsyning.

Virkningerne af tørkestress på assimilatorfordelingen på helplanteniveau afhænger af tidspunktet for tørken. Bladareal og antallet af blomster- og frøanlæg kan formindskes

kraftigt af tørke og disse ændringer er ofte (afhængigt af art) irreversible. I vinterraps betød tørke under blomstring formindsket antal af frøanlæg. Dette bevirkede, at op til 65% af de assimilater, der normalt blev indbygget i frø, i stedet endte i de vegetative plantedele. En forøgelse af CO_2 vil kunne reducere tabet af frøanlæg gennem et formindsket tørkestress på grund af mindre vandforbrug. Måske mindskes endvidere bladareal/rodforhold, medens mulighederne for osmotiske tilpasning bliver større pga. større assimilatkonzentration. Mindsket tab i frøanlæg er vist i vinterhvede, hvor sideskuddenes overlevelsessevne under tørkestress i blomstringsfasen blev stærkt forbedret ved 800 ppm CO_2 , og antallet af korn pr. småaks blev næsten firdoblet for sideskuddene. Hovedskuddene kom derimod under et noget øget konkurrencepres.

I bomuld, som jo ikke lige nu er relevant for danske forhold, øges fotosyntesen godt nok, når CO_2 koncentrationen stiger, men spalteåbningerne lukkes ikke, dvs. at transpirationen og vandforbruget dermed går op, så vandreserverne i jorden udtømmes hurtigere.

CO_2 og næringsstoffer

I mange tilfælde er undersøgelser af effekter af forhøjet CO_2 sket under mere eller mindre tilfældige gødningsforhold. I en oversigtsundersøgelse påpegede en forsker, at der var en sammenhæng mellem pottestørrelse og effekt af CO_2 , hvilket nok mere afspejlede, at jo mindre pletter man dyrkede forsøgsplanterne i, jo mindre var effekten af CO_2 , fordi der var mindre næringsstoffer tilgængelig. Ved mindre gødning og høj CO_2 tvinges rødderne til at vokse relativt mere for at fange mere næring.

I tætte bestande – som på markerne – er både konkurrencen om CO_2 og næring begrænsende. Oftest ser man ophobninger af kulhydrater i planterne, som kun kan udnyttes, hvis planterne har forbindelse med N-

fikserende bakterier eller mykorrhiza.

Vores egne undersøgelser omkring CO_2 har koncentreret sig om samspillet mellem CO_2 og her viser det, at forhøjet CO_2 til en vis grad kompenserer for mangel på P målt på bladareal, men i mindre grad per plante, og det skyldes, at bladarealet stort set ikke øges ved forhøjet CO_2 og P-mangel. Reduceret P-indhold i jorden er et problem mange steder i verden, og kan også dukke op med de økologiske jordbrug, når reserven af fosfat i jorden slipper op.

Ved at reducere fosfatkoncentrationen til 50 gange mindre end normal praksis ved dyrkning af Chrysanthemum var der ingen reduktion i fotosyntesen. Planter havde ligeledes ens højde, bladareal, skudtørstofakkumulering og blomstrede samtidigt. Der var således ingen vækstmæssige fordele ved at tilføre ekstra fosfat. Tværtimod, havde et højt fosfat niveau en negativ effekt på rodaktiviteten, idet rodlængde, antal siderødder samt rodrespirationen var betydeligt lavere sammenlignet med planter dyrket ved lavere fosfat niveau.

CO_2 og økosystemerne

Allerede i dag er økosystemer forandret – man kan også sige truet, af ændret landbrugs- og skovbrugspraksis. Mange plantearter har meget specifikke krav til miljøet omkring dem, så bare små ændringer i klimaet kan skabe store forandringer. I det nordlige Sverige har det ikke været muligt at genplante skoven i visse områder. Antagelig har temperaturen været ganske få grader højere i slutningen af sidste århundrede, hvilket betød, at småtræerne den gang kunne udvikle sig. I undersøgelser i enge har det vist sig, at der ikke sker nogen større forøgelse af den overjordiske vækst, mens rødderne vokser kraftigt. Der er store forskelle mellem arternes reaktioner, for eksempel bliver en ellers hurtigt voksende skræppe på næringsrig jord hæmmet i sin vækst af øget CO_2 . Nyere svenske undersøgelser viser, at visse

arter favoriseres af høj CO_2 – for eksempel øges frøsætningen. Alt i alt faktorer, der påvirker artssammensætningen i de naturlige økosystemer.

Om CO_2 effekten på landbruget så større end de andre miljømæssige påvirkninger, som ammoniak-deposition, ozon mv, er ikke undersøgt. Men med ændret klima med nye plantearter og -sorter må man forvente nye ukrudtarter også.

Hvordan kan vi mindske problemerne?

Hvad skal vi så gøre? Det er naturligt at pege på behovet for mere forskning i CO_2 effekter samlet på både rod og top. I de fleste undersøgelser har man set på enkeltplanter, men hvad sker der i konkurrencen mellem planter under ændrede dyrkningsforhold – f.eks. reduceret gødningstilførsel ved forhøjet CO_2 . Undersøgelser af tørkestress virkning på afgrødeniveau savnes, idet der kan forventes stærke virkninger/vekselvirkninger på intraspecifik konkurrence og udbyttekomponenter. Generelt er forskningen i hele planters fysiologiske reaktion for nedadgående, hvilket gør, at det ofte er svært at vur-

dere effekten af klimapåvirkninger på afgrøderne.

I vores undersøgelser har vi også fundet, at plantesorter kan have en vidt forskelligt vækstform både over og under jorden. Kan vi enten dyrkingsteknisk eller ved sortvalg manipulere rødderne, eller skal vi vælge andre sorter, der har en rodvækst, som gør at de udnytter den tilgængelige gødning – uanset om den er kemisk eller organisk, kan den stigende CO_2 udnyttes bedre.

Landbruget bør også kræve, at nyudviklede sorter skal testes under forhøjet CO_2 og de ændrede klimaforhold – og her er det ikke sikkert at den så populære bioteknologi kan hjælpe – her arbejder man med komplekse fysiologiske reaktioner, som ikke kan klares ved at flytte enkeltgener.

Desværre har vi ikke viden nok om CO_2 effekter på landbrugsproduktionen til at afgøre om det vil forsvinde i andre miljøeffekter som ozon, øget UV-B stråling, sur regn eller N-nedfald med regnen eller introduktion af nye skadevoldere eller insekter. Vi kan dog med sikkerhed sige, at effekten næppe vil være negativ, men give mulighed for øget produktion, selv hvis nedbørsmængden falder.

Emission af ammoniak fra planter

Søren Husted & Jan K. Schjørring Laboratoriet for Planternes Ernæring, Institut for Jordbrugsvidenskab, Den Kongelige Veterinær og Landbohøjskole, Thorvaldsensvej 40, DK-1871 Frederiksberg C.

Indledning

Koncentrationen af ammoniak (NH_3) i atmosfæren over Danmark varierer mellem 0.05 og 20 ppbv (milliardtedele NH_3 pr. volumenenhed luft). På trods af den meget lave koncentration er NH_3 en luftforureningskomponent med en række skadelige effekter på både terrestriske og akvatiske økosystemer. Naturlige økosystemer med lav omsætning af kvælstof er overvejende modtagere af NH_3 fra atmosfæren, mens landbrugsafgrøder afgiver NH_3 til atmosfæren (Schjørring, 1997). Måling af NH_3 emissionen fra byg- og rapsafgrøder i Danmark har vist, at der fra disse planter årligt emitteres mellem 1 og 7 kg $\text{NH}_3\text{-N ha}^{-1}\text{år}^{-1}$ (Schjørring, 1997). I løbet af en vækstsæson kan op mod 5% af kvælstofindholdet i de overjordiske plantede dele tabes som gasformigt NH_3 til atmosfæren (Schjørring, 1997), og internationale opgørelser har vist, at landbrugsplanter yder et ganske betydeligt bidrag til NH_3 forurening af atmosfæren. Dentener og Crutzen (1994) har estimeret, at der på globalt plan gennemsnitligt emitteres 0,4 kg $\text{NH}_3\text{ ha}^{-1}\text{år}^{-1}$ fra planter, hvilket svarer til 16% af den globale NH_3 emission fra menneskeskabte kilder, inklusive husdyrhold.

Når atmosfærisk NH_3 afsættes på jord omdannes det mikrobielt til NO_3^- og H^+ ved nitrifikation og ved denne proces forures især jorde med lav bufferkapacitet såsom heder og skove. Denne forurening medfører

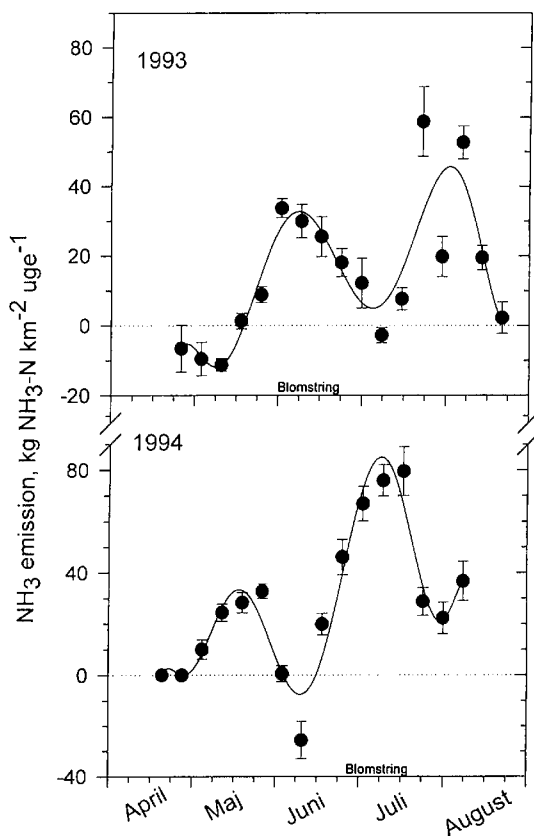
at jordvæskens sammensætning ændres, hvorved der frigives aluminiumioner (Al^{3+}). Disse er giftige for planter rødder, bl.a. fordi de blokerer de transportproteiner, som er ansvarlige for transport af calcium og magnesium ind i roden, hvorved planten kommer til at lide af sygdomme fremkaldt af mangel på et eller flere næringsstoffer. Specielt i Holland er det konstateret, at træer på store skovarealer lider af mangelsygdomme forårsaget af NH_3 deposition og deraf følgende jordbundsforurening, hvorved træerne er blevet mere følsomme for stresspåvirkninger såsom angreb af skadedyr, frost og tørke (Roelofs, 1986).

