

Landbrugsministeriet

Statens Planteavlsvforsøg



Jordbrug og miljø  
Planteproduktion

*Statusredegørelse – juni 1992*

Red.  
Arne Kyllingsbæk  
Landbrugscentret  
Afdeling for Planteernæring og -fysiologi  
Forskningscenter Foulum  
DK-8830 Tjele

Tidsskrift for Planteavls Specialserie

Beretning nr. S 2200 - 1992



Landbrugsministeriet

Statens Planteavlsvforsøg



## Jordbrug og miljø Planteproduktion

*Statusredegørelse – juni 1992*

Red.  
Arne Kyllingsbæk  
Landbrugscentret  
Afdeling for Planteernæring og -fysiologi  
Forskningscenter Foulum  
DK-8830 Tjele

Tidsskrift for Planteavls Specialserie

Beretning nr. S 2200 - 1992

*Sats: Direktionssekretariatet*



# Forord

---

Foråret 1990 besluttede regeringen at udarbejde en handlingsplan for et bæredygtigt landbrug.

I lighed med Landbrugsministeriets øvrige forskningsinstitutioner har Statens Planteavlsforsøg bistået ministeriet med at fremskaffe baggrundsmateriale til handlingsplanen. Ligeledes har Statens Planteavlsforsøg været repræsenteret i en styregruppe nedsat af ministeriet til støtte og koordinering af arbejdet.

Nærværende beretning omfatter en sammenkrivning og let redigeret udgave af Statens Planteavlsforsøgs bidrag til baggrundsmaterialet for handlingsplanen. Indsamling og sammenskrivning af materialet er foretaget af en projektgruppe bestående af:

Direktør Arent B. Josefsen (formand)  
Forstander Kaj Henriksen, Havebrugscentret  
Vid. med. Lise Nistrup Jørgensen, Plantevårnscentret  
Seniorforsker Per N. Kudsk, Plantevårnscentret  
Vid. med. Arne Kyllingsbæk, Landbrugscentret  
Vid. med. Søren A. Mikkelsen, Landbrugscentret

Ud over projektgruppen har følgende medarbejdere ved Statens Planteavlsforsøg udarbejdet bidrag, som er anvendt i beretningen: Afd. forstander Arne Helweg, kst. afd. forstander Jørgen F.

Hansen, vid. med. Merete Albrechtsen, Lars Monrad Hansen og Lise Samsøe-Petersen.

Den endelige tekstbearbejdelse og redaktion af beretningen er varetaget af vid. med. Arne Kyllingsbæk.

I beretningen gives en beskrivelse af det naturgivne grundlag for planteproduktion i Danmark. Betydningen af anvendelse af forskellige dyrkningsforanstaltninger er beskrevet med hovedvægten lagt på anvendelsen af kvælstof og pesticider, herunder de miljømæssige problemer omkring anvendelse af disse hjælpestoffer i jordbruget. Derefter omtales forskellige dyrknings-tekniske forhold og andre tiltag, som kan medvirke til reduktion af kvælstoftabet til omgivelserne. Tiltag, der kan medvirke til et reduceret og miljøorienteret forbrug af pesticider, er ligeledes omtalt. Endelig er omtalt forskellige forskningsområder, hvor en indsats må forventes at kunne bidrage til at fremme udviklingen mod et mere bæredygtigt landbrug.

Forstander Jørgen Vittrup Christensen, kst. afd. forstander Jørgen F. Hansen og centerleder E. Henning Jensen har ved gennemlæsning af manuskriptet givet værdifulde bemærkninger og forslag til ændringer.

Opsætning af beretningen er foretaget af assistent Gitti Andersen, Direktionssekretariatet.

Direktionssekretariatet, juni 1992  
Arent B. Josefsen

# Indhold

---

Forord .....	3	Organisk stof .....	44
Sammenfatning .....	5	Pesticider .....	45
Summary .....	10	Udvikling i pesticidforbruget .....	45
Det åbne land .....	11	Pesticiders nyttevirkning .....	48
Det naturgivne grundlag .....	13	Herbicerider .....	50
Jord .....	13	Baggrund for behandling .....	54
Jordtyper .....	13	Forbruget i Danmark sammenholdt med øvrige lande .....	55
Jord som dyrkningsmedium .....	13	Krav til pesticider i forbindelse med godkendelse .....	56
Organisk stof .....	13	Pesticidrester og deres indflydelse på næringsværdien .....	57
Vand .....	15	Spredning og nedbrydning i miljøet .....	58
Næringsstoffer .....	15	Pesticiders påvirkning af fauna, flora og mikroorganismer .....	60
Varme .....	15	Samspil mellem dyrkningsfaktorer .....	62
Jordluft .....	15	Behovet for hjælpepestoffer i miljøet ved forskellige dyrkningsforhold .....	63
Jordens evne til nedbrydning af organisk stof .....	16	Samspil og vekselvirkninger i forbindelse med foreslåede og gennemførte lovindgreb .....	64
Luft .....	17	Økologisk jordbrug .....	65
Vand .....	17	Gartneriproduktion i væksthus .....	66
Nedbør .....	17	Kontrollerede dyrkningsforhold .....	66
Fordampning .....	18	Miljøpåvirkninger, ressourceforbrug og samspilseffekter .....	68
Vandbalance .....	19	Nye teknologier .....	70
Afstrømning .....	19	Bioteknologi .....	70
Udvaskning af næringsstoffer fra jorden .....	20	Informatik og informationsteknologi .....	72
Liv .....	20	Muligheder for reduktion af jordbrugets påvirkning af miljøet .....	74
Teknologier .....	22	Kvælstof .....	74
Kulturteknik .....	22	Pesticider .....	76
Afvanding .....	22	Marginalisering .....	77
Jordbearbejdning .....	24	Forsknings- og udviklingsområder .....	78
Vanding .....	24	Anvendelse af planteprodukter som råvarer for industrien - non-food .....	78
Læplantning .....	26	Bedre udnyttelse af de anvendte ressourcer .....	79
Jorddækning .....	27	Bidrag til energiforsyningen og nyttig- gørelse af affaldsprodukter .....	81
Planteforædling .....	27	Litteratur .....	83
Forædlingens mål og situation .....	27		
Planteforædlingens muligheder og metoder .....	29		
Afprøvning og test af nyt sortsmateriale NPO - Omsætning af kvælstof, fosfor og organisk stof .....	29		
Kvælstoftilførsel .....	29		
Kvælstoftab .....	33		
Kvælstofs nytteværdi .....	39		
Fosfor .....	42		

# Sammenfatning

---

I denne statusredegørelse om jordbrug og miljø er der indledningsvis givet en kort beskrivelse af udviklingen i jordbruget gennem de seneste årtier og betydningen heraf for relationen til det øvrige samfund.

Danmark har altid været et landbrugsland. Det totale areal udgør ca. 4,3 mio. ha. Heraf udgør landbrug og gartneri ca. 2,8 mio. ha og skovbrug ca. 0,5 mio. ha. Gennem de sidste 40-50 år er der sket en kraftig strukturændring mod færre og større bedrifter og en stigende specialisering. Samtidig med strukturændringen og specialiseringen er der sket en ændring i produktionsmetoderne, som set fra det øvrige samfund medfører en uønsket belastning af miljøet og forringede forhold med hensyn til husdyrenes velfærd.

Det øvrige samfunds kritiske holdning til jordbrugets produktionsmetoder sammen med trange økonomiske vilkår har skabt uro og usikkerhed i jordbruget samt medvirket til, at der er opstået en interesse- og forståelseskluft mellem »land og by«.

Den voksende miljø- og resourcebevidsthed i befolkningen deles imidlertid i stigende grad af jordbrugeren, og rollen som naturforvalter til lægges øget vægt.

I afsnittet om det naturgivne grundlag for planteproduktion i Danmark omtales jordbundsforholdene, klimaet og jordbrugerenes problemer med at finde en balancegang mellem en økonomisk og teknologisk optimal udnyttelse af de naturgivne ressourcer og udnyttelse på et niveau, som er forsvarlig på længere sigt.

Som helhed betragtet er Danmark velegnet til jordbrugsproduktion. Af det dyrkede areal udgør sandjorde ca. 62%, lerjorde ca. 31% og humusjorde ca. 7%. Klimaet er forholdsvis gunstigt for planteproduktion. Årets middeltemperatur er ca. 7,6°C og varierer lidt mellem landsdelene. Nedbøren varierer også fra landsdel til ladedel. Den er størst i den sydlige og vestlige del af

Jylland - ca. 700 mm - og mindre på Sjælland og Lolland-Falster - ca. 580 mm. Fordampningen er mindre end nedbøren, hvilket betyder, at der sker en afstrømning til drænen og undergrund. Dette bevirker, at opløste plantenæringsstoffer udvaskes af rodzonen.

Jordbrugeren dilemma med hensyn til udnyttelse af det naturgivne grundlag er et resultat af økonomisk pres og et samvittighedsmæssigt eller etisk pres. Denne konflikt forstærkes af signaler fra det øvrige samfund. Indtil for 10 år siden var det øvrige samfunds krav til jordbruget, at der skulle ske en produktionsstigning i stadig øget takt. Nu er kravet, at produktionen skal ske på en langsigtet forsvarlig måde, og at der tages hensyn til de rekreative værdier i det åbne land, samt at der i husdyrbruget anvendes produktionsmetoder, som tilgodeser husdyrenes velfærd.

I afsnittet om teknologier omtales kulturtekniske og dyrkningsmæssige foranstaltninger, som anvendes i jordbruget i dag. Herunder forbruget af hjælpestoffer som gødning og pesticider samt indflydelsen heraf på miljøet. På grundlag af tilførsel og fraførsel er der opstillet regnskaber for kvælstof- og fosforhusholdningen. Samspillet mellem dyrkningsfaktorer, økologisk jordbrug samt gartneriproduktion i væksthuse er også omtalt i dette afsnit.

Jordbrugerenes afgrødevalg varierer til stadihed. Klimaet, jordtypen og afsætningsmulighederne har størst indflydelse på afgrødevalget. Set over en længere årrække er græsarealet og arealet med roer gået tilbage. I løbet af 80'erne er arealet med raps og ærter steget betydeligt. Det samlede areal med korn er faldet lidt. I dag udgør vintersæd næsten 50% af det totale areal mod 10% i 1980.

For mange af de dyrkede afgrøder har der været en jævn stigning i udbyttet pr. arealenhed. For flere af de vigtigste afgrøder er udbyttet fordoblet gennem de sidste 60-70 år. En præcis vurdering af hvor stor en del af udbyttestignin-

gen, der skal tillægges henholdsvis planteforædlingen og de dyrkningsmæssige foranstaltninger foreligger ikke. For vårbyg skønnes forædlingsindsatsen at være ansvarlig for 30-50% af udbyttestigningen, mens resten skal tilskrives forbedringer i dyrkningsforanstaltninger - gødning, pesticid m.v.

Fra midten af 60'erne til midten af 70'erne var der en kraftig stigning i forbruget af handelsgødningskvælstof. Forbruget toppede i 1984, faldt lidt indtil 1988, hvorefter forbruget igen steg. I 1990 var forbruget ca. 400.000 tons N pr. år, hvilket dog stadig er lidt mindre end forbruget i 1984. Den kraftige stigning i forbruget fra midten af 60'erne til midten af 70'erne skyldes delvis, at kløvergræs i denne periode i stigende grad blev erstattet af rent græs. Stigningen gennem de seneste år må tillægges en forskydning i afgrødevalget fra vårsæd til vintersæd, som kræver mere kvælstof.

Udover kvælstof i handelsgødning tilføres også kvælstof med husdyrgødningen. Husdyrgødningens indhold af kvælstof 1987/88 er beregnet til ca. 330.000 tons ab dyr.

Mængden af kvælstof i husdyrgødningen, når denne nedbringes i jorden, er en del mindre end indholdet, når den forlader dyrene. Dette skyldes, at der sker et forholdvis stort tab af kvælstof ved ammoniakfordampningen under håndteringen i proceskæden fra stald, til gødningen er nedbragt i jorden.

Hovedproblemet i landbrugets kvælstofhusholdning er husdyrgødningen. En meget stor del af kvælstoffet tabes ved ammoniakfordampning, inden gødningen nedbringes i jorden. Dertil kommer, at en del af husdyrgødningen udbringes om efteråret med stor risiko for tab af gødningens indhold af ammoniumkvælstof og let omsætteligt organisk bundet kvælstof på grund af omdannelse til nitratkvælstof, der udvaskes med overflødsnedbøren.

Nettoværdien af det opnåede merudbytte for kvælstoftilførslen i 1989 er groft beregnet til at være af størrelsesordenen 6,5 milliarder, hvilket svarede til, at kvælstofgødskningen bidrog med 40-50% af landbrugets samlede bruttofaktorindkomst for planteprodukter.

Fosfor tilføres jorden dels som handelsgødning, ca. 40.000 tons pr. år, dels med husdyrgødning, ca. 60.000 tons pr. år.

En stor del af den tilførte fosfor omdannes til tungt opløselige fosforforbindelser i jorden. Jordbrugets bidrag til forureningen af vandmiljøet med fosfor anses for at være lille i forhold til den totale tilførsel til vandmiljøet.

Indholdet af organisk stof - humus - i de øverste jordlag er af stor betydning for en jords egnethed til planteproduktion og udgør i reglen 2-4% af tørstoffet i almindelige mineraljorde.

Landbrugsarealernes indhold af organisk stof påvirkes af sædskifte, gødningsniveau, tilførsel af organisk stof med husdyrgødning, halmnedmuldning og andre planterester, der efterlades på marken ved høst, samt eventuelt ved dyrkning og nedpløjning af efterafgrøder.

Indholdet af organisk stof er bestemt af balancen mellem den tilførte mængde og nedbrydningshastigheden. Almindeligvis er tilførslen af organisk stof større og nedbrydningshastigheden mindre på naturarealer end på de dyrkede arealer. Den større omsætningshastighed på de dyrkede jorde skyldes, at der ved den mekaniske jordbearbejdning sker en effektiv indblanding af materialet, ligesom luftskiftet øges. Begge forhold fremmer omsætningen.

Ved nedbrydningen af organisk stof, herunder planterester og organisk stof tilført med husdyrgødning, frigøres næringsstoffer som kvælstof og fosfor, som derved igen kan udnyttes af afgrøderne. Frigørelse af næringsstoffer ved nedbrydning af organisk stof, mineralisering, er en fordel i vækstperioden, hvor afgrøderne kan udnytte næringsstofferne, men en ulempe i efterårsperioden, hvor frigørelsen øger risikoen for udvaskning, især af kvælstof.

Siden slutningen af 2. verdenskrig er anvendelse af kemiske midler til bekæmpelse af skadegøddere steget støt. Forbruget toppede i 1984 med godt 7.000 tons aktivt stof. Fra 1984 til 1988 faldt forbruget, men steg igen i 1989, hvor forbruget var af størrelsesordenen knap 6.000 tons aktivt stof. Stigningen i 1989 og 1990 skyldes forekomsten af usædvanligt mange skadegørere samt et usædvanligt stort opkøb til lager. Herbi-

cider udgør langt den største part. Derefter følger fungicider, mens insekticider og vækstregulatorer kun udgør en mindre del af det samlede forbrug målt i kg aktivstof.

Målt som behandlingshyppighed sprøjtes det dyrkede landbrugsareal i gennemsnit 3,2 gange med normaldosering af pesticider. Ud af dette tal udgør herbicider ca. 1,4, insekticider og fungicider mellem 0,8 og 1,0, mens vækstregulering udgør ca. 0,2. Behandlingshyppigheden har været stort set uændret siden begyndelsen a 80'erne.

Baggrunden for brugen af pesticider er primært at beskytte afgrøderne mod at blive ødelagt af skadevoldere og derved sikre et højt udbytte-niveau og en god udnyttelse af de øvrige vækstfaktorer, bl.a. næringsstofferne.

Pesticiders nyttevirkning i 1989 er opgjort til ca. 4,9 milliarder, hvilket svarede til ca. 35% af landbrugets samlede bruttofaktor-indkomst for planteprodukter.

Så vidt, det er muligt, bør beslutningen om en kemisk bekæmpelse foretages ud fra behovsbestemte kriterier. For flere skadevoldere gælder, at vejrforholdene er afgørende for, om et angreb udvikler sig til et tabsgivende problem. For denne type skadevoldere er det vanskeligt at afgøre, om det er hensigtsmæssigt at foretage en forsikringsoprøjtning, eller den kan undlades.

For en del skadevoldere findes fastlagte skadetærskler. Disse bruges af jordbrugeren som baggrund for en vurdering af sprøjtebehovet. Færdigudviklede planteværnsmodeller findes dog langt fra inden for alle områder.

For at et pesticid kan godkendes til anvendelse i jordbruget, skal det bl.a. opfylde visse økotoxikologiske kriterier, som fastsættes af miljøstyrelsen. Det drejer sig om persistens og mobilitet i jorden samt om bioakkumulering og dermed faren for opkoncentrering i fødekæder.

Uønskede ændringer, som kan konstateres på flora og fauna i kulturlandskabet, tilskrives ofte anvendelse af pesticider. Sideløbende med det øgede pesticidforbrug er der sket mange andre ændringer i dyrkningspraksis. Derfor er det vanskeligt at tilskrive en enkelt faktor (f. eks. anvendelsen af pesticider) årsagen til ændringen i floraen og faunaen. For faunaen er der således ofte tale

om en inddirekte effekt, ved at fødegrundlaget er fjernet eller, ved at dyrenes tilholdssteder er fjernet.

Uanset om årsagerne skal tillægges en direkte eller indirekte effekt af pesticider og/eller ændring af andre dyrkningsforanstaltninger, så er der gennem de sidste 20 år sket en tilbagegang på de dyrkede arealer af flora og fauna både hvad angår antal arter og individtæthed.

Nyere undersøgelser viser, at pesticider har fundet vej til grundvand og overfladevand på flere lokaliteter. Kun i få tilfælde er der fundet mængder, som overskrider fastsatte grænseværdier.

De i dag gældende kriterier for mobiliteten i jorden i forbindelse med godkendelse skal hindre, at de anvendte pesticider nedvaskes til grundvandet.

Under omtalen af samspil mellem dyrkningsfaktorer er bl. a. omtalt, hvorledes valg af afgrøde/sædskifte har indflydelse på behovet for teknologisk input eksempelvis anvendelse af gødning og pesticider. Ligeledes er der peget på, at tiltag med henblik på at reducere miljøpåvirkningen af en faktor kan nødvendiggøre en justering af andre faktorer, som derved kan give en øget miljøpåvirkning. Eksempelvis er det nævnt, at nedmuldning af halm og grønne marker i form af øget vintersædsdyrkning reducerer udvaskningen af kvælstof, men til gengæld øger behovet for anvendelse af pesticider.

Gennem de senere år er der opstået en stigende interesse for økologisk jordbrug. I Danmark er økologisk jordbrug underlagt statskontrol. I 1990 var der godkendt ca 8000 ha til dyrkning af økologiske afgrøder. I økologisk jordbrug anvendes ikke handelsgødning og pesticider. Gødningen består hovedsageligt af husdyrgødning, der som regel kun er til rådighed i begrænsede mængder. Dyrkning af bælgeplanter, herunder grøngødning og kløvergræsmarker, kan bidrage væsentligt til kvælstofforsyningen. Det er vanskeligere at opretholde forsyningen med fosfor og kalium. Med hensyn til at undgå alvorlige angreb af skadevoldere satses der overvejende på forebyggende foranstaltninger som et varieret sædskifte samt dyrkning af resistente sorter.



Ved planteproduktion i væksthuse kan det naturgivne klima suppleres og reguleres til et niveau, der er nær det optimale for planter. Styling og regulering af produktionsfaktorerne lys, varme, vand, næring, luftfugtighed og kuldiioxid anvendes i dagens væksthuseproduktion.

Det er kendetegnende for væksthuseproduktionen, at der dyrkes et stort antal plantearter, at der produceres planter det meste af året, og at bruttofaktoriindkomsten pr. m<sup>2</sup> er høj. Både arealmæssigt og i produktionsværdi udgør potteplanter den største andel af gartneriproduktionen. Værdien af væksthuseproduktionen af potteplanter, afskårne blomster og grønsager udgjorde i 1989 ca. 2,8 milliarder.

I afsnittet om nye teknologier omtales, hvorledes bioteknologien i dag anvendes i planteforædlingen, og hvorledes informatikken og datateknologien kan udnyttes i jordbruget.

I plantedyrkingen har interessen for anvendelse af bioteknologi især været stor i forbindelse med opformering og forædling af planter. Ved hjælp af de nye metoder er det muligt meget hurtigt at opformere et stort antal planter med eftertragtede egenskaber ud fra et enkelt individ. Dette anvendes i stor udstrækning inden for gartneriet til produktion af snitblomster og potteplanter. Metoden er ligeledes velegnet til frembringelse af sygdomsfrit plantemateriale. Nye teknikker gør det også muligt at flytte enkelte eller få udvalgte arveanlæg (gener) fra en planteart til en anden art.

Foruden teknikker til ændring af planters arveanlæg og til opformering af planter omfatter plantebioteknologien en række diagnostiske metoder, som er af stigende betydning inden for såvel planteforædlingen som praktisk jordbrug.

Informationsteknologien gør det muligt at stille mange data til rådighed for jordbrugeren til anvendelse som grundlag for beslutninger ved produktionens planlægning og gennemførelse. Jordbrugeren kan derfor let få mange data at holde styr på. Dermed opstår en fare for at miste overblikket. Her er informatikken et værktøj, som rigtigt anvendt kan være et effektivt hjælpemiddel. I denne forbindelse har forskningen og

rådgivningen også en opgave i at medvirke til en datasortering, så jordbrugeren forsynes med relevante og nødvendige data i brugervenlig form. Rigtige og brugertilpassede informationer indtages i dag en central plads i beslutningsprocesserne i jordbruget og får formentlig endnu større betydning fremover.

I afsnittet om muligheder for reduktion af jordbrugets påvirkning af miljøet er der peget på forskellige forhold, hvor en ændret praksis vil kunne mindske jordbrugets effekt på miljøet.

Jordbrugets uheldige påvirkning af miljøet er i alt overvejende grad knyttet til tab af næringsstoffer – især kvælstof – til omgivelserne og til en uønsket effekt på flora og fauna forårsaget af intensive dyrkningsmetoder, herunder anvendelse af pesticider og fjernelse af småbiotoper i det åbne land.

Tab af kvælstof skyldes hovedsagelig fordamning af ammoniak i forbindelse med håndteringen af husdyrgødningen og udvaskning af nitrat fra rodzonen til vandmiljøet.

For at minimere tabet af kvælstof under lagring af husdyrgødningen skal ajle opbevares i lukkede beholdere og gyllebeholdere have et ubrudt svømmelag på overfladen og neddykket tilløb.

Tabet af ammoniak i forbindelse med udbringningen kan reduceres ved nedbringning af gødningen i forbindelse med udbringningen eller hurtigst muligt derefter. Er afgrøden etableret, og det ikke er muligt at nedbringe gødningen, vil det være en fordel at udbringe flydende husdyrgødning med slæbeslangeudstyr, som placerer gødningen mellem planterne.

Flydende husdyrgødning bør udbringes om foråret. Der er sjældent nogen planteernæringsmæssig begrundelse for udbringning af gødning om efteråret. Derimod er der stor risiko for, at gødningens lettilgængelige indhold af kvælstof udvaskes i løbet af efteråret og den følgende vinter.

Den bedste udnyttelse af den samlede mængde husdyr- og handelsgødning fås ved at tilføre husdyrgødningen efter det næringsstof, der er tilstede i gødningen i størst mængde i forhold til

afgrødens behov, og dække et yderligere behov for de øvrige næringsstoffer ved supplering med handelsgødning.

En præcis afpasning af kvælstoftilførslen efter behovet er vanskelig, fordi det reelle behov først er kendt ved høst. Forventninger om gode vækstbetingelser bør imidlertid ikke forlede jordbrugeren til en »forsikringsgødsning«.

På plantebeskyttelsesområdet bør anvendelse af pesticider minimeres ved i den udstrækning, det er muligt, at anvende andre rationelle dyrkningsforanstaltninger til beskyttelse af afgrøderne mod skadevoldere, bl.a. anvendelse af resistente sorter.

Selv om pesticider skal godkendes for at undgå vedvarende og uoprettelige skader på miljøet, bør anvendelsen begrænses mest muligt, idet midlerne ikke er artsspecifikke og derfor ofte vil have utilsigtede virkninger.

Som nævnt bør brug af pesticider altid foretages med baggrund i behovsbestemte kriterier. Ved hjælp af bl.a. informationsdatabaser bør den foreliggende viden udnyttes i bestræbelserne på at holde pesticidforbruget på et så lavt niveau som muligt.

På det dyrkede areal i et intensivt jordbrug er det næppe muligt at opretholde en flora og fauna i det ønskede omfang. Dette problem løses bedst ved en bevarelse/forøgelse af småbiotoper i det åbne land samt eventuelt anlæggelse af sprøjtefrie bræmmer. Afstandskrav til vandløb og søer vil ligeledes kunne mindske risikoen for pesticidforurening af overfladevand.

Ændres markedsforholdene i en så ugunstig grad, at det ikke længere er rentabelt at udnytte de mindst dyrknings sikre jordtyper, bør disse tages

ud af drift og overgå til grøn braklægning. Dermed reduceres kvælstofudvaskningen til et minimum, ligesom der ikke anvendes pesticider på sådanne arealer. En anden mulighed er dyrkning af afgrøder, der kan anvendes til non-food formål f.eks brændsel.

I det sidste afsnit er omtalt forsknings- og udviklingsområder, hvor en indsats må forventes at kunne bidrage til at øge jordbrugets bæredygtighed både i økonomisk og miljømæssig henseende.

På baggrund af de senere års overskudsproduktion af fødevarer vil det være hensigtsmæssigt at igangsætte forskning med henblik på at afdække muligheder for anvendelse af plante produkter som råvarer for industrien; non-food. I øjeblikket synes plantefibre at have størst interesse, men andre produkter som sukker, stivelse og planteolier er interessante, selv om disse i øjeblikket ikke kan konkurrere med mineraloliebaserede produkter. Det er vigtigt, at jordbruget går ind i en dialog med industrien for at afdække områder, hvor plante produkter kan komme på tale som råvarer.

Med henblik på stadig at forbedre udnyttelsen af de anvendte ressourcer, især kvælstof og pesticider, er der peget på forskellige områder, hvor en forskningsindsats må forventes at kunne bidrage til en bedre udnyttelse og dermed også i mange tilfælde en mindre påvirkning af miljøet.

Endelig er der peget på betydningen af, at der igangsættes undersøgelser og udviklingsarbejde til forbedring af rentabiliteten ved anvendelse af halm som brændsel i fjernvarmeværker og husdyrgødning til produktion af gas i biogasanlæg.

# Summary

---

In the present paper is given an outline of the plant production in Danish agriculture and of the adverse effects of intensive plant production on the environment.

The agricultural area amounts to nearly two thirds of the total Danish area. The soil and climatic conditions are fairly good for plant growing. The main crops are spring barley, winter wheat, rape, root crops, grass and green fodder.

Over the last 30-40 years the structure of agriculture has changed towards larger farms using intensive production methods with increased use of nitrogen fertilizer and pesticides.

The adverse effects of intensive farming have been the object of a fast growing public and political attention in recent years.

The major problems are the leaching of nitrate to the ground water and the sea, and the risk of

pesticides leaching to ground water and furthermore the adverse effects which pesticides and intensive farming in general have on flora and fauna in the open landscape.

One way to reduce nitrate leaching is to optimize the manure utilization, which means application of liquid manure in the spring, and keeping the soils covered with growing crops during autumn and winter to catch the nitrogen mineralized during these periods.

A way to minimize the application of pesticides is to use IPM which for instance means growing resistant varieties and using reduced dosages based on warning models and meteorological conditions.

In order to maintain or increase the diversity and density of flora and fauna populations it is recommended to increase the number of small biotopes in the open landscape.

# Det åbne land

---

Danmark er et landbrugsland. Det har landet været siden den yngre stenalders første afsnit - 3000-2000 år før vor tid, hvor de første jordbrugere begyndte at bearbejde istidsaflejringerne. Gennem århundreder har jordbrugeren ved stadig opdyrkning af nye arealer gradvist ændret landet fra at være et naturlandskab til at være et kulturlandskab - det landbrugsland, som vi kender - det, hvor de dyrkede marker præger landskabet. Som brugere varetager jordbrugerne landskabsplejen, og rollen som naturforvalter er da også velkendt for både land-, have- og skovbrugere.

På trods af landets relativt beskedne udstrækning oplever danskeren store landskabelige variationer inden for landet. Forskellen mellem f.eks. et østdansk, bakket morænelandskab og et fladt, vestjysk hedeslettelandskab skyldes langt overvejende forskelle i landskabernes geologiske oprindelse. Herudover er der kulturbetingede variationer f.eks. som følge af forskelle i markstørrelse, læplantning og skovtilplantning.

Det totale danske areal udgør ca. 43.000 km<sup>2</sup> svarende til ca. 4,3 mio. ha. Heraf optager landbrug og gartneri ca. 2,8 mio. ha, svarende til ca. 65% af arealet. Hertil kommer et skovareal på ca. 0,5 mio. ha, svarende til ca. 11% af arealet. Jordbruget i Danmark forvalter således i alt ca. 76% af det samlede danske areal. Set i international sammenhæng er procentandelen for landbrug og gartneri meget høj. I tabel 1 er vist den procentdel landbrug og gartneri udgør af det samlede areal i forskellige lande.

For visse af de nævnte lande er %-andelen for jordbruget som helhed af samme størrelsesorden som i Danmark, nemlig Sverige 70% og Vesttyskland 77%. Dette skyldes relativt store skovarealer.

Det danske landbrugsareal var størst i slutningen af 1930'erne med godt 3,2 mio. ha. Siden da har der været en tilbagegang, idet arealer er fragået til boligbyggeri og sommerhuse, til indu-

striformål og til offentlige formål. Siden 1970 har der været en gennemsnitlig årlig tilbagegang i det dyrkede areal på godt 0,2%.

**Tabel 1.** Areal med landbrug og gartneri i procent af hele arealet i forskellige lande.

---

	Landbrug og gartneri, %
Danmark	65
Frankrig	55
Holland	53
Vesttyskland	47
Sverige	8
Norge	3

---

I samme periode er der foregået en kraftig strukturudvikling i landbruget med stadig færre bedrifter og stigende specialisering. Landbrugssektoren omfattede i 1989 i alt godt 81.000 bedrifter. Til sammenligning var der omkring 1970 ca. 140.000 bedrifter. Af de godt 81.000 bedrifter i 1989 er omkring 55% deltidsbedrifter, hvor den væsentligste indtjening ligger uden for landbruget. Udviklingen i 80'erne har bevirket et kraftigt fald i antallet af heltidsbedrifter på ca. 5% om året til de nuværende omtrent 36.000 bedrifter. Disse bedrifter tegner sig for 90% af husdyrproduktionen og dækker 70% af landbrugsarealet.

Bebyggelsen i det åbne land har også ændret karakter. Koncentreringen af produktionen på færre bedrifter har medført en udbygning/tilbygning til de bestående bygninger. Er driften baseret på et stort husdyrhold, er den traditionelle firelængede gård nu ofte udbygget med store fritliggende ko- eller svinestalde og i tilknytning hertil en eller flere gyllebeholdere samt siloanlæg. Er der tale om bedrifter baseret på planteavl, består udbygningen af store maskinhuse til opbevaring af den omfattende og kostbare maskinpark, som hører til et moderne landbrug.

I takt med landbrugets strukturudvikling, specialisering og industrialisering er afstanden mellem »land« og »by« blevet større. De yngre generationer i byerne oplever en fremmedgørelse over for landbruget til trods for, at dette erhverv er vigtigt for samfundsøkonomien og producerer den mad, vi spiser, samt forvalter langt størstedelen af vort landskab. Et landskab, som ikke mindst i skovområder er et yndet udflugtsmål med store oplevelsesmæssige og rekreative værdier for den øvrige befolkning.

På det seneste er der sket en række tiltag for igen at mindske afstanden mellem »land« og »by« og fremme forståelsen for landbrugets vilkår. Som eksempel kan nævnes etablering af stisystemer og korridorer i landskabet, afholdelse af »åbent hus« arrangementer på landbrugsbedrifter og øget udbredelse af »bondegårdsferier«. Der er dog næppe tvivl om, at mange i samfundet finder, at der er en konflikt imellem landbrugets strukturudvikling og industrialisering og landskabets rekreative værdi. Tilsvarende er der næp-

pe tvivl om, at de seneste års konflikter på landbrug/miljø-området delvis har baggrund i den omtalte forståelseskløft imellem »land og by«.

Strukturudviklingen og specialiseringen har da også reelt bidraget til den såkaldte »forarming« af det danske landskab. Således er mange af de fuglearter, som er i tilbagegang, tilknyttet landbrugsområderne. Det er for eksempel vibe, sanglærke, landsvale, tornsanger, stær, tornirisk og bomlærke. Tilsvarende viser en opgørelse over paddearter, at samtlige arter i gennemsnit er gået 50% tilbage siden 1940'erne. Tilbagegangen skyldes især, at paddernes ynglesteder er udsat for mange trusler. En del lokaliteter forsvinder, fordi vådområder er fyldt op eller drænet.

De seneste års voksende miljø- og ressourcebevidsthed i befolkningen deles imidlertid i stigende grad af jordbrugeren. Rollen som naturforvalter tillægges øget vægt. Forståelsen for, at også det erhvervsrettede jordbrug på langt sigt har nytte af et økosystem i størst mulig naturlig balance har bidraget hertil.



# Det naturgivne grundlag

---

Jorden, luften og vandet udgør det naturgivne grundlag for planteproduktion.

Ses der bort fra plantearter, som er i stand til at udnytte kvælstof fra luften, er planternes forsyning med næringsstoffer på naturarealer begrænset til, hvad der kan frigøres fra jorden og tilføres ved deposition fra atmosfæren.

På naturarealer, som udgør et lukket økosystem, vil der for kvælstof, som tilføres jordplantesystemet fra luften, indstille sig en ligevægt mellem tilførsel og bortførsel fra systemet.

For andre vigtige plantenæringsstoffer, som f.eks. kalium, calcium og fosfor, hvor tilførslen til jordplantesystemet fra luften er minimal, vil der under danske klimaforhold ske en gradvis udpining af jorden. Dette skyldes, at nedbøren er større end fordampningen, hvorfor næringsstofferne udvaskes. Ligeledes vil der ske en gradvis forsurening af jorden.