Når NH_3 afsættes på heder og andre kvælstofbegrænsede økosystemer giver det anledning til en ændret konkurrence mellem de plantearter, som gror på stedet. På heder er det velkendt, at NH_3 deposition fører til, at langsomt voksende og meget lidt kvælstofkrævende lyngarter (*Calluna vulgaris* og *Erica teralix*) udkonkurreres af hurtigt voksende græsarter såsom svingel (*Festuca ovina*), bølget bunke (*Deschampsia flexuosa*) og blåtop (*Molinia coerulea*) (van der Eerden et al., 1991).

Måling af NH_3 emission fra planter under markforhold

Allerede i 1850 demonstrerede den navnkundige engelske biolog Charles Darwin, at planter er i stand til afgive NH_3 til atmosfæren, men først i slutningen af 1970'erne kom der for alvor gang i forskningen omkring planter NH_3 udveksling. Det skyldes at man først på dette tidspunkt fik udviklet tilstræk-

Indlæg ved Akademirådets seminar om "Jordbruget som årsag og offer for luftforureninger", afviklet 4. september 1997.



Figur 1. Mikrometeorologisk måling af emissionen af ammoniak fra bygafgrøde i vækstsæsonerne 1993 og 1994. De enkelte punkter angiver den gennemsnitlige emission på ugebasis (fra Schjørring, 1997).

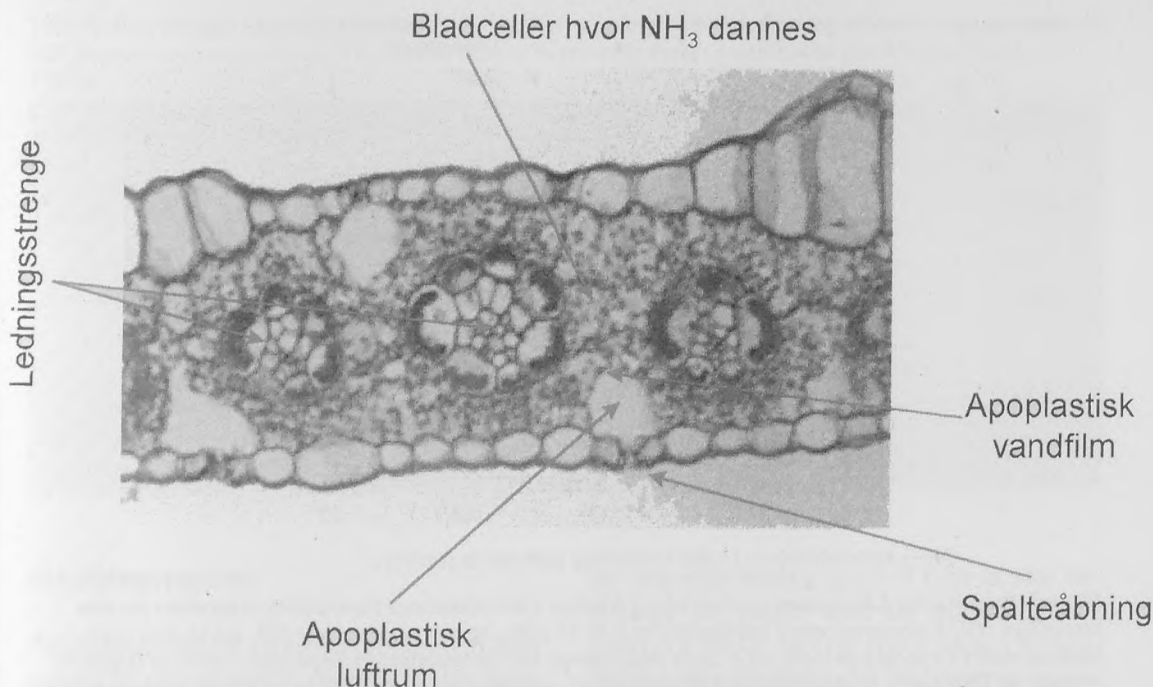
keligt følsomme analysemetoder til at kvantificere NH₃ i de meget lave koncentrationer, der naturligt findes i atmosfæren (Schjørring og Husted, 1997).

Man ved nu at planter er i stand til både at optage og afgive NH₃ fra atmosfæren. Forløbet af ammoniakudvekslingen mellem planter og atmosfære er meget dynamisk og kan variere meget i løbet af en vækstsæson. Variationen er dog på ingen måde tilfældig, men tværtimod meget systematisk og nøje korreleret med plantens kvælstofmetabolisme og de mikroklimatiske forhold i afgrøden. Den systematiske variation i NH₃ udvekslingen mellem planter og atmosfære fremgår tydeligt af figur 1, hvor NH₃ emis-

sionen fra en bygafgrøde er målt i løbet af to vækstsæsoner. I starten af vækstsæsonen 1993 blev der deponeret NH₃ til afgrøden mens netto-udvekslingen i samme vækststadium det følgende år var ubetydelig. I begge vækstsæsoner ses to markante toppe i NH₃ emissionen, een i den vegetative periode, hvor stængel og blade udvikles, og endnu een i den generative periode, hvor kernefyldningen sætter ind, men den tidsmæssige placering af toppene er forskellig i de to vækstsæsoner. I 1993 var den vegetative periode kort som følge af tørke og skridningen begyndte allerede i starten af juni. Dette år var den tidsmæssige placering af den første top koordineret med skridningsperiodens begyndelse, mens dette ikke var tilfældet det følgende år. I 1994, hvor dyrkningsbetingelserne var optimale, fandt skridningen sted en måned senere og var dette år sammenfaldende med placeringen af den anden top. Total-emissionen i årene 1993 og 1994 var henholdsvis 3 og 4 kg NH₃-N ha⁻¹ år⁻¹. I de følgende afsnit vil vi se lidt nærmere på de grundlæggende ernæringsfysiologiske og mikroklimatiske parametre, der kan forklare hvorfor planter udveksler NH₃ med atmosfæren og hvorfor udvekslingen varierer ganske betydeligt i løbet af en vækstsæson (jvf. figur 1). Den mest centrale parameter i den forbindelse er plantens såkaldte NH₃ kompensationspunkt, hvorfor netop denne parameter beskrives detaljeret nedenfor.

Reguleringen af NH₃ udvekslingen mellem planter og atmosfære

Ved en given atmosfærisk koncentration af ammoniak bestemmer NH₃-kompensationspunktet retningen af NH₃-udvekslingen mellem blad og atmosfære, eller rettere hvorvidt planten skal optage eller afgive NH₃. Sammen med spalteåbningernes (stomatas) åbningsgrad bestemmer NH₃-kompensationspunktet endvidere, hvor meget NH₃ der transporteres mellem bladet og atmosfæren.

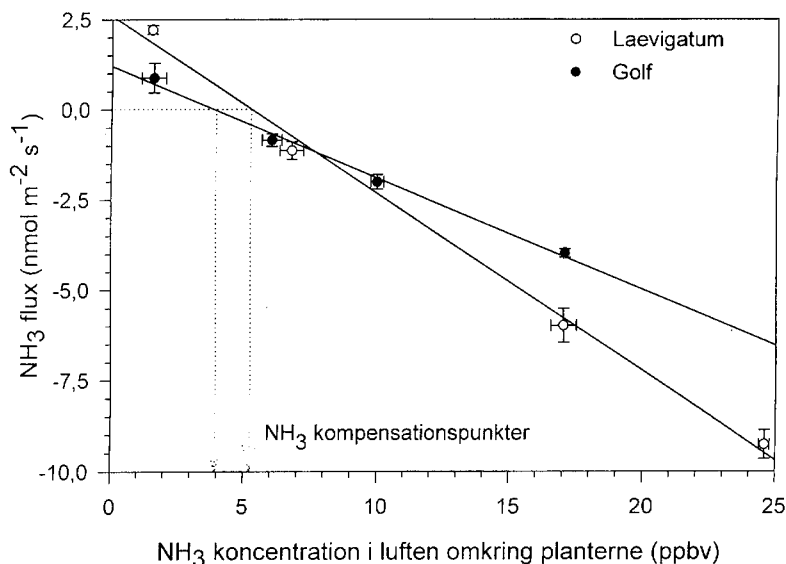


Figur 2. Tværsnit af blad der viser intercellulærrummet mellem bladcellerne. Dette rum kaldes apoplasten og spiller en central rolle i udvekslingen af NH_3 mellem blad og atmosfære. I apoplastens luftrum opbygges en koncentration af gasformigt NH_3 fordi der opstår en kemisk ligevægt med vandigt NH_3 i cellevæggen. Det gasformige NH_3 i apoplasten kan udveksles med atmosfæren via spalteåbningerne, der ses på bladoverfladen. Ammoniak kan derimod ikke gennembrænge vokslaget, der ses på ydersiden af det øverste cellelag.

Kompensationspunktet for NH_3 angiver koncentrationen af gasformigt NH_3 i de luftfyldte porer mellem cellerne i det enkelte blad og opstår, fordi der inde i bladcellerne konstant dannes og forbruges ret betydelige mængder NH_4^+ og NH_3 i en række biokemiske processor såsom nitratreduktion, fotorespiration, ligninbiosyntese, aminosyremetabolisme og nedbrydning af protein (Husted, 1997). Disse NH_3 -producerende og forbrugende processor er ikke perfekt koordinerede, hvorfor der i varierende grad akkumuleres NH_3 i flere af cellens organeller (kloroplasten, mitokondriet og vakuolen), samt i cytoplasmaet. Ammoniak er et lille og fedtopløseligt molekyle, hvorfor det meget let kan passere plantemembraner, og NH_3 vil derfor uundgåeligt diffundere gennem cellemembranen og videre ud i apoplasten, der er betegnelsen for det volumen der findes mellem cellerne i bladet. Omtrent 70%

af dette volumen udgøres af luft, og den resterende del udgøres af en vandig opløsning i den porøse cellevæg (Figur 2).

Den apoplastiske vandfilm i cellevæggen er relativ sur (pH 5.5-6.5), hvorfor langt størstedelen af det NH_3 , der diffunderer ud af cellens indre, straks protoniseres og omdannes til NH_4^+ . Kun en forsvindende lille del af det undslupne NH_3 vil derfor findes som opløst NH_3 i vandfilmen (som regel mindre end 1/1000), men alligevel opbygges der en betydningsfuld kemisk ligevægt mellem opløst NH_3 i vandfilmen og gasformigt NH_3 i luftvolumenet mellem bladcellerne. Ligevægtskoncentrationen betegnes som tidligere nævnt kompensationspunktet for NH_3 . Som det fremgår af figur 2 er der direkte kontakt mellem NH_3 i atmosfæren udenfor bladet og NH_3 i apoplastens luftvolumen, når spalteåbningerne er åbne, og netop derfor kan NH_3 transporteres mellem bladene og



Figur 3. Bygsorterne Laevigatum og Golf blev 130 dage efter planternes fremspiring eksponeret for fem forskellige NH_3 koncentrationer i intervallet fra 0 til 25 ppbv, og den resulterende NH_3 udveksling over bladene målt i en forsøgsperiode på 8 døgn. Målingerne blev gennemført i klimakammer med en lys/mørke periode på 16/8 timer, lysintensitet på $450 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, lufttemperatur på 20°C og en relativ luftfugtighed på 60% RH. Negative værdier angiver absorption af NH_3 og positive værdier emission af NH_3 . Kompensationspunktet for NH_3 kan bestemmes i det punkt hvor netto-udvekslingen er nul (angivet med pile) og var 5.3 ± 0.8 og 4.0 ± 0.7 ppbv for sorterne Laevigatum og Golf (fra Husted et al., 1996)

den omgivende atmosfære. I det tilfælde, hvor atmosfærens NH_3 -koncentration er mindre end NH_3 -kompensationspunktet afgiver planten NH_3 , og hvis atmosfærens NH_3 -koncentration er større end NH_3 kompensationspunktet, optager planten NH_3 (Figur 3).

I landbrugsplanter ligger NH_3 kompensationspunktet normalt i intervallet fra 0.5 til 20 ppbv, men er i øvrigt stærkt afhængig af en række fysiologiske parametre, hvoraf plantens kvælstofstatus, kvælstofformen i rodmediet og bladtemperaturen er de mest betydningsfulde. I de følgende afsnit skal vi se lidt nærmere på disse faktorer.

Plantens kvælstofform og kvælstofstatus

De fleste landbrugsplanter optager kvælstof som nitrat (NO_3^-), mens plantearter på decideret sure jorde såsom heder og visse skov-

økosystemer fortrinsvist ernærer sig med NH_4^+ som den dominerende kvælstofkilde. Som det ses af Tabel 1 har netop kvælstofformen og dennes koncentration i rodmediet en særdeles stor betydning for NH_3 kompensationspunktet og dermed også NH_3 emissionen. Ved en NO_3^- koncentration på 2.5 mM er NH_3 emissionen kun $0.17 \text{ nmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ mens en tilsvarende NH_4^+ koncentration på 2.5 mM førte til en 3 gange større NH_3 emission. Endvidere ses det, at både emissionen af NH_3 og kompensationspunktet for NH_3 stiger markant ved stigende kvælstofstatus. Ammoniak-kompensationspunktet ved en NH_4^+ koncentration i bladvævet på $18.2 \mu\text{mol NH}_4^+ \text{g}^{-1}$ tørstof er kun 1.6 ppbv, men stiger til 43.5 ppbv ved en kvælstofstatus på $88.9 \mu\text{mol NH}_4^+ \text{g}^{-1}$ tørstof.

Tabel 1. Betydningen af kvælstofformen (NO_3^- og NH_4^+) i plantens rodmedium og plantens kvælstofstatus på NH_3 kompensationspunktet og NH_3 emissionen fra bygplanter dyrket i vandkultur (fra Mattsson et al., 1996).

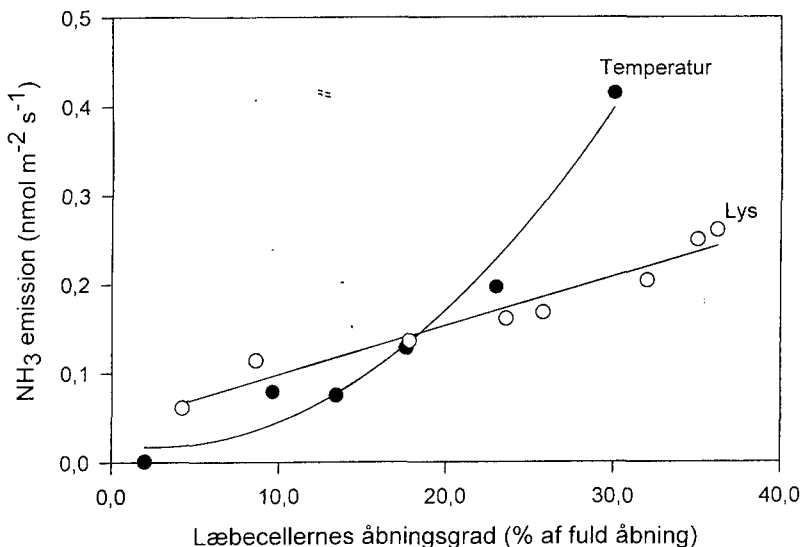
Kvælstofform og kvælstofkoncen- tration i rodmediet NO ₃ ⁻ NH ₄ ⁺ mM	Kvælstofstatus NH ₄ ⁺ koncentration i bladvævet μmol g ⁻¹ tørstof	Apoplastisk NH ₄ ⁺ koncentration μM	Apoplastisk pH	NH ₃ kompensations- punkt og NH ₃ emission ppbv nmol m ⁻² s ⁻¹	
2.5 –	22.3	40	6.7	1.7	0.17
– 0.5	18.2	50	6.6	1.6	0.36
– 1.0	23.7	380	6.5	10.4	0.29
– 2.5	48.4	1040	6.5	27.3	0.51
– 5.0	88.9	1900	6.4	43.5	1.06
– 10.0	87.9	2280	6.3	39.6	1.13

Bladtemperaturen

Bladtemperaturen påvirker generelt transporten af alle gasarter, der udveksles mellem planter og atmosfæren. Det er således velkendt, at udvekslingen af en række sporgasser mellem planter og atmosfære, såsom SO_2 , NO , NO_2 og NH_3 , stiger markant ved øget bladtemperatur. Dette skyldes generelt, at spalteåbningernes åbningsgrad øges ved stigende temperaturer, hvorved sporgasserne lettere kan diffundere mellem luftrummet i apoplasten og den luft, der omgiver planten (jvf. figur 2). Bladtemperaturens indflydelse

på stomatas åbningsgrad er især af stor betydning for gasser med lav opløselighed i vand (fx. N_2O , NO og NO_2), men i forbindelse med udveksling af NH_3 , der er meget letopløselig i vand, er også bladtemperaturens indflydelse på ligevægten mellem vandigt og gasformigt NH_3 i apoplastens vandfilm af særdeles stor betydning. Ved lave temperaturer vil langt det meste NH_3 være fanget i vandfilmen, men ved stigende temperatur vil en stærkt stigende mængde NH_3 flyttes fra vandfilmen til luftrummet i apoplasten. Dette medfører, at kompensationspunktet for NH_3 stiger eksponentielt (Hus-

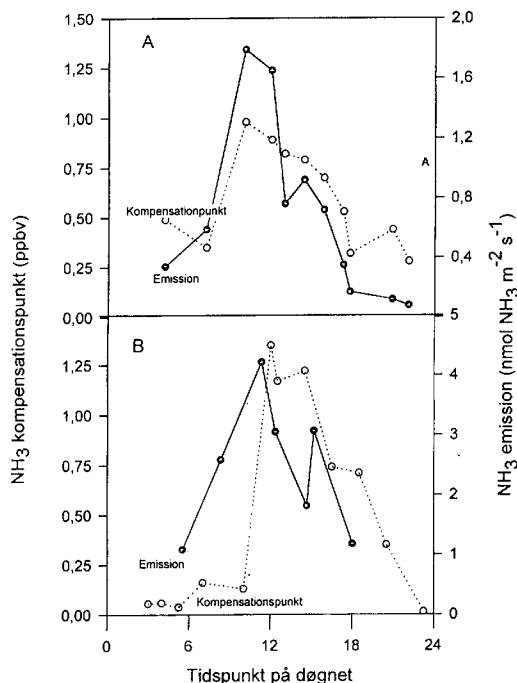
Figur 4. Emissionen af NH_3 fra rapsplanter ved forskellig åbningsgrad af bladets spalteåbninger (stomata). Åbningsgraden af spalteåbningerne blev forøget ved at øge henholdsvis lysintensiteten (○) i intervallet 0 til $400 \text{ mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ og holde bladtemperaturen konstant på 20°C eller ved at øge bladtemperaturen (●) i intervallet 10 til 40°C og holde lysintensiteten fast på $400 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Fuldstændig åbning af stomata (100%) indtræder ved $1200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (fra Husted & Schjørring, 1996). *



ted & Schjørring, 1996). Dette fænomen fremgår tydeligt af figur 4, hvor spalteåbningernes åbningsgrad er gradvist øget ved at forøge henholdsvis lysintensiteten og bladtemperaturen. I det tilfælde hvor stomatas åbningsgrad øges ved stigende lysintensitet ses en klar linear sammenhæng mellem åbningsgrad og NH_3 emission, men hvis åbningsgraden forøges ved at øge bladtemperaturen afviger forøgelsen i NH_3 emissionen markant fra denne rette linie og bliver eksponentielt stigende.

Døgnsvingninger i bladtemperaturen har en så markant indflydelse på NH_3 udvekslingen mellem planter og atmosfæren under markforhold, at selv få graders ændringer i lufttemperaturen omkring planterne kan få en plante til at skifte fra NH_3 emission til NH_3 absorption (Husted & Schjørring, 1996). Døgnsvingninger i bladtemperaturen og stomatas åbningsgrad giver anledning til en karakteristisk variation i NH_3 -emission i løbet af et døgn (Figur 5). Om natten, hvor stomata er næsten helt lukkede pga. den lave lysintensitet og NH_3 kompensationspunktet er lavt som følge af en lav temperatur, er NH_3 emissionen meget beskeden, men i takt med at temperaturen og lysintensiteten tiltager i løbet af dagen, stiger NH_3 -afgivelsen gradvist. Omkring middag hvor bladtemperaturen og indstrålingen er højest topper NH_3 emissionen og aftager derefter gradvist indtil natten igen falder på (Figur 5).

Da NH_3 er meget letopløseligt i vand, kan ret store mængder NH_3 adsorberes til dugvåde bladoverflader. Forsøg har dog vist at kun en ubetydelig del af den adsorberede NH_3 transporteres ind i bladet. Det skyldes, at spalteåbningerne som regel er lukkede ved dugfald og at vokslaget på bladpladens overflade udgør en meget effektiv barriere, som NH_3 ikke kan passere. Størstedelen af det adsorberede NH_3 frigives derfor igen til atmosfæren i takt med at duggen fordamper (van Hove et al., 1989).