## Jord

Jorden tjener til forankring af planterne og som reservoir for vand og næringsstoffer, som er nødvendige for planternes vækst. Generelt er lerjorde bedre egnede til plantedyrkning end sandjorde, primært på grund af deres større vandholdende evne.

### Jordtyper

Der skelnes mellem to grundtyper af jorde, mineraljorde og humusjorde. Mineraljordene har langt den største udbredelse.

Inden for gruppen mineraljorde skelnes igen mellem sand- og lerjorde, alt eftersom sand eller ler er den mest fremtrædende bestanddel.

Humusjorde indeholder meget organisk stof og har derfor specielle fysiske og kemiske egenskaber.

Jordenes mineralske bestanddele kan bestemmes ved en teksturanalyse, hvor resultaterne

angiver vægtmængderne af mineralpartikler inden for bestemte størrelsesintervaller.

I Danmark anvendes et jordklassificeringssystem, som bygger på JB-numre. Disse numre strækker sig fra JB1 til JB12. Jordtyperne klassificeres på grundlag af teksturanalyser. De mest grovsandede jordtyper har betegnelsen JB1 og meget svær lerjord JB9. Siltjord og humusjord har betegnelsen henholdsvis JB10 og JB11, og JB12 anvendes til specielle jordtyper. Ved karakterisering af jord indgår foruden resultatet af en teksturanalyse ofte indholdet af humus.

I bilag 1 er vist en oversigt over partikelstørrelsesfordelingen for de forskellige jordtyper. På landsplan udgør sandjorde ca. 62% af det dyrkede areal, lerjorde ca. 31% og humusjorde ca. 7%.

Sandjord er den mest almindelige jordtype i Midt- og Vestjylland, Himmerland og Vendsyssel. Også på Djursland, Fyn og Nordsjælland har sandjorde lokalt en ret stor udbredelse.

Lerjord er den fremherskende jordtype på Øerne og i det østlige Jylland i et bredt bælte, som strækker sig fra grænsen til omkring Randers fjord. I bilag 2 er vist et jordbundskort over Danmark.

### Jord som dyrkningsmedium

En jords egnethed til plantedyrkning afhænger i alt overvejende grad af dens evne til at forsyne planterne med vand i tørkeperioder og dens evne til at stille næringsstoffer til rådighed for planterne.

### Organisk stof

Jordens mineralske bestanddele er dannet ved forvitring af forskellige bjergarter og i sig selv ikke noget godt vækstmedium for planter. Indholdet af organisk stof (humus) i de øverste jordlag - især i pløjelaget - er afgørende for en jords egnethed til planteproduktion.

Indholdet af organisk stof i pløjelaget, 0-20 cm, udgør i mineraljorde i reglen 2-4% af tørstoffet

i jorden. I humusjorde er indholdet betydeligt større.

Et passende indhold af humus er især vigtigt for sandjordes dyrkningsværdi. Humusindholdet øger således jordens evne til at opsuge og fastholde vand og er ligesom lerkolloiderne i stand til at adsorbere næringsstoffer som kvælstof på ammonium form, kalium, calcium, magnesium m.fl. Derved fastholdes næringsstofferne beskyttet mod udvaskning, men er stadig til rådighed for planterne.

Endvidere sammenkitter humusstoffer jordpartiklerne og modvirker derved jordfygning.

Af særlig interesse i jordbrug/miljø sammenhænge er indholdet af kvælstof. Almindelig landbrugsjord indeholder i 0-20 cm dybde 2000-5000 kg N pr. ha og fra 0-100 cm dybde 6000-12000 kg N pr. ha.

Kun en lille del, ca. 5%, findes som uorganisk kvælstof. Langt den største del, ca. 95%, er til stede som organisk bundet kvælstof.

Jordens indhold af uorganisk kvælstof er hovedsagelig til stede som ammonium og nitrat. Størstedelen er ammonium, der er fikseret i jordens mineralske bestanddele. Mængden af ombytteligt ammonium samt ammonium i opløsning og nitrat varierer og udgør sjældent mere end ca. 1% af jordens kvælstofindhold. Kun denne del er umiddelbart tilgængelig for planterne. Det organisk bundne kvælstof skal først nedbrydes til uorganisk kvælstof - mineraliseres - før det kan udnyttes af planterne.

Mineralisering af det organisk bundne kvælstof foretages af jordens mikroflora og finder sted, når jordtemperaturen er over 2-3°C. Derved omdannes det organisk bundne kvælstof til ammonium, som videre omdannes til nitrat (fig. 1).

Forholdet mellem kulstof (C) og kvælstof (N) - C/N-forholdet - i det organiske stof, der mineraliseres, er afgørende for, om der frigøres mere kvælstof, end mikroorganismene igen skal bruge til opbygning af nyt organisk stof.

Er C/N-forholdet under ca. 20, som f.eks. i frisk græs, frigøres mere kvælstof, end mikrofloraen skal bruge. Den overskydende kvælstof-

mængde kan udnyttes af planterne. Forholdet betegnes nettomineralisering.

Er C/N-forholdet over ca. 20, som f.eks. i halm (C/N-forhold 60-80), har mikrofloraen brug for mere kvælstof, end der frigøres ved mineraliseringen. Denne kvælstofmængde henter mikrofloraen fra det tilstedeværende uorganiske kvælstof - ammonium og nitrat. Situationen betegnes som kvælstofimmobilisering.

Året igennem, når jordtemperaturen og jordfugtigheden tillader det, foregår der en løbende omsætning af kvælstof i jorden - et såkaldt kvælstofkredsløb, hvor dødt organisk stof nedbrydes og nyt organisk stof dannes.

Tilføres kvælstof til jorden, f.eks. kvælstof i handelsgødning, husdyrgødning, med nedbøren, ved biologisk kvælstofbinding eller i form af planterester, indgår dette i kredsløbet på samme måde som det i forvejen tilstedeværende kvælstof.

Kvælstofmineralisering/-immobilisering er af stor interesse, da disse processer har betydning for planternes udnyttelse af kvælstof og dermed også for tabet af kvælstof fra rodzonen.

Kvælstofmineraliseringen er uønsket efter vækstperiodens afslutning. Dette skyldes risikoen for, at det dannede nitratkvælstof vaskes ud af rodzonen og går tabt for planteproduktionen. Endvidere kan udvaskningen have en uheldig virkning på vandmiljøet.

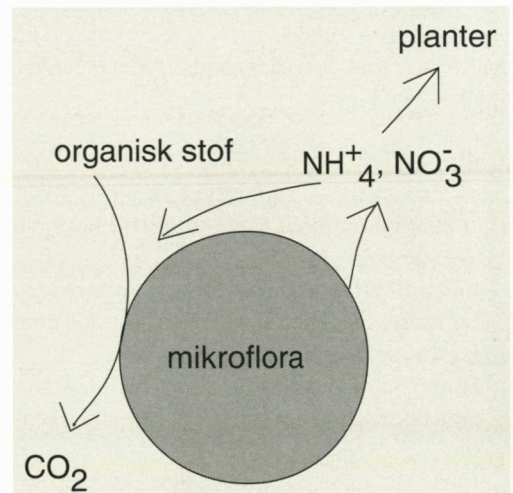


Fig. 1. Skitse af kvælstofomsætning i jorden

## Vand

Planters vandoptagelse fra jorden foregår til stadighed i vækstperioden, men nedbøren falder kun periodevis og oftest ikke i mængder og i en tidsmæssig fordeling, som modsvarer afgrødernes vandforbrug. I perioder, hvor der ikke falder tilstrækkelig regn, tjener jorden i nogen grad som vandreservoir for planterne.

Jordens vandkapacitet (markkapacitet) er et udtryk for jordens vandindhold efter vandmætning og efterfølgende afdræning er ophørt.

Vandkapaciteten varierer med jordtypen og er hovedsagelig afhængig af jordens mekaniske sammensætning og fysiske egenskaber. Alt andet lige har lerjorde en større vandkapacitet end sandjorde.

En jords evne til at forsyne planter med vand afhænger ikke alene af jordens vandkapacitet men også af rodzonedybden. Jo dybere rødderne trænger ned og jo mere tilgængeligt vand jorden indeholder pr. rumfangsenhed, jo lettere vil planterne kunne dække deres vandbehov i tørre perioder. Normalt er rodzonedybden større på ler- end på sandjorde, dog bortset fra meget svære lerjorde, hvor et for ringe luftskifte kan være årsag til, at der ikke opnås stor roddybde. De bedste betingelser for en kraftig og dyb rodudvikling findes på næringsrige porøse jorde. I sandjorde er roddybden ofte kun 50 cm, medens den i lerjorde kan være mere end 1 meter.

På grovsandede jorde er mængden af tilgængeligt vand i rodzonen omkring 50-60 mm og på finsandede jorde og lerjorde omkring 140-160 mm.

## Næringsstoffer

For at planter kan vokse, må jorden indeholde de grundstoffer, der er nødvendige for planternes vækst. De nødvendige stoffer skal endvidere være til stede i en form, som planterne kan udnytte. De vigtigste næringsstoffer - mængdemæssigt set - er kvælstof, kalium, calcium, magnesium, fosfor, svovl og jern. Desuden forskellige mikronæringsstoffer, som i mindre mængder er nødvendige for en normal udvikling af planter.

Jordens indhold af kvælstof stammer oprindeligt fra atmosfæren. Bindingen af kvælstof fra luften er sket gennem årtusinder og foregår hele tiden ved hjælp af fritlevende mikroorganismer i jorden, og bælgeplanter, som i symbiose med bakterier, er i stand til at udnytte luften som kvælstofkilde. På udyrket jord er den vigtigste kvælstofkilde for plantearter, der ikke kan udnytte kvælstof fra luften, det kvælstof, som frigøres ved mineralisering af organisk stof i jorden, idet jorden ikke rummer noget reserveforråd af kvælstofholdige mineraler.

For forsyning med næringsstoffer som calcium, kalium, magnesium og fosfor er planterne på naturarealer helt afhængige af, hvor meget der frigøres fra jorden. Frigørelsen sker dels ved en stadig langsomt forløbende kemisk sønderdeling af mineraler, og dels ved nedbrydning af organisk stof i jorden bl.a. tidligere vegetation.

Indholdet af plantenæringsstoffer er forskellig i de forskellige jordtyper. Generelt er indholdet af plantenæringsstoffer højere i lerjord end i sandjord.

## Varme

En jords dyrkningsværdi afhænger også af dens varmeforhold. Dette skyldes, at både afgrødernes vækst og den mikrobiologiske aktivitet i jorden er meget afhængig af temperaturforholdene. Jorde med ens beliggenhed og indstrålingsforhold opvarmes og afkøles med forskellig hastighed. Der tales om »kolde« og »varme« jorde. Forskellen beror på jordenes forskellige fysiske egenskaber. Fugtighedstilstanden vil influere stærkt på opvarmnings- og afkølingshastigheden. Lavtliggende, dårligt afvandet og stærkt sammenfalden jord opvarmes langsomt og er derfor sent tjenlig til bearbejdning om foråret. Modsat opvarmes en velafvandet sandjord med forholdsvis lav vandkapacitet hurtigt om foråret.

## Jordluft

For at planter kan vokse, er det nødvendigt, at der er luft i en del af hulrummene og porerne i jorden, og at luften til stadighed fornyes. Ellers opstår der mangel på ilt til rodånding og til de mikrobi-

ologiske processer i jorden. Jordluften har et mindre iltindhold og et større indhold af kuldioxid end atmosfæren. Jordluften fornyes først og fremmest ved diffusion. Derudover sker der en fornyelse ved, at luften i jordens porer fortrænges af regnvand og igen fyldes med luft fra atmosfæren, når vandet siver ud af de groveste porer. Iltmangel forekommer især i vandlidende jorde, men kan også forekomme i svære og tætte lerjorde, hvor luftindholdet er ringe og kun langsomt fornyes.

### **Jordens evne til nedbrydning af organisk stof**

De øverste jordlag - især pløjelaget - er det naturlige voksemedium for en række forskellige mikroorganismer. Antallet af mikroorganismer i jorden er overordentlig stort og svinger meget afhængig af temperaturen, fugtighedsforholdene og indholdet af organisk stof i jorden.

Både artsrigdommen og det store antal af mikroorganismer er baggrunden for jordens store evne til at nedbryde/uskadeliggøre også miljøfremmede stoffer som slam og pesticider.

Mikroorganismernes vækst og livsfunktioner er nøje forbundet med omdannelse af organisk stof, som til stadighed efterlades på jordoverfladen og indblandes i det øverste jordlag. På naturarealer sker indblandingen ved hjælp af regnorme og andre jordboende dyr og på de dyrkede arealer tillige ved jordbearbejdning.

Det organiske stof, der efterlades på naturarealer, omfatter alene planterester, dvs. vegetationen på stedet. På dyrkede arealer drejer det sig om rod- og stubrester og ikke høstede afgrødedele som f.eks. halm og roetop. Hertil kommer husdyrgødning, evt. kompost, affaldsstoffer fra industrien og slam fra rensningsanlæg.

Under normale forhold foregår nedbrydningen forholdsvis hurtigt. Efter et års forløb er over halvdelen af det tilførte materiale omsat og dets oprindelige struktur ikke genkendelig. Efter to til tre års forløb er kun en lille, meget langsomt omsættelig rest tilbage.

Kompostering af have- og husholdningsaffald er i stærk stigning og anslås til at udgøre en

potentiel mængde på ca. 300.000 tons. Anvendelse af kompost i jordbruget er en samfundsmæssig nyttig genbrug af affaldsstoffer. Kompost bidrager til humusfraktionen og tilfører også en række næringsstoffer.

Affaldsstoffer af biologisk oprindelse udgør ikke et problem med hensyn til nedbrydning.

Ved anvendelse af kompost er der kun ringe fare for smitte med sygdomme og skadedyr, hvis komposteringen er udført forskriftsmæssigt.

Der tilføres årligt ca. 48.500 tons (tørstof) spildevandsslam til jordbruget (Miljøstyrelsen, 1989). Slam indeholder patogener, både bakterier, virus og parasitter, som kan inficere både dyr og mennesker. Slam bør derfor ikke tilføres f.eks. græsmarker eller afgrøder direkte til konsum, men anvendes til afgrøder, hvor slammet kan nedbringes i jorden før dyrkning, og helst til afgrøder som korn, hvor kun de overjordiske plantedele høstes.

Slam fra industrispildevand og slam fra rensningsanlæg, hvortil der ledes både husholdnings- og industrispildevand, kan indeholde tungmetaller. Nogle tungmetaller som kobber, mangan og zink er nødvendige for planter og dyr, men andre som cadmium, bly og kviksølv har ingen særlig funktion i planter og dyr, men kan tværtimod være skadelige. De er uønsket i jorde, der anvendes til foder eller fødevarerproduktion.

Udvaskning af tungmetaller til grundvandet er lille, idet de bindes i jorden. Den alvorligste fare i forbindelse med tungmetaller i slam og anvendelsen i jordbruget er risikoen for akkumulering og koncentrering gennem fødekæden med risiko for skadevirkning på dyr og mennesker. For slam, der anvendes i jordbruget, er der fastsat grænseværdier for indhold af tungmetaller.

Slam og affaldsstoffer fra industrien kan også indeholde skadelige, miljøfremmede organiske stoffer, som ikke eller kun langsomt nedbrydes i jorden og derfor enten ophobes eller udvaskes til dræn- og grundvandet.

Principielt bør organiske stoffer, der tilføres jorden kunne nedbrydes til stoffer, som er uskadelige for flora og fauna.

## Luft

Det danske klima er tempereret kystklima og som helhed gunstigt for planteproduktion. Indflydelsen af det store nærliggende fastland mod øst kan af og til give ret strenge vintre og undertiden temmelig langvarig tørke om sommeren.

Den ringe geografiske udstrækning og lille højdeforskel gør, at de klimatiske forskelle er relativt små. I klimatisk henseende er betingelserne for planteproduktion således ret ens over hele landet.

Årets middeltemperatur for landet som helhed er ca. 7,6°C, men varierer for landets forskellige egne fra 6,7 til 8,5°C, koldest i det indre af landet og varmest ved kysterne. Temperaturen året igennem er vist i fig. 2.

Den atmosfæriske luft består af ca. 78% kvælstof, 21% ilt, 1% argon, 0,03% kuldioxid og små mængder helium og brint samt et varierende indhold af vanddamp.

Som følge af menneskelig aktivitet tilføres atmosfæren forskellige stoffer, som i større eller mindre grad påvirker miljøet på uheldig måde. Ved afbrænding af fossile brændsler som kul, olie og gas tilføres atmosfæren kuldioxid, svovldioxid og kvælstofilter i form af NO (90%) og NO<sub>2</sub> (10%) samlet benævnt NO<sub>x</sub>. Landbruget bidrager til luftforureningen med ammoniak, som hovedsageligt stammer fra ammoniakfordampning fra husdyrgødningen.

I atmosfæren omdannes svovldioxid til svovlsyre, som gør nedbøren sur. Den sure nedbør sammen med kvælstofilterne antages at være medvirkende årsag til skovdød.

Ammoniakken er ikke i sig selv skadelig for vegetationen, men kan formentlig påvirke planternes vækst i naturområder, idet planterne kan udnytte ammoniak som kvælstofkilde. Ligeledes er ammoniakken en medvirkende årsag til en øget eutrofiering af naturområder bl.a. forskellige vandmiljøer.

Stigningen i atmosfærens indhold af kuldioxid antages at forårsage en stigning i temperaturen - den såkaldte drivhuseffekt.

Alt andet lige, vil dette skabe bedre betingelser for planteproduktionen, idet både et øget indhold af kuldioxid og en stigning i temperaturen vil øge afgrødernes fotosyntese, som er grundlaget for planternes stofproduktion.

Drivhuseffekten forårsager imidlertid andre klimaændringer end stigning i temperaturen. Nedbørsforholdene vil også ændre sig. Da forskellige afgrøder reagerer meget forskelligt på ændringer i temperatur og nedbørsforhold, er det vanskeligt at forudsige, hvor stor den samlede effekt vil være (*Mikkelsen og Olesen, 1990*).

## Vand

Vand tjener flere formål i forbindelse med planteproduktion. I jorden tjener vand som opløsningsmiddel for næringsstofferne. Inde i planten transporteres både uorganiske og organiske stoffer rundt i planten med vand som opløsnings- og transportmiddel. Vand har også betydning for opretholdelse af især urteagtige planter form og struktur, ligesom vand har stor betydning for stofskifteprocesserne i planterne. Langt den største part, ca. 99% af vandoptagelsen, afgives til atmosfæren i form af vanddamp - transpiration. Transpiration tjener til afkøling af planten. Uden transpiration opvarmes planterne af solvarmen til temperaturer, som er katastrofale for deres livsfunktioner.

## Nedbør

Nedbør omfatter regn, sne, hagl og til dels også dug og rim. Langt den største part falder som regn. Landet over er der stor variation i nedbørens størrelse og fordeling. Nedbørens fordeling over året er af stor betydning for jordbruget. Nedbøren er mindst i forårsmånederne og størst i sommer- og efterårsmånederne (fig. 2).

Nedbørsmængden varierer også fra landsdel til landsdel. Den er størst i den sydlige og vestlige del af Jylland og mindst på Sjælland og Lolland-Falster. Forskellen er af størrelsesordenen 170 mm på årsbasis. I bilag 3 er vist et landkort, hvor landet er inddelt i forskellige nedbørszoner.



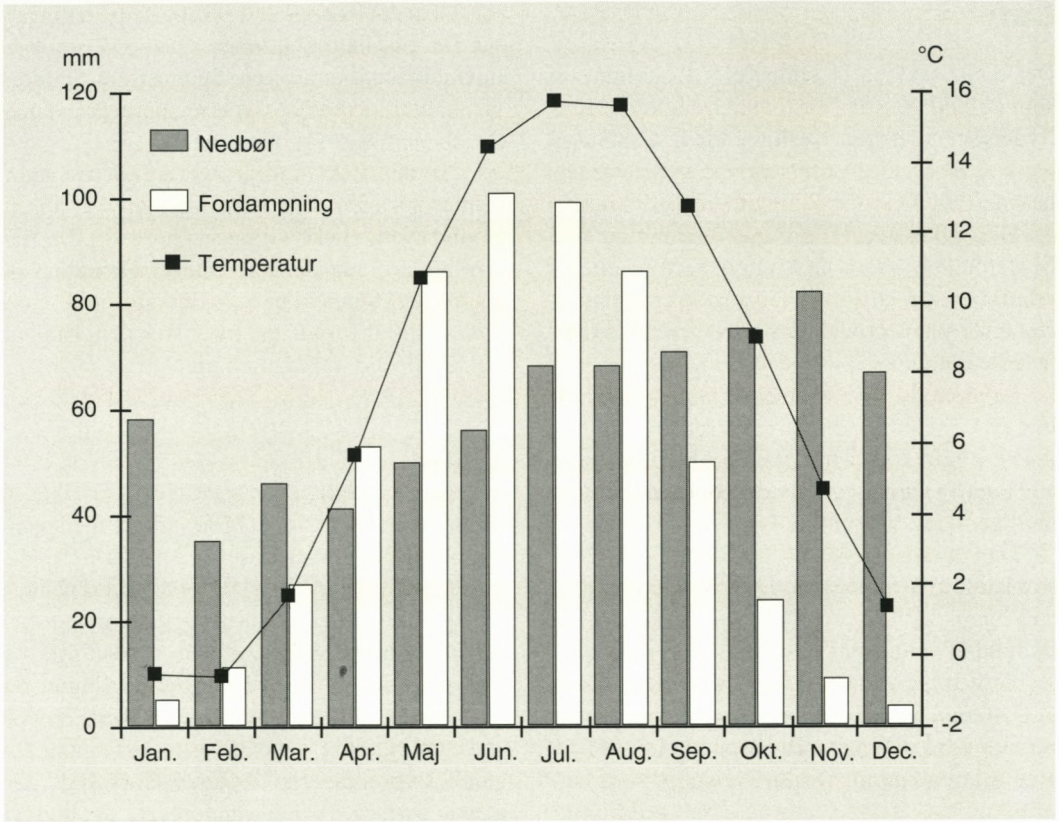


Fig. 2. Døgnmiddeltemperatur, nedbør og potentiel fordampning i Danmark, middelværdier 1959-88 (efter Mikkelsen, 1990).

### Fordampning

Potentiel fordampning eller potentiel evapotranspiration defineres som summen af fordampningen gennem planterne (transpiration) og fordampningen fra jord- og planteoverflade (evaporation). Den potentielle fordampning er bestemt af klimaet, dvs. energitilførsel, temperatur, luftfugtighed og luftbevægelse. I fig. 2 er vist den potentielle fordampning gennem året sammen med temperatur og nedbør. Geografisk er den potentielle fordampning størst langs Jyllands østkyst og i de sydøstlige egne af landet (Mikkelsen, 1990). Den større fordampning i de sydøstlige egne af landet skyldes, at indstrålingen og temperaturen her er forholdsvis høj.

Aktuel fordampning, eller aktuel evapotranspiration, er fordampningen fra et areal ved den givne vandforsyning, afgrødetæthed og afgrødeudvikling. Den aktuelle fordampning er bestemt af de samme faktorer som den potentielle fordampning, men desuden af afgrødens art, udvikling og vandforsyningen. Den potentielle fordampning og nedbøren måles løbende gennem vækstperioden rundt om i landet ved hjælp af henholdsvis fordampningsmålere og nedbørsmålere. Resultaterne publiceres i fagpressen til orientering for brugere af vandingsanlæg. På grundlag af den målte fordampning og nedbør i en given periode kan nedbørsunderskud/-overskud for perioden beregnes. Ud fra kendskab til

jordens rodzonekapacitet og nedbørsunderskud/-overskud til dato vurderes, hvornår nedbørsunderskudet har nået et niveau, hvor der er behov for vanding.

Regnskabet for nedbørsunderskud/-overskud påbegyndes på det tidspunkt, hvor afgrøderne dækker jorden, idet det antages, at afgrøden har potentiel fordampning fra dette tidspunkt.

### Vandbalance

Vandbalancen for en given periode angiver nedbøren i perioden minus potentiel fordampning i samme periode. Vandbalancen varierer fra år til år, men i gennemsnit over en årrække er vandbalancen negativ fra april til midt i august, dvs. fordampningen er større end nedbøren, hvilket også fremgår af fig. 2. I løbet af sommeren vil der således ske en udtørring af jorden på grund af planternes vandforbrug. Vandbalancen er positiv om efteråret og vinteren, hvorved jorden igen mættes med vand. Set over hele året er vandbalancen positiv. For hele landet er nedbøren ca. 280 mm større end fordampningen (Aslyng, 1968) (tabel 2). Dette betyder, at der sker en afstrømning til dræn (vandløb) og undergrund.

### Afstrømning

Efter at jorden er vandmættet om efteråret, vil der ved yderligere nedbør ske en afstrømning fra rodzonen til undergrunden og grundvandet. Afstrømningen er forudsætningen for grundvandsdannelsen og vandføringen i vandløb. Ligeledes har afstrømningen stor betydning for udvaskning af næringsstoffer fra rodzonen. Vandet bevæger sig formentlig sjældent lodret ned gennem jordlagene mod grundvandet. På grund af terrænforskelle og forskelle i jordlagenes gennemtrængelighed vil der også forekomme horisontale vandbevægelser. Endvidere vil der foregå en horisontal vandbevægelse mod vandløb og søer fra det omgivende terræn. Den årlige nedbør og middelaftstrømning er større i Jylland end på Øerne. Den omtrentlige del af nedbøren, der strømmer af, udgør for Jylland 50%, Fyn 40%, Sjælland og Bornholm godt 30% og for Lolland godt 20% (Aslyng, 1962). Forskellen i afstrømningen for Jylland og Øerne er af størrelsesorde-

nen 170 mm, hvilket hovedsageligt skyldes forskellen i nedbørsforholdene. I tabel 2 er vist nedbør, afstrømning og fordampning for forskellige egne af landet. Er jorden drænet, vil en del af overskudsnedbøren afstrømme gennem drænene til vandløbene.

**Tabel 2.** Omtrentlige årsværdier for nedbør, afstrømning og aktuel evapotranspiration (efter Aslyng, 1968).

	Nedbør*	Afstrømning	Aktuel evapotransp.
	mm	mm	mm
Jylland	700	340	360
Fyn	600	220	380
Sjælland	570	170	400
Lolland	580	160	420
Bornholm	590	190	400
Landet	660	280	380

\* Undersøgelser har vist, at man med den anvendte målemetode underestimerer nedbørsmængden med ca. 10%.

**Tabel 3.** Målt og beregnet afstrømning gennem dræn og til undergrund på 5 lerjorde, middelværdier 1971-1989 (efter Simmelsgaard, 1989).

	Afdræning, mm			
	total	dræn	undergrund	% i dræn
Næstved	271	135	136	50
Haderslev	447	120	327	27
Århus	306	96	210	31
Silstrup	524	205	319	39
Åbenrå	590	416	174	70

Hvor stor en del af overskudsnedbøren, der ledes bort som drænvand, og hvor meget der strømmer til grundvandet, afhænger af de fysiske forhold i jorden især lerindholdet samt nedbørens fordeling og intensitet. For fem forskellige

jorde er afstrømningen til dræn i procent af totalafstrømningen fundet at variere fra 27% til 70% (tabel 3). Da drænvandet føres til vandløbene, vil indholdet af næringsstoffer i drænvandet være medvirkende til en eventuel eutrofiering af vandløbene. Ved dræning af okkerpotentielle jorde vil der ligeledes tilføres okker med drænvandet til vandløbene.

### Udvaskning af næringsstoffer fra jorden

Efter at rodzonen om efteråret er vandmættet, vil yderligere nedbør forskyde jordvandet med dets indhold af opløste plantenæringsstoffer nedad mod dybere jordlag. På denne måde udvaskes plantenæringsstofferne fra rodzonen, og er dermed tabt for planterne. For næringsstoffer, som ikke adsorberes til jordkolloiderne eller fastholdes på anden måde, kan udvaskningen være meget omfattende. Dette gælder f.eks. for kvælstof i form af nitrat. Hvor meget jorden udvaskes for næringsstoffer afhænger især af afstrømningens størrelse (overskudsnedbøren) og jordens vandholdende evne. Denne har betydning for, hvor stor en nedbørsmængde der skal til for at forskyde jordvandet ned til en given dybde f.eks. 1 m. I undersøgelser med fire forskellige jordtyper fandt Simmelsgaard, (1985a), at for udskiftning af vandindholdet i den øverste meter krævedes en nedbørsmængde på 130 mm for jordtype JB1, 225 mm for JB4, 310 mm for JB7 og 410 mm for JB8. Den forholdsvis store nedbør især i efterårsperioden i Syd- og Vestjylland med de udprægede sandjorde er således særdeles uheldig set i relation til udvaskning af næringsstoffer fra jorden.

Udvaskningen af plantenæringsstoffer fra rodzonen er uundgåelig, men bør begrænses mest muligt. Udvaskning af næringsstoffer er uønsket fordi de dermed er tabt for planterne, og fordi de kan have en uheldig virkning på vandmiljøet. Det er især udvaskning af nitratkvælstof, der har påkaldt sig opmærksomhed. Er jorden drænet, hvilket især er udbredt på lerjorde, føres en større eller mindre del af næringsstofferne med drænvandet til vandløb og søer og kan her være medvirkende til en øget eutrofiering. På sandjorde,

der ikke er drænet, sker afstrømningen i alt overvejende grad til grundvandet.

Det er dog en varierende del af det udvaskede nitratkvælstof, der når frem til grundvandet. Under nedrivningen reagerer nitrat med reducerende stoffer i de jordlag, som vandet passerer samt eventuelt i selve grundvandet (Ernstsen, 1990 og Sørensen et al., 1990). Indholdet af reducerende stoffer som f.eks. ferrojern, der reducerer nitrat til luftformige kvælstofforbindelser, er betydelig mindre i sandjorde end i lerjorde, ligesom afstrømningen til grundvandet foregår hurtigere i sandjorde end i lerjorde. Faren for, at nitrat udvasket fra rodzonen når frem til grundvandet, er derfor størst på sandjorde.

## Liv

Begrebet »liv« omfatter i denne forbindelse både produktionens biologiske grundlag og jordbrugerens. Dyre- og plantelivets naturbetingede mangfoldighed er sammen med de øvrige naturgivne faktorer som jord, luft og vand grundlaget for al jordbrugsproduktion. Og jordbrugerens er den helt centrale skikkelse, som ved hjælp af teknologiske input udnytter det naturgivne grundlag til produktion.

Alle husdyr og dyrkede plantearter har deres oprindelse i det vilde dyre- og planteliv. Ved udvælgelse, krydsning og forædling er frembragt de kulturformer, som vi kender i dag. De oprindelige former søges bevaret ved hjælp af samlinger og genbanker, og genetiske egenskaber herfra udnyttes i den videre forædling. Bevarelse af de oprindelige former bidrager til diversiteten og modvirker den såkaldte forarmning af naturen.

Jordbruget og samfundet i øvrigt har således i rigt omfang opnået kontrol over liv. Denne kontrolmulighed er på det seneste udvidet med fremkomsten af bioteknologiske metoder. Især genteknologien har givet anledning til debat om etik i produktionen.

Den etiske dimension er knyttet til alle former for liv. Jordbrugerens har altid brugt »sund fornuft« og derved - måske ubevidst - altid i sin



færden inddraget etiske hensyn. Balancen mellem grov udnyttelse af de naturgivne ressourcer og udnyttelse på et niveau, som er langsigtet forsvarligt, er både et spørgsmål om naturvidenskab og om etik.

De teknologier, som skal omtales i følgende afsnit, øger jordbrugerens muligheder for udnyttelse af naturen. Teknologierne giver muligheder for en større fødevareproduktion og - alt andet lige - en større og ikke mindst mere stabil indtjening til jordbrugerne. Teknologianvendelsen har derfor også medført konflikter – etiske eller holdningsmæssige.

Konflikterne har, som tidligere nævnt, vist sig som konflikter mellem jordbruget og det øvrige samfund, primært på jordbrug/miljø-området. Konflikten er tillige en indre konflikt hos mange jordbrugere. Ingen ved bedre inderst inde end jordbrugerne selv, hvorledes jord, planter og dyr bør behandles etisk forsvarligt. Den indre konflikt er et resultat af et samtidigt økonomisk pres og et samvittighedsmæssigt eller etisk pres.

Og konflikten forstærkes af signaler fra det øvrige samfund.

Indtil for ca. 10 år siden var det øvrige samfunds krav til jordbruget, at der skulle ske produktivitetstigning i stadig øget takt. Nu er samfundets krav et andet: Der skal være produktion på en langsigtet forsvarlig måde og samtidig rekreative værdier i det åbne land.

Holdningsskift i det øvrige samfund, trange økonomiske kår og samtidige nye teknologiske muligheder har skabt uro i jordbruget. Men jordbruget må ikke betragtes isoleret fra det øvrige samfund. Samfundspåvirkningen har da også smittet af på jordbruget og givet anledning til holdningsændringer hos jordbrugerne. Holdningsændringer i retning af øget opmærksomhed på jordbruget som et langsigtet forsvarligt produktionssystem. Holdningsændringer, som er af alt afgørende betydning for sikring af en bæredygtig udvikling. Og holdningsændringer, som kan medvirke til igen at mindske kløften mellem »land og by«.



*Dansk landskab. Det danske landskab er et kulturlandskab, hvor de dyrkede marker præger billedet. (Foto: Jørgen Jensen).*

# Teknologier

For de første jordbrugere var høstudbyttet størrelse begrænset af de naturgivne betingelser for planteproduktion. Fjernelse af næringsstoffer med afgrøderne sammen med det naturgivne tab af næringsstoffer fra jord-plantesystemet medførte, at jorden efterhånden mistede sin dyrkningsværdi på grund af udpining. Jorden blev så opgivet efter dyrkning en årrække til fordel for nye arealer - det såkaldte svedjebrug.

Siden har jordbrugeren, ved hjælp af kulturtekniske foranstaltninger og tilførsel af plantenæringsstoffer til jorden, forbedret jordens dyrkningsværdi i betydelig grad. Dette, sammen med en målrettet planteforædling mod bedre sorter og anvendelse af pesticider, er baggrunden for den rationelle planteproduktion, som den kendes i nutidens jordbrug.

Jordbrugerens afgrødevalg varierer til stadihed. Klimaet, jordtypen og afsætningsbetingelserne har størst indflydelse på det afgrødevalg, der foretages. Set over en længere årrække er græsarealet gået betydeligt tilbage fra 1.1 mio. ha i 1950'erne til 0.5 mio. ha i 1989. I løbet af 80'erne er raps- og ærtearealet steget betydeligt. De 2 afgrøder udgør i dag ca. 350.000 ha mod ca. 100.000 i 1980. Inden for kornområdet er ligeledes sket en stor omlægning fra vårsæd til vintersæd (figur 3). Vintersæd udgør i dag næsten 50% af det totale kornareal mod 10% i 1980.

I tabel 4 er vist stigningen i høstudbyttet for forskellige afgrøder gennem de sidste 70 år.

Den rationelle planteproduktion har foruden en forøgelse af produktionen også haft visse u hensigtsmæssige virkninger på miljøet.

Dette skyldes bl.a., at mængden af plantenæringsstoffer, der cirkulerer i jord-plantesystemet, er øget, hvilket også åbner muligheder for et større tab til omgivelserne. Dertil kommer anvendelse af plantebeskyttelsesmidler, som ligeledes kan have utilsigtede virkninger på miljøet.

## Kulturteknik

Formålet med kulturtekniske foranstaltninger er at forbedre de fysiske betingelser for planteproduktion. På friland er mulighederne for påvirkning af de klimatiske forhold begrænset. Mulighederne for forbedring af de jordfysiske forhold er derimod større. Under væksthushold er mulighederne næsten ubegrænsede både hvad angår klimafaktorer og dyrkningsmedium.

## Afvanding

Med den nuværende udvikling i jordbruget og med erkendelsen af vådområdernes værdi som naturarealer er afvanding af vådarealer med henblik på udvidelse af det dyrkede areal næppe aktuelt fremover.

Derimod vil der stadig være behov for dræning af dyrkede arealer for at forbedre arealernes dyrkningsegnet, herunder vedligeholdelse af eksisterende drænsystemer.

**Tabel 4.** Udbytte pr. ha, Danmarks Statistik.

Art	1920-29	1930-39	1940-49	1950-59	1960-69	1970-79	1980-89	1990
Byg hkg	26	29	31	35	38	38	44	54
Hvede hkg	29	30	30	38	44	51	63	74
Fodersukkerroer (rod) 100 FE	59	66	69	69	73	78	98	110



Omkring halvdelen af det dyrkede areal er drænet. Dræning har til formål hurtigt at bortskaffe overskudsnedbøren og sænke grundvandstanden, hvor denne er høj.

Dræning foretages hovedsagelig på lerjorde, som er vanskeligere gennemtrængelig for vand end sandjorde.

På velafvandet jord kan jordbearbejdning og såning begynde tidligere om foråret, end hvis jorden er vandlidende. Tidlig såning giver længere vækstperiode og ofte højere udbytte. Dræning medvirker også til en bedre jordstruktur, idet overfladevand kan forårsage, at jorden bliver skorpet, ligesom våd jord sammentrykkes ved færdsel med tunge maskiner. De fleste planter danner ikke rødder i vandfyldt jord og grundvand. Dræning af vandlidende jord er derfor med til at øge roddybden og forbedrer også planternes vandforsyning og udnyttelse af næringsstoffer.

Overvintrende afgrøder kræver velafvandet jord. Vandmættet jord om efteråret hæmmer spiringen og planternes udvikling. Planternes følsomhed over for iltmangel stiger med stigende vækstintensitet. Derfor er det meget uheldigt, hvis jorden er vandmættet i længere tid om foråret, når væksten begynder.

Ved sænkning af grundvandspejlet på visse jordtyper, der indeholder sulfidholdige aflejringer som pyrit ( $\text{FeS}_2$ ) kan der ske en forsurening og okkerskade i vandløbene. Dette skyldes, at pyritten ved luftens adgang iltes til ferrosulfat og svovlsyre, som føres med drænvandet til vandløbene. Ved yderligere ilttilgang i dræn og vandløb iltes ferrojern til ferrijern, der udfældes som okker. Efter vedtagelse af okkerloven i 1985 skal der forud for dræning af arealer inden for klassificerede okkerpotentielle arealer indsendes ansøgning til amtet, ligesom der skal foretages en undersøgelse for okker.

## Jordbearbejdning

Jordbearbejdning er nødvendig på dyrkede arealer for at skabe et godt såbed, indblande plantester og evt. husdyrgødning i jorden, løsne jorden af hensyn til luftskiftet og for at bekæmpe ukrudt.

Den traditionelle jordbearbejdning omfatter stubharvning om efteråret efterfulgt af en pløjning. Skal arealet tilsås med en vinterafgrøde, afsluttes jordbearbejdningen med en harvning. Skal arealet først tilsås det følgende forår, ligger jorden hen i pløjet tilstand vinteren over.

Sen efterårsplojning eller forårsplojning reducerer mineraliseringen af organisk bundet kvælstof og dermed kvælstofudvaskningen fra arealer, der først skal tilsås om foråret.

Pløjning sent på efteråret eller forårsplojning har især aktualitet ved ompløjning af græsmarker og nedpløjning af efterafgrøder. En mineralisering af kvælstoffet i det nedbragte plantemateriale med efterfølgende udvaskning vil således medføre, at effekten af efterafgrøden delvis går tabt. Sen nedpløjning har især betydning, hvis plantematerialet har et højt indhold af kvælstof, men er uden betydning, hvis kvælstofindholdet er lavt (Hansen, 1989; Kyllingsbæk, 1989, 1990).

Med fremkomsten af furepakkere har forårsplojning fået en vis udbredelse, især på sandjorde. Pløjning af lerjorde om foråret kan skabe problemer med at frembringe et godt såbed.

Reduceret jordbearbejdning består i en mere overfladisk jordbearbejdning end pløjning, som regel en fræsning, tallerkenharvning eller harvning. Interessen for reduceret jordbearbejdning skyldes, at den er energibesparende i forhold til den traditionelle jordbehandling, og at kvælstofudvaskningen formodes at være mindre.

Ud fra en samlet vurdering af resultater fra forskellige undersøgelser vedr. jordbearbejdning anfører Rasmussen (1983), at resultaterne fra forsøg med jordbearbejdning er meget varierende. Traditionel jordbearbejdning med pløjning er den sikreste metode, men under visse forhold kan jordbearbejdningen reduceres uden fare for væsentlige udbyttetab. Reduceret jordbearbejdning kræver ofte større kvælstofmængder for at nå samme udbyttensniveau som ved traditionel jordbearbejdning. Reduceret jordbearbejdning synes at give lidt mindre kvælstofomsætning og lidt mindre kvælstofudvaskning end traditionel jordbearbejdning, men resultaterne er usikre.

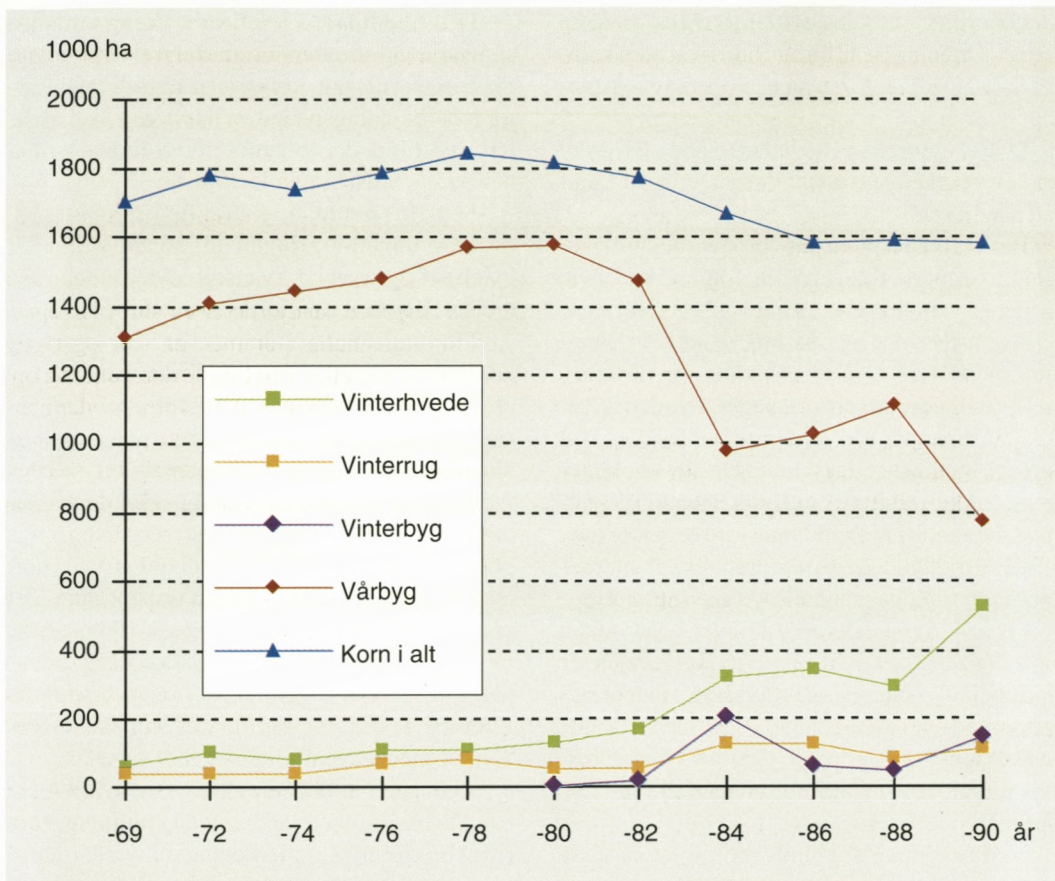


Fig. 3. Areal dyrket med korn, 1000 ha, Danmark (efter Danmarks Statistik).



Pløjet jord. Jordbearbejdning er vigtig for at skabe et godt såbed. (Foto: Frank Hejndorf).

### Vanding

De væsentligste forhold af betydning for afgrødernes vandingsbehov er nedbør, fordamning, rodzonekapacitet, plantedække, rodudvikling og vækstsæsonens længde, samt vandingsstrategi. Sidstnævnte fordi vandningstidspunkt og tildelt vandmængde vil influere stærkt på det samlede vandingsbehov.

Generelt er vandingsbehovet størst på de lette sandjorde. Dette afspejler sig også i udbredelsen af kunstig vanding, som er størst i Midt- og Sydjylland. Det større vandingsbehov i disse egne skyldes også for en del, at arealet med græs er forholdsvist stort på grund af et stort kreaturhold. Sammenlignet med korn er vandingsbeho-



vet i græs væsentligt større, hvilket skyldes, at græsset har en væsentlig længere vækstperiode end korn, og at denne afgrøde i næsten hele vækstperioden har et stort bladareal.

Ved hjælp af modeller baseret på de ovenfor nævnte faktorer er det muligt at beregne behovet for vanding af forskellige afgrøder i landets forskellige egne. Med anvendelse af sådanne modeller er vandingsbehovet for byg og græs beregnet (Madsen og Holst, 1987).

Middelvandingsbehovet for vårbyg fandtes at ligge mellem 40 og 60 mm, medens det for græs var væsentligt højere - mellem 120 og 140 mm. Vandingsbehovet for vårbyg på Øerne er betydeligt mindre end i Jylland på trods af den større nedbør i Jylland. Mere end 80% af arealet på Øerne har et vandingsbehov på under 40 mm.

Over 60% af landbrugsarealet i Ribe og Ringkøbing amtskommuner har et middelvandingsbehov for byg på mellem 60 og 80 mm. Modsat har over halvdelen af landbrugsarealet i Vejle og Århus amtskommuner kun et vandingsbehov på mellem 20 og 40 mm.

Som for vårbyg har alle arealer med græs behov for vanding. Da forskelle i rodzonekapaciteten for græs mellem de forskellige jordtyper

er væsentlig mindre end for byg, slår forskelle i klimaet kraftigere igennem i det regionale vandingsbehov. Derfor er middelvandingsbehovet for græs på Øerne lidt større end i Jylland.

Resultaterne af de ovenfor nævnte beregninger viser, at der generelt er behov for vanding. Dette til trods opnås der under normale nedbørsforhold rimelige udbytter på lerjorde og de bedre sandjorde.

På de grove sandjorde er en stor planteproduktion kun mulig i år med en stor og rigtig fordelt nedbør eller vanding. Uden vanding opnås i »tørkeår« udbytter af en størrelse, der nærmer sig misvækst. Styring af vandforsyningen på grove sandjorde ved hjælp af vanding er således en forudsætning for en stor og stabil planteproduktion og dermed også for en god udnyttelse af plantenæringsstofferne, f.eks. kvælstof (Kyllingsbæk og Simmelsgaard, 1986).

I et samarbejde mellem Statens Planteavlsvforsøg og Landskontoret for Planteavl er der udviklet et EDB-vandingsstyringssystem. Programmet anvendes til støtte for beslutning om, hvornår og hvor meget vand der bør tilføres. I programmet er det også hensigten at indbygge en prioriteringsmodel, således at afgrøderne kan



*Vandingsmaskine. På lette sandjorde er vanding ofte en forudsætning for et tilfredsstillende udbytte. (Foto: Frank Hejndorf).*

vandes i den rækkefølge, der betaler sig bedst, hvis vandingskapaciteten er begrænset.

Til kartofler, frilandsgroensager og flere bærekulturer er det uanset jordtype nødvendigt at kunne vande. Ikke alene for at give sikkerhed i produktionen, men også for at sikre kvaliteten af høstproduktet. Uden vanding ville mange afgrøder gå til spilde uden at være nået høststadiet.

Undersøgelser og modelberegninger har vist, at vanding medfører en øget afstrømning. Denne merafstrømning udgør ca. en trediedel af den tilførte vandmængde, men set i relation til totalafstrømningen er det en ret lille procentdel (Gregersen, 1983). Til trods for en øget afstrømning ved vanding af græs fandtes en reduktion i kvælstofudvaskningen på 22 kg N pr. ha i forhold til uvandet, hvilket må tilskrives en større kvælstofoptagelse (Hansen, 1983). Ved vanding af korn øgedes kvælstofudvaskningen med 14 kg N pr. ha i forhold til uvandet, men udbyttet og kvælstofoptagelsen var størst ved vanding. Den større kvælstofudvaskning skyldtes formentlig, at der med det større udbytte også efterlades større mængder planterester ved høst med deraf følgende større mineralisering og udvaskning af kvælstof (Hansen, 1983).

Vand, der bruges til vanding af gartneriafgrøder, der skal spises i rå tilstand, skal have drikkevandskvalitet. Dette krav gælder for afgrøder, hvor vandingsvandet kan komme i direkte kontakt med den spiselige del af planten (jordbær, salat, ærter m.fl.) (Miljøministeriet, 1988 og 1990).

Ved såkaldt rodvanding eller drypvanding af f.eks. rodgrønsager kan anvendes vand, der ikke opfylder kravene til drikkevandskvalitet.

Udover at vandingsvandet ikke må indeholde stoffer, som skader afgrøderne eller påvirker jorden på uheldig måde, stilles der ikke specielle krav med hensyn til vandkvaliteten ved vanding af landbrugsafgrøder. Landbrugsafgrøder kan også vandes med industrispildevand, eksempelvis mejerispildevand og frugtvand fra kartoffelmelsfabrikkerne.

## Læplantning

Resultatet af en omfattende læplantning, som startede for ca. 125 år siden, er, at der i dag findes mange læhegn, småplantninger og plantager især på de sandede jorde i Jylland. Formålet med læhegn er i første række at dæmpe sandflugt. Den kan være meget ødelæggende, hvis tørt vejr og blæst sætter ind om foråret, efter markerne er tilsået.

En anden væsentlig effekt af læ er, at den potentielle fordampning nedsættes som følge af, at vindhastigheden nedsættes. Ved begrænsning af fordampningen kan læ strække vandforsyningen, således at behovet lettere dækkes, indtil der igen falder nedbør.

Der er også ulemper ved læhegn. Foruden omkostninger ved etablering, vedligeholdelse og pleje reduceres arealet til afgrødedyrkning. Læhegn virker også generende ved gennemførelse af markarbejdet og hæmmer vejringen og tørring af afgrøderne.

Meget tætte hegn, dvs. hegn med en hulprocent på under 35, giver meget læ nær hegnet og anvendes fortrinsvis nær bygninger. Som læhegn i marken anvendes hegn med en hulprocent på 40-50, som giver læ op til en afstand på 30 gange hegnets højde.

Ved valg af træarter må foretrækkes træer, der kan opnå stor højde uden at være pladskrævende. Hegnet skal være hurtigvoksende og have lang levetid som effektiv lægiver.

Tidligere anvendtes mest enrækkede, smalle læhegn bestående af en enkelt træart. På de lette sandjorde i kystegne anvendtes ofte nåltræer som hvidgran og sitkagran og på mindre udsatte steder seljerøn og tjørn.

I dag anvendes mest trerækkede læhegn med op til 10-15 forskellige arter i samme hegn. Nogle med buskagtig vækst, som sikre underlæ. Anvendelse af flerrækkede læhegn og flere forskellige træarter gør hegnet mindre sårbart over for sygdomsangreb. Opvæksten fremmes ved med mellemrum at plante hurtigvoksende arter, der fungerer som ammetræer. Disse fjernes ef-





*Flerrækket læhegn. Foruden at skabe læ er læhegn også tilholdssted for vilde dyr og voksested for vilde planter. (Foto: Annemarie Bisgaard).*

terhånden som hegnet vokser til og bliver tættere. Årligt plantes ca. 1000 km læhegn.

Læhegn, især de flerrækkede, har stor betydning for flora og fauna. Deres rolle som korridor mellem store naturområder regnes desuden for at være væsentlig.

### **Jorddækning**

Det danske klima er kendetegnet ved et langt og køligt forår, hvor både luft- og jordtemperatur er under det optimale for mange planters vækst. Gartnernes teknik med anvendelse af drivbænke til tidlige grønsager er i dag afløst af markdækning med plastmaterialer. Herigennem modificeres mikroklimaet omkring planterne og luft- og jordtemperaturen øges til gavn for plantevæksten. Tidlige kartofler og grønsager kan dækkes umiddelbart efter udplantning med klart plastmateriale og holdes dækket 1-2 måneder. Plastdækning bevirker ud over en tidligere høst og levering til markedet en større dyrkningsikkerhed og en bedre kvalitet af afgrøderne. Plastdækning anvendes derudover i planteskoler som tunneldækning af så- og stiklingebede. Der er en glidende overgang fra lave plasttunneler til egentlige plastdrivhuse.

## **Planteforædling**

Planteforædlingens overordnede mål er at frembringe bedre sorter af kulturplanter. Forbedringen kan ske med hensyn til udbytte, kvalitet, resistens og dyrkningssikkerhed. Planteforædlingen i Danmark er helt overvejende i privat regi, og statens indsats har været beskednen.

### **Forædlingens mål og situation**

#### *Udbytte*

Det er en betingelse for, at landbrugsplanter kan blive optaget på sortlisten i Danmark eller EF, og dermed kunne markedsføres, at en ny sort kan hævde sig dyrkningsmæssigt over for målesorter i kraft af en række egenskaber, som tillægges betydning. Dette kan være dyrkningssikkerhed, resistens, kvalitet mm.

For mange dyrkede arter har der været en jævn stigning i udbytte pr. arealenhed, men en præcis vurdering af planteforædlingens betydning for udbyttestigningen foreligger ikke. For vårbyg skønnes forædlingsindsatsen at være ansvarlig for 30-50% af udbyttestigningen, mens resten tilskrives kulturmæssige forbedringer, gødning, pesticider m.v.

Forædlerne vil til stadighed være optaget af udbytteøgning, men nedenstående aspekter vil sandsynligvis fremover spille en større rolle.

#### *Kvalitet*

Kvalitetsforædling har til mål at skabe produkter, der kan sikre afsætning i Danmark eller udlandet.

Inden for korn er der gjort store anstrengelser for at skabe bygsorter med god proteinkvalitet til foder, gode maltbygsorter til ølfremstilling og hvede egnet til brødbagning. Det samme gælder for kartofler til spisebrug, melproduktion eller chipsindustrien.

I raps er der i de seneste 10-15 år sket en revolutionerende udvikling henimod dobbelt lave sorter (dvs. lavt indhold af såvel erucasyre som glukosinolater), der kan anvendes i humanernæring.

En afgørende faktor, for at kvalitetsforædling er lønnende, er, at der bliver betalt for en bedre kvalitet.



På alle områder bliver der satset meget på at skabe sorter til specialproduktioner, men det kniber med at sikre, at resistens over for sygdomme kommer med ind i sorterne.

### *Resistens*

Resistens mod svampesygdomme har i de sidste 30 år fået en stigende betydning, skønt der i perioder har været tendens til at slække på indsatsen, fordi meget effektive fungicider er kommet på markedet. Inden for de enkelte arter er der dog opnået resistens mod en række skadevoldere.

På kornområdet, der er langt det vigtigste, har resistensforædlingen i meget høj grad medvirket til at mindske udbyttetab. Der indarbejdes resistens mod bl.a. meldug, rust, bladpletsygdomme og nematoder. Meget er opnået, men ifølge Hjortsholm (1990) er der et stort potentiale for at udbygge resistensarbejdet.

Den økonomiske betydning af resistens over for en enkelt skadevolder som meldug i vårbyg er opgjort (Jørgensen, 1989) til 165 mio. kr. pr. år, og med en omkostning til forædling på 15 mio. kr. pr. år giver det en stor nettogevinst.

Lægges hertil, hvad der opnås i gevinst fra alle øvrige arter og de skadevoldere, der er opnået resistens imod, vil den årlige gevinst være meget betydelig.

Resistensforædling er en stadig igangværende proces, da mange skadevoldere er i stand til at udvikle smitteracer, som kan angribe tidligere resistente sorter. Når en ny sort introduceres, vil den ofte i de første dyrkningsår vise god sygdomsresistens. Ved stigende udbredelse af en sort eller sorter med samme resistensgrundlag ses almindeligvis, at resistensen nedbrydes. Spredning af sortsvalget, dyrkning af sortsblandinger og overvågning af de virulensgener, der er fremtrædende, kan bidrage til strategier for den bedste udnyttelse og bevaring af resistens. Ved et grundigt kendskab til sorters resistens er det også muligt at tilrettelægge bekæmpelsesstrategier med et formindsket brug af pesticider.

I en række tilfælde er resistens den eneste måde at undgå alvorlige sygdomsangreb. Dette gælder især for mange sygdomme og nematodangreb på rødder. Gode eksempler er resistens

mod kartoffel- og havrenematoder og kartoffelbrok.

En ny udvikling inden for resistensforskning er forædling henimod herbicidresistente sorter - eksempelvis glyphosatresistente roer. Fordelene ved sådanne sorter kan være en effektivisering og billiggørelse af ukrudtsbekæmpelsen, ligesom der gives mulighed for at erstatte herbicider med miljømæssige uheldige egenskaber med herbicider uden miljømæssige gener.



*Angreb af meldug på korn. Dyrkning af resistente sorter er det bedste værn mod angreb af meldug. (Foto: Mogens S. Hovmøller).*

### *Dyrkningsikkerhed*

Med vore uforudsigelige vejrforhold kræves, at der må være en god vinterfasthed hos alle vinterafgrøder. Sorter frembragt under danske eller skandinaviske forhold er generelt mere sikre end sorter importeret fra England og lande syd for Danmark. Til dyrkningsikkerhed regnes også en passende, ikke for lang vækstsæson.

Dansk forædling henimod kornsorter med god stråstivhed har været vigtig, idet lejesæd både nedsætter udbytte og kvalitet. Dette mål er næsten opfyldt i havre og byg, men mangler stadig i vigtige vinterhvedesorter og i vinterrug.

Der vil med debatten om vækstreguleringsmidler til korn blive en øget indsats fra forædler-

side for mere stråstivhed. Dette vil dog tage adskillige år, og vil muligvis betyde, at der går på kompromis med andre egenskaber som sygdomsresistens, kvalitet og udbytte.

#### *Minimeret anvendelse af hjælpestoffer*

Ved forædling for bedre sygdomsresistens vil fungicidforbruget kunne nedsættes. Ligeledes vil sorter med bedre konkurrenceevne over for ukrudt kunne bevirke, at herbicidforbruget kan reduceres. Dette anses dog ikke muligt inden for en overskuelig tidsramme. En speciel forædling med henblik på »low-input farming« er sandsynligvis en problematisk sag. Det er således usikkert hvorvidt der f.eks. kan forædles mod sorter, der har en bedre kvælstofudnyttelse end de allerede eksisterende.

#### **Planteforædlingens muligheder og metoder**

Mulighederne i planteforædlingen er langt fra udtømte, skønt der i mere end hundrede år er arbejdet intenst på at frembringe sorter med højere ydeevne, større resistens mod sygdomme og skadedyr og forbedrede kvalitetsegenskaber. Forædlingsmetoderne er forbedret igennem tiden med basis i det forskningsmæssige grundlag. Kortlægning af generne, deres placering på kromosomerne og øget kendskab til populationsgenetik er vigtige faktorer som teoretisk grundlag. Grundlæggende forudsætninger for at planteforædlingen skal give nyttige resultater er:

- 1) Genetisk variation i forædlingsmaterialet
- 2) Effektive metoder til at vurdere denne variation og udvælge eller skabe ønskede genotyper
- 3) Effektiv fremavl og markedsføring af nye sorter

Den genetiske variation i populationer kan være fremkommet ved krydsninger af individer inden for samme art, artshybridisering eller mutationer, hvoraf krydsning stadig må anses at have langt den største betydning.

Biotechnologiske metoder blev fra begyndelsen af 80'erne anset for at kunne bidrage til en revolution af forædlingsarbejdet. Cellebiologiske teknikker har da også bidraget til at fremme

hastigheden, hvormed en ny sort kan frembringes. Det har dog ikke revolutioneret planteforædlingens grundprincipper.

Genteknologi derimod indebærer andre muligheder, idet den muliggør overførsel af arveegenskaber mellem arter. I direkte relation til anvendt planteforædling er der lang vej at gå, før genteknologien kan erstatte de mere klassiske forædlingsmetoder.

#### **Afprøvning og test af nyt sortsmateriale**

Den lovbestemte afprøvning af nyt sortsmateriale af landbrugsplanter udføres i henhold til de regler, der er fastsat af Landbrugsministeriet. Sorter af landbrugsplanter og grønsager afprøves for selvstændighed, ensartethed og stabilitet (SES-afprøvning). Afprøvning af sorternes dyrknings- og nytteværdi (værdiafprøvning) er kun lovpligtig for landbrugsafgrøder.

For nogle sygdomme foretages særskilte testninger af sorters indhold af resistensgener. Der savnes for de fleste andre afgrøder end korn et tilsvarende opfølgende arbejde med karakterisering af sorters sygdomsmotagelighed.

Værdiafprøvning af kornsorter, der er på sortsliste, sker kontinuerligt ved den Landøkonomiske Forsøgsvirksomhed og bidrager væsentligt til at følge de enkelte sorters udbytterelationer.

Sorter til dyrkning i gartneri og frugtavl afprøves for deres dyrkningsværdi og kvalitetsegenskaber, og det sker ofte i samarbejde mellem Statens Planteavlsvirksomhed og erhvervet. Flertallet af de nye sorter forædles i udlandet, og vurderingen af sorternes dyrkningsikkerhed, ydeevne og kvalitet under danske forhold er derfor ekstra påkrævet.

## **NPO – Omsætning af kvælstof, fosfor og organisk stof**

#### **Kvælstoftilførsel**

Næst efter ilt, kulstof og brint er kvælstof det grundstof, der findes i planterne i størst mængde.

Almindeligvis kan kvælstofbehovet for en vel voksende afgrøde langt fra dækkes af det

kvælstof, jorden kan stille til rådighed. For at opnå et rimeligt udbyttensniveau og en god kvalitet er det derfor nødvendigt at tilføre kvælstof til de fleste afgrøder.

### *Handelsgødning*

I fig. 4 er vist forbruget af kvælstof i handelsgødning i jordbruget gennem de sidste 25 år. Af figuren ses, at forbruget steg kraftigt i perioden fra midt i 60'erne til midt i 70'erne, toppede i 1984 og udgjorde i 1990 400.000 tons.

Den kraftige stigning fra midten af 60'erne til midten af 70'erne skyldes delvis, at kløvergræsset, der stort set var selvforsynende med kvælstof, i stigende grad blev erstattet med græs alene, som kræver forholdsvis store kvælstofmængder. Stigningen gennem de senere år skal for en del tillægges en forskydning i afgrødevalg med en betydelig stigning i vintersædsafgrøder, som har et højere udbyttepotentiale og derfor kræver større kvælstoftilførsel end vårsædsafgrøder.

Det gennemsnitlige kvælstofforbrug for hele verden var i 1988 lidt over 17 kg N pr. ha i handelsgødning. Forbruget i forskellige lande er vist i fig. 5. Det ses af figuren, at der inden for de europæiske lande er stor forskel i kvælstofforbruget. De i figuren viste lande kan opdeles i 3 grupper: I Danmark, Norge, Belgien og Vesttyskland anvendes 115-135 kg N pr. ha, medens forbruget i Holland er dobbelt så højt og i Sverige, Finland, Frankrig og England lidt over det halve.

### *Husdyrgødning*

Ud over kvælstof i handelsgødning sker der også en tilførsel af kvælstof med husdyrgødning. I tabel 5 er vist en opgørelse af kvælstofindholdet i den producerede husdyrgødning i årene 1980-88 (Sibbesen, 1990a).

Ved opgørelsen af husdyrgødningens indhold af plantenæringsstoffer kan anvendes tre forskellige metoder (Sibbesen, 1990a). Resultaterne i tabellen er beregnet ved hjælp af total-differensmetoden, hvor næringsstoffer i husdyrgødningen beregnes som differens mellem indholdet i det samlede årlige forbrug af foder og bortførslen med den samlede animalske produk-

tion. Af tabellen ses, at kvælstofindholdet i husdyrgødningen er faldet med ca. 30.000 t fra først i 80'erne til midt i 80'erne. Dette tillægges en bedre udnyttelse af foderets næringsstofindhold i den animalske produktion (Sibbesen, 1990a). Værdier af samme størrelse er beregnet af Nielsen (1990).

En anden metode til opgørelse af næringsstofmængden i husdyrgødningen er enkeltdyrmetoden, som bygger på normtal for de årligt producerede næringsstofmængder i gødningen for de forskellige kategorier af dyr (Laursen, 1987). Normen for de respektive kategorier ganges med antal årsdyr inden for hver kategori. Ved anvendelse af denne metode er kvælstofmængden i husdyrgødningen på landsplan opgjort til 294.000 tons N for 1985/86 (Statens Jordbrugsøkonomiske Institut, 1989). Beregnet ved anvendelse af total-differensmetoden udgjorde kvælstofmængden i husdyrgødningen i 1985/86 335.000 tons (tabel 5). Ifølge Sibbesen (1990a) kan forskellen delvis skyldes usikkerhed på balancetestene, som normerne bygger på. Ligeledes er det et spørgsmål, om det foderforbrug, som normerne er baseret på, repræsenterer det gennemsnitlige foderforbrug på landsplan.

Der er bedre overensstemmelse mellem resultater beregnet ved anvendelse af differensmetoden og resultater beregnet ved hjælp af balancemodeller til beregning af kvælstof- og fosforindhold i gødning fra kvæg og svin udarbejdet af Kofoed og Hansen (1990). Her er forskellen i den procentdel af kvælstofindholdet i foderet, der udskilles i gødningen (udskillelsesprocenten) kun af størrelsesordenen et par procent (Sibbesen, 1990a), medens udskillelsesprocenten ved anvendelse af enkeltdyrmetoden ligger ca. 20% lavere (Kofoed og Hansen, 1990).

Indholdet af kvælstof i husdyrgødning beregnet på grundlag af Laursens (1987) normer ligger således nok i underkanten af det rigtige. I øvrigt skal det understreges, at usikkerheden på beregningerne er stor uanset, hvilke metoder der anvendes.

De anførte mængder kvælstof er kvælstofindholdet, når gødningen forlader dyrene (ab dyr). Den mængde kvælstof, der udbringes på



**Tabel 5.** Kvælstofindhold i foder, animalsk produktion og husdyrgødning i årene 1980-88 (Sibbesen, 1990a).

År	1980/81	81/82	82/83	83/84	84/85	85/86	86/87	87/88
	1000 tons							
Kvælstof i foder og strøelse	442	446	434	417	420	424	422	419
Kvælstof bortført med animalsk produktion	82,2	83,4	86,6	86,3	87,1	88,8	88,6	88,0
Kvælstof i husdyrgødning	359	363	348	331	333	335	334	331

marken med husdyrgødningen, er mindre, idet der sker et tab i stalde, lager og ved udbringning.

#### *Biologisk kvælstofbinding*

Jord-plantesystemet tilføres også kvælstof fra atmosfæren. Dette sker ved hjælp af fritlevende mikroorganismer eller ved bælglplanter, der lever i symbiose med bakterier.

Bidraget fra fritlevende mikroorganismer er undersøgt i forskellige jordtyper (Andersen et al., 1983). Den årlige tilførsel varierede fra ca. 2 kg N pr. ha pr. år på sandjorde til ca. 8 kg N pr. ha pr. år på lerjorde.

I undersøgelser med bælglplanterne hestebønner og ærter fandtes (Jensen et al., 1985; Jensen, 1987), at kvælstofbindingen bidrog med en kvælstofmængde mellem 140 og 240 kg N pr. ha pr. år. Ved tilførsel af handelsgødning reduceredes bidraget fra kvælstofbindingen til den samlede indhøstede kvælstofmængde.

Kvælstofbindingen i kløvergræsmarker kan variere fra meget lave værdier til værdier op mod niveauet for ærter og hestebønner. Den store variation skyldes kløverens følsomhed over for tørke og forskellige dyrkningsmæssige tiltag, f.eks. gødsknings- og slæt-strategi samt kløvergræsmarkens alder (Søegaard, 1989).