Figur 5. Døgnsvariation i emissionen af NH_3 og kompensationspunktet for NH_3 i blomstrende rapsplanter under markforhold. Forsøget blev gennemført i to perioder A: 9–10 juni 1995 og B: 14–15 juni 1995. Emissionen af NH_3 blev målt med mikrometeorologiske teknikker og kompensationspunkterne for NH_3 er beregnet på grundlag af kemisk analyse af apoplastens NH_4^+ og H^+ koncentration (fra Husted et al., 1997).

Afslutning

Udover emission og absorption af NH_3 er planter i stand til at udveksle andre kvælstofholdige gasser med atmosfæren. Dette gælder bl.a. aminer, der i kemisk henseende ligner NH_3 meget. Udvekslingen af aminer er derfor sandsynligvis afhængig af de samme basale fysiologiske og mikroklimatiske parametre, som beskrevet i de foregående afsnit. I kvantitativ henseende er udvekslingen af aminer dog langt mindre betydningsfuld end NH_3 , men gode estimater for fluxens størrelse findes ikke på nuværende tidspunkt.

Forsøg har endvidere vist, at planter eksponeret for relativt høje koncentrationer af NO_2 , er i stand til at indlejre en ganske be-

tydelig mængde $\text{NO}_2\text{-N}$ i plantens kvælstofpuljer (ca. 5% af plantens total N) (Jensen & Pilegård, 1993; Nussbaum et al., 1993). Planter har dog ikke noget detekterbart kompensationspunkt for NO_2 , og da atmosfærens NO_2 koncentration er på ca. 1 ppbv er det meget sandsynligt at planter ikke er i stand til at emitte NO_2 (Weber og Renneberg, 1996). Det er endnu uvist, om drivhusgassen N_2O er koblet med planters kvælstofskifte, men nye forsøg har vist, at planter under visse omstændigheder kan fremme afgivelsen af lattergas (N_2O) dannet ved denitrifikation i rodzonen. Lattergas opløses i vandet omkring rødderne og transporteres med transpirationsstrømmen til læbecellerne hvor det afgives til atmosfæren - planten virker i så henseende som en skorsten for N_2O (Chang et al., 1997).

På baggrund af ovenstående kan det konkluderes, at der udveksles en række forskellige kvælstofholdige forbindelser mellem planter og atmosfæren, men set i et miljømæssigt perspektiv og i relation til afgrødens kvælstoføkonomi er der ingen tvivl om, at NH_3 er langt den mest interessante gasart. Planter kan tage op mod 5% total kvælstoffet i de overjordiske plantedele som NH_3 til atmosfæren og bidrager i denne henseende med op mod 16% af total emissionen fra de menneskeskabte kilder. Da NH_3 emissionen fra planter er nøje korreleret med plantens kvælstofstatus, er der i praktisk landbrug god grund til at optimere gødningspraksis således at kvælstoftildelingen afstemmes i forhold til plantens aktuelle kvælstofbehov.

Referencer

- van der Eerden LJ, Dueck TA, Berdowski JJM, Greven H, van Dobben HF (1991) Influence of NH_3 and $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ on heathland vegetation. *Acta Bot Neerl.* 40: 281–296.
- Chang C, Janzen HH, Cho CM, Nakonechny EM (1997) Nitrous oxide emission via plant transpiration. *Soil Sci. Soc. Am. J.* (in press).
- Husted S (1997) Physiological Mechanisms Controlling the Exchange of Ammonia Between Plants and the Atmosphere. Ph.D afhandling, Den Kongelige Veterinær og Landbohøjskole, København pp. 170.
- Husted S, Mattsson M, Schjørring JK (1996) Ammonia compensation points in two cultivars of *Hordeum vulgare* L. during vegetative and generative growth. *Plant Cell Environ.* 19: 1299–1306.
- Husted S, Schjørring JK (1995a) A computer controlled system for studying ammonia exchange, photosynthesis and transpiration of plant canopies growing under controlled environmental conditions. *Plant Cell Environ.* 18: 1070–1077.
- Husted S, Schjørring JK (1995b) Apoplastic pH and ammonium concentration in leaves of *Brassica napus* L. *Plant Physiol.* 109: 1453–1460.
- Husted S, Schjørring JK (1996) Ammonia flux between oilseed rape plants and the atmosphere in response to changes in leaf temperature, light intensity and air humidity. *Plant Physiol.* 112: 67–74.
- Husted S, Schjørring JK, Nielsen KH, Nemitz E, Sutton M (1997) Determination of stomatal compensation points for ammonia in oilseed rape plants (*Brassica napus*) under field conditions. *Atmos. Environ.* in prep.
- van Hove LWA, Adema EH, Vredenberg WJ, Pieters GA (1989) A study of the adsorption of NH_3 and SO_2 on leaf surfaces. *Atmos Environ.* 23: 1479–1486.
- Jensen ES, Pilegård K (1993) Absorption of nitrogen dioxide by barley in open-top chambers. *New Phytol.* 123: 359–364.
- Mattsson M, Husted S, Schjørring JK (1996) Influence of nitrogen nutrition and metabolism on ammonia volatilization in plants. *Nutrient Cycling in Plant Agro Ecosystems.* in press.
- Roelofs JGM (1986) The effect of airborne sulfur and nitrogen deposition on aquatic and terrestrial heathland vegetation. *Experientia.* 42: 372–376.

- Schjørring JK (1997) Plant-atmosphere ammonia exchange. Quantification, physiological regulation and interactions with environmental factors. Dissertation, The Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, DK. pp 1–75.
- Schjørring JK, Husted S (1997) Measurement of ammonia gas emission from plants. *In* Modern Methods of Plant Analysis, Ed H-F, Linskens and JF, Jackson Vol 19. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, pp 73–95.
- Weber P, Rennenberg H (1996) Dependency of nitrogen dioxide (NO_2) fluxes to wheat (*Triticum aestivum* L.,) leaves from NO_2 concentration, light intensity, temperature and relative humidity determined from controlled dynamic chamber experiments. *Atmos Environ.* 30: 3001–3009.

Er ozonproblematikken relevant for landbruget?

Lektor Thorvald Pedersen, Kemisk Institut, Københavns Universitet

Resumé

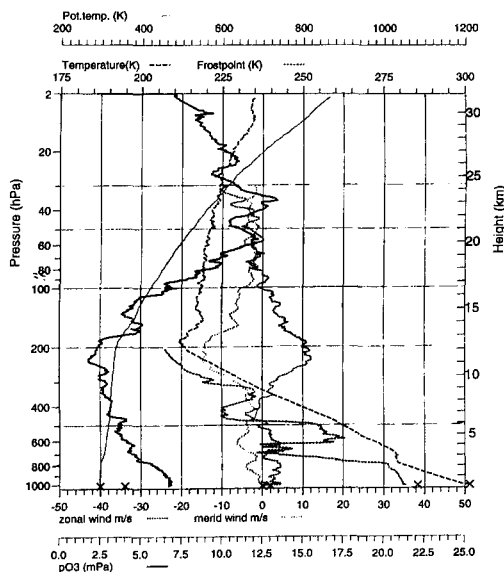
Ozonproblematikken har i denne sammenhæng 2 relevante aspekter: *i* Ozonlaget i stratosfæren (15–50 km) beskytter jordens overflade mod kortbølget UV-lys ($\lambda < 300$ nm) fra solen, ozonlagets middeldykkelse formindskes p.t. med 0,6% p.a. over Danmark, og indstrålingen med kortbølget UV (UV-B, 280–320 nm) forventes at stige tilsvarende. Skader på planter og hudkræft hos mennesker er mulige følger heraf. *ii* Ozonen i troposfæren (0–15 km), der i sig selv er skadelig for både planter og dyr, er i stigning i store dele af den industrialiserede verden. Ozonen er i det væsentlige en sekundær luftforurening forårsaget af trafik, og niveauet er højest om sommeren. Ozonniveauet i Danmark er bestemt af langtransport fra sydligere himmelstrøg, primært de stærkt trafikerede tyske storbyer, niveauet er derfor højest ved sydlige vinde.

Ozonlaget og UV-strålingen

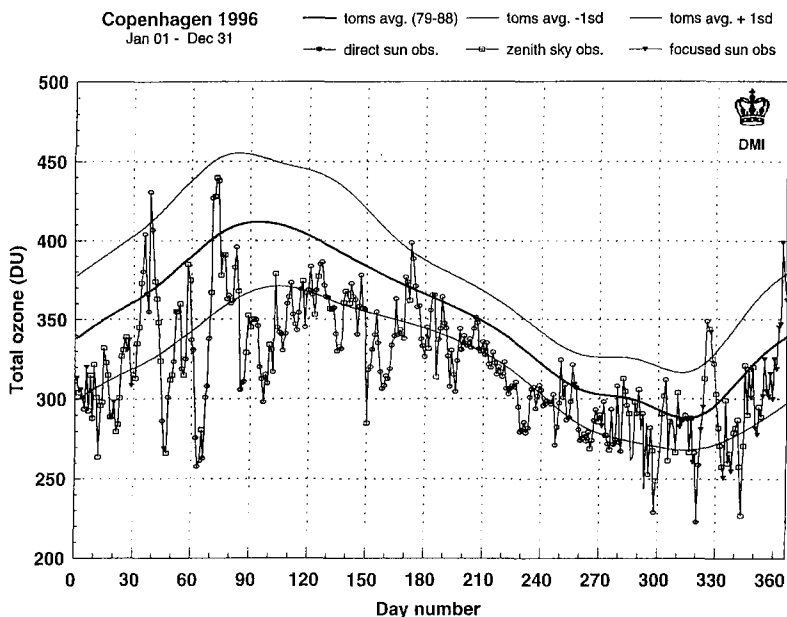
Jordens atmosfære består for 99% vedkommende af ilt (O_2) (21 vol%) og kvælstof (N_2) (78 vol%). Den høje iltprocent, som er unik for jordens atmosfære, medfører at solens UV-lys ($\lambda < 220$ nm) optages af ilt i højder fra 20 km og opad.

Indlæg ved Akademirådets seminar om "Jordbruget som årsag og offer for luftforureninger", afviklet 4. september 1997.

Den herved tilførte energi sprænger iltmolekylets to atomer fra hinanden. Atomerne kan nu optages i andre iltmolekyler, således at det treatomige ozon-molekyle (O_3) opstår. Ozon har kemiske egenskaber, som er radikalt forskellige fra ilt, mere herom nedenfor. Da den UV-stråling, som kan spalte O_2 , er opbrugt i højder over 20 km, så vil den dannede ozon komme til at udgøre et lag – *ozonlaget* – der toppe i en højde omkring 25 km. På Figur 1 ser man ozonlaget som det så ud over København 11. august 1997. Det man ser, er resultatet af en "sondering" udført med en ozonsonde, et lille måleinstrument der sendes op med en heliumfyldt ballon.