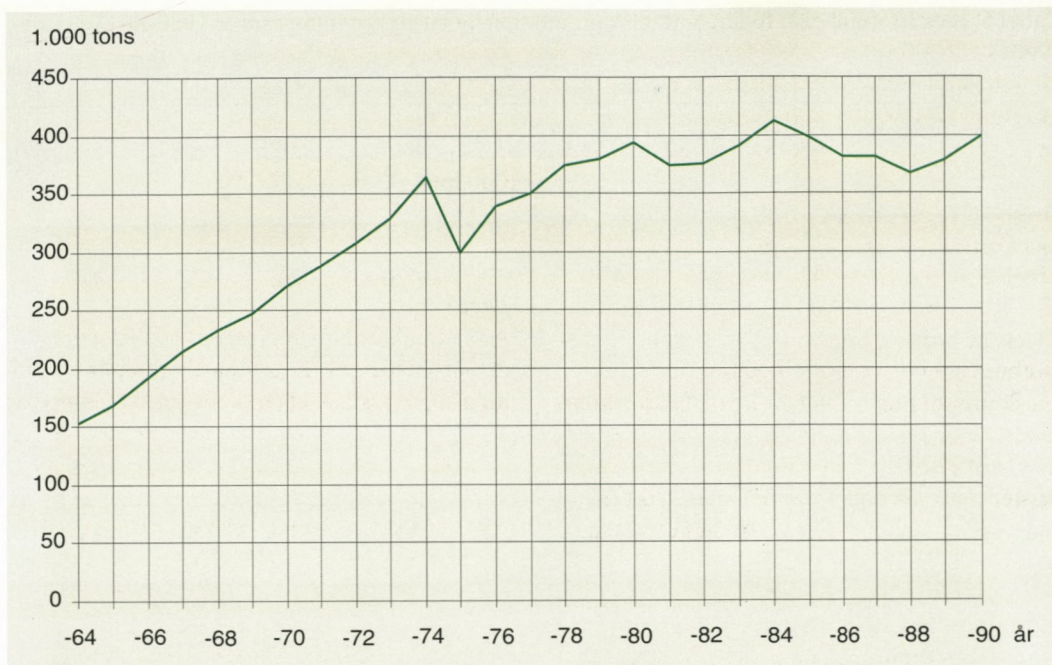
I gennemsnit for det dyrkede areal vurderes kvælstofbindingen at være ca. 10 kg N pr. ha pr. år, hvilket svarer til ca. 30.000 kg N pr. år på landsplan.

#### *Deposition*

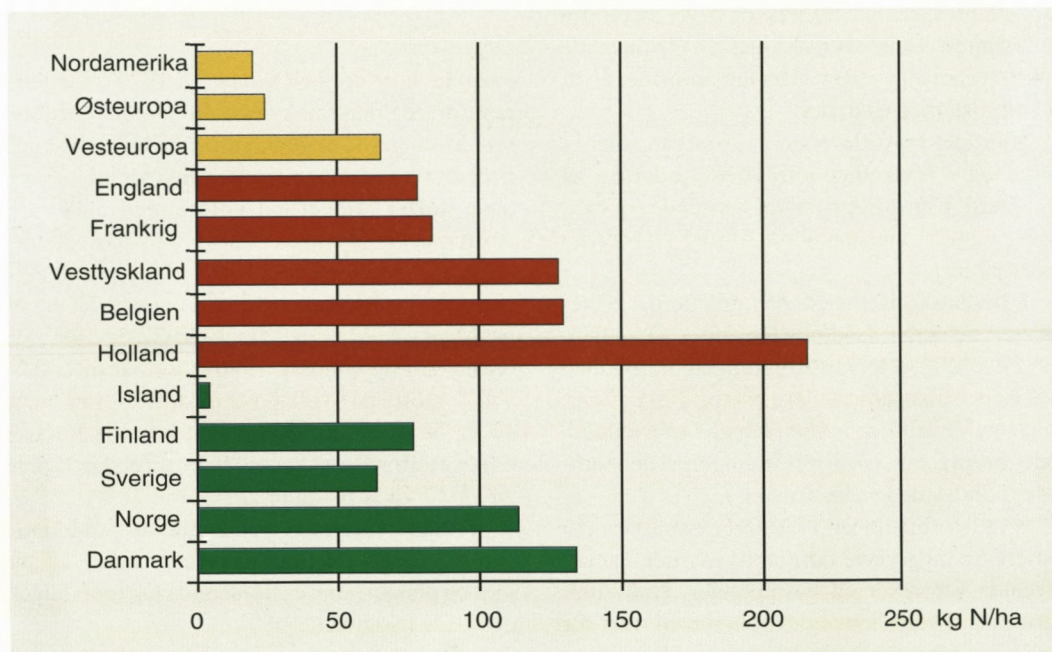
Periodevis er der helt tilbage til 1920'erne gennemført målinger af kvælstofindholdet i nedbøren. Målingerne er gennemført på bulkopsamlet nedbør, dvs. at den opsamlede nedbør inkluderer både stoffer, som er indeholdt i regnvandet, og stoffer, der er afsat ved tørafsætning på nedbørsmåleren. Indtil omkring 1960 tilførtes med nedbøren en kvælstofmængde svarende til 7-8 kg N pr. ha pr. år. Målinger fra 1970-77 og 1987-89 (Grundahl og Hansen, 1990) viser, at tilførslen ved Tystofte på Sjælland er af størrelsesordenen 10 kg N pr. ha pr. år og noget højere i Jylland omkring Borris og Askov, hvor tilførslen ligger på 15-17 kg N pr. ha pr. år.

Foruden tilførslen med nedbøren - våddeposition - vil der også finde en tørdeposition sted på jord og planter, som er størst omkring møddinger og stalde (Sommer, 1990a).

I gennemsnit vurderes den samlede deposition af kvælstof til ca. 20 kg pr. ha pr. år. Dette svarer til ca. 60.000 tons N for det dyrkede areal.



**Fig. 4.** Forbruget af kvælstof i handelsgødning gennem 25 år, i alt pr. år (i 1000 tons). Danmarks Statistik.



**Fig. 5.** Kvælstofforbrug i handelsgødning 1988 på arealer i omdrift i forskellige lande (FAO) Fertilizer Yearbook 1989.

### *Slam og industrispildevand*

Jordbruget tilføres også kvælstof via slam dels fra rensning af byspildevand og dels fra industrien. Ligeledes tilføres kvælstof med spildevand, eksempelvis fra levnedsmiddelindustrien. Mængden af kvælstof, der tilføres jordbruget ad denne vej, er af Miljøstyrelsen opgjort til 4000 tons N pr. år (Nielsen, 1990).

### **Kvælstof tab**

Et af hovedproblemerne i landbrugets kvælstofhusholdning er husdyrgødning.

Som vist i tabel 5 indeholder den årlige producerede mængde husdyrgødning en kvælstofmængde på ca. 330.000 tons kvælstof, hvilket er næsten lige så meget som det årlige forbrug af kvælstof i handelsgødning. Problemet med husdyrgødningen er, at en meget stor del af kvælstoffet tabes ved ammoniakfordampning inden gødningen nedbringes i jorden. Dertil kommer, at mineralisering af husdyrgødningens indhold af organisk bundet kvælstof om efteråret bidrager væsentligt til kvælstofudvaskningen.

I en statusreddegørelse og systemanalyse vedrørende kvælstofudnyttelse i husdyrgødning (Hansen et al., 1990) er givet en beskrivelse af omsætningskæden fra foderomsætningen i dyrene til kvælstofomsætningen i jorden.

I det følgende gives en omtale af tab efter produktion i stalden og til udnyttelse af kvælstof i marken.

### *Stald*

Umiddelbart efter, at gødningen og urinen har forladt dyret, dannes der ammoniak, hovedsageligt ved en spaltning af urinstof til ammoniak og kuldioxid.

På grundlag af målinger af ammoniaktabet fra forskellige stalde (Pedersen et al., 1987) angiver Miljøstyrelsen (1990) en ammoniakfordampning fra stalde svarende til  $9.000 \pm 2.000$  tons N pr. år. Dette svarer til ca. 3% af totalkvælstof i gødningen. Disse tal er senere revideret til  $11.000 \pm 2.000$  tons N pr. år. Ammoniakfordampningen afhænger af flere faktorer såsom dyreart, dyrenes alder, fodring, temperatur, fugtighed, ventilations- og udmugningssystem. I

udenlandske undersøgelser er der fundet betydelig større tab varierende mellem 2 og 20% af gødningens kvælstofindhold (Hansen et al., 1990).

Usikkerheden på stalddabet er således stort, men tabet på de 11.000 tons pr. år, ligger formentlig for lavt. Stalddabet udgør snarere 15-20.000 tons N pr. år.

### *Lager*

Ammoniakfordampning er også den dominerende tabsmåde for lagret husdyrgødning. Gødningslagre har meget forskellig beskaffenhed og udformning, hvorfor tabet også varierer meget.

Anaerob (iltfattig) opbevaring af fast gødning er fundet at give de laveste ammoniaktab (5-20% af gødningens kvælstofindhold) (Kirchmann, 1985), mens hel eller delvis aerob (iltrig) opbevaring fandtes at give ammoniaktab på op til mere end 40% af gødningens kvælstofindhold. For gyllebeholdere gælder, at overfladens karakter og tilstedeværelsen af diffusionsbarrierer (ubrudt svømmelag) har stor betydning for tabet af kvælstof. Af betydning for tabet har også faktorer som gyllens pH, temperaturen samt måden, hvorpå gyllen tilføres gyllebeholderen. Dykket tilførsel, dvs. tilførsel under svømmelaget, nedsætter tabet væsentligt.

I overensstemmelse med betydningen af et ubrudt svømmelag fandtes i forsøg med kvæggylle (Sommer, 1990b), at forskellige dækningsmaterialer reducerede tabet af kvælstof med 70 til 98% i forhold til tabet fra gylle, der blev omrørt en gang om ugen. Med baggrund i bl.a. hollandske undersøgelser, hvor der fandtes tab af størrelsesordenen 2,9 kg N pr. m<sup>2</sup> pr. år fra beholdere med svinegylle og 1,5 kg N pr. m<sup>2</sup> pr. år fra beholdere med kvæggylle har Miljøstyrelsen (Miljøstyrelsen, 1990) beregnet et lagringstab for gylle på landsplan til omkring 7.500 tons N.

Lagertabet fra fast gødning og ajle er ikke nærmere belyst under de i dag gældende opbevaringsforhold. I ældre danske undersøgelser er der fundet varierende tab af kvælstof fra fast gødning og ajle, og udenlandske undersøgelser viser, at tabene kan være betydelige og, at variationen er stor (Hansen et al., 1990).

Ud fra de foreliggende sparsomme resultater og med usikkerheden, der knytter sig til disse, er det meget vanskeligt at vurdere tabet af kvælstof under lagringen. Formentlig er det af størrelsesordenen 10-15.000 tons N pr. år. Det samlede tab af kvælstof fra stald og lager vurderes således til at være af størrelsesordenen 25-35.000 tons N pr. år.

### Udbringning

I tilknytning til udbringningen af husdyrgødning på marken tabes en del af gødningens ammoniumindhold ved ammoniakfordampning. En lille del tabes ved selve udbringningen og spredningen, men størsteparten tabes ved henlægnings på jorden før nedbringning. I nyere danske undersøgelser over tab ved spredningen af gylle er tabet fra gyllen, fra den forlader tanken til den ligger på jorden, kun 1-4% (Sommer, 1989).

Tiden efter spredningen har større betydning for tabet i forbindelse med udbringningen. Tabets størrelse er bl.a. afhængig af gødningstype, herunder pH og tørstofindhold, vejrforhold samt henliggetid inden nedbringning (Sommer og Christensen, 1989). I tabel 6 er vist resultater fra undersøgelser af ammoniaktab fra svinegylle efter henlægnings på jorden i forskellig tid.

Afhængig af temperaturen ses, at tabet efter henlægnings i 6 timer er henholdsvis 5 og 11% af gyllens ammoniumindhold og tilsvarende efter 12 timer 7 og 16%. Af tabellen fremgår også, at tabet er forholdsvis størst i de første timer efter udbringningen. Omkring halvdelen af kvælstoftabet i løbet af 6 døgn tabes således i løbet af de første 18 timer efter udbringningen.

Udbringning af gylle i afgrøder f.eks. med såkaldte slæbeslanger vil formentlig reducere ammoniakfordampningen (Statens Planteavlsvforsøg, 1989).

Nedfældning af gylle reducerer ammoniakfordampningen væsentligt, men på grund af den kraftige jordbehandling er de nuværende nedfældere ikke velegnede til nedfældning i voksende afgrøder (Hansen et al., 1990).

I øjeblikket gennemføres forsøg, hvor der anvendes nedfælderudstyr med smalle tænder og

nedfældning til en dybde på 5-8 cm. Ved anvendelse af dette udstyr er der fundet interessante resultater i etablerede kornafgrøder (Oversigt over Landsforsøgene 1990; Petersen 1991a, Petersen 1991b og Petersen 1992).

**Tabel 6.** Ammoniaktab fra svinegylle (30 t pr. ha) på jordoverfladen, udbragt ved temperaturer fra 7,0-16,0°C og 3,4-6,9°C. Gennemsnit af 29 forsøg i perioden oktober 1986 til juni 1988 (Sommer og Christensen, 1989).

	Temperatur			
	3,4 - 6,9°C		7,0 - 16,0°C	
	Ammoniaktab		Ammoniaktab	
	Pct.*	Andel**	Pct.*	Andel**
6 timer	5	0,2	11	0,3
12 timer	7	0,3	16	0,5
18 timer	9	0,4	19	0,5
1 døgn	10	0,4	22	0,6
1,5 døgn	13	0,5	24	0,7
2 døgn	14	0,6	27	0,8
6 døgn	23	1,0	35	1,0

\* Ammoniaktab i % af ammoniumindholdet i gylle.

\*\* Andel af ammoniaktab i forhold til det samlede tab af ammoniak i 6 døgn.

Tab af ammoniak fra gødning, der afsættes af dyr på græs, må antages at være forholdsvis stort, idet gødningen ikke nedbringes, ligesom betingelserne for ammoniakfordampningen om sommeren er gode. I et notat om Landbrugets kvælstofbalance (Statens Jordbrugsøkonomiske Institut, 1989) er kvælstoftabet fra gødning afsat på marken beregnet til at være af størrelsesordenen 11.000 tons N på landsplan.

Tab af kvælstof ved ammoniakfordampning fra handelsgødninger indeholdende urea eller ammoniumkvælstof kan også forekomme. I undersøgelser med urea og urea-ammonium-nitrat udbragt på jordoverfladen fandtes (Christensen og Sommer, 1989) et tab for urea på 2-30% i

sommerperioden og 3-10% i vinterperioden. Tabet var mindre fra urea-ammonium-nitrat.

Ammoniakfordampningen fra gødning på marken påvirkes af et kompleks af faktorer. Betydningen af disse vil variere fra udbringning til udbringning, hvorfor tabet vil være bestemt af forholdene i det enkelte tilfælde.

Det skønnes, at det samlede tab fra gødning på marken er af størrelsesordenen 35-70.000 tons N pr. år.

### *Denitrifikation*

Efter nedbringning af en kvælstofgødning i jorden, hvad enten det er husdyrgødning eller handelsgødning, vil kvælstoffet indgå i jordens kvælstofkredsløb.

Tab af kvælstof fra rodzonen forekommer hovedsageligt ved denitrifikation eller ved udvaskning af nitratkvælstof.

Ved denitrifikation omdannes nitratkvælstof til luftformige kvælstofforbindelser som lattergas,  $N_2O$ , og frit kvælstof. Processen fremmes af iltfattige forhold, f.eks. hvis jorden er vandmættet, og ved tilstedeværelse af letomsættelige kulstofforbindelser. I undersøgelser på en lerjord ved Roskilde tilført 100 tons gylle pr. ha er der fundet en denitrifikation på mere end 200 kg N pr. ha pr. år. I andre forsøg, ligeledes på en lerjord ved Roskilde, har tabet været henholdsvis 90 og 25-50 kg N pr. ha pr. år (Maag, 1989).

På grovsandede jorde ved Jydevad er denitrifikationen fundet at være meget lille og uden betydning (Lind et al., 1990). I samme undersøgelse, der løb over tre år, fandtes på en sandblandet lerjord ved Askov en denitrifikation på op til 30 kg N pr. ha et enkelt år. De øvrige 2 år varierede denitrifikationen afhængigt af gødskningen fra 2 til 9 kg N pr. ha pr. år.

Denitrifikationen er meget afhængig af de i øjeblikket aktuelle forhold i jorden, især med hensyn til nitratinhold, iltforhold (vandindhold) og indhold af let omsætteligt organisk stof. Alle er forhold, som kan ændres væsentligt indenfor korte tidsrum. Dette gør, at resultater beregnet ved integrering af målinger over længere tidsrum kan være behæftet med stor usikkerhed. Energi-

ministeriet (Energiministeriet, 1990) har anslået det årlige danske bidrag til  $N_2O$ -emissionen til 30.000 ton pr. år. Hovedparten heraf formodes at stamme fra landbrugsarealer.

### *Ammoniakfordampning fra overjordiske plantedele*

Tab af kvælstof ved ammoniakfordampning fra de overjordiske plantedele kan også forekomme. I byg er der fundet tab af størrelsesordenen 1 kg N pr. ha (Schjørring og Nielsen, 1990). I udenlandske undersøgelser med vinterhvede er der fundet betydelig større tab, ca. 15 kg N pr. ha. Eventuelle tab fra andre afgrøder, som dyrkes her i landet, kendes ikke.

### *Kvælstofudvaskning*

Ved systematiske undersøgelser af drænvand fra 15 morænelerjorde gennem en 10-års periode fandt Pedersen (1983) i gennemsnit en middelkoncentration på 18,2 mg nitratkvælstof pr. liter svarende til en udvaskning på 22 kg N pr. ha pr. år. Variationen var stor mellem steder og år.

Ud over denne 10-års periode fortsatte undersøgelserne på fem lokaliteter, således at der nu foreligger resultater fra tidsserier på 18 år (Simmelsgaard, 1989). De drænedes arealer indgår i ejendommens normale omdrift. På tre af ejendommene tilføres jævnlige husdyrgødning. I fig. 6 er vist gennemsnittet af henholdsvis koncentrationen af nitratkvælstof i drænvandet, afstrømningen og udvaskningen for de 5 stationer gennem de 18 år (Simmelsgaard, 1991).

Af figuren ses, at der er sammenhæng mellem drænafstrømningen og kvælstofudvaskningen, men at variationen er meget stor fra år til år. Drænafstrømningen har i den sidste del af perioden som gennemsnit af årene været lidt større end i den første del af måleperioden. Derimod er middelkoncentrationen af nitratkvælstof svagt faldende.

I tabel 7 er vist resultaterne for den totale udvaskning af kvælstof, dvs. udvaskningen til dræn og undergrund, for de 5 stationer. Af tabellen fremgår, at der også er stor forskel i udvaskningen fra sted til sted, især udvaskningen til undergrunden.





Gyllevogn med slæbeslangeudstyr. Udbringning af gylle med slæbeslangeudstyr i voksende afgrøder reducerer tabet af kvælstof ved ammoniakfordampning. (Foto: Jens Petersen).

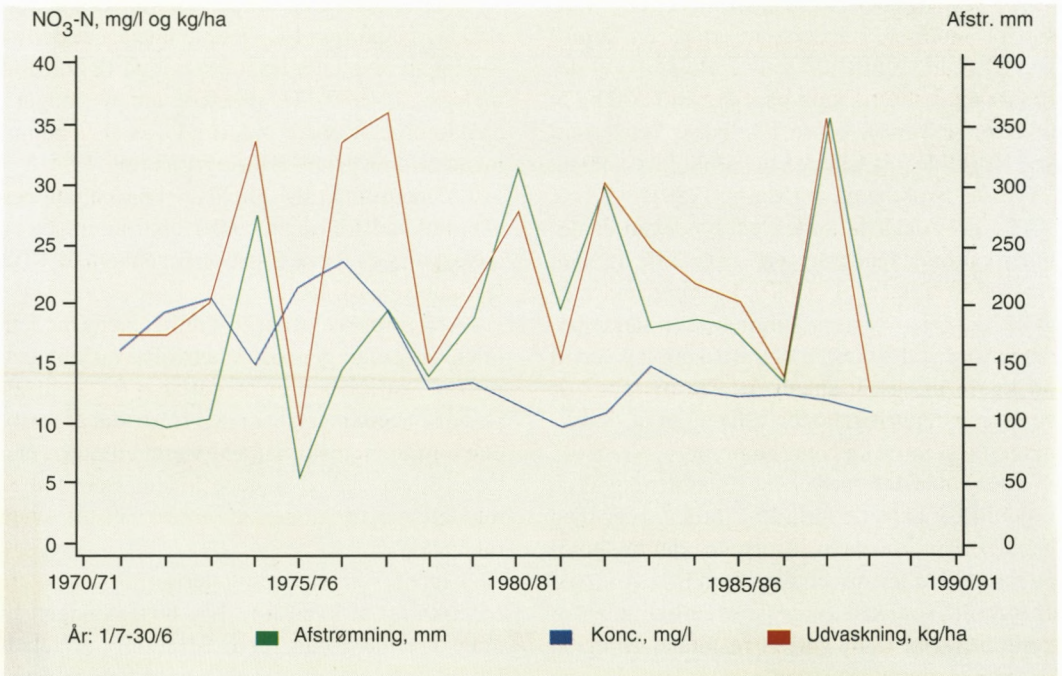


Fig. 6. Kvælstofudvaskning med drænvand, kg pr. ha, og middelkoncentration af nitratkvælstof i drænvand, mg pr. l, samt drænvandsafstrømning i cm for 5 lerjorde i 18 år (Simmelsgaard, 1991).

**Tabel 7.** Målt og beregnet afstrømning og N-udvaskning gennem dræn og til undergrund. 5 stationer 1971-1989 (Simmelsgaard, 1989).

	Afstrømning, mm			Udvaskning, kg/ha			NO <sub>3</sub> -N konc. mg/l
	dræn	under- grund	total	dræn	under- grund	total	
Næstved	135	136	271	24	22	46	18,7
Haderslev	120	327	447	24	68	92	21,3
Århus	96	210	306	12	23	35	12,2
Silstrup	205	319	524	28	44	72	13,6
Åbenrå	416	174	590	27	12	39	7,5
Gns.	187	235	422	23	34	57	14,9

**Tabel 8.** Kvælstofudvaskning i vandet og uvandet græs og vårbyg ved Jynde vad (Simmelsgaard, 1985b).

Afgrøde	Periode	Årlig udvaskn. kg N pr. ha	Variation kg N pr. ha
Græs, uvandet	1974, 1976-77	47	26-76
Græs, vandet	1974-78	44	18-80
Byg, uvandet	1974-80	59	35-100
Byg, vandet	1974-80	75	58-93

Resultater fra undersøgelser af kvælstofudvaskningen fra en grovsandet jord dyrket med græs og byg fremgår af tabel 8. Såvel afgrøden som vanding har indflydelse på kvælstofudvaskningen, men også her ses, at udvaskningen varierer meget.

At kvælstofudvaskningen er meget forskellig og variationen stor fremgår også af nyere undersøgelser (Lind et al. 1990). Resultaterne er vist i tabel 9. Ved Jynde vad (JB1) undersøgtes kvælstofudvaskningen også ved tilførsel af gylle i december. Udvasningen af kvælstof svarede da til mængden af ammonium-kvælstof tilført med gyllen.

Alle de ovennævnte undersøgelser er gennemført i Jylland, hvor afstrømningen er betydelig større end på Øerne.

I undersøgelser af kvælstofudvaskningen på 9 forskellige landbrug i Tureby-Køge og Omegns Landboforening i årene 1987-1989 fandt Nielsen og Jensen (1989) de i tabel 10 viste resultater.

Den forholdsvis store udvaskning af kvælstof på lokalitet 4 skyldes formentlig, at der i foråret 1987 blev tilført 60 tons svinegylle pr. ha til vårraps, hvilket har medført en forholdsvis stor mineralisering af organisk bundet kvælstof det følgende efterår.

**Tabel 9.** Udvaskning af nitratkvælstof fra en lerjord (JB5) ved Askov og en grov sandjord (JB1) ved Jyndevad fra maj 1987 til marts 1990 efter tilførsel af kvælstof i handelsgødning eller gylle (efter Lind et al., 1990)

Jordtype	Tilført kg N/ha	Årlig udv. kg N/ha	Variation kg N/ha
JB5	133*	61	50- 79
JB1	120*	63	47- 78
JB5	100**	51	31- 82
JB1	100**	82	68-110

\* handelsgødning

\*\* ammonium N i gylle tilført om foråret

Ligesom resultaterne fra undersøgelserne gennemført i Jylland ses, at der er stor variation i kvælstofudvaskningen fra lokalitet til lokalitet. Som det måtte forventes, er udvaskningen størst i 1987/88, hvor afstrømningen var forholdsvis stor. Ligeledes var vinteren meget mild.

Ud fra undersøgelser af nitratindholdet i drænvand fra 25 lokaliteter på Lolland-Falster og Møn samme år (Secher og Eriksen, 1988) blev kvælstofudvaskningen beregnet/vurderet til 45 kg N pr. ha. I betragtning af, at vinteren var unormalt mild og afstrømningen forholdsvis stor, anser forfatterne udvaskningen i 1987/88 for at være større end normalt for området.

Sammenlignes de her omtalte resultater for kvælstofudvaskningen på Øerne med resultaterne fra undersøgelserne på lerjorden i det østlige Jylland, er udvaskningen mindre på Øerne end i Jylland. Årsagen er uden tvivl forskellen i afstrømningen, der er dobbelt så stor i det østlige Jylland som på Øerne (tabel 2).

Kvælstoftilførslen påvirker udvaskningen. Ved normal gødskning er udvaskningen mode-

**Tabel 10.** Udvaskning af kvælstof fra rodzonen beregnet for perioden 1. november til 31. marts for samtlige lokaliteter samt gennemsnitlig afstrømning, kvælstofudvaskning og koncentration af  $\text{NO}_3^-$ N (Nielsen og Jensen, 1989).

Lokalitet	Jordtype	Kg N pr. ha		
		1986/87	1987/88	1988/89
1.	JB6	33,3	1,6	1,2
2.	JB6	-	2,8	5,5
3.	JB6	20,6	29,1	24,9
4.	JB6	27,8	60,7	7,6
5.	JB7	11,1	21,6	0,6
6.	JB7	14,3	43,7	2,5
7.	JB6	12,2	18,6	11,7
8.	JB3-4	8,3	19,4	4,3
9.	JB6	24,4	21,6	7,2
Gns. afstrømn., mm		95	275	55
Gns. $\text{NO}_3^-$ N konc., ppm		19,9	8,9	13,4
Gns. N-udvaskn., kg/ha		19,0	24,3	7,3



rat, men ved overgødskning stiger udvaskningen kraftigt (Simmelsgaard, 1985b).

Årsagen til de store forskelle og variationer i kvælstofudvaskningen er, at størrelsen af kvælstofudvaskningen bestemmes af et kompliceret samspil mellem flere faktorer. De vigtigste er afstrømning, jordtype, afgrøde (sædskifte) og kvælstoftilførsel, herunder tilførsel af husdyrgødning.

Med hensyn til driftform må det generelt forventes, at udvaskningen af kvælstof er størst i bedrifter baseret på et stort husdyrhold, dvs. bedrifter, hvor jorden tilføres store mængder husdyrgødning, og mindst, hvor driften er baseret på plantedyrkning, dvs. bedrifter, hvor der fortrinsvis tilføres handelsgødning.

Kombinationen af tilførsel af store mængder husdyrgødning og stor afstrømning kan medføre en stor udvaskning af kvælstof. Dette er særdeles uheldigt set i relation til, at mange bedrifter med intensivt kvægbrug findes på de lette sandjorde i den vestlige- og sydlige del af Jylland, hvor nedbøren er stor, og afstrømningen som følge deraf også er stor.

#### *Regnskab for kvælstofhusholdningen i jordbruget*

Med baggrund i de ovenfor beskrevne forhold vedrørende kvælstofs omsætning i jordbruget og udveksling med omgivelserne er der i tabel 11 opstillet et regnskab for tilførsel og bortførsel af kvælstof.

Det skal understreges, at der er særdeles stor usikkerhed på flere af de anførte talstørrelser. Dette gælder kvælstofindholdet i husdyrgødningen, men usikkerheden er især stor på stald- og lagertab og tab i forbindelse med udbringningen. En anden post med stor usikkerhed er denitrifikationen.

I posten »rest« indgår eventuel ændring i jordens kvælstofpulje, tab i forbindelse med konservering af foder, herunder ludning af halm samt et gårdbidrag, som formentlig ikke helt kan undgås. I »resten« indgår også et eventuelt tab ved udvaskning af organisk bundet kvælstof.

**Tabel 11.** Kvælstofregnskab. Sidste halvdel af 80'erne.

Tilførsel	1000 t	Bortførsel	1000 t
Handelsgødn.	380	Høstede afgr.	360
Husdyrgødn.	330	Stald + lagertab	35
Biologisk N-binding	30	Udbringningstab	40
Nedbør + tør-dep.	60	Tab fra græsning	10
Slam + spildevand	5	Denitrifikat.	60
		Ammoniakfordamp. fra planter	5
		Udvaskn.	160-200
		Rest	115
Total	805	Total	805

#### **Kvælstofs nytteværdi**

Kvælstof er ubetinget det næringsstof, som har størst interesse i forbindelse med plantedyrkning, idet kvælstof har stor betydning for både udbyttet og kvaliteten og dermed også for økonomien. Hertil kommer de miljømæssige aspekter.

Den eksakte økonomiske gevinst ved kvælstofgødskning lader sig ikke beregne nøjagtigt, da der er en vekselvirkning mellem kvælstof og andre vækstfaktorer.

Ud fra værdien af merudbyttet og udgiften ved gødskning med kvælstof er det dog muligt at opstille et groft skøn over nettoværdien af det opnåede merudbytte ved kvælstoftilførslen.

I tabel 12 er vist det dyrkede areal med forskellige landbrugsafgrøder i 1989 og økonomisk optimale kvælstofmængder ved dyrkning af de forskellige afgrøder samt merudbytter ved tilførsel af økonomisk optimale gødningsmængder til jorde, der i årene forud er tilført optimale kvælstofmængder.

For kornarterne vinterrug, vinterbyg og vårbyg er der skelnet mellem sand- og lerjorde. Ved beregning af arealet med disse kornarter dyrket på henholdsvis sand- og lerjord er arealer øst for Storebælt, på Fyn samt i Århus og Vejle amter henregnet til lerjord og arealer i Nordjyllands,

**Table 12.** Areal, økonomiske optimale N-mængder og merudbytter af forskellige landbrugsgrøder.

Afgrøde	Jord-type	Areal i 1989 1000 ha	Økonomisk optimal tilførsel, kg N/ha	Merudbytte
Vinterhvede		444,5	180	35 hkg pr. ha
Vinterrug	sand	52,2	140	30 „
	ler	47,7	120	22 „
Vinterbyg	sand	30,1	170	28 „
	ler	51,8	155	28 „
Vårbyg	sand	508,0	130	20 „
	ler	427,2	115	20 „
Vinterraps		77,9	210	15 „
Vårraps		152,0	180	10 „
Alm. rajgræs		27,5	110	5,0 „
Ital. rajgræs		3,0	110	6,5 „
Hundegræs		2,5	140	4,0 „
Rødsvingel		15,4	110	3,0 „
Engsvingel		1,8	110	3,0 „
Engrapgræs		7,8	130	1,5 „
Timothe		1,6	110	1,0 „
Fab. roer		66,8	120	100 „
Industrikartofler		16,9	160	160 „
Spisekartofler		16,5	140	140 „
Foderroer		107,3	200	75 a.e. pr. ha
Kløvergræs		126,5	200	40 „
Græs, slæt		126,5	350	60 „
Helsæd:				
vårsæd og græs		50,1	150	55 „
Majs		17,1	150	40 „

Viborgs, Ringkøbings, Ribes og Sønderjyllands amter henregnet til sandjord. Arealet med vårhvede er inkluderet i vinterhvedearealet, ligesom arealet med havre og blandsæd er inkluderet i vårbygarealet.

De anførte økonomisk optimale kvælstofmængder svarer stort set til de af landskontoret anbefalede mængder (Håndbog for Plantedyrkning 1990, Oversigten over Landsforsøgene 1990).

Merudbytterne for de forskellige afgrøder er fastlagt på grundlag af en samlet vurdering af merudbytter beregnet ud fra udbyttefunktioner

opstillet på basis af forsøg ved Statens Plan-teavlsforsøg (Nielsen og Kristensen, 1991) og merudbytter opnået gennem de sidste 10 til 15 år i forsøg med stigende mængder kvælstof til forskellige afgrøder gennemført i Landsforsøgene.

Merudbyttet for kvælstofgødskningen er i høj grad afhængig af jordens kvælstofstatus, herunder jordens evne til at stille kvælstof til rådighed for afgrøderne i løbet af vækstperioden.

Reduceres gødskningsniveauet til under det optimale over længere tid, sænkes jordens kvælstofstatus til et lavere niveau. Udbyttet uden kvælstoftilførsel vil falde, og merudbyttet for en

given kvælstoftilførsel formentlig stige, men det totale udbytte vil ligge på et lavere niveau.

De i tabel 12 anførte merudbytter er således kun et udtryk for 1. års virkningen af kvælstoftilførslen under jordenes nuværende kvælstofstatus. Forudsætningen for at opnå de anførte merudbytter for kvælstofgødsningen er i øvrigt, at der gødes optimalt med de øvrige næringsstoffer, ligesom det er en forudsætning, at skadevoldere bekæmpes i fornødent omfang.

I tabel 13 er vist de anvendte priser ved beregning af den økonomiske gevinst ved tilførsel af kvælstof. Priserne på planteprodukterne er de salgspriser, det skønnes, at landmanden kan opnå ved salg af afgrøderne umiddelbart efter høst. Dette gælder også grovfoderafgrøderne.

**Tabel 13.** Anvendte priser ved beregning af den økonomiske gevinst ved kvælstofgødsning i landbruget.

<i>Planteprodukter</i>		
Vinterhvede	115,00	kr. pr. hkg
Vinterrug	115,00	kr. pr. hkg
Vår- og vinterbyg	110,00	kr. pr. hkg
Vår- og Vinterraps	3,00	kr. pr. kg
Alm. rajgræs	6,00	kr. pr. kg
Ital. rajgræs	5,50	kr. pr. kg
Hundegræs	7,50	kr. pr. kg
Rødsvingel	7,50	kr. pr. kg
Engsvingel	7,50	kr. pr. kg
Engrapgræs	8,50	kr. pr. kg
Timothe	9,00	kr. pr. kg
Fab. roer	35,00	kr. pr. hkg
Industri kartofler	50,00	kr. pr. hkg
Spisekartofler	110,00	kr. pr. hkg
Foderroer	100,00	kr. pr. a.e.
Græs og kløvergræs, afgræsning	80,00	kr. pr. a.e.
Græs og kløvergræs, slæt	100,00	kr. pr. a.e.
Helsæd: vårsæd og græs	100,00	kr. pr. a.e.
Majs	100,00	kr. pr. a.e.
<i>Gødning</i>		
Gødningsudbringning	100,00	kr. pr ha
Kvælstofgødning	4,00	kr. pr. kg

Med hensyn til omkostningerne ved kvælstofgødsningen er der regnet med samme udbringningsomkostninger og pris pr. kg kvælstof, uanset om det drejer sig om handels- eller husdyrgødning.

I tabel 14 er vist omkostningerne og den økonomiske gevinst ved kvælstofgødsningen. Af tabellen ses, at den samlede gevinst af kvælstofgødsningen på landsplan udgør omkring 6,5 mia. Af tabellen fremgår endvidere, at vinterhvede og vårbyg tegner sig for den største del. Derefter følger græs og foderroer, men raps tegner sig også for en væsentlig del af nettoværdien.

**Tabel 14.** Omkostninger og nettoværdi af merudbytte for tilførsel af økonomisk optimale kvælstofmængder til forskellige landbrugsafgrøder.

Afgrøde	Gødskningsomkostninger mio. kr.	Økonomisk gevinst mio kr.
Vinterhvede	364,5	1424,6
Vinterrug	61,9	238,1
Vinterbyg	60,8	191,5
Vårbyg	554,2	1503,2
Vinterraps	73,2	277,3
Vårraps	124,6	331,4
Rajgræs	16,5	76,8
Rødsvingel	8,3	26,3
Andre græsarter	8,3	14,7
Fab. roer	38,7	195,1
Industri kartofler	12,5	122,7
Spisekartofler	10,9	243,2
Foderroer	96,6	708,2
Græs og kløvergræs	366,9	809,6
Helsæd:		
vårsæd og græs	40,1	235,5
Majs	12,0	56,4
I alt	1850,0	6454,5

Ved beregningen af nettoværdien er der ikke taget hensyn til de indirekte virkninger af kvælstofgødskningen på det økonomiske resultat. Således vil høstudgifterne øges med udbyttets størrelse. Der er heller ikke taget hensyn til en eventuel merpris for f.eks. maltbyg og hvede med et proteinindhold, der gør den egnet til brødkorn. Endvidere er værdien af merudbyttet for halm ikke medtaget og heller ikke gødningsværdien af nedpløjet halm og roetop m.v. Der skal også gøres opmærksom på, at nettoværdien af kvælstofgødskningen i gartneriet ikke indgår i beregningerne. Den beregnede nettoværdi kan derfor kun betragtes som et groft skøn.

Der er regnet med, at kvælstoffet er udbragt ad 3 gange til græs og kløvergræs og ad 2 gange til helsæd.

Med udgangspunkt i Landbrugsstatistikken kan landbrugets samlede bruttofaktoringkomst for planteprodukter i 1989 opgøres til 14,1 milliard. Med en nettofortjeneste på ca. 6,5 milliard svarer dette til, at kvælstofgødskningen bidrog med 40-50% af dette beløb.

## Fosfor

Fosfor i jord forekommer både som uorganisk fosfor og som organisk bundet fosfor. I almindelig agerjord udgør organisk bundet fosfor henved en tredjedel. Som følge af gødskning med fosfor er indholdet i jorden steget gennem de sidste 40 år. Totalindholdet i almindelig højbundsjord i pløjelagets dybde er i dag af størrelsesordenen 1800 kg P pr. ha. Kun en meget lille del af denne fosformængde findes opløst i jordvandet, omkring 0,1-0,2 kg pr. ha. Organisk bundet fosfor skal mineraliseres, for at det kan udnyttes af planterne.

### *Fosfor i handels- og husdyrgødning*

Fra 1980'erne til i dag er tilførslen af fosfor i handelsgødning faldet fra 58.000 tons P til 40.000 tons P pr. år. En del af baggrunden herfor tillægges en bedre anvendelse af husdyrgødningen, samt at den dyrkede jord nu generelt har en god fosfortilstand.

Fosforindholdet i husdyrgødningen udgør godt 60.000 tons P om året (Sibbesen, 1990).

**Tabel 15.** Koncentration af opløst uorganisk P ( $\text{PO}_4\text{-P}$ ) og total-P i drænvand, jordvand i 80 cm dybde og grundvand i 65-145 cm dybde. Sammendrag af danske undersøgelser gennemført i perioden 1971-85 (Sibbesen, 1987).

	$\text{PO}_4\text{-P}$ konc., mg P/l			Total-P-konc., mg P/l		
	gns.	spredn.	antal	gns.	spredn.	antal
<i>Drænvand</i>						
Moræneler/ager	0,03	0,02	27	0,10	0,06	7
Lavbundsjord/eng	0,09	0,06	7	0,29	0,13	6
Marskjord	1,2		1			
<i>Jordvand</i>						
Moræneler/ager	0,03		2			
Sandjord/ager	0,03		2			
<i>Grundvand</i>						
Sandlag	0,03	0,01	6			
Tørvelag	0,10	0,03	3			

Med slam tilføres jordbruget en fosformængde svarende til omkring 0,7 kg P pr. ha pr. år og fra atmosfæren vurderes tilførslen at være 0,1-0,2 kg P pr. ha pr. år (Miljøstyrelsen, 1988) dvs. totalt henholdsvis 2.000 og 500 tons P pr. år.

#### Tab af fosfor

Tab af fosfor kan ske ved nedvaskning gennem rodzonen, overfladeafstrømning og jordfygning. Et sammendrag af resultater fra målinger af koncentrationen af uorganisk- og totalfosfor i drænvand, jordvand og grundvand fra forskellige undersøgelser er vist i tabel 15 (Sibbesen, 1987).

I tabel 16 er størrelsesordenen for fosfordnedvaskningen beregnet på grundlag af resultaterne i tabel 15.

**Tabel 16.** Beregnet årlig nedvaskning af P fra landbrugsjord ved en vandafstrømning på 300 mm pr. år (Sibbesen, 1987).

Jordtype	PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> P Konc. mg P/l	Nedvaskning kg P/ha
Moræneler	0,03*	0,09*
Lavbundsjord	0,09**	0,27**

\* Stort baggrundsmateriale.

\*\* Forholdsvis begrænset baggrundsmateriale.

Med baggrund i stort set samme materiale er Miljøstyrelsen (Miljøstyrelsen, 1988) kommet frem til en nedvaskning af samme størrelsesorden, men gør opmærksom på, at det opløste fosfat-fosfor oftest kun udgør 33%-50% af det totale fosforindhold. Endvidere anføres, at der i drænvandsundersøgelserne ikke er taget højde for, at en del af overskudsnedbøren strømmer forbi drænene til grundvandet. Samlet skulle dette betyde, at de udvaskede fosformængder reelt er større end udvaskningen beregnet på grundlag af drænafstrømningen. Ved beregningen af resultaterne i tabel 16 er der taget højde for afstrømningen til grundvandet.

Nedvaskningen af fosfor stiger generelt med stigende afstrømning, men falder med jordens evne til at binde fosfor. Sidstnævnte forhold afhænger bl.a. af jordens indhold af reaktive jern- og aluminiumsforbindelser. Har jorden store sprækker eller porer, skyder vandet genvej og kan dermed transportere fosforrige partikler af jord og gødning m.v. ned under rodzonen uden om den »filtrerende« jord. Dette kan også forklare, at fosfordnedvaskningen er fundet større efter husdyrgødning end efter handelsgødning og større på vedvarende græs end på pløjet og harvet jord.

Der er kun foretaget få undersøgelser vedrørende overfladeafstrømning af fosfor i Danmark. I vandløb er der observeret stærkt forhøjede koncentrationer af fosfor på dage med stor nedbør i vinterhalvåret og i tørtudssituationer (Hansen og Sommer, 1987).

I et samarbejde mellem Statens Planteavlsvforsøg og Det danske Hedeselskab foretages undersøgelser af overfladeafstrømning, vanderosion og fosfortab på skrånende arealer ved Foulum og Ødum (Schjønning et al., 1990). Det første vinterhalvår fandtes ret betragtelige tab af fosfor fra harvet jord på begge jordtyper. Opløst fosfor udgjorde ca. 5% og partikulært fosfor ca. 95% af tabet. Endvidere fandtes overraskende store tab fra arealer dyrket med vinterhvede og tab af opløst fosfor fra arealer dyrket med rajgræs ved Foulum.

Tab af fosfor kan også forekomme ved jordfygning, men omfanget af fosfortab i forbindelse hermed er vanskelig at gøre op. En afblæsning af 2-3 cm jord er ikke usædvanlig på jord med et højt indhold af finsand. Dette svarer til et tab af fosfor på ca. 200-300 kg P pr. ha (Sibbesen, 1987).

#### Regnskab for fosforhusholdningen i jordbruget

Med de høstede afgrøder fjernes årligt 20-22 kg P pr. ha. Udvasningen af fosfor i form af fosfat ligger formentlig omkring 0,1-0,2 kg P pr. ha. På visse jordtyper f.eks. marskjerne lidt mere.

Ud fra det ovenfor omtalte vedrørende tilførsel og tab af fosfor og under forudsætning af at der ikke sker et tab i forbindelse med håndte-

ringen af husdyrgødningen, er der i tabel 17 opstillet et regnskab for fosforhusholdningen for det dyrkede areal, som udgør ca. 2.800 tusind ha.

**Tabel 17.** Fosforregnskab. Sidste halvdel af 80'erne.

Tilførsel 1000 tons		Bortførsel 1000 tons	
Handelsgødning	40	Afgrøder	60
Husdyrgødning	60	Udvaskning	0,5
Slam	2	Overfladeafstrømning	?
Fra atmosfæren	0,5	Fastlægning i jorden	42

Med den foreliggende viden omkring tabet af fosfor ved overfladeafstrømning skønnes det ikke rimeligt at sætte »tal« på for tabet på landsplan.

Den angivne størrelse for fastlægningen i jorden må tages med forbehold, idet der bag denne post ligger de tab, der måtte forekomme ved håndteringen af husdyrgødningen og ved overfladeafstrømning og jordfygning.

### Organisk stof

Organisk stof i jord består af jordens mikroflora og fauna samt af planterester på alle stadier af nedbrydning fra frisk organisk stof til den relativt stabile stofgruppe, som benævnes humus. Organisk stof opdeles dog ofte i to fraktioner, en labil og en stabil fraktion, som har meget forskellige omsætningshastigheder. Den labile fraktion omsættes i løbet af årtier, mens den stabile fraktion omsættes over århundreder.

Jordens kulstofindhold anvendes som udtryk for indholdet af organisk stof - humus. Humus indeholder omkring 58% kulstof. Forskellige jordtypers kulstofindhold i de øverste 20 cm er vist i tabel 18.

Af tabellen ses, at kulstofindholdet kun er lidt afhængig af jordtypen bortset fra humusjord.

**Tabel 18.** Gennemsnitlig kulstofindhold (%) i de øverste 20 cm i danske jorde. (Data fra Afdeling for Arealdata og Kortlægning, Statens Planteavlsvforsøg, 1990).

Jordtype	Kulstof %
JB1 Grovsandet jord	2,04
JB2 Finsandet jord	2,00
JB3 Lerblandet sandjord	2,02
JB4 Sandblandet lerjord	1,64
JB5 Lerjord	1,78
JB6 Svær lerjord	3,58
JB7 Humusjord	16,18
JB8 Speciel jordart	2,38

De væsentligste forhold af betydning for jordens indhold af organisk stof er den tilførte mængde og nedbrydningshastigheden.

Nedbrydningshastigheden af organisk stof i jorden afhænger af såvel jordfysiske, kemiske og klimatiske forhold. Nedbrydningshastigheden er ofte langsommere i lerjorde end i sandjorde. Dette forklares bl.a. ved, at det organiske stof adsorberes til ler- og siltmineralernes overflader og derved er beskyttet mod nedbrydning. Endvidere er luftskiftet og dermed iltforholdene bedre i sandjorde end i lerjorde. Omsætningshastigheden påvirkes også af pH og jordens næringsstofindhold gennem påvirkning af den mikrobiologiske aktivitet i jorden. Disse forhold er dog normalt ikke begrænsende for nedbrydningen, når det drejer sig om dyrkede højbundslande.

Den mikrobiologiske aktivitet i jorden og dermed omsætningen af organisk stof er afhængig af en passende fugtighed i jorden og af jordtemperaturen. Omsætningen går i stå i tør jord og, når jordtemperaturen falder til omkring frysepunktet.

Indholdet af organisk stof i jorden er som nævnt bestemt af balancen mellem den tilførte mængde og nedbrydningshastigheden. Almindeligvis er tilførslen af organisk stof større og

nedbrydningshastigheden mindre på naturarealer end på de dyrkede arealer. Alt andet lige vil indholdet af organisk stof derfor være størst på naturarealerne.

Den større omsætningshastighed på de dyrkede arealer skyldes, at der ved den mekaniske jordbearbejdning sker en effektiv indblanding af plantematerialet, ligesom luftskiftet øges. Begge forhold, som fremmer omsætningen.

Ved opdyrkning af naturarealer, herunder ompløjning af flerårige græsmarker, vil der ske en omfattende nedbrydning af det gennem årene ophobede organiske stof. Dette kan medføre en forholdsvis stor udvaskning af kvælstof de første år, indtil der er opnået en ny balance svarende til de ændrede dyrkningsforhold. Der kan hengå årtier, inden en ny balance opnås.

Landbrugsarealernes indhold af organisk stof påvirkes af sædskifte, gødningsniveau, tilførsel af organisk stof med husdyrgødning, halmnedmuldning, planterester efterladt på marken ved høst samt eventuelt ved dyrkning og nedpløjning af efterafgrøder.

Med hensyn til sædskifter fandtes i ramme-forsøg (Christensen, 1988), at sædskifter med græs gav et større bidrag til jordens indhold af organisk stof end sædskifter alene med stråafgrøder eller rodfrugter. Tilførsel af husdyrgødning og halmnedmuldning havde ligeledes en positiv effekt. Samme hovedlinier med hensyn til sædskiftets betydning er fundet i markforsøg (Christensen, 1990).

Gødskningens betydning for indholdet af organisk stof på dyrkede arealer fremgår også af de langvarige gødningsforsøg ved Askov. Indholdet af organisk stof er lavest, hvor der ikke tilføres gødning, højere, hvor der tilføres handelsgødning, og højest, hvor der tilføres husdyrgødning. Effekten af handelsgødningen må skyldes, at der på grund af det større udbytte også efterlades en større mængde planterester, end det er tilfældet, hvor der ikke gødes.

Ændringen i indholdet af organisk stof er størst i de første år efter en omlægning og aftager efterhånden, som den nye ligevægtstilstand indtræder. At ændringen ikke er lineær over en

længere årrække, er også vist af Sibbesen (1990b), der fandt, at faldet i jordens indhold af kulstof i de langvarige sædskifteforsøg ved Askov ikke var lineære, men svagt konkave.

Med baggrund i resultater fra ovennævnte undersøgelser og de forskellige jordtypers kulstofindhold samt anvendelsen af det dyrkede areal har Olesen (1990) beregnet kuldioxidafgivelsen ved nedbrydning af organisk stof i de danske landbrugsjorder til 0-10 mio. tons kuldi-oxid om året.

Den store usikkerhed på resultatet skyldes manglende kendskab til arealbenyttelsen på forskellige jordtyper, dræningstilstand, fordelingen mellem labilt og stabilt organisk stof i jorden, nedbrydningshastigheden for de forskellige fraktioner af organisk stof samt tilførslen under forskellige dyrkningsforhold.

Tiltag som dyrkning af efterafgrøder og nedmuldning af halm for at reducere kvælstofudvaskningen vil formentlig medføre, at indholdet af organisk stof i jorden vil være stigende fremover. Med et stigende indhold af organisk stof i jorden vil der imidlertid også være basis for en større frigørelse af kvælstof om efteråret, som skal fastholdes i jord-plantesystemet.

## Pesticider

Ordet pesticider dækker over de hjælpepestoffer, der i jordbruget bruges til bekæmpelse af ukrudt (herbicider), svampesygdomme (fungicider), skadedyr (insekticider) og til vækstregulering af planter samt jorddesinficering.

### Udvikling i pesticidforbruget

#### *Historisk baggrund*

Anvendelsen af kemiske bekæmpelsesmidler begyndte først for alvor efter 2. verdenskrig. Hormonmidlerne til ukrudtsbekæmpelse i korn blev introduceret som noget af det første. Sideløbende med pesticiderne udvikledes marksprøjtten og i løbet af 20 år blev det almindelig praksis at bekæmpe ukrudtet kemisk. Ukrudtsharvning, radrensning og lugning blev afløst af kemisk bekæmpelse.

De første insektmidler af betydning for jordbruget blev ligeledes introduceret efter 2. verdenskrig. Klorerede kulbrinter (bl.a. DDT) var blandt de første. I dag er pyrethroider de mest udbredte insekticider.

Anvendelse af svampemidlet kobbersulfat (Bordeauxvæske) er kendt fra før dette århundrede. Svampemidler blev dog, bortset fra i havebruget/frugtavl, kun brugt i begrænset omfang i jordbruget indtil begyndelsen af 1980'erne, hvor der blev introduceret nyere og mere effektive midler.

Udviklingen og markedsføringen af nye pesticider blev intensiveret i 70'erne, samtidig med at der i jordbruget skete en betydelig specialisering og rationalisering.

Den store nedgang i landbrugets arbejdsstyrke, der har fundet sted siden 2. verdenskrig, har været af væsentlig betydning for herbicidernes afløsning af manuel ukrudtsbekæmpelse - ikke mindst i roerne.

### *Behandlingshyppighed*

Traditionelt har forbruget af bekæmpelsesmidler været opgjort i tons aktivstof solgt pr. år. I erkendelse af at tons aktivstof blev et utilstrækkeligt mål for pesticidforbruget i takt med udviklingen af højaktive stoffer, der anvendes i meget små mængder pr. ha, blev begrebet behandlingshyppighed introduceret (Kjølholt, 1986). Behandlingshyppigheden er et statistisk udtryk for, hvor mange gange det dyrkede areal, ud fra den solgte mængde, kan behandles med et pesticid - anvendt i den anerkendte/anbefalede dosering.

Ved fordeling af den solgte mængde produkter på enkelte afgrøder er der i perioden ikke taget højde for opdeling mellem vinter- og vårafgrøder. Det skyldes manglende statistiske oplysninger over forbruget i de 2 grupper. Der er således blot regnet med en gennemsnitsdosering. Da der i en række tilfælde er anerkendt en større dosering i vinterafgrøder end i vårafgrøder, giver dette i forbindelse med øgede arealer med vinterafgrøder anledning til nogle misforhold i den beregnede behandlingshyppighed. Dette skønnes dog ikke at have væsentlig betydning for den samlede behandlingshyppighed.

For fuldstændighedens skyld skal der gøres opmærksom på, at behandlingshyppigheden som statistisk udtryk ikke er identisk med den reelle behandlingshyppighed. Den reelle behandlingshyppighed er, da der ofte anvendes reduceret dosering, større end den statistiske.

Figur 7 viser forbruget målt i kg aktivstof solgt i det enkelte år, samt den gennemsnitlige behandlingshyppighed.

Som det fremgår af figur 7, toppede forbruget i 1984. Det store forbrug i 1989 og 1990 skyldes 2 meget specielle vækstsæsoner med øget behov for bekæmpelse i en række afgrøder, plus usædvanligt store opkøb til lagre. Det øgede behov for bekæmpelse skyldes bl.a. 2 usædvanligt milde vintre.

Af figur 8 og 9 fremgår det, at langt den største del af forbruget af pesticider ligger inden for ukrudtsbekæmpelsen. I de senere år er det dyrkede areal i gennemsnit behandlet ca. 1.4 gange pr. vækstsæson med herbicider. Bekæmpelsesomfanget er meget afgrødefhængigt. Som eksempel kan nævnes, at behandlingshyppigheden i roer ligger på over 3, mens den i korn ligger på godt 1. Stigningen i forbruget af herbicider i 1989 skyldes et øget vintersædsareal, hvor der blev bekæmpet ukrudt i efteråret, samt opkøb af herbicider til lagre.

En medvirkende årsag til at forbruget af herbicider ikke har været dalende i 80'erne skal findes i den øgede udbredelse af kemisk kvikbekæmpelse. Anvendelse af glyphosat har på dette område i vid udstrækning afløst den mekaniske kvikbekæmpelse. Behandlingshyppigheden med dette middel var 0.17 i 1989 svarende til ca. 10% af hele forbruget med ukrudtsmidler.

Forbruget af fungicider har udviklet sig betydeligt i løbet af 80'erne. Den udbredte anvendelse af reducerede doseringer har dog bevirket, at behandlingshyppigheden har kunnet reduceres siden 1984, bortset fra 1989 og 1990, hvor sygdomstrykket i korn var exceptionelt stort. Behandlingshyppigheden med fungicider er størst i kartofler, grønsager, frugtavl og vintersæd.

Forbruget af insekticider har i hele perioden ligget relativt lavt. Dog er der også her tale om et



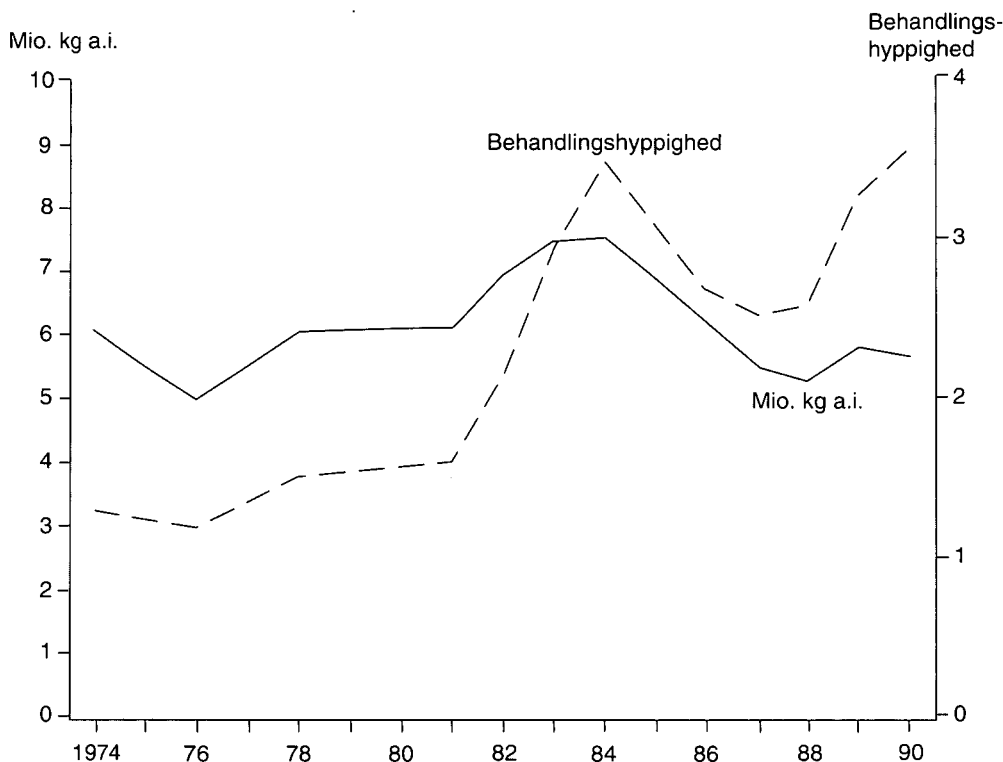


Fig. 7. Udviklingen i pesticidforbruget målt i solgt mængde aktivstof og behandlingstidspunkt.

særligt stort forbrug i 1989 og 1990, hvor bladlusangreb var mere udbredt end sædvanlig.

Vækstregulering af kornafgrøder blev introduceret i midten af 70'erne. Omfanget af vækstregulering har ligget nogenlunde konstant op gennem 80'erne. Den kraftige stigning i 1990 skyldes øgede opkøb som følge af et forventet forbud. Da forbudet er stillet i bero, må der forventes et fald i salget i de efterfølgende år.

#### Forbruget af pesticider i skovbruget

Forbruget af pesticider er meget begrænset inden for skovbruget. I alt skønnes det at der bruges ca. 20 tons aktivstof pr. år. 90% bruges til ukrudtsbekæmpelse på arealer med juletræer og graner til pyntegrønt, mens den resterende del bruges til insektbekæmpelse i grankulturer.

#### Forbruget af pesticider inden for frugtavl og gartneri

Det samlede areal til gartneriproduktion incl. frugt og bær i 1989 er ca. 27.000 ha. Oplysninger om pesticidforbruget inden for dette område er ikke underbygget ved nogen egentlig forbrugsstatistik. Totalt set er mængden forholdsvis lille, da arealerne med disse kulturer er små. Derimod er brugen af pesticider mere intensiv inden for dette område sammenholdt med landbruget. Dette skyldes hovedsageligt de meget strenge krav til kvalitet, som er helt afgørende for at varen kan afsættes til direkte konsum.

En dansk frugtavl skønnes at behandle sin plantage 10-15 gange pr. vækstsæson. Især antallet af svampebehandlinger er ofte betydeligt - ikke mindst i regnrige somre.

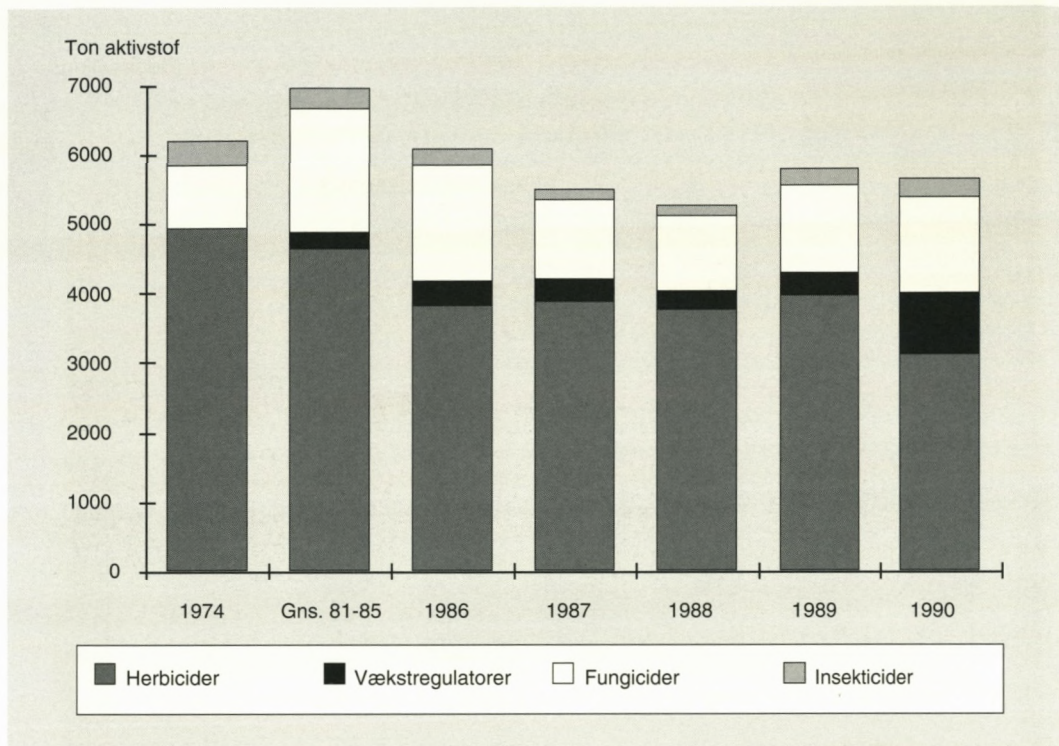


Fig. 8. Udviklingen i den solgte mængde bekæmpelsesmidler, tons aktivstof (Miljøstyrelsen, 1992).

Frilandsgrønsager behandles ca 5-8 gange pr. vækstsæson afhængigt af kulturen. Der er tale om betydelig variation fra vækstsæson til vækstsæson.

Forbruget af pesticider i væksthuskulturer varierer ligeledes meget. Anvendelse af insekticider er i mange tilfælde afløst af biologiske bekæmpelsesmetoder, mens fungicidbehandling stadig har et betydeligt omfang.

### Pesticiders nyttevirkning

I en rapport fra 1986 blev nettoprovenuet ved anvendelse af pesticider anslået til 3,6 milliarder (Thonke et al., 1986). En præcis størrelse for pesticiders nyttevirkning er imidlertid meget vanskelig at estimere. Blandt de største usikkerhedsfaktorer skal nævnes de betydelige årlige svingninger i skadegørerniveauet og dermed bekæmpelsesbehovet.

Som baggrund for de nye beregninger ligger arealfordelingen i 1989 samt kemikalieforbruget og priser stammende fra samme år. De anvendte nettomerudbytter er gennemsnitsværdier fra forsøg, der er udført over en årrække.

Den beregnede nettoværdi ved direkte anvendelse af pesticider i landbruget er beregnet nedenfor for hver af de fire pesticidgrupper. For hver gruppe er der regnet fuld udbringelsespris - nemlig 120 kr./ha. Ved behandling i korn er det imidlertid udbredt praksis at blande midler fra mindst to af de fire hovedgrupper. De beregnede udbringelsesomkostninger er derfor for høje. Oftest er den ene blandingspartner et fungicid. Hvis det antages, at 10% af herbicidbehandlingerne (0.14), samt alle behandlinger med vækstreguleringsmidler (0.26) og insekticider (0.55) foregår i blanding, reduceres antallet af kørsler i korn samlet med ca. 1, svarende til en øget



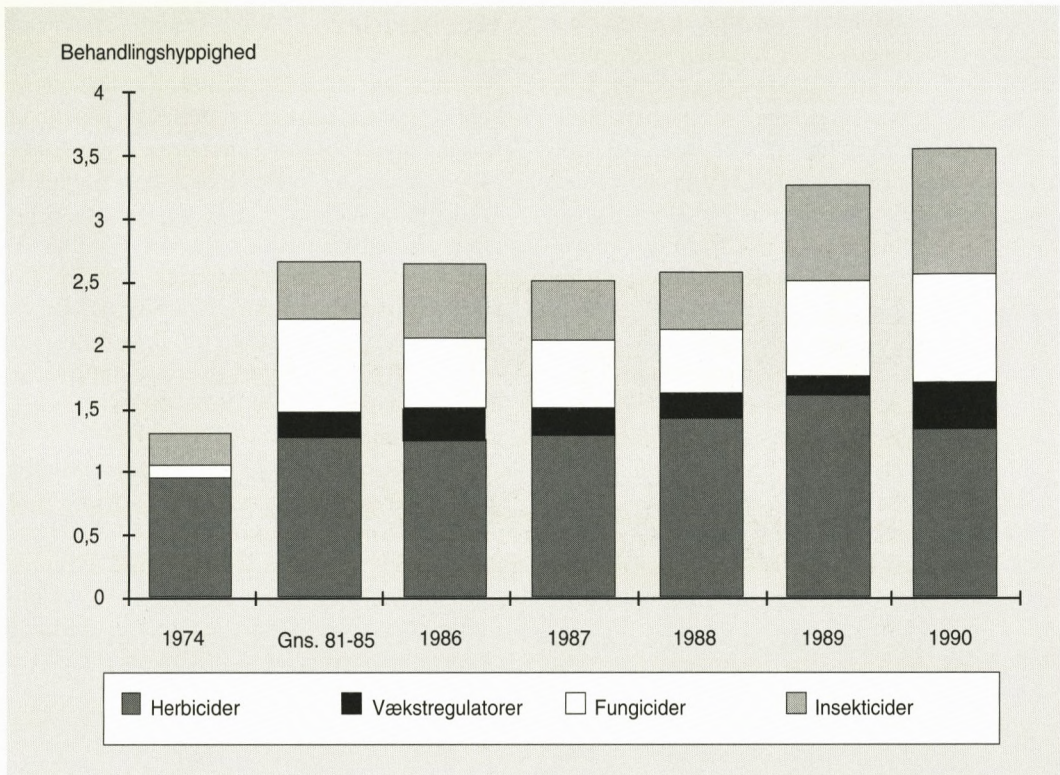


Fig. 9. Udviklingen i behandlingshyppighed (Miljøstyrelsen, 1992).

indtægt på 195 mio. (benævnt blandingseffekten).

Herbicider:	1.260 milliarder
Fungicider:	0.893 »
Insekticider:	0.849 »
Vækstreguleringsmidler:	0.179 »
Blandingseffekt:	0.195 »
Pesticider i alt:	3.376 »

Disse nettoværdier kan kun forventes, hvis samtlige pesticider bruges optimalt. F.eks. vil nettoudbyttet ved herbicidanvendelse kun kunne forventes, hvis der er udført en tilstrækkelig svampebekæmpelse.

I den beregnede nettoværdi er ikke medregnet værdien af indirekte effekter samt nytteværdier for anvendelse af pesticider inden for frugt- og havebrugssektor.

Indirekte effekter dækker især over reducerede omkostninger til tørring, mindre høstudgifter samt kvalitetsforbedringer. Sammenlagt skønnes det, at de indirekte effekter har en værdi på ca. 1.5 milliarder.

Som målestok for nettofortjenesten på i alt ca. 4.9 milliarder ved pesticidanvendelse kan nævnes, at landbrugets samlede bruttofaktorindkomst på planteprodukter i 1989 er opgjort til 14.1 milliarder. Pesticidanvendelsen bidrager altså til ca. 35% af dette beløb. Dette tal er imidlertid kun relevant set ud fra de dyrkningsforhold, der eksisterer i øjeblikket.

Nettoværdien ved pesticidanvendelse vil variere betydeligt fra år til år, men set over en årrække er pesticiderne generelt med til at stabilisere jordbrugerens høstudbytte. Hvis jordbrugeren undlader pesticidanvendelse, vil det ofte betyde dårlig udnyttelse af hans øvrige vækstfaktorer – herunder blandt andet gødning.



Landbrugsproduktionen, som den foregår i dag, er tilrettelagt ud fra forventninger om at have pesticider til rådighed. Sædskiftet ville formodentlig være noget anderledes, hvis pesticider ikke var til rådighed. For eksempel ville roer næsten ikke indgå i sædskiftet, da roedyrkning uden kemisk ukrudtsbekæmpelse vil være urentabel. Ud over et ændret sædskifte ville sortsvalget også være noget anderledes. Jordbrugeren ville i langt højere grad, end det er tilfældet i dag, dyrke sorter med god sygdomsresistens.

Inden for frugt- og havebrugssektoren er sygdoms- og skadedyrsbekæmpelse en forudsætning for, at dyrkerne kan leve op til de meget høje kvalitetskrav, der stilles til produkter inden for dette område. Kravene til kvalitet er så store, at det ofte vil være umuligt at afsætte produktet, hvis der er tale om sygdoms- eller skadedyrsangreb i en kultur. Generelt gælder, at produkterne kun kan eksporteres, såfremt de er fri for sygdomme og skadedyr.