Figur 1. Ozonsondering udført af DMI i København. Bemærk dels knækket på temperaturkurven, hvor stratosfæren begynder, og dels den forhøjede ozonkoncentration her – ozonlaget.

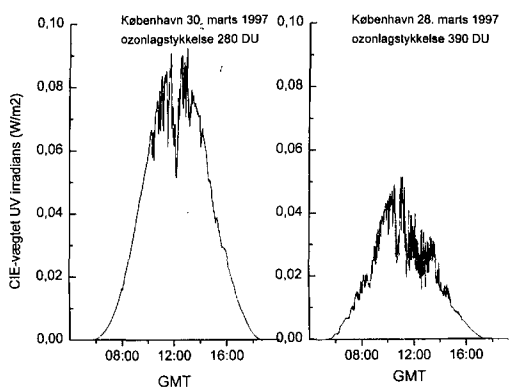


Figur 2 Brewermålinger af ozonlagets tykkelse fra DMI Lyngbyvej for 1996. Samtlige månedsmiddeltal – om end ikke alle målinger – lå under referenceperiodens (den fuldt optrukne kurve).

I Figur 2 ses resultatet af en anden type måling af ozonlaget, foretaget med det såkaldte "Brewer" instrument, det er en måling af lagets tykkelse – *ozonsøjlen* – (som afspejler antallet af ozonmolekyler i en lodret luftsøjle, tykkelsen angives i Dobsonenheder DU). Målingerne udføres af Danmarks Meteorologiske Institut på Lyngbyvej, og de kan følges dag for dag på DR's tekst-TV. I sommerperioden gives der,

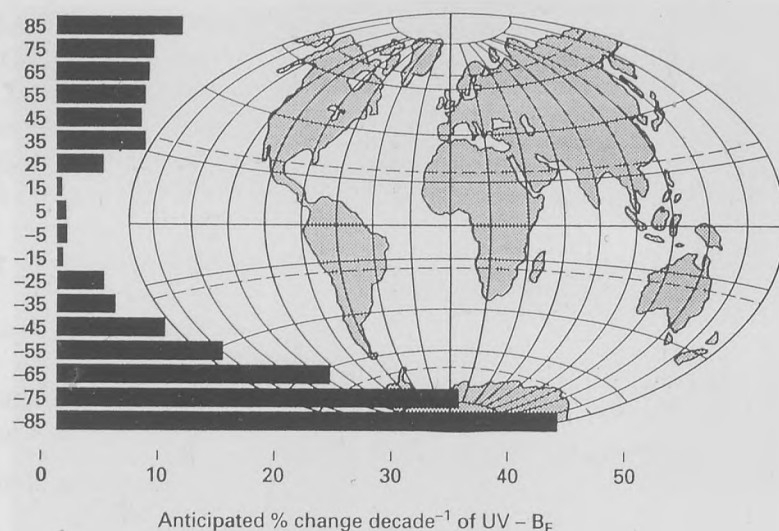
om fornødent, varsler om forøget UV-niveau (ligeledes på tekst-TV), og anbefalinger om at benytte solcreme hvis man skal arbejde i solen.

Mens det indkommende UV-lys er årsagen til dannelsen af ozon i stratosfæren, så må tykkelsen af ozonlaget forstås som et kompromis mellem dannelsesprocessen på den ene side og et antal fjernelsesprocesser på den anden. Blandt fjernelsesprocesserne har reaktionen mellem ozon og chloratomer (chloratomerne dannes ved sollysets spaltning af freongasserne) præget debatten gennem snart 25 år. Nobelprisen i kemi for 1995 tildeltes S. Rowland og M. Molina for deres påvisning af denne *katalytiske kredsproces* (mens Paul Crutzen fik den samme år for sin påvisning af kvælstof-oxidernes tilsvarende kredsproces). Freongasserne holdes nu som hovedansvarlige for den nedadgående trend i ozonsøjleværdierne, som også tallene for 1996 i figur 2 bærer vidnesbyrd om. Det officielle skøn for Danmark er 0,6% formindskelse af ozonsøjlen pr. år. Dæmpningen af det UV-lys, der når jordens overflade, afhænger eksponentielt af ozonsøjlen tykkelse, man kan derfor forvente forøget indstråling



Figur 3. Målinger af UV-B-doser ved ozonsøjleværdier på 280 DU og 390 DU. En ca. 30% formindskelse af ozonlagets tykkelse medfører en forøgelse af dosis til ca. det dobbelte – med en faktor 3. Dosiskurvernes uregelmæssige udseende skyldes skyer over målestationen. (DMI).

Figur 4. UNEPs prognose for den fremtidige UV-B-stråling til jordoverfladen.



efterhånden som ozonlagets tykkelse aftager. Der har været en del diskussion heraf, idet det har været fremført, at der i USA har været mindre UV-lys på trods af et tyndere ozon-lag. Der er et rent apparatmæssigt problem med bestemmelsen af trends i UV over længere perioder, som i nogen grad kunne tænkes at camouflere en forøget indstråling. Der er også det reelle, at luftens indhold af partikler ("aerosoler") har været stigende i takt med trafikens vækst – aerosoler reflekterer lys på samme måde som skyer. I figur 3 vises UV-B-dosis målinger på 2 dage med ret forskellige ozonsøjleværdier (ca. 30%). (Dosis beregnes ved at den indkommende UV-B-strålings intensitetsfordeling vægtes med et biologisk virkningsspektrum). I figur 4 ses

UNEPs (United Nations Environment Programme) vurdering, som en håndregel regner man med at 1% formindskelse af ozonsøjlen fører til 2–3% forøgelse af UV-B-dosis, dette stemmer rimeligt godt med figur 3 – vurderet på øjemål.

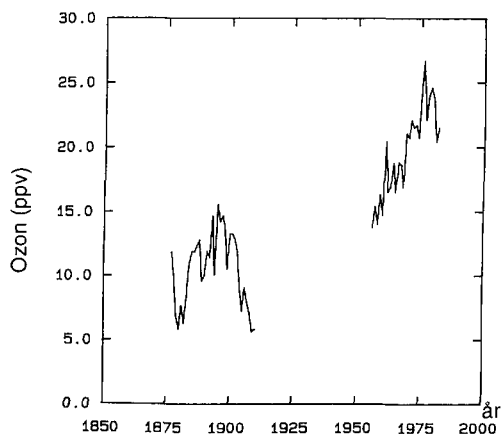
UV-B-lys og planter (afgrøder)

I nedenstående tabel (efter Weilburn, 1994) er opsummeret nogle planters og afgrøders følsomhed overfor UV-B:

Der hersker ikke just klarhed om mekanismerne i UV-B-beskadigelserne, dog synes det ikke at være selve fotosyntesen, der er afficeret. Nogle overvejelser går på, at den energi der af planten benyttes til repa-

Tabel 1. Planterespons på forøget UV-B

Plante/afgrøde	Følsom	Mindre følsom	Tolerant
C ₃ plante	Byg, havre	Ris, rug	Hvede, solsikke
C ₄ plante		Sorghum	Majs, hirse
Bælgfrugter	Soja, ærter	Bønner	
Frugter	Tomat, agurk, hindbær		Aubergine
Stilk-afgrøder	Rabarber		Selleri
Rodfrugter	Sukkerroe, gulerod	Kartofler	Radiser, løg
Andre grøntsager	Blomkål	Salat	Kål, kålrabi
Foderplanter			Rødkløver, alfalfa
Træer	Birk	Eg, bøg	Nåletræer



Figur 5. Ozonmålinger i Montsouris ved Paris og i Arkona på Rügen.

ration af UV-beskadigede DNA-baser, ikke er til rådighed for vækst (skaderne består i dannelsen af såkaldte *dimerer*, og reparationen består nu i at disse dimerer skæres ud og erstattes af de oprindelige 2 baser). I et menneskes hud sker der tilsvarende DNA-bekadigelser under soleksposering. I det omfang, reparationen mislykkes, med en varig mutation til følge, er der basis for udvikling af cancer.

Troposfærisk ozon

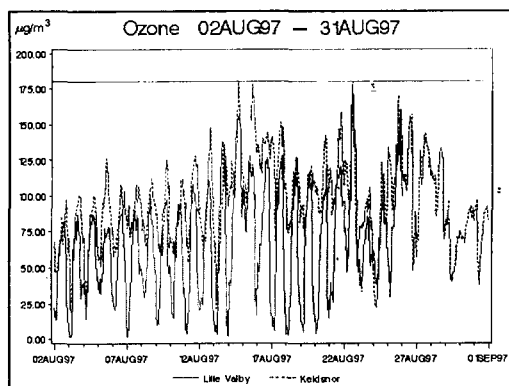
Efter den tyske kemiker Schönbeins opdagelse af ozon i 1840 var der stor interesse for at måle ozon i atmosfæren. Der foreligger derfor til vort store held en måleserie fra Paris dækkende perioden 1876–1910, der viser et ozonniveau på ca. 10 ppbv. Formentlig kan dette ses som det baggrundsniveau, der kan forventes takket være nedskylning af ozonrig luft fra stratosfærens ozonlag til troposfæren. Som det fremgår af en måleserie fra Arkona på Rügen var dette niveau blevet fordoblet i perioden 1956–1983, jfr. figur 5, dette må tilskrives menneskeskabte påvirkninger. Niveautet synes nu at have stabiliseret sig i Centraleuropa på et årsgennemsnit på knapt 50 nl/l. Nu har årsgennemsnitsværdier ikke så stor inte-

resse for landmanden som ozonværdierne i vækstsæsonen. I Danmark når de i episoder 100–200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($2 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 1 \text{ ppbv}$). Episoderne har at gøre med sydlige vindretninger i længere højtryksperioder, som vi netop har oplevet i august i år og som det fremgår af DNW's målinger fra Keldsnor på Lange-lands sydspids og fra Lille Valby ved Risø, jfr. figur 6.