## Herbicider

Sammenlignet med fungicider og insekticider er behovet for ukrudtsbekæmpelse i de enkelte afgrøder forholdsvis konstant fra år til år, da ukrudtet i modsætning til de fleste patogene svampe og skadedyr er stationært. Det betyder, at det primært er sædskifteændringer, der påvirker det samlede behov for anvendelse af herbicider. Men i modsætning til svampe og skadedyr betyder det også, at hvad man foretager af bekæmpelse det ene år, vil påvirke behovet i de kommende år, dvs. der er nogle langsigtede gevinster ved en effektiv ukrudtsbekæmpelse.

En opgørelse i 1990 har vist, at værdien af merudbyttet ved herbicidanvendelsen i 1989 androg 2.951 milliarder kroner (tabel 19). Herfra skal trækkes udgifterne til indkøb af herbicider (852 millioner kr.) samt udbringning (541 millioner kr.). Nogle herbicider forårsager mindre skader på afgrøden, og derfor er yderligere fra-



*Bestemmelse af ukrudtsarter. Kendskab til arten af ukrudt er vigtig for valg af herbicid og dermed for en effektiv bekæmpelse. (Foto: Henny Rasmussen).*

trukket 10% af værdien af merudbyttet. Herved fås, at nettoprovenuet udgjorde 1.26 milliarder.

Foruden de egentlige udbyttetab kan ukrudtet påvirke kvaliteten af afgrøden, besværliggøre afgrødens pleje og høst, øge tørringsudgifterne samt, hvis det ikke bekæmpes, resultere i en opformering, der gør bekæmpelsen i den efterfølgende afgrøde dyrere. Værdien af disse skadevirkninger er skønsmæssigt beregnet til 1.344 milliarder kr. i 1989, som skal lægges til nettoprovenuet på 1.26 milliarder kr. Det vil sige den samlede nettoværdi ved herbicidanvendelse i landbruget i 1989 var 2.6 milliarder kr. Endvidere er en effektiv bekæmpelse af visse ukrudtsarter en forudsætning for, at man f.eks. kan dyrke græs- og kløverfrø, da disse ukrudtsarters frø er umulige at fræse. Herbicidanvendelsen er altså en forudsætning for et frit afgrødevalg. Endelig kan nogle ukrudtsarter, hvis de ikke bekæmpes, vedligeholde visse jordbårne svampe og skadedyr og dermed reducere udbyttet i efterfølgende afgrøder.

**Tabel 19.** Værdien af merudbyttet (mio. kr.) ved ukrudtsbekæmpelsen i 1989

Afgrøde	1989
Korn	1301
Rør	668
Raps	438
Ærter	91
Kartofler	149
Frø til udsæd	41
Grovfoder	263
I alt	2951

#### *Fungicider*

Omfanget af svampesygdomme i det enkelte år afhænger i vid udstrækning af de klimatiske forhold, ligesom graden af resistens hos de dyrkede sorter har væsentlig betydning.

Den største mængde fungicider anvendes i korn og kartofler.

**Tabel 20.** Behandlingsbehov, bekæmpelsesomkostninger og økonomisk gevinst ved anvendelse af fungicider i landbruget.

Afgørde	% areal med behandlingsbehov			Bekæmpelsesomkostninger mio. kr. (gns.)	Økonomisk gevinst mio kr. (gns.)
	min.	max.	gns.		
Vårbyg	50	190	110	208	130
Vinterbyg	25	200	150	44	32
Hvede	10	300	250	345	497
Rug	25	150	50	19	8
Sukkerroer	0	10	1	0	0
Fodderroer	0	0	10	0	0
Raps	0	50	10	5	6
Ærter	0	200	50	20	0
Kartofler	200	500	400	24	160
Bejdsning (korn)	-	-	90	30	60
I alt				695	893

Behandlingsbehovet i tabel 20 er udregnet på baggrund af den gennemsnitlige forekomst af svampesygdomme over en årrække. Derudover er angivet maksimum- og minimumværdier til illustration af den store årsvariation, der kan forekomme.

I de fleste afgrøder skønnes det, at behandlingsomfanget ligger på niveau med behandlingsbehovet. I vårbyg, hvor bekæmpelsesomfanget ifølge statistiske oplysninger ligger en del under det beregnede behov (Jørgensen, 1989) er der kun regnet nytteværdi af den faktisk anvendte mængde.

I tabellen er angivet den økonomiske nettoindtægt vurderet ud fra gennemsnitsmerudbytter og et gennemsnitligt behandlingsbehov. Sammenlagt giver dette en nettofortjeneste på 893 mio. kr. ved en bekæmpelsesudgift på 695 mio. kr. (421 mio. til kemikalier + 274 mio. til udbringelse). Dette tal dækker over en variation, hvor der i den værst tænkelige situation indtjenes 2281 mio. kr. som følge af meget udbredte sygdomsangreb, mens der i en næsten sygdomsfri sæson højest indtjenes 136 mio. kr.

**Tabel 21.** Merudbytte ved svampebekæmpelse i vinterhvede og vårbyg - gns. af årets forsøg ved Planteværnscentret og Landskontoret for Planteavl.

	Merudbytte efter 2 sprøjtninger i hvede hkg/ha	Merudbytte efter 1. sprøjtning i vårbyg hkg/ha
1982	5,5	3,8
1983	9,6	3,0
1984	6,8	4,4
1985	6,1	4,5
1986	4,2	1,6
1987	18,0	5,5
1988	10,3	3,0
1989	12,4	2,7
1990*	27,1	8,0

\* foreløbige tal

Det gennemsnitlige årlige merudbytte for henholdsvis én sprøjtning i vårbyg og 2 sprøjtninger i hvede er vist i tabel 21. Som det fremgår, er der store årsvariationer.

For hvede er der fundet årsvariationer i netto-merudbyttet fra -59 til +3200 kr./ha. For 1990, hvor gulrustangrebene var særligt kraftige, skønnes fungicider i hvede alene at have bidraget med en nettoindtægt på ca. 1.8 milliarder. Således ville 75% af hvedearealet have lidt af misvækst, hvis ikke der var foretaget bekæmpelse af gulrust.

I vårbyg er nettofortjenesten ved bekæmpelse generelt lavere end i hvede. Set over en årrække er den gennemsnitlige nettofortjeneste på mellem 100-200 kr./ha behandlet byg, men også her er der tale om en betydelig årsvariation.

Ud over det direkte merudbytte som følge af fungicidanvendelse, er der også for denne gruppe tale om indirekte merudbytter. Blandt andet kan nævnes:

- Mindsket lejesæd som følge af bekæmpelse af knækkefodsyge vil kunne reducere høstomkostningerne.
- Kravet til store kerner ved maltbyganvendelse vil lettere kunne sikres, hvor der anvendes fungicider.
- Svampebekæmpelse i kartofler giver sygdomsfrie kartofler, hvilket er en forudsætning for lageropbevaring.

### *Insekticider*

Ved anvendelse af insekticider i landbrugsafgrøder opnås en økonomisk gevinst, som varierer fra år til år alt efter skadedyrenes forekomst. Følgende beregninger er udregnet på grundlag af den gennemsnitlige forekomst af skadedyr over en årrække, her med angivelse af den variation, som forekommer årene imellem.

Tabel 22 angiver værdier for data indsamlet via Planteværnscentrets avlerregistreringssystem samt via Planteværnscentrets afprøvningsforsøg. Under kolonnerne økonomisk gevinst er bekæmpelsesomkostningerne fratrukket. Pct. areal angrebet angiver den del af arealet, hvor den økonomiske skadetærskel er overskredet.



**Tabel 22.** Behandlingsbehov, bekæmpelsesomkostninger og økonomisk gevinst ved anvendelse af insekticider i landbruget.

Afgrøde	% areal angrebet			Bekæmpelses- omkostninger mio. kr. (gns.)	Økonomisk gevinst mio. kr. (gns.)
	min.	max.	gns.		
Byg	10	80	40	72	156
Hvede	10	50	25	21	85
Sukkerroer	100	500	300	36	162
Foderroer	100	300	200	39	57
Vinterraps	25	200	100	18	177
Vårraps	25	200	100	27	90
Ærter	80	150	115	24	122
I alt				237	849



*Luseangreb på hvedeaks. Skadetærskler, prognoser og varslingsystemer er vigtige værktøjer i bestræbelserne på at reducere forbruget af pesticider. (Foto: Ghita C. Nielsen).*



*Lejesæd i en hvedemark. Lejesæd kan forårsage store udbyttetab og vanskeliggør høsten. (Foto: Frank Hejndorf).*

Betragter vi den mest gunstige situation - dvs. min. angreb - vil vi med bekæmpelsesudgifter på 86 mio. kr. få en økonomisk nettofortjeneste på 307 mio. kr.

Betragter vi den værst tænkelige situation, bliver bekæmpelsesudgifterne på 426 mio. kr., som giver en økonomisk nettogevinst på 1531 mio. kr.

Ser vi imidlertid på et mere sandsynligt forløb og betragter gennemsnitsværdier, vil vi for en bekæmpelsesudgift på 237 mio. kr. få en nettofortjeneste på 849 mio. kr. Med de priser, som her er lagt til grund, kan det derfor ses, at for hver krone landbruget anvender på nødvendig insekticidbehandling af arealerne, fås i størrelsesordenen 3-4 kr. igen.

Det forholder sig imidlertid således, at der på nuværende tidspunkt bliver bekæmpet betydeligt mere end nødvendigt (et kvalificeret skøn er 30%), hvorfor den aktuelle forrentning kun ligger på ca. 2,5-3 kr. pr. hver investeret insekticidkrone. Fortsat forskning i skadetærskler, prognose- og varslingssystemer samt konstruktion af informationsdatabase vil frembringe værktøjer, som kraftigt vil reducere dette overforbrug.

#### *Vækstreguleringsmidler*

Vækstreguleringsmidler anvendes primært i vintersæd for at undgå lejesæd. En optimal udnyttelse af den tilførte gødning og af de anvendte pesticider opnås kun, hvis afgrøden bliver stående helt frem til høst. Det er derfor svært at opgøre værdien af anvendelsen af vækstreguleringsmidler i vintersæd, da der foruden et direkte udbyttetab også kan være en række indirekte tab ved lejesæd.

I tilfælde af lejesæd vil afgrøden ofte blive overvokset af ukrudt, der ellers ikke ville have haft nogen udbyttedmæssig betydning. Ligeledes vil en række bladsvampe fremmes af det meget fugtige mikroklima, der er i en kornafgrøde, der er gået i leje. Lejesæd påvirker endvidere kornkvaliteten, specielt under fugtige høstforhold, hvilket kan medføre, at både hvede og rug kasseres som brødkorn og derfor bliver afregnet til en lavere pris. Det høstede korn vil endvidere ofte have en højere vandprocent, dvs. tørringsomkostningerne vil være større.

En opgørelse udført af Landbrugets Rådgivningstjeneste på baggrund af forsøg udført i de

Landøkonomiske Foreninger har vist, at det direkte merudbytte ved anvendelse af vækstreguleringsmidler androg en værdi på ca. 260 mio. kr. pr. år i gennemsnit af årene 1987-89. Herfra skal trækkes udgifter til indkøb af midlerne (ca. 30 mio. kr.) samt udgifterne til udbringning (51 mio. kr.), dvs. i alt en nettogevinst på 179 mio. kr. Værdien af de indirekte effekter (kvalitet og tørring) er anslået til 50 til 100 mio. kr. pr. år.

#### **Baggrund for behandling**

##### *Behandling foretages ud fra økonomiske overvejelser*

I handlingsplanen for nedsættelse af forbruget af bekæmpelsesmidler (Miljøstyrelsen, 1986) nævnes, at man tilstræber at jordbrugerens pesticidbehandling baseres på behovskriteriet og at der inddrages såvel økonomiske som miljøhensyn i vejledningen.

Baggrunden for brugen af pesticider er primært at beskytte afgrøderne mod at blive ødelagt af skadevoldere og dermed sikre et højt udbytte-niveau og en god udnyttelse af vækstfaktorerne, herunder næringsstoffer. Jordbrugerens muligheder for at erhverve konkret viden om midlernes påvirkning af miljøet har indtil nu været stærkt begrænset.

Forsøgsresultater fra forsøg udført i såvel de Landøkonomiske foreninger som ved Statens Planteavl-forsøg bruges som baggrund for vurdering af, hvornår en behandling er rentabel. En sådan vurdering ud fra tidligere års forsøgsresultater er imidlertid vanskelig, idet forekomsten af svampesygdomme og skadedyr varierer meget fra år til år.

##### *Forsikringsoprøjtning*

For flere skadevoldere gælder, at vejrforholdene i tiden efter en sprøjtning er afgørende for, om angrebet udvikler sig til et tabsgivende problem. For denne type skadevoldere er det både vanskeligt at fastlægge det optimale behandlingstidspunkt, og at afgøre om det er hensigtsmæssigt at foretage en forsikringsoprøjtning eller den kan undlades. Som eksempel på sådanne skadegørelser kan nævnes visse ukrudtsarter, knækkefodsy-

ge, kartoffelskimmel og visse svampesygdomme i frugt og grønsager.

Forsikringsprøjtningen udføres i et vist omfang hvert år overfor skadegørere, hvor jordbrugeren ønsker at gardere sig imod et potentielt udbyttetab.

Bejdsning af sædekorn foretages for ca. 90% af udsædens vedkommende ifølge oplysninger fra Plantedirektoratet. Størstedelen af disse behandlinger tager i dag ikke udgangspunkt i en behovsvurdering. Dette skyldes, bl.a. for vintersædens vedkommende, at det af tidsmæssige årsager ikke er muligt at foretage analyser for sygdomme (stinkbrand, Septoria og Fusarium), før kornet atter skal udsås.

For vårbyggets vedkommende, hvor stribesyge og nøgen bygbrand er de mest frygtede udsædsbårne sygdomme, er der tiltag igang for at tilpasse bejdsomfanget til en behovsvurdering.

#### *Plansprøjtning*

I slutningen af 1970'erne blev begrebet plansprøjtning introduceret. Plansprøjtning tager kun i lille udstrækning hensyn til, hvorvidt der eksisterer et egentligt bekæmpelsesbehov. Baggrunden for en bekæmpelse er alene tidligere års forsøgsresultater, der viser, at bekæmpelse i gennemsnit er rentabel. Plansprøjtning har aldrig været særligt udbredt i Danmark. Faldende produktpriser samt stigende miljøbevidsthed bevirkede, at jordbrugeren veg tilbage for denne dyre og unuancerede bekæmpelsesstrategi.

#### *Behovsprøjtning og planteværnsmodeller*

Baggrunden for at vurdere rentabiliteten ved en given sprøjtning er ofte kompleks. En række faktorer har betydning – såsom afgrødens placering i sædskiftet, sortsresistens, jordtype, afgrødens udviklingstrin, kendskab til skadegørernes opformeringsrate, de klimatiske forhold, mulighed for at kombinere behandlingen med øvrige behandlinger og den valgte dosering.

Foren del skadegørere findes fastlagte skadetærskler. Disse bruges af jordbrugeren som baggrund for en vurdering af sprøjtebehovet. Fær-

digudviklede planteværnsmodeller findes dog langt fra inden for alle områder.

#### *Reducerede doseringer*

De senere års forsøgsresultater og erfaringer fra praksis har vist meget gode muligheder for at anvende reducerede doseringer. Dette er muligt, hvis bekæmpelsen sker under optimale klimaforhold, og mens angrebsgraden af sygdomme er lille, eller ukrudtet er småt.

Øget kendskab til midlernes virkningsspektrum, og under hvilke betingelser midlerne virker optimalt, er med til at mindske risikoen for dårlig bekæmpelse, når doseringen reduceres.

Resultater med herbicider og i særdeleshed med fungicider har vist, at en reduktion af doseringen ofte giver behov for flere sprøjtninger. Sammenlagt opnås der en højere bekæmpelsesgrad og et nedsat samlet kemikalieforbrug.

#### **Forbruget i Danmark sammenholdt med øvrige lande**

Forbruget af pesticider har ikke kun været stigende i Danmark. Vores nabolande har oplevet en tilsvarende eller endnu kraftigere stigning i forbruget.

Tabel 23 viser forbruget udtrykt i kilo aktivstof pr. arealenhed i omdrift, opdelt på de enkelte pesticidgrupper.

Som det fremgår ligger forbruget i Tyskland, Holland og Storbritannien højere end i Danmark, mens forbruget i Sverige er mindre. Blandt årsagerne til det forskellige forbrug skal nævnes, at der eksisterer forskellige sædskiftepraksis landene imellem, at der anvendes højere doseringer i visse nabolande, at de højaktive herbicider ikke er lige udbredt i de forskellige lande, ligesom sygdomssmittetrykket og dermed bekæmpelsesbehovet i de nordlige lande generelt er mindre end i sydligere liggende lande.

Forholdene i Holland er helt specielle pga. landets store kartoffel- og grøntsagsproduktion, som bl.a. kun kan ske ved anvendelse af store mængder jorddesinfektionsmidler.

**Tabel 23.** Kilo aktivstof anvendt pr. ha landbrugsjord i omdrift, 1988.

	Danmark	Tyskland	Holland	UK	Sverige
Herbicer	1,4	2,3	4,1	1,9	0,8
Fungicer	0,4	1,5	4,6	0,8	0,2
Insekticider	0,1	0,2	0,6	0,2	0,03
Desinfektionsmidler	-		9,6		
Vækstregulering	0,1	} 0,3	1,4	} 0,5	0,03
Andre					
I alt	2,0	4,4	20,2	3,4	1,1

### **Krav til pesticider i forbindelse med godkendelse**

Af loven om godkendelse af bekæmpelsesmidler fremgår det af § 35 stk 1 at:

»Godkendelse kan ikke meddeles til stoffer eller produkter, som i forbindelse med anvendelsen eller den dermed forbundne håndtering og opbevaring er, eller på grundlag af foreliggende undersøgelser eller erfaringer formodes at være særligt farlige for sundheden eller særligt skadelige for miljøet«.

Til vurdering af pesticiders farlighed over for mennesker og miljø er i 1988 udarbejdet 10 kriterier. Alle nye pesticider skal, for at kunne markedsføres, dokumentere, at de opfylder de opstillede kriterier. For »gamle« pesticider gælder, at disse indenfor en 5 årig periode (1988-93) skal revurderes efter de samme 10 kriterier. Hvis produkternes dokumentation er utilstrækkelig, eller resultater viser, at pesticidet overskrider de fastsatte kriterier forbydes pesticidet.

Miljøstyrelsen kan endvidere forbyde et pesticid, selv om ingen af kriteriernes grænseværdier er overskredet. Således kan en samlet vurdering af midlets egenskaber resultere i et afslag, hvis der findes alternative pesticider eller metoder, som er væsentligt mindre farlige for sundhed og miljø.

*Toksikologiske og økotoxikologiske kriterier*  
Ved godkendelse af pesticider vurderes de sundhedsmæssige risici over for mennesker ud fra 7 kriterier. Disse omfatter begrænsninger på følgende områder:

1. akut giftighed
2. giftighed ved kortere tids påvirkning
3. giftighed ved længere tids påvirkning
4. kræftfremkaldende virkning
5. mutagen virkning
6. skadelig virkning på forplantning
7. skadelig virkning på nervesystemet

På det økotoxikologiske område anvendes i dag 3 kriterier ved godkendelse af nye og revurdering af gamle midler.

1. persistens i jord
2. mobilitet i jord
3. bioakkumulering

Miljøstyrelsen arbejder henimod udarbejdelsen af flere kriterier. Det drejer sig f.eks. om virkning på nytteinsekter og subkroniske virkninger på vandorganismer og fugle. De undersøgelser, som i dag kræves, belyser den akutte giftighed og forudsiger ikke risikoen ved den eksponering, organismene i praksis er udsat for.

Da rapporten her kun omhandler miljøkonflikter i forbindelse med jordbruget, vil de hu-

man-toksikologiske kriterier ikke blive yderligere vurderet. Ved vurdering af de 3 økotoksikologiske kriterier ligger følgende til grund:

#### *Persistens*

Ved persistens forstås her et stofs bestandighed i jorden efter behandlingstidspunktet. Stoffets halveringstid i jord bruges som mål for et midtels bestandighed.

I forbindelse med pesticider bliver halveringstiden bestemt - ikke blot for det virksomme stof, men også for væsentlige omdannelsesprodukter. Specielt bør anvendelsen ikke resultere i en akkumulering af det virksomme stof eller uønskede omdannelsesprodukter i jorden.

Hvis et stof i markforsøg findes at have en halveringstid på 3 måneder og derover, bør det ikke godkendes.

For stoffer til ukrudtsbekæmpelse, hvor en vis persistens er tilsigtet, må halveringstiden ikke overstige 8 måneder.

#### *Mobilitet*

Udgangspunktet for vurdering af pesticiders mobilitet er, at det virksomme stof og dets nedbrydningsprodukter ikke må nå grundvandet i koncentrationer, som overstiger 0.1 µg/l.

#### *Bioakkumulering*

Ved bioakkumulering forstås her uønsket op-hobning af et virksomt stof i levende organismer i koncentrationer, der overstiger koncentrationen af stoffet i det omgivende miljø.

Et pesticid, der viser sig at være bioakkumulerende i pattedyr eller andre dyr via føde eller fødekæder, kan ikke godkendes.

### **Pesticidrester og deres indflydelse på næringsværdien**

#### **Restkoncentrationer**

Levnedsmiddelstyrelsen er ansvarlig for undersøgelser af pesticidrester i levnedsmidler. Undersøgelser foretages i både vegetabiliske og animalske levnedsmidler.

For en given afgrøde/pesticid-kombination er der fastsat maksimalgrænseværdier, som angiver

hvor meget pesticid, der maksimalt må være til stede på tidspunktet for konsum. De fleste grænseværdier er fastsat af FAO/WHO komitéer.

I brugsanvisningen for pesticider beskrives hvordan midlet skal anvendes, og hvilken sprøjtefrist der er fastsat. Når disse forholdsregler overholdes, skulle midlets grænseværdier ikke kunne overskrides.

Påviste overskridelser af maksimalgrænseværdier for pesticider i procent af undersøgte prøver inden for frisk frugt og grønsager er indtegnet i fig. 10. Som det fremgår er der i hele perioden fundet flest overskridelser i prøver af importerede vegetabilier (Levnedsmiddelstyrelsen, 1988).

Hvor der konstateres overskridelser, vil der normalt blive rettet henvendelse til producenten eller den pågældende importør for at gøre opmærksom på, at de fundne rester har været uacceptable.

#### *Indflydelse på planters næringsværdi*

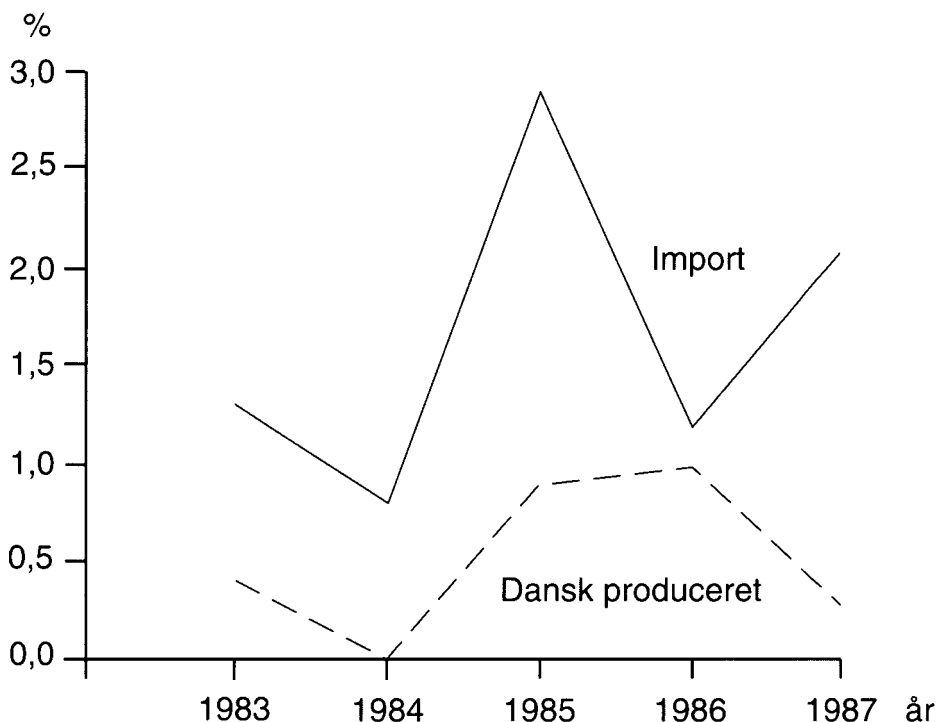
Pesticider kan påvirke planters kemiske sammensætning på to måder. Enten direkte ved at påvirke plantens fysiologi eller indirekte ved at fjerne svampe og skadedyr, som lever på planten, eller ukrudt som konkurrerer med kulturplanten om lys, vand og næring.

Det er ofte vanskeligt at afgøre, om ændringerne i den kemiske sammensætning skal henføres til en direkte eller en indirekte påvirkning af planten, men oftest er det de indirekte påvirkninger, der har størst effekt.

Det forventes ofte, at pesticiderne ændrer næringskvaliteten i »negativ« retning, ved bl.a. at reducere planternes indhold af næringsstoffer. Ændringerne er lige så ofte »positive«, altså en forøgelse af næringsstofindholdet.

#### *Indflydelse på husdyr*

Der foretages generelt ikke kontrol for indhold af pesticider i foder til dyr. Visse importerede foderemner testes dog undtagelsesvis. Denne kontrol omfatter alene pesticider, som kan ende i de animalske konsumvarer såsom kød og smør.



**Fig. 10.** Påviste overskridelser af maksimalgrænseværdier for pesticider angivet i procent af antal undersøgte prøver i stikprøvekontrollen af friske frugt og grønsager for årene 1983-87.

### Spredning og nedbrydning i miljøet

En af forudsætningerne for, at vi kan anvende pesticider er, at vi ved, hvor længe de virker, hvor meget af midlet der lander i afgrøden, og om midlet transporteres fra marken til andre dele af vort miljø.

Selv om det er en afgrøde, der behandles, så vil en del af midlet lande på jorden. I jorden kan der ske en transport, specielt med det nedsvivende vand. Hvor meget midlet spredes afhænger blandt andet af, hvordan udbringningen sker. For pesticider har specielt damptryk, dråbestørrelse, vindhastighed og udbringningshøjde betydning for transporten i luft, medens specielt nedbrydningstid, binding og vandopløselighed har betydning for transport i jord og vand.

Fig. 11 viser, hvordan transporten af et bekæmpelsesmiddel kan ske mellem forskellige miljøer.

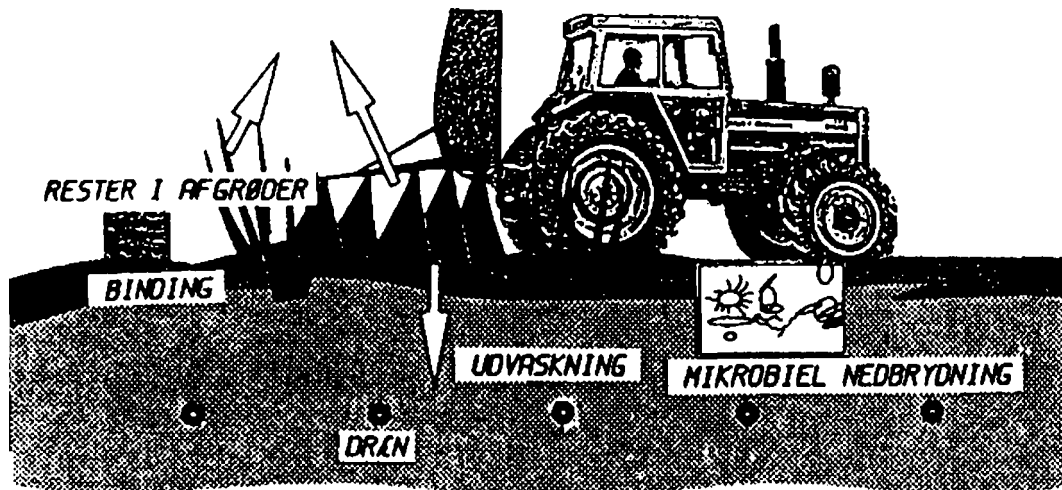
### Fjernelse fra jord

På overfladen af jord og planter kan sollyset nedbryde nogle pesticider (fotokemisk nedbrydning). Ved kontakten med jordvæske og jordbestanddele kan der ske en kemisk nedbrydning, og endelig kan mange af jordens svampe og bakterier producere enzymer, som kan nedbryde pesticiderne (biologisk nedbrydning). Biologisk nedbrydning er langt den vigtigste årsag til, at pesticiderne nedbrydes i jorden.

Nogle midler fjernes delvis ved fordampning fra jordoverfladen og fra overfladen af behandlede planter, hvilket giver mulighed for senere nedvaskning med regnskyl.

Et pesticid kan vaskes ned i jorden eller skylles af jordoverfladen med risiko for forurening af grund- eller overfladevand. Afskyllning foregår sædvanligvis i forbindelse med jorderosion. Risikoen for nedvaskning i jorden er størst

## FORDAMPNING OG VINDDRIFT



## GRUNDVAND

*Fig. 11. Anvendelsen af bekæmpelsesmidler kan resultere i rester i afgrøden. Midlerne kan også bindes i jorden, eller de kan ved vinddrift, fordampning eller udvaskning flyttes, og endelig kan de nedbrydes i jorden (fremstillet af F. Hejndorf).*

på jorder med lavt indhold af organisk stof, og hvis der anvendes midler, som er stabile, og som kun bindes svagt i jorden. Jordsprækker under tørkeforhold skønnes også at have betydning for transport til dybereliggende lag.

Der er meget stor forskel på, hvor hurtigt de forskellige midler kan nedbrydes, og dermed hvor hurtigt de fjernes fra jorden. Nedbrydningshastigheden kan variere fra en enkelt dag for de lettest nedbrydelige pesticider til adskillige år.

Tabel 24 viser eksempler på, hvor længe rester af nogle almindeligt anvendte pesticider kan ventes at findes i jorden. Er jordtemperaturen lav, går nedbrydningen langsomt. Et stof, der bringes ud om efteråret, vil således ligge meget længere i jorden, end hvis det samme stof blev bragt ud om foråret.

Hvis jorden er helt tørret ud om sommeren, vil nedbrydningen også være langsom, fordi mikroorganismernes aktivitet er meget ringe i en tør jord.

**Tabel 24.** Eksempler på hvor lang nedbrydningstiden er for en række pesticider i jord. Nedbrydningstid = den tid der går til ca. 95% af den tilførte mængde er nedbrudt.

Over 1 år	3 mdr. - 1 år	Under 3 mdr.
carbendazim	cypermetrin	captan
propiconazol	fenvalerat	maneb
triadimefon	permetrin	malathion
atrazin	parathion	pyrethrum
simazin	lenazil	2,4-D
	linuron	dichlorprop
		MCPA
		mechlorprop

Pesticider kan bindes i jorden eller omdannes til kemiske stoffer, som er mere stabile end det oprindelige stof. Det kan enten være nedbrydningsprodukter, som optræder frit i jorden, eller det kan være stoffet eller rester af dette, som bindes til organisk materiale i jorden.



Eventuelt kan pesticidet eller dele af det indbygges i humus, hvorfra det så først frigøres, når det organiske stof nedbrydes.

### *Indhold i atmosfære og regnvand*

Der optræder jævnligt sprøjteskader i hegn, haver eller i drivhuse, som grænser op til sprøjtede marker. Skaderne optræder oftest nær kornmarker, som om foråret sprøjtes med hormonmidler. Disse afdriftsskader skyldes hovedsagelig, at relativt store herbicidmængder kan fjernes med vinden under udsprøjtningen. Sådanne skader skyldes uagtsomhed, og belaster jordbrugerens omdømme.

Pesticider kan afgives til atmosfæren. Rester af atrazin, simazin, mechlorprop og dichlorprop i nedbør er opsamlet med regnvand på et udyrket areal i et landbrugsområde i Tyskland. Specielt i tidsrummet omkring sprøjtning (april-maj) er der fundet pesticidrester i regnvandet, men også i flere uger efter brugen af f.eks. mechlorprop kunne det spores i regnvandet. Dette skyldes enten fortsat tilførsel ved fordampning fra jord og planter, eller at stoffet har en lang opholdstid i luften. De fundne koncentrationer er meget små og ligger i de fleste tilfælde betydeligt under, hvad der accepteres i grundvandet. Der foreligger ikke danske regnvandsundersøgelser.

### *Vandforurening*

I de senere år er der fundet pesticider i en række vandige miljøer, hvilket har været med til at skærpe opmærksomheden for vandforurening med pesticider. Der er meget strenge krav til, hvor store pesticidrester, der må være i drikkevand. I Danmark (og EF) må der højst være 0,5 µg/l grundvand. Af de enkelte pesticider må der maksimalt findes 0,1 µg/l grundvand.

Disse grænseværdier er ikke toksikologiske grænseværdier, men de er fastsat ud fra en politisk beslutning om, at man ikke ønsker pesticider i drikkevandet.

Al anvendelse af pesticider i vandige miljøer er forbudt i Danmark, men er tilladt i visse andre lande. U hensigtsmæssig adfærd ved sprøjtning nær vandløb og søer kan medføre en forurening af disse. Pesticidet kan føres med drænvandet ud,

eller det kan under kraftige regnskyl vaskes af de sprøjtede marker, som grænser op til vandløb eller søer.

Målinger i vandløb, søer og drænvand viser, at man kan finde små rester af pesticider.

I Danmark er der indtil videre kun foretaget få undersøgelser, men bl.a. fra Sverige, Tyskland og Holland er der rapporteret om fund af flere pesticider. Generelt findes de højeste indhold i sommerperioden. De fundne rester i disse udenlandske undersøgelser ligger oftest i størrelsesordenen 0.1-5 µg/l.

Der kan opstå direkte pesticidforureninger af brønde og borer ved fyldning og rensning af sprøjtemateriel nær disse. Forureninger af denne karakter kan få alvorlige hygiejniske og økonomiske følger. Specielt hvis forureningen breder sig i de vandførende jordlag.

Vandet i de dybe jordlag kan også forurenes med pesticider ved nedsivning efter anvendelse på marken eller ved nedsivning fra kemikalieaffaldsdepoter.

En omfattende undersøgelse til belysning af pesticidindholdet i dansk drikkevand har vist, at pesticider på flere lokaliteter har fundet vej til grundvandet. Kun få analyser har dog vist mængder, der overstiger de fastsatte grænseværdier. De i dag anvendte kriterier for mobilitet i forbindelse med godkendelse skal hindre, at nuværende anvendelse af pesticider medfører forurening af grundvandet.

Direkte forurening af brønde og borer og nedsivning fra spild og fra kemikalieaffald er konstateret på en række lokaliteter i Danmark efter uagtsom omgang med pesticider.

### **Pesticiders påvirkning af fauna, flora og mikroorganismer**

For mange er det nærliggende at tilskrive uønskede ændringer, som kan konstateres i kulturlandskabet, pesticidernes giftvirkning.

Sideløbende med det øgede pesticidforbrug er der sket mange andre ændringer i dyrkningspraksis. Anvendelsen af handelsgødning er steget, mange skel (hegn eller jordvolde), vandhuller etc. er forsvundet, sædskifterne er ændret, jordbehandlingspraksis er ændret. Det kan derfor

være uhyre vanskeligt at tilskrive en eventuel ændring i faunaens eller floraens sammensætning en enkelt af disse faktorer - f.eks. pesticid anvendelsen.

#### *Undersøgelser i forskellige dyrkningssystemer – pesticidpåvirkninger og indirekte effekt*

Det er påvist, at forekomsten i Danmark af bl.a. viber, lærker og svaler er faldet over en årrække. Man har sidenhen sammenholdt forekomsten af en række danske fuglearter i økologiske og konventionelle brug og fundet klare forskelle (Braae et al., 1988). I økologiske marker er der generelt flere planter og insekter, der kan tjene som føde for fugle, end i konventionelle. Dette gælder både arts- og individrigdom (Hald et al., 1990).

Ved undersøgelser, hvor økologisk dyrkede marker sammenholdes med konventionelt dyrkede marker, er det uhyre sjældent muligt at henføre en målt forskel til netop pesticidforbruget. Dette skyldes, at både jordbehandling, gødning og - ofte - sædskifte er forskellige i de to typer landbrug.

I England er der gennemført adskillige forsøg med usprøjtede randzoner i konventionelt dyrkede marker. Her er det påvist, at tilbagegange i bestandene af agerhøns og fasaner hænger sammen med fjernelse af fødegrundlaget for kyllingerne, som er insekter. Tilsvarende er det vist, at sommerfugle, hvis larver lever af ukrudtsplanter, bliver hyppigere, hvis de pågældende ukrudtsarter forekommer, og hvis der i det hele taget ikke anvendes pesticider (f.eks. Sotherton, 1985 og Rands et al., 1986).

#### *Faunaen*

Ved direkte påvirkninger af faunaen er der tale om forgiftninger som følge af en eller anden form for kontakt med pesticidet. De indirekte påvirkninger skyldes, at pesticidet ændrer artens levevilkår. Denne type påvirkninger kan det være langt sværere at undersøge.

Selv om man kan henføre en ændring/forskel i faunaens sammensætning til pesticidforbruget, er der ofte tale om en indirekte effekt af pesticiderne; fødegrundlaget eller mulighederne for ly er fjernet, hvorfor bestanden mindskes.

#### *Dyrkningstekniske og kemiske faktorer*

Der foreligger undersøgelser, der viser, at jordbehandlingens karakter har stor betydning for insekter og lignende, der lever i jorden (f.eks. Hance et al., 1987). I nogle tilfælde endda, at det har større betydning end anvendelse af et pesticid, der er giftigt for den pågældende art (gruppe). Gødningstypen kan også påvirke faunaen (f.eks. Hokkanen et al., 1988).

Adskillige undersøgelser viser, at plantedækkets artsammensætning, størrelse og varighed gennem året er af afgørende betydning for faunaen i marken (f.eks. Coombes et al., 1986). Et aspekt heraf er sædskiftets betydning for faunaen.

Atter andre undersøgelser påviser, at dén indirekte virkning af insekticider, som skyldes at fødegrundlaget for rovlevende insekter forsvinder, kan have lige så stor betydning som en direkte giftvirkning (f.eks. Chiverton, 1984).

#### *Giftvirkning på ikke-målorganismer*

Ud over ovennævnte eksempler på indirekte effekter af pesticider, er der mange undersøgelser, der viser, at pesticider har direkte giftvirkninger på insekter og lignende, som findes i naturen, og som midlerne ikke anvendes imod. Dette kan medføre, at der opstår skadedyrsproblemer ved at naturlige fjender slås ihjel ved gentagne behandlinger (f.eks. Gerson et al., 1989).

Undersøgelser af pesticiders direkte giftvirkning på organismer, der ikke skal bekæmpes kan foretages.

Hidtil har man konsekvent gennemført sådanne undersøgelser med bier i forbindelse med registreringen af pesticider. Midlernes giftighed over for bier og muligheder for at undgå at udsætte bier for påvirkninger er velbelyste. Oplysninger herom indgår allerede i registreringen og mærkningen af pesticider herhjemme.

#### *Naturlige fjender af skadedyr*

Skadedyrenes naturlige fjender (»nyttedyr«) kan i nogle tilfælde holde skadedyrsbestandene så langt nede, at anvendelse af kemisk bekæmpelse er unødvendig (f.eks. Chiverton, 1986).

Resultater af internationale testprogrammer til vurdering af forskellige midlers giftvirkning på nyttedyr, som ikke ønskes påvirket ved pesticidanvendelsen viser, at det ikke kun er insektmidler og middemidler, der kan være giftige for nyttedyr (*Hassan*, 1985). Af de udførte tests med svampemidler, var det således kun i 71% af tilfældene muligt at frikende midlet for en giftvirkning overfor det pågældende nyttedyr. For ukrudtsmidlernes vedkommende var det kun 60%. I de øvrige tests blev der målt så stærk giftvirkning, at der er mulighed for, at midlet vil skade arten ved brug i praksis.

#### *Jordens mikroorganismer*

Mikroorganismene reagerer ikke ens på de pesticider, man bruger. Nogle arter hæmmes i deres vækst og aktivitet, andre reagerer slet ikke, mens atter andre kan udnytte stoffet i deres stofskifte, så der sker en biologisk nedbrydning af pesticidet.

Undersøgelser viser generelt, at mikroorganismernes aktivitet og vækst kun er udsat for svage og forbigående påvirkninger, når pesticider anvendes i realistiske doser. Som undtagelse kan nævnes en del desinfektionsmidler og fungicider, der har en forholdsvis kraftig effekt, selv i små doseringer (*Domsch et al.*, 1983).

Generelt finder man en større effekt af pesticider, når man undersøger mikroorganismernes artssammensætning, og man kender fra udlandet flere eksempler på, at forekomsten af bestemte plantepatogene svampe er blevet ændret, fordi forekomst og dermed konkurrence fra jordens øvrige mikroorganismer er blevet ændret (*Bollen*, 1982; *Lockwood*, 1986).

#### *Ukrudtsfloraens størrelse og sammensætning*

Ukrudtsfloraens størrelse og sammensætning på de danske sædskiftemarker afhænger af en lang række faktorer, hvoraf de vigtigste er:

1. metode/intensitet for ukrudtsbekæmpelsen
2. metode/intensitet for jordbearbejdningen
3. sædskifte og afgrødevalg
4. markernes gødsknings-, kalk- og drænings-tilstand.

Nye floraundersøgelser viser klart, at inden for en 20-årig periode er hyppigheden af de fleste ukrudtsarter gået markant tilbage. Både danske og udenlandske erfaringer viser, at ukrudtsfloraen ændres i retning af færre arter og et mindre antal ukrudtsplanter pr. arealenhed på de enkelte marker. Ligeledes er der mindre variation fra lokalitet til lokalitet end sammenlignet med tidligere.

Den generelle tilbagegang i mængden af ukrudt på markerne må i vid udstrækning tilskrives herbicidanvendelsen. Derimod kan en tilbagegang eller ændring i antallet af arter på de enkelte marker også skyldes andre faktorer. Eksempelvis kan nævnes Vindaks og Ager-Rævehale som i øjeblikket spredes til stadig flere arealer på grund af den kraftige udvidelse af vintersædsarealet.

## **Samspil mellem dyrkningsfaktorer**

Moderne planteproduktion kan betragtes som et kunstigt økologisk kredsløb, hvor det er nødvendigt at anvende en række forskellige dyrkningsteknikker og teknologi-input for rentabelt at kunne dyrke en monokultur. Et sådant kunstigt økologisk kredsløb bør, lige såvel som et naturligt økologisk kredsløb, betragtes som en helhed, hvor der bør være harmoni imellem, hvad der tilføres kredsløbet, og hvad der bortføres. At anlægge en sådan helhedsbetragtning frem for en enkeltfaktorbetragtning over for konventionelt jordbrug betyder imidlertid også, at man løbende bør vurdere, om en ændring i en dyrkningsfaktor medfører behov for justering af de øvrige faktorer. En sådan justering vil ofte være nødvendig, dels for at opretholde produktiviteten, men også for at reducere miljøbelastningen.

I det følgende er dels redegjort for, hvordan dyrkningstekniske forhold påvirker behovet for teknologi-input samt belastningen af det omgivende miljø. Endvidere bliver der gjort rede for, hvordan nogle af de senere års lovinitiativer inden for jordbrugsområdet vil kræve en justering af de øvrige teknologi-input.

## Behovet for hjælpestoffer i miljøet ved forskellige dyrkningsforhold

### *Sædskifte*

Valg af afgrøde vil naturligvis have en stor indflydelse på behovet for teknologi-input, da de enkelte afgrøders behov for både gødningstilførelse og pesticidanvendelse er meget forskellig. Kornafgrøderne, specielt vintersæden, behøver en forholdsvis stor tilførelse af kvælstof, men sørger til gengæld for plantedække 10 til 11 mdr. af året og efterlader mindre kvælstof i jorden ved høst end ærter, der ikke har behov for kvælstof-tilførelse. Ligeledes er der stor forskel på behovet for plantebeskyttelse i de enkelte afgrøder, f.eks. er behovet i afgrøder som kartofler og roer større end i korn.

Afgrøderotationen vil især påvirke behovet for pesticider. For en række afgrøder gælder, at dyrkning af den samme afgrøde år efter år eller med få års mellemrum øger angrebsgraden af visse svampe og insekter og dermed behovet for bekæmpelse. Eksempelvis vil dyrkning af hvede efter hvede øge behovet for bekæmpelse af knækkefodsyge, ligesom dyrkning af roer efter roer kan nødvendiggøre en jorddesinfektion mod nematoder. Et sædskifte, hvor der skiftes mellem enkim- og tokimbladete afgrøder vil generelt reducere angrebsgraden af svampe og insekter. Tilsvarende vil et sådant sædskifte generelt reducere opformeringshastigheden af de enkelte ukrudtsarter, dvs. fremkomsten af såkaldte problemukrudtsarter vil være mindre hyppig. Derimod er det svært at sige noget generelt om den totale opformering af ukrudt, da det især afhænger af de enkelte afgrøders konkurrenceevne over for ukrudtet.

### *Kulturtekniske foranstaltninger*

Kulturtekniske foranstaltninger såsom kalkning, dræning og vanding øger generelt jordens værdi som dyrkningsmedium. Efter f.eks. en dræning vil planternes rodmasse og roddybde ofte være større, og dermed vil de bedre være i stand til at udnytte de tilførte næringsstoffer. Ligeledes vil en vandet afgrøde på en let sandjord i tørre år udnytte de tilføret næringsstoffer betydeligt bed-

re end en uvandet afgrøde. Disse tiltag vil altså generelt reducere udvaskningen af næringsstoffer.

Med hensyn til behovet for pesticider er der en mindre klar sammenhæng med disse kulturtekniske foranstaltninger. Visse jordbårne bakterie- og svampesygdomme trives bedst på f.eks. fugtige og sure jorde, men da disse sygdomme ofte ikke kan bekæmpes kemisk, har dette ikke nogen direkte indflydelse på behovet for pesticider. Nogle bladsvampe spredes fra plante til plante vha. regnplask, f.eks. skoldplet og brunplet, og disse svampesygdomme er ofte mere udbredte på vandede end på uvandede arealer. Vanding kan således øge behovet for fungicider. Da afgrøden ofte udvikler sig dårligt på jorde i dårlig kulturteknisk tilstand, vil dens konkurrenceevne over for ukrudtet, der er tilpasset disse forhold, være nedsat. Det kan resultere i et forøget behov for herbicider.

### *Dyrkningsteknik*

Ved dyrkningsteknik forstås her faktorer som f.eks. såtidspunkt og gødningsstrategi. En udsættelse af såningen af vintersæd i efteråret kunne være ønskværdig i relation til pesticidanvendelsen, idet sandsynligvis både betydningen af det overvintrende ukrudt samt af visse svampesygdomme, f.eks. knækkefodsyge og goldfodsyge, ville blive mindsket. På den anden side vil en udsættelse af såningen af vintersæden reducere den mængde kvælstof, afgrøden kan nå at optage i efteråret, dvs. reducere vintersædens virkning som »grøn mark«.

Både mængden og fordelingen af kvælstof igennem vækstsæsonen påvirker foruden udvaskningen af kvælstof også behovet for pesticider. Store mængder kvælstof giver tætte og kraftige afgrøder, hvor behovet både for vækstregulering og bekæmpelse af bladsvampe er større end i afgrøder, hvor der er anvendt mindre mængder kvælstof. Derimod er behovet for ukrudtsbekæmpelse mindre i tætte end i åbne afgrøder. En deling af kvælstofmængden, der især praktiseres i hvede for at øge proteinindholdet i kernen, har vist sig at reducere angrebsgra-

den af en række bladsvampe og dermed behovet for behandling med fungicider. Det skyldes sandsynligvis, at afgrødens bladmasse er mindre, og at mikroklimaet nede i afgrøden derfor er mindre optimalt for svampene. Hvordan delt kvælstofgødsning påvirker behovet for ukrudtsbekæmpelse vides ikke, men det må formodes, at den mere åbne afgrøde giver større mulighed for, at ukrudtsplanterne bliver i stand til at vokse op igennem afgrøden.

Af ovennævnte fremgår, at gødningsstrategi påvirker behovet for pesticider. Det bør dog også understreges, at det omvendte også gør sig gældende. Sygdomsfrie og velvoksende afgrøder, der blandt andet sikres ved anvendelse af pesticider, er en forudsætning for en optimal udnyttelse af den tilførte gødning. Ligeledes sikrer anvendelsen af vækstreguleringsmidler at kornafgrøderne bliver stående, hvilket mindsker behovet for fungicider. At afgrøden bliver stående til høst betyder endvidere, at risikoen for overgroning af bundkrudt med høstbesvær og kvalitetsforringelse til følge er mindre. Dette mindsker kravet til effekten af ukrudtsbekæmpelsen og øger derfor muligheden for at anvende reducerede doseringer.

### *Sortsvalg*

Inden for de enkelte afgrøder er der stor forskel i sorterens resistens over for en række forskellige svampesygdomme. Disse forskelle er mest udtalte indenfor kornarterne, hvor sortsvalget kan have stor indflydelse på behovet for fungicidspøjtninger. Ligeledes er der stor forskel på sorterens konkurrenceevne over for ukrudtet og dermed for muligheden for at undlade eller reducere anvendelse af herbicider. Forskellen i konkurrenceevnen er meget udtalt inden for vinterhvedesorterne, hvor de langstråede sorter er bedre konkurrenter end de kortstråede sorter. De langstråede sorter har imidlertid et større behov for vækstregulering end de kortstråede sorter.

## **Samspil og vekselvirkninger i forbindelse med foreslåede og gennemførte lovindgreb**

### *Halmafabrændingsforbudet*

Forbudet mod halmafabrænding betyder p.t., at store mængder halm skal nedmuldes, fordi der i øjeblikket ikke er andre anvendelsesmuligheder. Halmen binder kvælstof i den følgende efterårs- og forårsperiode og bidrager således til at reducere kvælstofudvaskningen. De store mængder halm besværliggør imidlertid den mekaniske kvikbekæmpelse i efteråret med det resultat, at sprøjtning mod kvik umiddelbart før høst ofte foretrækkes fremfor en mekanisk bekæmpelse. Endvidere er sneleangreb blevet et større problem i efterårssåede marker, fordi de store mængder halm fungerer som fødevarerdepot for disse skadedyr, hvilket nødvendiggør en stigende anvendelse af snelegifte.

### *Grønne marker*

Et delelement i Vandmiljøplanen var en forøgelse af den del af landbrugsarealet, der var dækket af grønne marker, med det formål at reducere kvælstofudvaskningen i efterårs- og vinterperioden. Ved grønne marker forstås overvintrende afgrøder, efterafgrøder samt afgrøder, der høstes forholdsvis sent, såsom roer. Denne del af Vandmiljøplanen er opfyldt. Flere grønne marker betyder, at den mekaniske kvikbekæmpelse umuliggøres, da markerne kun ligger ubevoksede i meget kort tid. Det vil medføre en øget kvikbestand og et øget behov for herbicider mod kvik. En stor del af de grønne marker udgøres af vintersæd, der især har erstattet vårbyg. Behovet for pesticider er mindst 2 gange større i vintersæd end i vårbyg, hvilket har medført en stigning i pesticidforbruget og er en medvirkende årsag til, at Pesticidhandlingsplanens mål om en 25% reduktion pr. l/l 1990 ikke blev nået. Endvidere vil en udvidet dyrkning af overvintrende afgrøder medføre en opformering af græsukrudt. Dette vil øge forbruget af herbicider, da græsukrudt ofte kræver en ekstra sprøjtning med special-herbicider.

### *Reduceret kvælstofanvendelse*

For at nå Vandmiljøplanens mål om en halvering af kvælstofudvaskningen i 1992, har det været nævnt, at man lovmæssigt burde reducere forbruget af kvælstof pr. arealenhed. Som nævnt må man forvente, at en reduktion af kvælstofforbruget vil resultere i konkurrencesvage afgrøder og dermed i et øget behov for herbicider. Til gengæld vil behovet for både fungicider og vækstreguleringsmidler blive reduceret.

Af ovenstående fremgår, at der er et tydeligt samspil mellem de enkeltfaktorer, der indgår i moderne planteproduktion. En regulering af eller et indgreb over for en enkelt faktor med det formål at reducere miljøbelastningen vil som oftest medføre, at nogle af de andre faktorer må justeres for at opretholde produktiviteten i planteproduktionen. Disse justeringer vil ofte virke modsat af, hvad der er det overordnede mål for f.eks. pesticidanvendelsen. Dette understreger behovet for at anlægge en helhedsbetragtning, når den moderne planteproduktion skal vurderes, hvor man foretager en samlet vurdering af effekten af de enkelte indgreb, og vurderer dem både ud fra en miljømæssig og produktivitetmæssig synsvinkel.

## **Økologisk jordbrug**

Den økologiske dyrkningsmetode fokuserer ikke på den enkelte afgrøde, men betragter hele dyrkningssystemet med planter, dyr, jord og luft som en helhed.

I økologiske jordbrug anvendes der ikke handelsgødning eller pesticider.

Jordens egenskaber som dyrkningsmedium søges udnyttet til at fremme afgrødernes vækst og dermed gøre dem i stand til bedre at konkurrere med ukrudtet og modstå angreb af skadevoldere.

Gødningen består hovedsagelig af husdyrgødning, som eventuelt komposteres i forskelligt omfang, inden den udbringes på marken. Undertiden anvendes komposteret husholdningsaffald og slam, og i enkelte tilfælde suppleres med mineralstoffer som stenmel og råfosfat.

Som regel vil gødningsmængden, der er til rådighed, være begrænset. Derfor er det vigtigt, at gødningen fordeles mellem afgrøderne på en måde, som giver den bedste udnyttelse af næringsstofferne set i relation til sædskiftet som helhed. For at opnå en optimal udnyttelse af husdyrgødningen kræves spredeudstyr, som er i stand til at fordele og dosere gødning nøjagtigt. Sådant udstyr findes ikke i øjeblikket kommercielt tilgængeligt. Tildelingstidspunktet er ligeledes af stor betydning for udnyttelsen af næringsstofferne.

Dyrkning af bælgplanteafgrøder, herunder grøngødning og kløvergræsmarker, kan bidrage væsentligt til kvælstofforsyningen i økologiske jordbrug. Det er vanskeligere at opretholde forsyningen med fosfor og kalium, der udelukkende beror på tilførslen med de knappe gødningsmængder, der er til rådighed, og hvad der frigøres fra jordens reserver.

Forsyningen med næringsstoffer kan især volde problemer på økologiske brug, hvor driften er baseret på salgsafgrøder, medmindre der tilføres husdyrgødning fra andre bedrifter, komposteret husholdningsaffald eller slam.

Med anvendelse af husdyrgødning og dyrkning af bælgplanter og kløvergræsmarker vil der være basis for en stor frigørelse af kvælstof om efteråret ved mineralisering af organisk bundet kvælstof. Derfor er det også vigtigt at holde jorden plantedækket om efteråret i det økologiske jordbrug for at fastholde det frigjorte kvælstof i jord-plantesystemet og undgå udvaskning.

Da der anvendes moderate gødningsmængder, vil bidraget fra husdyrgødningen til udvaskningen antageligt være mindre end i konventionelle bedrifter med et forholdsvis stort husdyrhold.

Ukrudtsbekæmpelsen i økologisk jordbrug er baseret på en række indirekte og direkte tiltag, hvor de indirekte tiltag som sædskifte, jordbehandling, gødskning og sortsvalg tillægges stor betydning.

De direkte tiltag omfatter mekaniske behandlinger som ukrudtsharvning, radrensning, flammebehandling og i sjældne tilfælde pløjning. I

rækkeafgrøder anvendes desuden hakning og lugning.

Med hensyn til at undgå alvorlige angreb af sygdomme og skadedyr sættes der overvejende på forebyggende foranstaltninger som et varieret og sundt sædskifte samt dyrkning af resistente sorter. Anvendelse af kemisk bejdset udsæd tillades ikke.

I Danmark er økologisk jordbrug underlagt statskontrol. Der er fastsat detaljerede regler af staten, som kontrolleres af Statens Plantetilsyn. Efter disse regler må produkter kun sælges som økologiske, hvis ejendommen er godkendt. Ifølge beretning 1990 fra Fællesudvalget for Økologisk og Biodynamisk Jordbrug er der i 1990 totalt godkendt ca. 8000 ha landbrugsjord til dyrkning. Af disse dyrkes 5 procent med grønsager og bær mod ca. 1 procent i det konventionelle jordbrug.

Økologisk jordbrug kan virke som inspiration for det øvrige jordbrug bl.a. ved at demonstrere de produktionsmæssige muligheder, når anvendelse af handelsgødning og pesticider helt undlades. Værdien af kulturtekniske foranstaltninger og selvreguleringsmuligheder i dyrkningssystemet træder også tydeligere frem i forhold til de mere konventionelle systemer. Resultater fra økologisk dyrkning og forskning i disse dyrkningssystemer skal derfor sammenholdes med tilsvarende viden for det konventionelle jordbrug.

Af økonomiske årsager kan der i dag ikke forventes en væsentlig forøgelse af det økologisk dyrkede areal. Alligevel bør økologisk jordbrug indgå i den samlede vifte af forskellige produktionsmetoder inden for jordbruget. Økologisk jordbrug vil her indgå som et eksempel på en form for lav-input jordbrug.

## Gartneriproduktion i væksthus

Planteproduktion i væksthus er kendetegnet ved kontrolleret og styret dyrkning. Det vil sige, at det naturgivne klima kan suppleres og reguleres til et niveau, der er nær det optimale for planter.

Kulturkrav og økonomiske forhold er de væsentligste begrænsninger for, hvilke planter der dyrkes i væksthus. Det er kendetegnende for dansk væksthusproduktion, at der dyrkes et stort antal plantearter, at der produceres planter det meste af året og at bruttofaktoringkomsten pr. m<sup>2</sup> er høj. Både arealmæssigt og i produktionsværdi udgør potteplanter den største andel af gartneriproduktionen. Igennem 80'erne er der sket en stadig udvidelse af arealet og dette har sammen med en effektivisering af gartnerierne bevirket en kraftig stigning i produktionsværdien. Produktionen af snitblomster har stabiliseret sig gennem sidste halvdel af 80'erne. Tilsvarende udvikling ses for væksthusgrønsager (tabel 25).

Principielt fungerer et væksthus som en klimaskærm, der beskytter planter mod ekstreme klimasituationer som skybrud, hagl, sne o. lign. og gennem mindre varmeudstråling om natten beskytter mod lave temperaturer. Et varmeanlæg giver desuden mulighed for dyrkning ved optimale temperaturer.

### Kontrollerede dyrkningsforhold

På grund af Danmarks geografiske placering kræves en relativ stærk og dermed dyr væksthuskonstruktion, der i dag oftest består af glas og aluminium. Kun ved produktioner, hvor der ikke eller kun i kortere tid kræves opvarmning, anvendes lettere konstruktioner af diverse plastmaterialer.

En del planter dyrkes kun i kortere tid i væksthus efter de har været dyrket på friland (kombidyrkning af container- eller potteplanter). Andre tiltrækkes i væksthuse og udplantes på friland (grønsager, bær og visse planteskoleplanter).

Det er nærliggende, at denne form for plante-produktion - containerdyrkning - vil gennemgå en rivende udvikling i de kommende år. Den er med hensyn til opvarmning ressourcebesparende, og et større antal planter kan dyrkes i det samme væksthusareal.

Oprindeligt blev de fleste planter i væksthus dyrket i jord. Sammen med den generelle tekno-



**Tabel 25.** Areal og produktion af væksthuskulturer. Danmarks Statistik.

Produktionsgren	Areal 100 m <sup>2</sup>				Produktion, mio. kr.			
	1977	1983	1987	1989*	1977	1983	1987	1989*
Potteplanter	2369	2758	3351	3627	405	1500	2072	2273
Afskårne blomster	1112	573	483	500	237	241	215	220
Grønsager	1693	1325	1213	1350	153	249	310	290

\* Internt/foreløbigt materiale.

logiske udvikling i væksthudyrkning er dyrkningsjorden gradvist erstattet med sphagnum og inaktive vækstmedier og med automatisk tilførsel af vand og næringsstoffer.

Styring og regulering af produktionsfaktorerne lys, varme, vand, næring, luftfugtighed og CO<sub>2</sub> anvendes i dagens væksthushproduktion. Ved hjælp af klimacomputere er man i stand til ud fra opgivne dyrkningsprogrammer at supplere eller regulere de eksisterende betingelser. F.eks. gives tilskudsllys i lysfattige årstider, eller daglængden reguleres ved hjælp af mørklægning/tilskudsllys for at opfylde planternes daglængdekrav for at kunne blomstre (prydplanter) eller for at imødegå blomsterdannelse (prydplanter og visse grøn-sager).

På tilsvarende måde reguleres temperaturen i væksthuset gennem døgnnet ved opvarmning, udluftning, overbrusning og skyggegardiner. Temperaturen kan ændres i takt med lysindstrålingen og herigennem reguleres i nogen grad planternes strækningvækst.

Igennem mange år har det været kendt, at luftens naturlige indhold af CO<sub>2</sub> ikke var tilstrækkelig høj til optimal vækst. Dette gælder stadig, selv om atmosfærens CO<sub>2</sub>-indhold er steget igennem de seneste år. På grund af den meget kraftige vækst i væksthuse vil man på solrige dage kunne opleve CO<sub>2</sub> koncentrationer, der ligger betydeligt under det naturlige indhold. Som 'grundstoffet' i fotosyntesen vil plante-pro-

duktionen øges ved højere CO<sub>2</sub> indhold i luften. I væksthush tilføres i dag ekstra CO<sub>2</sub> ved afbrænding af gas eller direkte dosering fra trykflasker.

Denne tilførsel af CO<sub>2</sub> vil kunne forbedres betydeligt ved at anvende bedre styringsmetoder, men især ved at anvende »røggas« fra naturgasfyrede kedler.

Overgangen til mere inaktive voksemedier ved væksthushproduktion har været mulig på grund af udviklede teknologier til styring af vanding og planteernæring. Planternes vandtilførsel reguleres ved hjælp af fordampningsmåler, solintegrator eller direkte måling af planternes vandforbrug, mens sammensætningen af gødningsopløsninger formuleres ud fra kendskab til planternes kemiske sammensætning og deres fysiologiske optagelsesmekanismer. Kontrol af planternes kemiske sammensætning foretages løbende under væksten.

Den teknologiske udvikling ved planteproduktionen i væksthush giver i dag producenterne mulighed for overvågning og styring af produktionsfaktorerne. Automatisering af visse arbejdsprocesser er langt fremme, således at produktionen på mange måder ligner den industrielle sektor. Strukturelt synes en tilsvarende udvikling i gang med etablering af kæmpegartnerier (Masnedø-projektet m.fl.) og stigende kapitalkrav.



*Produktion af potteplanter. I dagens væksthushusproduktion kan vækstfaktorerne styres og reguleres til nær det optimale for planterne. (Foto: Lars Høyer).*

### **Miljøpåvirkninger, ressourceforbrug og samspilseffekter**

Også i væksthushushuset anvendes en del pesticider som hjælpemiddel. Forbruget ligger overvejende på insecticider, fungicider og vækstregulerende midler. De sidstnævnte midler anvendes udelukkende i prydblomster til regulering af strækingsvækst, planteform og blomstring; herigennem kan både produktkvalitet og holdbarhed påvirkes.

Det har dog vist sig, at man ved hjælp af temperaturprogrammer, hvor man anvender en kontrolleret forskel mellem dag- og nattemperaturer, kan påvirke planternes vækst og derved undgå eller nedsætte anvendelse af vækstregulerende midler. Herved undgår man også, at disse midler samler sig i vandingsvandet og er til gene for recirkulerende vandingsystemer.

Risikoen for påvirkning af det omgivende miljø med restkoncentrationer af pesticider sker overvejende via planteprodukterne. Der må almindeligvis regnes med skrappe beskyttelsesforanstaltninger over for sprøjtepersonalet ved behandling i lukkede rum. Ved overgang til dyrkning i lukkede vandingsystemer med recirkulering af næringsstofopløsningen er risikoen for ophobninger af pesticidrester i jorden eller udvaskning til grundvandet minimal. Ligesom den manglende anvendelse af jordherbicider i

væksthuse virker i samme retning. Cirkulation af vand mellem et stort antal planter medfører dog risiko for spredning af bl.a. svampesygdomme, ligesom det er nødvendigt at foretage bekæmpelse af algesvampe.

Den stadig mindre direkte dyrkning i jorden er tilsvarende med til at mindske forbruget af jorddesinfektionsmidler, hvilket også kan ses af statistikken over forbruget af pesticider i Danmark. Skønsmæssigt anvendes jorddesinfektion stadig i 30-40% af gartnerier med produktion af væksthushushuset.

Dyrkning i væksthuse giver gode muligheder for integreret og biologisk bekæmpelse af sygdoms- og skadedyrsangreb. Bestræbelserne går på at optimere klimaet for plantevæksten, men samtidig ved hjælp af især kontrol af luftfugtigheden at minimere betingelserne for svampeangreb. Dog har denne teknologi vanskeligt ved på samme tid at minimere og optimere vækstbetingelserne for henholdsvis svampesygdommene og deres eventuelle biologiske bekæmpelse med andre svampe.

Den integrerede bekæmpelse af skadedyr startede i væksthuse for 10-15 år siden og er for visse skadelige insekter den almindeligste bekæmpelsesmetode i dag. Snyltehvepse, galmyg og rovmidler udsættes nu i stort antal i væksthushushuset og har samtidig haft afsmittende effekt på privathavebrugerens hobbydrivhuse. Nye biologiske bekæmpelsesmetoder er under udvikling. Men ikke alle skadelige insekter kan bekæmpes biologisk, og nye skadevoldere indslæbt fra udlandet dukker op næsten hvert år.

Væksthushushuset er kendetegnet ved sit fremavlssystem af sunde planter. Et system som mange lande i Europa i dag gerne kopierer. Den danske sundhedskontrol med vegetativt plantemateriale vil danne grundlag for EF's nye systemer med plantecertifikater, der træder i kraft fra 1993.

Fremavlssystemet bygger på udvælgelse af stabile kvalitetsplanter, rensning for sygdomme ved hjælp af in vitro teknik, og etablering af elite- og kerneplanter, som typisk er isoleret fra andre brugsplanter i specielle væksthuse. Løbende ge-

netisk og sundhedsmæssig kontrol sikrer, at der til stadighed kan leveres friske sunde planter til erhvervet.

Risikoen for udvaskning af plantenæringsstoffer fra væksthushproduktion er ikke elimineret, selv om styrings- og reguleringssystemer for vanding og gødsning er udviklet. Langt fra alle gartnerier er i stand til at opsamle overskud af næringsopløsninger brugt til vanding. Det kan forventes, at der i den kommende tid vil blive indført recirkulerende vandingssystemer, hvor det overskydende vand opsamles og ved hjælp af ionspecifikke elektroder tilføres ny gødsning. På denne måde opnås et lukket system med en maksimal udnyttelse af vandingsvandet og minimal forurening.

Væksthushgartneriet er storbrugere af energi til opvarmning; energikilderne afhænger meget

af den geografiske beliggenhed. Omkring de større provinsbyer udnytter gartnerne den billige varme fra kraftvarmeværkerne; andre steder må benyttes naturgas, olie eller kul.

Energibesparende foranstaltninger blev stærkt udviklet igennem 70'erne og begyndelsen af 80'erne. Der er tale om både direkte besparende teknologier, som f.eks. isolering, gardiner, dobbeltglas i nybyggeri samt indirekte via klimaoptimering, nattemperatursænkning, højere væksthusharealudnyttelse m.m. Gennem disse foranstaltninger har energiomkostningerne kunnet fastholdes på et konkurrencedygtigt niveau.

Generelt er de mere avancerede former for potteplanteproduktion, hvor man anvender den tilgængelige og moderne teknologi og en programmeret dyrkning, ved at nærme sig det samme mønster som en industriproduktion.

# Nye teknologier

---

## Bioteknologi

Bioteknologien har gennem årtusinder hjulpet menneskene med fremstilling af brød, øl, vin og forskellige surmælksprodukter. Ligeledes har konservering af foder ved ensilering af forskellige afgrøder været kendt i mange år. Tilsvarende har den genetiske forædling af planter gennem tiden ført til de kulturplanter, vi kender i dag.

I plantedyrkingen har interessen for anvendelse af bioteknik især været stor i forbindelse med formering og forædling af planter. Årsagen hertil er, at der gennem de senere år er udviklet nye teknikker, som gør det muligt dels at frembringe nye dyrkningsværdige sorter på langt kortere tid end tidligere, og dels har de nye teknikker gjort det muligt at frembringe sorter med egenskaber »hentet« fra andre arter.

De nye metoder, der anvendes i planteforædlingen og formeringen, kan inddeles i to grupper, henholdsvis »cellebiologiske metoder«, der anvendes, når der arbejdes med vævs- og cellekulturer, og »genteknologiske metoder« når det drejer sig om at flytte enkelte eller få udvalgte arveanlæg - gener - fra en plante til en anden, herunder overflytning af gener fra en planteart til en anden art.