Troposfærens ozon (hvis vi ser bort fra den nedskyllende ozon fra stratosfæren) skyldes en kombination af omstændigheder, der har eller kan have med trafik at gøre:

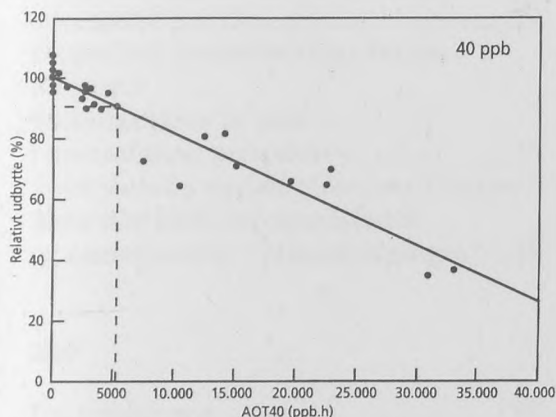
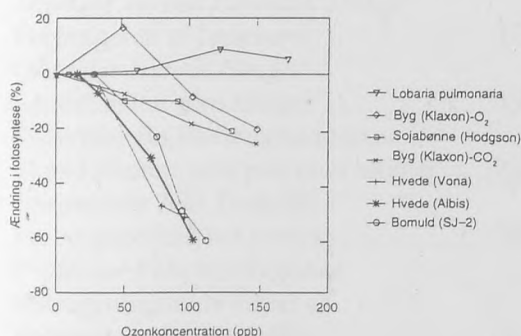
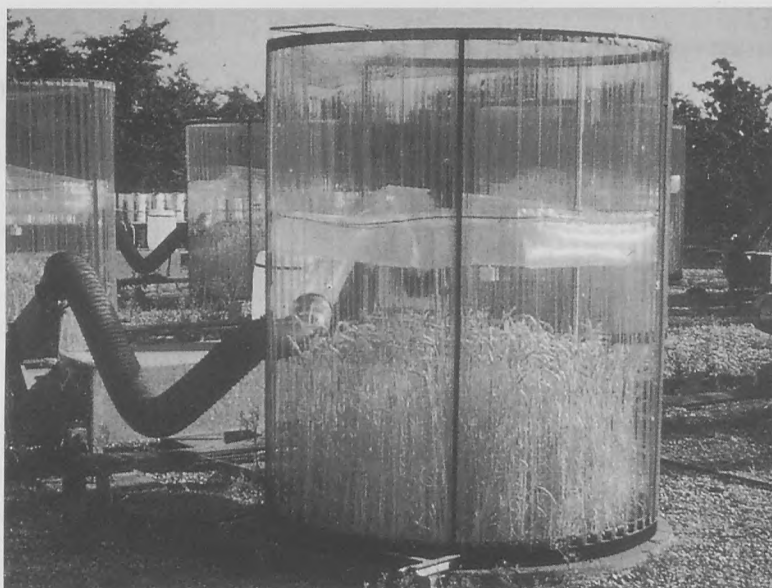
- 1) Udstødning af nitrogenoxider (NO , NO_2) fra bilerne
- 2) Tilstedeværelse af organiske gasser (VOC) f.eks. benzindamp eller CO .
- 3) Sollyset

Sollyset spalter NO_2 til NO og O hvorefter O danner ozon, som det var tilfældet i stratosfæren. Betydningen af VOC ("Volatile Organic Compounds") er at medvirke til regenereringen af NO_2 gennem en indviklet kæde af kemiske reaktioner. Ozonniveauet bliver således bestemt af mængden af VOC og sollyset.



Figur 6. Aktuelle ozonmålinger fra Danmark foretaget af DMU (fra DMUs hjemmeside). Døgnvariationen – lidt ozon sidst på natten – har at gøre med ozon i fravær af sollyset omsættes af nitrogenoxiderne under dannelse af salpetersyreanhydrid.

Figur 7. Begasning af hvede i et åben-top-kammer.



Figur 8. Den procentiske ændring i fotosyntesen for et antal afgrøder, samt afgrødenedgangen for hvede.

Ozonskader på planter og afgrøder

Der foregår her til lands forskning om ozonskader på Københavns Universitet (lektor Helge Ro-Poulsen på Botanisk Institut, DMU, har for nylig stoppet sin forskning heri). Det praktiske arbejde kan f.eks. bestå i begasning af planter i såkaldte "åben-top-kamre", som er cylindriske kamre med indblæsning af ozonholdig luft. Kamrene tillader lys og regn at komme ind. I figur 7 ses et åben-top kammer (taget på DMU, mens de endnu var aktive på feltet).

Ozon optages i planterne gennem spalteåbningerne, dvs. i dagtimerne. Ozon er et kraftigt oxidationsmiddel, der kan oxidere bl.a. SH-gruppen aminosyren cystein og dermed ødelægge proteiner i enzymer og membraner. Reduceret vækst og bladskader er resultatet. I figur 8 ses resultatet af nogle begasningseksperimenter. (Fenger og Tjeil, 1994)

Konklusion

Ozonlaget vil fortsat blive tyndere i et par generationer endnu. Med den nuværende

trend vil det være formindsket med 30% om 50 år. Dette fører til UV-B-doser, der er 2–3 gange dem, planterne nu udsættes for, med reduceret udbytte til følge.

Den troposfæriske ozon vokser stadig mange steder i verden, men der er håb om, at katalysatorer på bilerne vil medvirke til en reduktion på vore breddegrader på relativt kort sigt. Afgrødetab på grund af ozon-skader vil derfor næppe vokse i omfang i Danmark, men nok i tæt befolkede områder i troper og subtroper.

Kilder

- 1) Paul Eriksen, DMI, takkes for at have stillet et antal grafer til rådighed.
- 2) "Ozon som luftforurening", J. Fenger, DMU 1995
- 3) "Luftforurening", J. Fenger og J. C. Tjell, Polyteknisk Forlag, 1994
- 4) "Air Pollution and Climate Change – the Biological Impact", A. Wellburn, Longman 1994

Indholdsfortegnelse for 184. årgang 1997

1/97

Fra redaktionen	2
Medlemsinformation	3
Indlæg ved selskabets seminar:	
»Slam – gødning eller gift«	6
<i>Underdirektør, lic.agro.</i>	
<i>Hans Henrik Christensen</i>	
Visionerne bag slambekendtgørelsen	6
<i>Professor Jens Åge Hansen:</i>	
Kemisk analyse og kontrol af slam	8
<i>Direktør Jørgen Højmark Jensen:</i>	
Forbrugeren af fødevarer	16
<i>Gårdejer Henrik Høegh:</i>	
Landmanden som aftager	19
<i>Skovrider Bo Holst Jørgensen:</i>	
Skovdyrkeren som potentiel aftager	22
<i>Borgmester Iver Tesdorff:</i>	
En borgmesters bekymring	24
<i>Professor Poul Bjerregaard:</i>	
Østrogenlignende effekt af slammets indholdsstoffer	26
<i>Professor Holger Errebo Larsen:</i>	
Risiko for smitteoverførsel ved slam- anvendelse	29
<i>Dr.med.vet. konsulent Hans Jørgen Bendixen:</i>	
Sikkerhedskrav til slam – i internationalt perspektiv	35
<i>Videnskabelig medarbejder Jens Petersen:</i>	
Slam som kilde for organisk stof og næringsstoffer i plantedyrkingen	48

2/97

Fra redaktionen	58
Medlemsinformation	58
Indlæg ved selskabets seminar:	
»Husdyrgødning – gylle eller guld«	59

Karsten Vig Jensen:

Husdyrgødningens anvendelse før og nu	60
--	----

Leif Knudsen:

Gødningsproduktionens størrelse, sammensætning og geografiske fordeling	63
---	----

Verner Friis Kristensen:

Påvirkning af gødningens indhold af kvælstof gennem ændring af foderets sammensætning	67
---	----

Hanne Damgaard Poulsen:

Påvirkning af gødningens indhold af fosfor gennem ændring af foderets sammensætning	73
---	----

Jakob Magid:

Tungmetaller og jordkvalitet	77
------------------------------------	----

Jens Petersen:

Risici for tab af plantenæringsstoffer ved anvendelse af husdyrgødning	81
---	----

Holger Errebo Larsen:

Smitterisiko fra husdyrgødning	87
--------------------------------------	----

Martin Heide Jørgensen:

Tekniske muligheder for håndtering og udbringning af husdyrgødning	93
---	----

Leif Berthelsen:

Efterbehandling af husdyrgødning	96
--	----

Torkild Birkmose:

Muligheder for anvendelse af husdyrgødning fra biogasanlæg	105
---	-----

Poul Ejner Rasmussen:

Forslag til teknologiske løsninger af gylleproblemet	110
---	-----

Inge-Marie Lorentzen og Niels Adler:

Bud på den fremtidige miljøregulering af anvendelsen af husdyrgødningen	113
---	-----

Johannes Christensen:

De økonomiske incitamenter for en bedre anvendelse af husdyrgødningen .	115
--	-----

Steven Gloerfelt-Tarp:
 Kommentar til problematikken om svine- og
 husdyrgylle 124

Selskabets Vintermøde:

»Hvem har retten til det
 åbne land?« 127

Jørgen Primdal:
 Det åbne land –
 planlægning og virkelighed 128

Helle Tegner Anker:
 Landbruget i det åbne land –
 retssikkerhedsmæssige betragtninger ... 136

Flemming Just:
 Landmændenes egen naturforvaltning
 og de offentlige støtteordninger 142

Martin Merrild:
 Har landmanden noget at skulle
 have sagt? 151
 Driftslederprisen 1996 154

3/97

Fra redaktionen 159
 Medlemsinformation 160

– Landhusholdningsselskabet's
 sommerekskursion 160
 – Landhusholdningsselskabet's ordinære
 generalforsamling 165

Flemming Juncker:
 Behov for mere humus 171

Arent B. Josefsen:
 Den nye struktur i
 Danmarks JordbrugsForskning 175

*Niels Ehler Koch, J. Bo Larsen og
 Anders E. Billeschou:*
 Skoven i landskabet 182

4/97

Fra redaktionen 190
 Medlemsinformation 191

Indlæg ved Akademirådets seminar:

"Jordbruget som årsag og offer for
 luftforureninger" 194

Jes Fenger:
 Atmosfæren – og luftforureningens –
 historie 194

Søren Pedersen:
 Fordampning af kvælstofforbindelser
 fra stalde 202

Jakob Magid:
 Kvælstof tab ved produktion, opbeva-
 ring og anvendelse af husdyrgødning .. 203

Bent Borg Jensen:
 Metanudskillelse fra
 husdyrproduktionen 207

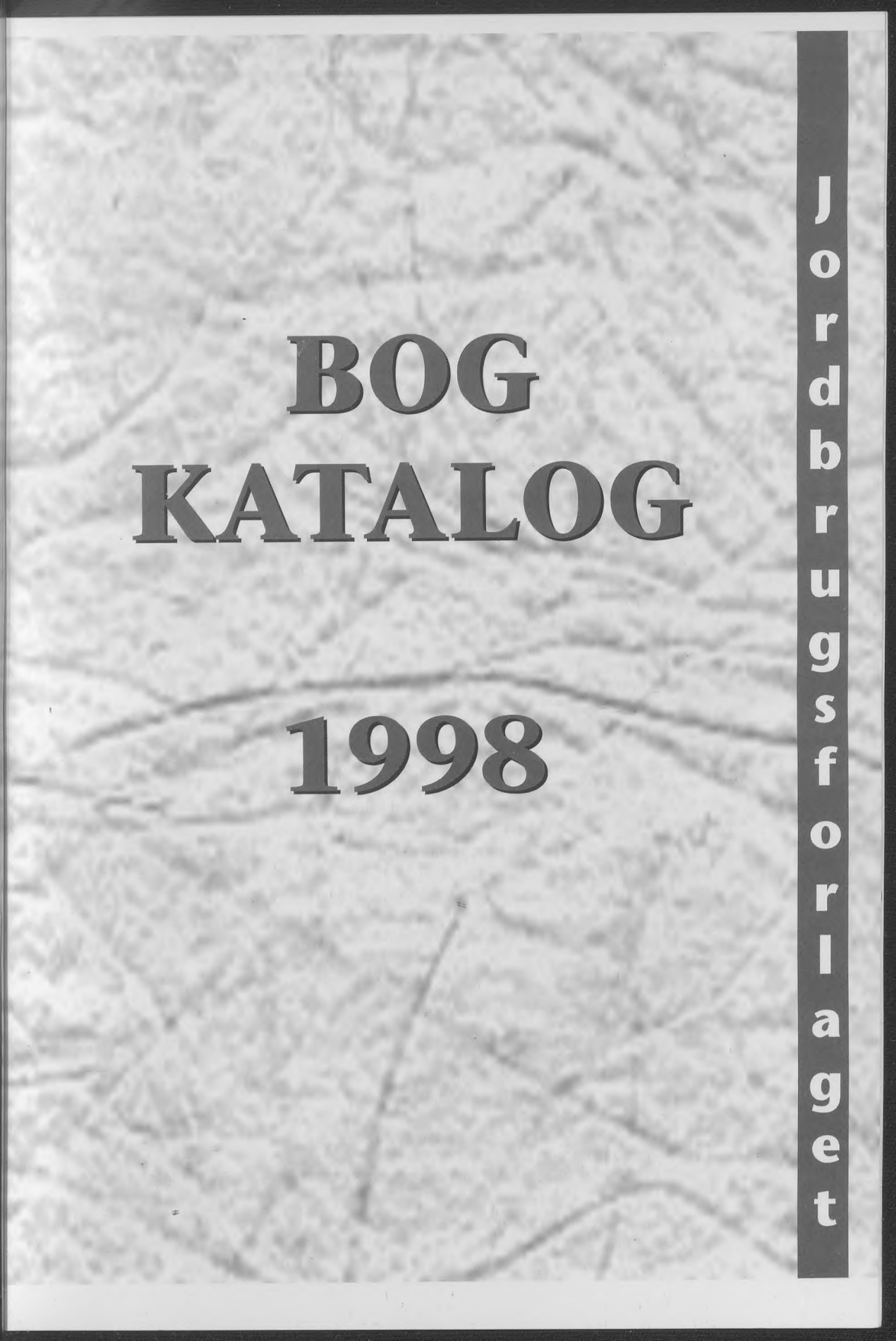
Bent Tolstrup Christensen:
 Dyrkningens indflydelse på jordens
 kulstofindhold 213

Børge Mortensen og Peter Kai:
 Lugtgener fra svineproduktionen 222

Carl-Otto Ottosen:
 CO₂ indflydelse på vækst og klima 229

Søren Husted og Jan K. Schjørring:
 Emission af ammoniak fra planter 233

Thorvald Pedersen:
 Er ozonproblematikken relevant for
 landbruget? 241



BOG KATALOG

1998

**J
o
r
d
a
n
i
s
t
a
n
s
k
a
t
a
l
o
g
e
t**

Husdyr

Peder Damgaard

Kvægets fodring

Bogen dækker fodring af malkekøer, opdræt, ungtyre og kalve. Kvægets fodring er ligeledes en fortrinlig opslagsbog, når det gælder emner som kvægets fodernormer, fodermidler, foderplanlægning, foderbudget og kvægholdsøkonomi.

2. udgave 2. oplag 1997 ISBN 87-7026-349-3
278 sider kr. **298,00**

J. Fris Jensen

Fjerkræavl og fjerkræhold

Bogen giver ikke alene en række nyttige oplysninger om produktionsforhold for de større fjerkræhold, men beskriver også forhold, der er til gavn for fjerkræhold i små flokke af høns, kyllinger samt andet fjerkræ.

8. udgave 1989 ISBN 87-7026-304-3
177 sider kr. **135,00**

Bent Schack-Nielsen

Kvægproduktion

En fortrinlig lære- og opslagsbog for den kvægbruger der vil forbedre sin kvægproduktion af både mælk og kød, øge reproduktionsresultaterne, forbedre sundheden og forstå kvægets adfærd.

1. udg. 2. opl. 1996 ISBN 87-7026-324-8
91 sider kr. **120,00**

Henning L. Foged, Mette K. Schou
og Jens Y. Blom

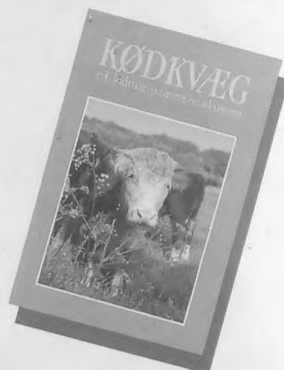
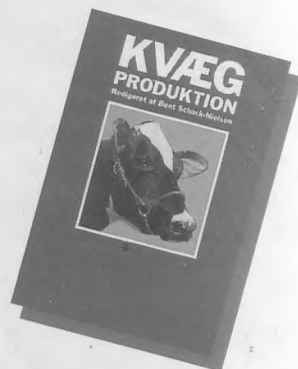
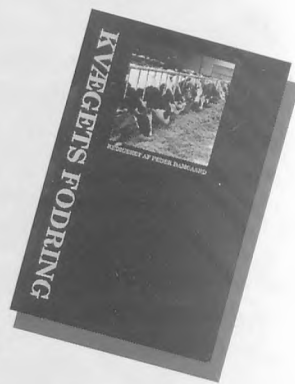
Kødkvæg

- **avl, fodring, pasning og økonomi**

Få værdifuld viden om bl.a.:

- De mest udbredte racers egenskaber
 - Avlsarbejdet og stambogføring
 - Græsning, fodring og foderplaner
 - Reproduktionsforhold
 - Kvægets sundhed og vigtigste sygdomme
 - Daglig pasning og pleje gennem året
- Velegnet opslagsbog uanset om besætningen er stor eller lille!

2. udgave 2. oplag 1997 ISBN 87-7026-348-5
177 sider kr. **230,00**



Husdyr

Andreas Kreibich og Mathias Sommer

Håndbog i strudseavl

Bogen, der egner sig både til nye såvel som erfarne avlere, giver en grundig indføring i strudsehold, herunder opstart, investeringer, fodring, avl, folde, opstaldning, sygdomme, slagtning m.m.

Bogen er oversat fra engelsk.

En god julegave idé. Bestil et gavekort hos Jordbrugsforlaget.

1. udgave udkommer primo februar 1998.

215 sider kr. 415,00



Jens Yde Blom og Astrid Mikél Jensen

Sundhed og sygdom hos kvæg

Grundig og ajourført viden om sundhedsstyring i kvægholdet, samt gennemgang af de vigtigste sygdomme.

1. udgave 1996 ISBN 87-7432-447-0

313 sider kr. 298,00



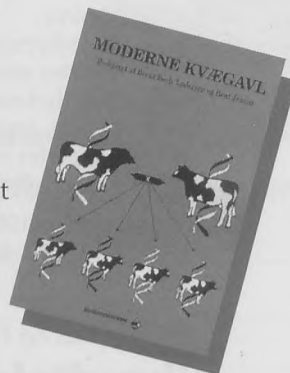
Bernt Bech Andersen og Bent Jensen

Moderne kvægavl

Bogen fik hurtigt en stor udbredelse i kredsen af praktiske kvægbrugere, der ønsker at forbedre kvægbesætningens produktivitet, effektivitet, kvalitet og holdbarhed.

2. udg. 94 2. opl. 96 ISBN 87-7026-335-3

120 sider kr. 130,00



Planter

Torben Borggaard

Avl af markfrø

Praktisk og direkte vejledning om de mange forhold der sikrer overholdelse af de store kvalitetskrav til produktion af markfrø. Der gives gode anvisninger på bekæmpelse af ukrudt, sygdomme og skadedyr i frømarken.

1. udgave 1988 ISBN 87-7026-281-0
99 sider kr. **65,00**



Anton Nordestgaard og Sigurd Andersen

Håndbog i frøproduktion

Praktisk og direkte vejledning for den professionelle frøavler, der går efter optimal produktion.

1. udgave 2. oplag 1997 ISBN 87-7026-346-9
105 sider kr. **139,00**



Sigurd Andersen

Planteproduktion i landbruget

Her finder du alt om moderne planteproduktion samlet på et sted - præsenteret kort og præcist, og derfor velegnet som hurtigt opslagsværk.

Få svar på:

- Hvordan foretages optimal jordbehandling
- Gødskning
- Plantebeskyttelse med reduceret dosis

Desuden findes afsnit om de mest almindelige plantearters dyrkningskrav og pasning gennem vækstsæsonen, sædskiftet, høst, opbevaring og tørring. Ligeledes omhandler særlige kapitler afgræsning, ensilering og frøavlens principper.

1. udgave 1994 ISBN 87-7432-450-0
215 sider kr. **215,00**



Heinrich Haas og Frans Laursen

Ukrudtskimplanter

Frøukrudt på bekæmpelsesstadiet

Præcis bestemmelsesnøgle i s/h til alle de vigtigste ukrudtsarter.

En uundværlig opslagsbog for jordbrugets planteproducenter. Også velegnet for alle havebrugere samt alle botanisk interesserede.

5. rev. udg. 94 2.opl.96 ISBN 87-7026-343-4
178 sider kr. **148,00**



Teknik og bygninger

Niels Rørbech

Landbrugets byggebog

Indeholder alt om planlægning, projektering og gennemførelse af et landbrugsbyggeri.

5. udgave 1996 ISBN 87-7432-433-0
229 sider kr. **224,00**

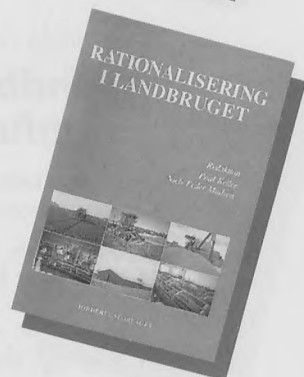


Poul Keller og Niels Peder Madsen

Rationalisering i landbruget

Bogen behandler markbrugets mekanisering, foderproduktion og -håndtering, staldforhold for kvæg og svin samt økonomisk styring og tidsplanlægning. Bogen giver overblik og forudsætning for en rationel tilpasning og optimering af produktionsforholdene.

1. udgave 1991 ISBN 87-7026-321-3
148 sider kr. **45,00**



Bo Wetterblad

Traktorlære

Bogen gennemgår alle traktorens funktioner og indretninger.

2. udgave 1992 ISBN 87-7026-316-7
144 sider kr. **115,00**



Bestillingskupon til Jordbrugforlagets Fagbøger

Undertegnede bestiller hermed : _____ stk. _____
 _____ stk. _____
 _____ stk. _____

Navn: _____

Adresse: _____

Postnr.: _____ By: _____

Telefon: 3888 9088 · Fax: 3888 6611 · e-mail: jordbrugsforlaget@bogpost.dk

Økonomi og driftsledelse

Jon Birger Pedersen, Arne Nielsen, Jens J. Høj
og Kjeld Bukh Hansen

Alt det nyeste 1998

Ajourføring af aktuelle driftsforhold i den moderne
landbrugsbedrift.

44. udgave 1997, ISBN: 87-7026-350-7
110 sider kr. **215,00**



Henning Otte Hansen

Landbrugets placering i samfundet

Bogen behandler jordbrugets betydning for sam-
fundsøkonomien.

2. udgave 1994 ISBN 87-7432-446-2
261 sider kr. **231,00**



Det Kgl. Danske Landhusholdningsselskab

Den personlige frihed

En række kendte personligheder har i denne bog
givet deres bidrag til begrebet »Den personlige fri-
hed«. Den enkeltes oplevelse af frihed knytter sig til
forhold som sundhed, uddannelse økonomi, rejse og
ven-skab, men virkeligheden er langt mere
kompliceret, hvorfor begrebet »Den personlige
frihed« altid vil være aktuelt.

1. udgave 1988 ISBN 87-7026-289-6
178 sider kr. **36,00**



POST

Sendes ufrankeret
Jordbrugsforlaget
betaler portoen

Jordbrugsforlaget

Mariendalsvej 27, 2

+++ 2475 +++

2000 Frederiksberg

Skov og have

Erik Holmsgaard

Drift af små skove og plantager

Praktisk håndbog for det mindre skovbrug. Alt fra trævalg og plantning til skovning og salg.

2. udgave 2. oplag 1997 ISBN 87-7026-311-6
209 sider kr. **190,00**



Gustaf Alm, Göran Eriksson, Hans Ljunggren,
Inger Palmstierna og Nils Tiber

Kompostbogen

En populær håndbog om hensigtsmæssig og let kompostering af organisk affald. Denne håndbog for praktikere giver anvisning på konstruktion af kompostbeholdere, kompostens pasning og dens udnyttelse, således at næringsstofferne bliver genanvendt. Desuden behandles kort lovgivningen på området samt myndighedernes krav til komposteringen.

1. udgave 1992 ISBN 87-7432-363-6
111 sider kr. **167,00**



Håndbøger

Landbrugsårbogen 1998

Bogen indeholder alle aktuelle informationer, når du skal i kontakt med eller have oplysninger om landbrugets organisationer, virksomheder eller personer med tilknytning til landbrugserhvervet. Udkommer april 1998, pris kr. **325,00**



Fagtidsskrifter

Erhvervsjordbruget/ Landbonyt

Bladet henvender sig til den professionelle landmand. Med artikler om bl.a. planteavl, økonomi, husdyrproduktion og landbrugs- og miljøpolitik får du gode kort på hånden. Bladet udkommer 10 gange om året, og prisen er kun kr. **450,00** incl. moms. For Landhusholdningsselskabets medlemmer er prisen kr. **225,00** incl. moms



Bogklubben

ÅRETS BOGPAKKE



**Samlet pris:
425,-**

**Alt det nyeste 1998**

Redigeret af Jon Birger Pedersen, Arne Nielsen, Jens J. Høy og Kjeld Bukh Hansen

Alt det nyeste 1998 behandler aktuelle emner inden for områderne planteavl, husdyrbrug, maskiner/teknik og lovgivning/økonomi/politik
(Normalpris kr. **215,00**)

Ukrudt, Sygdomme og Skadedyr i landbrugsafgrøder

Elo West Larsen, Forlaget Næsgaard

3 håndbøger, der beskriver de vigtigste skadegørere i landbrugsafgrøder. Bøgerne er velegnede til bestemmelse af skadegørere i marken.
(Normalpris kr. **350,00**)

BOGKLUBBEN

Det er gratis at blive medlem af Jordbrugsforlagets bogklub, og som medlem opnår du en række fordele:

- Du modtager en gang om året en bogpakke, bestående af den seneste udgave af *Alt det nyeste* samt en anden udgivelse.
- Du bliver orienteret om nye aktuelle landbrugsfaglige bøger.
- Du får mulighed for at købe nye udgivelser fra Jordbrugsforlaget til en favorabel introduktionspris.
- Du udvælger fagbøger hjemme hos dig selv og køber, når du har behov for det.

Udover bogpakken er der ingen købetvang.

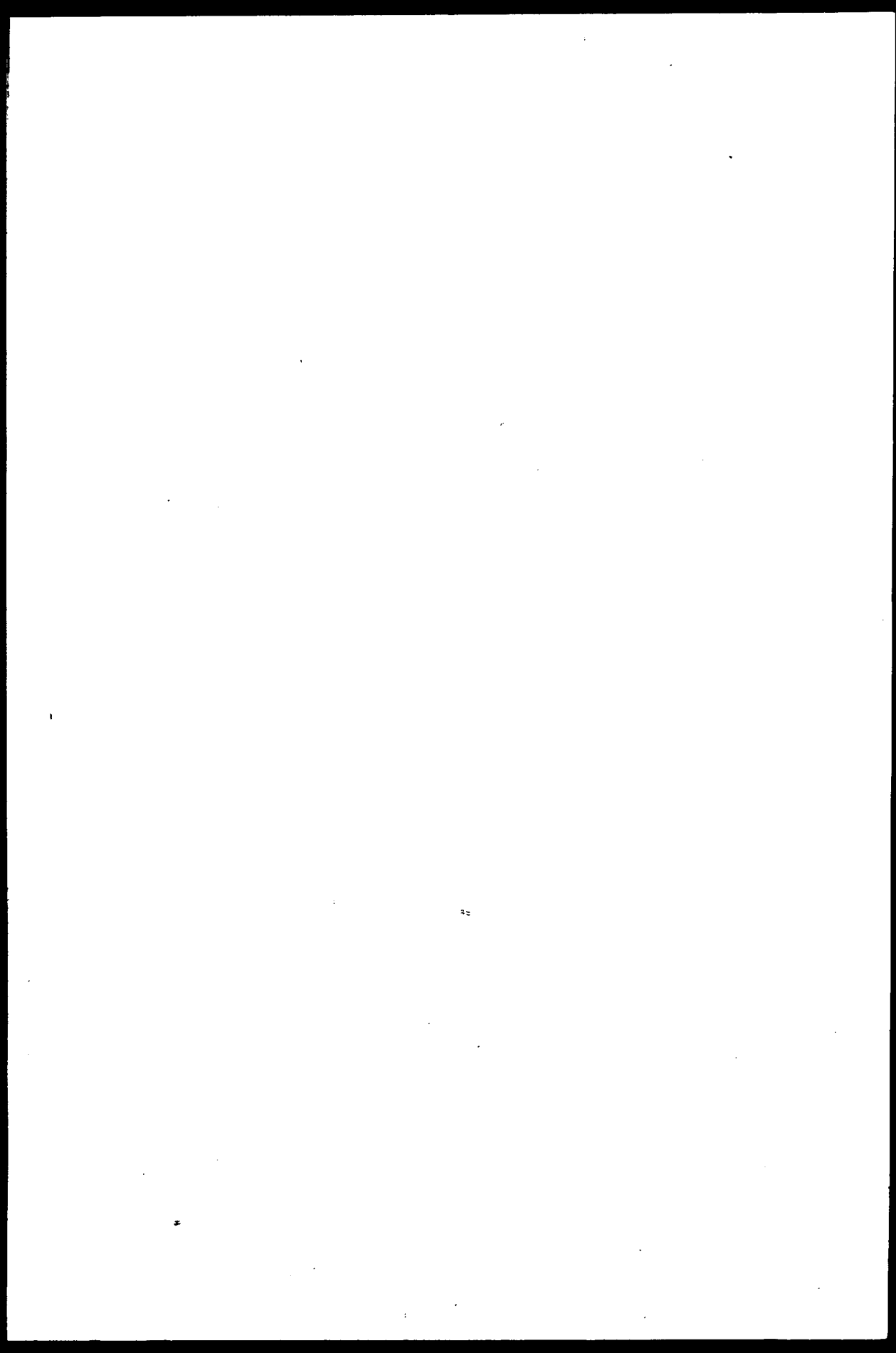
Medlemskab kan tegnes hos:

Det Kgl. Danske Landhusholdningsselskab

Jordbrugsforlaget

Mariendalsvej 27. 2., 2000 Frederiksberg

Telefon: 3888 9088 · Fax: 3888 6611 · e-mail: jordbrugsforlaget@bogpost.dk
www.jordbrugsforlaget.dk





Revision med grøn fornuft...

Professionel assistance i alle
revisions- og regnskabsmæssige
forhold samt økonomisk rådgivning.
Dansk landsdækkende organisation med 9 afdelinger.
Vi tilbyder et kvalificeret og tillidsfuldt samarbejde.



Statsautoriseret
revisionsaktieselskab



Medlem af Morison International

De finder RVT revision i:

København
Taastrup
Vordingborg
Odense

tlf. 33 26 70 00
tlf. 43 52 08 00
tlf. 53 77 11 66
tlf. 66 15 85 55

Skærbæk
Vejen
Århus
Holstebro
Aalborg

tlf. 74 75 18 00
tlf. 75 36 02 11
tlf. 86 12 78 88
tlf. 97 41 22 11
tlf. 98 18 41 22

www.rvt.dk
E-mail: rvt_bynavn@rvt.dk