### *Vævs- og cellekultur*

De dele af plantebioteknologien, som har den største betydning i dag, er formeringsmetoder (kloning).

Fra en enkelt plante med særlig værdifulde egenskaber udtages fra skudspidsen eller andre plantedele små stykker plantevæv (meristemer), som dyrkes på sterile næringssubstrater. Gennem hormonal regulering styres vævets vækst, således at der kun dannes nye skud. Når der er opnået det ønskede antal skud, ændres hormonreguleringen, således at de dannede skud udvikler sig til »normale« planter med rod, stængel og blade.

Metoden giver mulighed for meget hurtig opformering af et stort antal planter ud fra et enkelt individ med eftertragtede egenskaber.

Teknikken anvendes i stor udstrækning inden for havebruget i produktionen af snitblomster og potteplanter. Metoden er ligeledes velegnet til hurtigt at frembringe sygdomsfrit plantemateriale (sunde kerneplanter). Et eksempel på dette er frembringelse af sygdomsfrie læggekartofler.

Da teknikken er forholdsvis arbejdskrævende på grund af manuel deling af skudsystemerne, arbejdes der på at mekanisere processen. Skudsystemerne findeles med en blender til en cellevævs-suspension, som ved spredning på et passende substrat er i stand til at gendanne et meget stort antal nye planter.

Cellekulturteknikken har en del tilfælles med vævskulturteknikken. Det interessante ved cellekulturerne er, at de enkelte planteceller er i stand til at gendanne planter på en måde, som minder meget om den måde, kimen i et frø udvikles fra den befrugtede ægcelle. Endnu er det dog vanskeligt at få celler fra mange plantearter til at gendanne »hele planter«, men metoderne forbedres stadig (Andersen, 1990).

Endvidere arbejdes der med udvikling af en teknik til indkapsling af kimene, så de kan anvendes som en slags kunstige frø. Lykkes teknikken, vil det formentlig i fremtiden blive muligt ad denne vej at »udså« vegetativt formerede planter på samme måde, som man i dag udsår frø.

Som en speciel form for cellekultur skal nævnes fremstilling af planter fra pollen. Pollen er kønsceller og har derfor kun et enkelt sæt arveanlæg i modsætning til almindelige planteceller, der har et dobbelt sæt arveanlæg. Trods dette kan pollen bringes til at udvikle sig til stort set normale individer, dog er de sterile. Ved en efterfølgende kemisk behandling kan planter bringes til at kopiere deres arvemasse (kromosomfordobling) og dermed blive normalt fertile planter.

Teknikken har bl.a. den fordel, at stabile (homozygote) linier kan opnås i løbet af en enkelt generation, hvor det tager fem til seks generationer ved almindelige krydsningsmetoder.

Planteceller (protoplaster) kan også bringes til at fusionere (forene sig) i cellekultur og her ud fra under gunstige dyrkningsforhold bringes til at gendanne hele planter. Dette gælder også for celler fra forskellige plantearter. I nogle tilfælde er det ad denne vej lykkedes at opnå fusionshybrider mellem arter, som ikke eller kun meget vanskeligt lader sig krydse på normal måde. Ved hjælp af metoden er det således muligt at flytte arveanlæg, som er indeholdt i et eller flere af kromosomerne i cellekernen, fra en art til en anden. Desuden er metoden særlig egnet til at overføre arveanlæg, som findes i cellernes cytoplasma.

### *Genteknologi*

En af de centrale teknikker i anvendelse af genteknologi - gensplejsning - i planteforædlingen er indsætning af isolerede udvalgte gener i en plante. Lykkes det at få det indsatte gen til at fungere, taler man om en genetisk transformation.

Forskellen på anvendelse af gensplejsning og almindelig krydsning til kombination af ønskede egenskaber er først og fremmest, at gensplejsning muliggør et væsentligt mere præcist indgreb.

Ved almindelig krydsning fremkommer der i afkommet nye kombinationer af forældrenes egenskaber. Desto fjernere beslægtede forældrene er, desto større bliver antallet af nye kombinationsmuligheder i afkommet og dermed arbejdet med at finde netop den plante, som har alle de ønskede egenskaber.

Anvendes gensplejsning, kan et enkelt eller nogle få gener indføres i en forædlet sort, som ønskes tilført en ny egenskab. Desuden er det muligt at udnytte gener fra andre organismer såsom bakterier, virus eller dyr, eller fra fjerntbeslægtede planter, som ikke kan krydses med den pågældende kulturplante på normal vis. Specielt på resistens-forædlingsområdet har der vist sig en del muligheder i de seneste år. F.eks. kan visse

gener fra plantevirus gøre planter resistente over for de pågældende virus. De naturligt forekommende resistensgener kan således suppleres med nye, »kunstige« resistenskilder.

Overførsel af gener til en plante kan ske med forskellige teknikker. I tokimbladede arter anvendes en teknik baseret på bakterien *Agrobacterium tumefaciens*, der er kendt som en alvorlig skadevolder især i havebruget. Denne bakterie er i stand til at overføre visse af sine gener til den plante, som den angriber. Ved at ombytte disse særlige gener i bakterien med gener, som ønskes indsat i en plante, kan bakteriens evne til overførsel af gener anvendes til flytning af gener fra en plante til en anden.

Kornarter og andre græsser angribes ikke af *Agrobacterium*. Genetisk transformation af disse arter må derfor ske ved andre metoder, og der arbejdes i disse år intensivt på at udvikle sådanne metoder (Torpe, 1990).

Uanset om transformationen foregår ved hjælp af *Agrobacterium* eller på anden måde, er det nødvendigt med en regenerering af de transformerede celler til hele planter. For mange plantearters vedkommende er dette trin i dag flaskehalsen i gensplejningsprocessen, idet regenererings-metoden skal optimeres for hver ny art.

### *Andre teknikker*

Foruden de beskrevne teknikker til ændringer af planters arveanlæg og til formering af planterne omfatter plante-bioteknologien en række diagnostiske metoder, som er af stigende betydning inden for såvel planteforædling som praktisk jordbrug. På forædlingsområdet er der især tale om metoder til genetisk analyse af krydsningsmaterialet. Ved hjælp af specifikke DNA-sekvenser eller andre biokemiske markører kan man følge enkelte geners nedarvning uden at skulle udføre omfattende markforsøg. Det er endnu meget arbejdskrævende at finde frem til sådanne markører for specifikke gener. Efterhånden som stadig flere markører bliver tilgængelige, bliver det imidlertid muligt at opbygge hele genetiske »kort« for de vigtigste plantearter, hvorved det vil blive stadig lettere at finde frem til egnede markører for nye egenskaber.

Effektive metoder til diagnosticering af plantesygdomme er ligeledes et vigtigt led i dyrkingen af sunde planter, hvor bekæmpelse bør behovsrelateres. I en række tilfælde, hvor høj præcision og følsomhed er vigtig, er de såkaldte DNA-prober at foretrække fremfor biologiske metoder eller antistof-baserede metoder. Visse nærtbeslægtede svampe og bakterier kan kun skelnes ved hjælp af sådanne DNA-prober, som genkender små stykker arvemateriale, som er karakteristiske for den enkelte art. En sådan nøjagtig skelnen er af betydning i de tilfælde, hvor kun nogle af de nærtbeslægtede arter er skadevoldende. Der mangler stadig en del udviklingsarbejde, før DNA-proberne kan anvendes til rutinediagnostik, men det er et område i hastig udvikling.

### **Informatik og informationsteknologi**

Jordbruget er i disse år inde i en strukturudvikling, som bl.a. omfatter en kraftig specialisering. De økonomiske forhold medfører behov for omkostningsreduktion. Samtidig kræver det øvrige samfund, at miljøhensynet tillægges øget vægt i produktionen.

Disse forhold i forening stiller stadig større krav til planlægning, styring og kontrol af planteproduktionen. Planteproduktionen repræsenterer et kompleks af fysiske, biologiske, tekniske og økonomiske forhold. Der er derfor mange data at holde styr på for driftslederen. Dette gælder både »interne« data vedrørende produktionen og »eksterne« data, f.eks. vedrørende økonomiske forhold.

Informatikken er her et værktøj, som rigtigt anvendt kan være et hjælpemiddel både i forskningsprocessen og ved jordbrugers beslutning.

Informationsteknologien frembringer databehandlings- og telekommunikationsudstyr, hardware. Udviklingen på hardware-området løber hurtigt med stadig kraftigere teknologi til faldende priser.

Informationssamfundet gør det teknisk muligt at oversvømme jordbrugeren eller en anden beslutningstager med data. Forskningen og rådgivningen har til opgave at medvirke til en datasortering, så jordbrugeren forsynes med de rele-

vante og nødvendige data. Og gerne i en brugertilpasset form, så de umiddelbart kan indgå som en del af grundlaget for driftsledelsesbeslutningen.

Informatikken defineres bredere end informationsteknologien. Informatikken skal på brugerens betingelser anvende informationsteknologiens frembringelser. Informatik omfatter opgaver vedrørende:

- måling og dataregistrering
- informations- og datalagring
- træk på eksterne databaser
- databehandling, datafiltrering og præsentation af data
- automatisk og halvautomatisk planlægning, styring og kontrol af processer, produktioner og transporter
- kommunikation, formidling og beslutning.

Denne definition inkluderer således hele kæden: datafødsel, -fangst, -lagring, -behandling, -formidling og anvendelse i beslutningsprocessen. Mere populært sagt er informatikken et samspil imellem hardware, software og – ikke mindst – brainware. Med denne formulering er fremhævet opfattelsen af, at informationsanvendelsens fremtidige succes er helt afhængig af, at mennesket, dvs. jordbrugeren, bliver placeret i centrum.

I jordbrugsforskningen har informatikken allerede i mange år været et almindeligt anvendt værktøj. Dette gælder mht. litteratursøgning og mht. etablering af databaser med f.eks. jordbundsmæssige og klimamæssige oplysninger. Tilsvarende er anvendelse af statistiske programpakker ved analyse af feltforsøg almindelig.

Matematisk modellering - undertiden ved anvendelse af specielle simuleringssprog - er også velkendt. Typisk er der udarbejdet modeller for gødsugning, vanding og angreb af sygdomme og skadedyr.

Den hidtidige informatikanvendelse er karakteriseret ved især to forhold. Den har været fagspecifik, og den har været dataintensiv. Det fagspecifikke forhold indebærer, at der ikke umiddelbart er indbyrdes kompatibilitet imellem



informatikanvendelsen inden for f.eks. husdyrproduktion, planteproduktion, teknik og økonomi. Dette søges nu i rådgivningstjenesten udbedret ved etablering af den såkaldte bedrifts-/centerløsning. Her placeres bedriften - eller jordbrugeren - i centrum. Fagmodulerne for de enkelte grene af produktionen udformes, så de hænger sammen og kan bruge de samme data, som derfor kun skal registreres én gang. En helhedsorienteret løsning.

Den hidtidige dataintensive anvendelse indebærer, at der er behandlet en masse data. Den fremtidige informatik-anvendelse vil i højere grad blive videnintensiv. Ikke alene data - men også viden - vil kunne behandles. Videnbaserede systemer - eller ekspertssystemer - forekommer specielt velegnede for anvendelse i jordbruget. Dette skyldes, at der ved driftslederens beslutning i jordbrugsproduktionen implicit bygges på en masse tommelfingerregler. I en »almindelig« EDB-maskine kan sådan viden ikke umiddelbart formelsættes og behandles. Men dette er muligt i ekspertssystemer.

Ekspertsystemer er en delmængde af kunstig intelligens. Denne nye gren af informatikken er nu ved at blive undersøgt mht. anvendelser inden for jordbrugsforskningen.

De komplekse biologisk-teknisk-økonomiske sammenhænge i jordbrugsproduktionen og de øgede behov for bl.a. miljøhensyn stiller stigende krav til produktionens planlægning og gennemførelse. Rettidig, korrekt og brugertilpasset information indtager derfor en meget central position i beslutningsprocesserne i jordbruget, hvilket sandsynligvis vil være gældende i endnu større grad fremover. Rigtigt anvendt repræsenterer informatikken her et potentielt meget lovende værktøj for jordbrugssektoren. Dette gælder i jordbrugsforskningen, i den offentlige forvaltning, i rådgivningen og i jordbrugerens daglige driftsledelse. Via jordbrugsforskningens indsats på feltet skal sikres, at jordbrugerne forsynes med netop de nødvendige og tilstrækkelige data i en form, så de umiddelbart kan indgå som en del af driftslederens beslutningsgrundlag.

# Muligheder for reduktion af jordbrugets påvirkning af miljøet

---

Sideløbende med intensiveringen i jordbruget er der sket en stadig stigende og uønsket påvirkning af miljøet. En væsentlig opgave for jordbruget fremover er derfor at reducere denne påvirkning samtidig med, at udbyttet fastholdes på et niveau, som giver et tilfredsstillende økonomisk resultat.

De miljømæssige problemer er i alt overvejende grad knyttet til tab af næringsstoffer – især kvælstof – til omgivelserne og til en uønsket effekt på flora og fauna ved anvendelse af pesticider og fjernelse af småbiotoper i det åbne land.

## Kvælstof

I tabel 11 er opstillet et kvælstofregnskab på landsplan. Et sådant regnskab vil altid være behæftet med stor usikkerhed, men giver trods usikkerheden et billede af situationen.

Et groft overslag viser, at tabsposterne vedrørende ammoniakfordampning (stald-, lager- og udbringningstab), denitrifikation og udvaskning tilsammen udgør ca 40 % af den samlede kvælstofmængde, der cirkulerer i jordbruget. Heraf tegner udvaskningen sig for over halvdelen. Et tab af denne størrelse er uacceptabelt både ud fra en miljømæssig og landøkonomisk synsvinkel.

Udvaskningen er opgjort til 160 - 200.000 t N pr. år, i gennemsnit 180.000 t N pr. år (tabel 11). Dette svarer til ca. 70 kg N pr. ha i gennemsnit for hver ha, der dyrkes. I betragtning af, at udvaskningen i mange tilfælde ligger lavere (tabel 10), vil udvaskningen i andre tilfælde være betydeligt højere.

I undersøgelser på to lokaliteter, hvor det faktiske gødningsforbrug blev opgjort i forhold til det optimale, fandtes et overforbrug af kvælstof (Hansen 1990a). Overforbruget var størst for roer, mindre for vår- og vintersæd og mindst for raps og græs i omdrift. Hvor der kun anvendtes handelsgødning, oversteg den anvendte mængde sjældent den optimale mængde, men med stigen-

de mængde husdyrgødning til rådighed steg overforbruget. Disse resultater viser, at udnyttelsen af husdyrgødningens indhold af kvælstof bør forbedres.

Ud fra den foreliggende viden er det næppe i praksis muligt at reducere denitrifikationstab. For tabsposterne vedrørende ammoniakfordampning og udvaskning foreligger der imidlertid undersøgelser, som klart viser, at det er muligt at reducere tabet væsentligt ved en ændret håndtering af husdyrgødningen.

Resultaterne fra adskillige undersøgelser gennemført ved Statens Planteavlsvforsøg og i de Landøkonomiske foreninger viser, at der næsten aldrig er nogen planteernæringsmæssig begrundelse for udbringning af gødning om efteråret (Baadsgaard, 1987 og 1989; Oversigt over landsforsøgene, 1989; Kjellerup, 1991; Nemming, 1976).

Resultater fra forsøg med tilførsel af gylle henholdsvis forår og efterår efterlader heller ingen tvivl om, at en stor del af kvælstoffet tabes ved tilførsel af gyllen om efteråret. I overensstemmelse hermed er der i lysimeterforsøg ved Statens Planteavlsvforsøg fundet en reduktion i udvaskningen på 50 til 80 % ved tilførsel af gylle om foråret i stedet for tilførsel af gyllen om efteråret (Kjellerup 1991). Den faste husdyrgødnings lavere indhold af ammoniumkvælstof og relativt højere indhold af organisk bundet kvælstof mindsker risikoen for udvaskning i forhold til gylle og ajle.

Knap halvdelen af den samlede mængde husdyrgødning udbringes om efteråret og vinteren (Hansen 1990b). Gylle udgør godt 60 % af husdyrgødningen, og ca. 1/3 af gyllen udbringes om efteråret. Der vil således kunne opnås en væsentlig reduktion i udvaskningen ved at flytte udbringningstidspunktet for al flydende husdyrgødning (gylle og ajle) fra efteråret til foråret.

Ammoniakfordampning fra gødningslagre og i forbindelse med udbringning af gødningen udgør

også et væsentligt tab, som det er muligt at reducere ved hensigtsmæssige foranstaltninger.

Ammoniakfordampningen fra gyllebeholdere kan reduceres til et rimeligt niveau ved bevarelse af et ubrudt svømmelag og neddykket tilledning (Miljøstyrelsen 1990). Tabet i forbindelse med selve udbringningen er relativt lille, og den anvendte teknik synes ikke at have større betydning. Derimod er tiden, hvor gødningen ligger oven på jorden, af stor betydning. Udbringes gødningen før såning af afgrøden, bør gødningen nedbringes i jorden i forbindelse med udbringningen eller hurtigst muligt derefter, idet tabet er forholdsvis størst umiddelbart efter udbringningen. Er afgrøden etableret, og det drejer sig om rækkeafgrøder, vil ammoniakfordampningen være mindst ved nedfældning af gødningen mellem rækkerne. Er dette ikke muligt, vil det være en fordel at udbringe gødningen med slæbeslangeudstyr, som placerer gødningen mellem planterne. Placeringen af gødningen nede i afgrøden nedsætter ammoniakfordampningen, ligesom planterne er i stand til at optage ammoniak gennem de overjordiske plantedele.

Med husdyrgødningen tilføres både mineralsk kvælstof (ammoniumkvælstof) og organisk bundet kvælstof. 1. års-virkningen skyldes hovedsagelig ammoniumkvæstoffet. Ved tilførsel af en husdyrgødningsmængde svarende til, at gødningens indhold af ammoniumkvælstof dækker afgrødens kvælstofbehov, vil den totale kvælstoftilførsel således overstige afgrødens behov.

I forhold til afgrødernes kvælstofbehov indeholder svinegødning/gylle forholdsvis mere fosfor og kvæggødning/gylle forholdsvis mere kalium end kvælstof. Derfor opnås den bedste udnyttelse af den samlede handels- og husdyrgødningsmængde ved at tilføre husdyrgødningen efter det næringsstof, der er tilstede i gødningen i størst mængde i forhold til afgrødens behov, og dække et yderligere behov for de øvrige næringsstoffer ved supplerings med handelsgødning.

Kvælstoftilførslen til de husdyrgødede arealer vil herved blive mere optimal, idet mængden af organisk kvælstof nedsættes i forhold til den samlede mængde mineralsk kvælstof. Samtidig

vil tilfælde af overgødsning med kvælstof i form af husdyrgødning være elimineret.

Følgen af en sådan gødskningspraksis vil være, at husdyrgødningen skal fordeles på et større areal end de nugældende regler foreskriver.

Et bedre kendskab til husdyrgødningens næringsstofindhold på den enkelte bedrift vil også kunne bidrage til en mere optimal udnyttelse af næringsstofferne i gødningen. Ved hjælp af analyser af ammonium-, fosfor- og kaliumindholdet, foretaget med passende mellemrum, kan der doseres præcist efter fosfor- eller kaliumbehovet, og med kendskab til ammoniumindholdet kan der suppleres med handelsgødningskvælstof.

Ved udnyttelse af den foreliggende viden omkring forholdene vedrørende hensigtsmæssig håndtering og anvendelse af husdyrgødning kan jordbrugeren uden tvivl nyttiggøre husdyrgødningens indhold af næringsstoffer betydeligt bedre, end det er tilfældet i øjeblikket, og dermed også reducere forbruget af handelsgødning.

Tilførsel af større mængder kvælstof, end afgrøderne kan udnytte, medfører risiko for en forholdsvis stor udvaskning af kvælstof. En præcis afpasning af kvælstoftilførslen efter behovet er vanskelig, idet tilførslen skal finde sted tidligt i vækstperioden, hvorimod det reelle behov først er kendt ved høst, fordi vækstbetingelserne først er kendt på dette tidspunkt. Dertil kommer usikkerheden omkring, hvor meget tilgængeligt kvælstof der findes i jorden ved vækstperiodens begyndelse, samt hvor meget jorden stiller til rådighed i løbet af vækstperioden. De to sidstnævnte forhold kompenseres der i nogen grad for ved at inddrage de årlige kvælstofprognoser og jordens tidligere dyrkningshistorie i vurderingen af kvælstofbehovet.

Usikkerheden omkring det faktiske behov og forventninger om gode vækstbetingelser forleder let jordbrugeren til en »forsikringsgødsning«.

På grundlag af normal for kvælstofbehovet til de enkelte afgrøder og en udnyttelsesprocent for kvælstof i husdyrgødningen på 24-28 % har Rude (1987) beregnet kvælstofbehovet i plante-produktionen for årene 1982-86 og Hansen (1990) tilsvarende behovet i årene 1987-90. Med de usikkerheder, der er på sådanne beregninger,

fandtes, at tilførslen i gennemsnit for alle årene oversteg behovet med ca. 10 %

Endvidere skal der gøres opmærksom på, at en afvigelse på 10-20 kg N pr. ha fra den optimale kvælstoftilførsel ofte betyder langt mindre for udbyttet end de årlige variationer, som vækstbetingelserne iøvrigt er årsag til.

Ovennævnte forhold bør jordbrugeren tage i betragtning ved gødskningsplanlægningen og overveje, hvad der som helhed er mest hensigtsmæssigt: at »forsikre« sig mod underoptimal tilførsel og dermed måske tilføre for meget kvælstof eller at »forsikre« sig mod overoptimal tilførsel ved konsekvent at tilføre en kvælstofmængde, som ligger nogle kg lavere end den skønnede optimale mængde.

Med en lidt mindre kvælstofmængde cirkulerende i jord-plantesystemet vil vintersædsafgrøderne iøvrigt bedre være i stand til at klare opgaven som »grøn mark«, at opfange tilgængeligt kvælstof i jorden om efteråret.

## Pesticider

I intensivt drevet jordbrug med store sammenhængende arealer dyrket med samme afgrøde og undertiden med et anstrengt sædskifte opstår der let gode betingelser for opformering af skadevoldere.

Med mindre, der foretages en bekæmpelse af skadevolderen, kan angrebet blive så voldsomt, at afgrøden lider stor skade. Dette medfører både et økonomisk tab for jordbrugeren og en dårlig udnyttelse af næringstofferne bl.a. af kvælstof, hvilket kan medføre en større udvaskning. Ligeledes vil det ikke være rentabelt at dyrke visse afgrøder uden disse hjælpemidler til rådighed.

For at modvirke uønskede konsekvenser for miljøet på længere sigt skal midlerne, som tidligere omtalt, opfylde visse økotoxikologiske krav for at blive godkendt. Det drejer sig om persistens og mobilitet i jorden samt bioakkumulering.

Ved godkendelse af midlerne tilstræbes at skabe sikkerhed for, at der kun anvendes midler, som ikke har en vedvarende og uoprettelig effekt på miljøet. Anvendelsen skal dog stadig begrænses mest muligt, idet midlerne ofte ikke er arts-

specifikke og derfor kan have utilsigtede virkninger på ikke skadevoldende organismer.

Kemisk bekæmpelse bør foretages ud fra behovsbestemte kriterier og først tages i anvendelse, når andre rationelle dyrkningstekniske foranstaltninger ikke er tilstrækkelige til sikring af afgrøderne mod skadevolderne.

Med henblik på at reducere anvendelsen af kemiske bekæmpelsesmidler bør jordbrugeren derfor i videst muligt omfang og i større udstrækning, end det er tilfældet i dag, udnytte de dyrkningstekniske foranstaltninger, som har en begrænsende effekt på risikoen for alvorlige angreb af skadevoldere.

Afgrødevalg og anvendelse af sædskifter, der sigter på at minimere risikoen for angreb af skadevoldere, bør tilstræbes. Der bør så vidt muligt altid benyttes resistente sorter, og for at modvirke udvikling af virulente smitteracer vil det være hensigtsmæssigt at regulere sortsudbuddet områdevis.

I dag holder en sorts resistens ofte kun forholdsvis kort tid, fordi enkelte sorter er dominerende. Spredning af sortsvalget på de bedste sorter vil næppe få nogen væsentlig betydning for høstudbyttet sammenlignet med, at alle vælger en enkelt eller få sorter blandt de højest ydende. Spredning af sortsvalget vil kunne mindske behovet for svampekæmpelser. Anvendelse af sortsblandinger vil ligeledes generelt mindske smittetrykket samt medvirke til bevarelse af sorterens resistens og dermed reducere behovet for kemisk bekæmpelse af svampesygdomme.

Mens ukrudtsfarvning i korn ikke er en særlig effektiv form for ukrudtsbekæmpelse, er radrensning – eventuelt kombineret med båndsprøjtning – i rækkesåede afgrøder effektiv, men tidskrævende. Initiativer, der fremmer anvendelsen af mekanisk ukrudtsbekæmpelse, vil kunne reducere herbicidanvendelsen specielt i afgrøder sået med en passende rækkeafstand. Ved nedfældning af flydende husdyrgødning kan der i disse afgrøder være mulighed for at kombinere udbringningen med en ukrudtsbekæmpelse.

Selv om dyrkningstekniske foranstaltninger inddrages mere end tidligere, vil der i jordbruget fremover også stadig være behov for en kemisk

bekæmpelse af skadevoldere. Som tidligere nævnt bør iværksættelse af en kemisk bekæmpelse af skadevoldere imidlertid altid foretages med baggrund i behovsbestemte kriterier.

En meget væsentlig faktor i bestræbelserne på at reducere jordbrugets anvendelse af pesticider er en målrettet oplysning og videnformidling til jordbrugerne. Ved hjælp af bl.a. informationsdatabaser kan den foreliggende viden vedrørende anvendelse af økonomiske skadetærskler og mulighederne for anvendelse af reducerede doseringer mv. udnyttes.

Med en målbevidst indsats og udnyttelse af den foreliggende viden er der ingen tvivl om, at anvendelsen af pesticider kan bringes ned på et betydeligt lavere niveau, end det er tilfældet i øjeblikket, uden at udbyttet og det økonomiske resultat ændres mærkbart.

Ved en optimal anvendelse af pesticider, som bl.a. inddrager anvendelse af lave doseringer, nedsættes miljøbelastningen. En optimal anvendelse løser ikke problemerne vedrørende ønsket om en større artsrigdom og individtæthed af vilde dyr og planter på de dyrkede arealer. For dyrene drejer det sig både om egnede fødeemner og egnede tilholdssteder, hvor de kan leve uforstyrret. En overgang fra kemisk til ikke kemisk ukrudtsbekæmpelse vil ikke give større artsrigdom eller individtæthed af vilde planter på de dyrkede arealer. Problemet er således ikke alene knyttet til den direkte påvirkning af de kemiske midler eller den anvendte bekæmpelsesmåde.

Mulighederne for at bevare artsrigdommen og en rimelig individtæthed ligger således ikke alene i en nedsat bekæmpelsesintensitet af skadevoldere på de dyrkede arealer, men lige såvel i en forøgelse af småbiotoper i det åbne land i form af bevarelse af vandhuller og tilplantning

omkring disse samt plantning af flerrækkede brede læhegn. Ligeledes vil en marginalisering/braklægning af visse arealer medvirke til et rigere plante- og dyreliv i landskabet. Sprøjtefri bræmmer langs hegn og andre småbiotoper vil have samme virkning og er en løsning, der vil kunne bidrage til, at hele det dyrkede areal får åndehuller, hvor flora og fauna tilgodeses.

## Marginalisering

Ændres markedsforholdene i en så ugunstig grad, at det punkt nærmer sig, hvor det ikke længere er rentabelt at udnytte de mindst dyrkningssikre jordtyper til intensiv landbrugsdrift, bør disse tages ud af drift og overgå til grøn braklægning.

En grøn braklægning, hvor arealerne holdes bevokset med vedvarende græs eller lignende, er en særdeles effektiv metode til at nedsætte kvælstofudvaskningen. Ligeledes vil der ikke blive anvendt plantebeskyttelsesmidler på sådanne arealer.

Overgang til grøn braklægning vil yderligere være aktuel, hvis arealerne ligger i miljøfølsomme områder, hvor f.eks. grundvandet er truet af nitratforurening.

En anden mulighed for udnyttelse af arealer, der udtages af driften, er at benytte disse til dyrkning med afgrøder, som kan anvendes til non food formål, f.eks. brændsel. Her vil det være en fordel, hvis afgrøderne er af en type, der kræver et minimum af næringsstoffer og plantebeskyttelsesmidler. Endvidere skal afgrøden gerne være af en type, som gør det let at inddrage arealet til landbrugsmæssig drift igen, hvis dette på et senere tidspunkt skulle vise sig at være en fordel.

# Forsknings- og udviklingsområder

---

Begrebet bæredygtigt jordbrug dækker over et jordbrug, som integrerer både økonomiske og miljømæssige hensyn.

Forskning og udviklingsinitiativer med sigte på at styrke jordbrugets bæredygtighed kræver derfor en høj grad af helhedsbetragtning, hvor både produktions- og miljøaspekter inddrages.

Jordbrugets bæredygtighed til enhver tid er helt afhængig af erhvervets evne til at tilpasse og omstille produktionen til de skiftende krav, som det øvrige samfund stiller med hensyn til produktart og -kvalitet samt de påvirkninger af miljøet, som produktionen i jordbruget forårsager herunder jordbrugets forvaltning af det åbne land.

I det følgende omtales tre områder, hvor forskning og udvikling vil kunne bidrage til at fremme bæredygtigheden i jordbruget, og som også vil kunne bidrage til at gøre samfundet mere bæredygtigt som helhed. Det drejer sig om følgende områder:

- Anvendelse af planteprodukter som råvarer for industrien til produktion af non-food produkter.
- Bedre udnyttelse af de anvendte ressourcer herunder forbedret næringsstofhusholdning og mindre belastning af miljøet.
- Bidrage til energiforsyningen og nyttiggørelse af affaldsprodukter.

## Anvendelse af planteprodukter som råvarer for industrien – non-food

Gennem tiden har jordbruget i alt overvejende grad været baseret på produktion af fødemidler og kun i ringe grad på fremstilling af produkter til andet formål. Med de senere års overskudsproduktion af fødevarer og deraf følgende kvoter og afgifter på forskellige landbrugsprodukter vil det imidlertid også være hensigtsmæssigt at rette

blikket mod fremstilling af produkter til andet formål. Et interessant område er non-food området. En vigtig opgave for forsknings og udviklingsarbejdet i jordbruget er derfor at medvirke til frembringelse og udvikling af produkter, som er velegnet som råvarer for industrien.

I havebruget har en stor del af erhvervet gennem mange år været baseret på non-food produktion. Dette gælder hele området vedrørende blomsterdyrkingen og dyrkning af pryd- og landskabsplanter.

Anvendelse af planteprodukter som råvarer i industrien til non-food produkter er som helhed beskeden. De vigtigste produkter i dag er sukker, stivelse, vegetabiliske olier og plantefibre. Sidstnævnte baseret på hør og især halm.

Sukker, stivelse og vegetabiliske olier anvendes direkte som udgangspunkt for fremstilling af forskellige kemiske forbindelser, som igen er udgangspunkt for fremstilling af forskellige produkter, bl.a. fremstilles visse miljøvenlige plastmaterialer ud fra stivelse. Sukker og stivelse anvendes desuden i fremstillingen af forskellige kemiske forbindelser ved gæring.

I øjeblikket synes plantefibre at have størst interesse. Halm er gennem flere år anvendt som erstatning for træ til fremstilling af »spånplader« og cellulose, der anvendes i papir- og papindustrien. Der er næppe tvivl om, at anvendelsesområdet for plantefibre vil øges, dels som følge af knaphed på træ, men også som erstatning for tekniske fibre som isoleringsmateriale, erstatning for asbest og som møbelfyld m.v.

Selv om flere af de nævnte planteprodukter ikke i øjeblikket kan konkurrere med oliebaseerede produkter, kan situationen ændre sig. Derfor er det vigtigt, at jordbruget går aktivt ind i en dialog med industrien og andre institutioner med interesse for sagen for at afdække potentielle områder, hvor planteprodukter kan komme på tale som råvarer. Ligeledes er det vigtigt at få fastlagt de krav, med hensyn til kvalitet og leveringssik-



kerhed m.v., der stilles for en rationel anvendelse af planteprodukter i industrien.

Introduktion af nye samt ændring af kendte planteprodukter til industribrug vil således kræve en langsigtet koordineret forskningsindsats, som involverer udvælgelse og forædling af de bedst egnede planter samt udvikling af egnede dyrknings- og høstmetoder m.v. I denne sammenhæng vil både den teknologiske udvikling og bioteknologien formentlig få en central betydning.

Et andet vigtigt argument for en forøget indsats for anvendelse af biomasse som råvarer til non-food industrien er, at landbruget i årene frem til år 2000 vil stå over for store afsætningsproblemer på de traditionelle områder, hvilket medfører, at et stort landbrugsareal sandsynligvis skal tages ud af drift, med mindre der kan findes alternative produktionsmuligheder.

### **Bedre udnyttelse af de anvendte ressourcer**

En væsentlig forudsætning for et bæredygtigt jordbrug er en optimal udnyttelse af de anvendte ressourcer, både med hensyn til kvantiteten og kvaliteten af det opnåede udbytte/produktion. Dette gælder både for land- og havebrug, og uanset om det drejer sig om den traditionelle produktion af fødevarer eller produktion af non-food planteprodukter.

De kommende års teknologiske udvikling, herunder informationsteknologien, vil komme til at spille en central rolle i bestræbelserne på at forbedre udnyttelsen af de anvendte ressourcer.

Jordbrugsbedrifterne – landbrug eller gartneri – vil i fremtiden i stigende grad være udstyret med en datamat, som vil være et væsentligt og værdifuldt instrument til planlægning, styring og kontrol af produktionen.

På de enkelte bedrifter vil der ske en detaljeret kortlægning af bedriftens »grunddata«. For planteproduktionen vil det være data til karakterisering af:

- Jordbundsforholdene
- Jordens vandkapacitet
- Jordens gødningsstatus, eventuelt i forskellige områder inden for samme mark

- Markens »dyrkningshistorie« de foregående år
- Ukrudt, art og forekomst
- Klimaforhold i den pågældende egn af landet
- Mulighed for vanding
- Husdyrgødningsressourcer
- Personale- og maskinressourcer
- Udbytteneiveauet osv.

På bedriften eller måske på den enkelte mark vil der formentlig også være placeret et såkaldt klimaspjyd til løbende registrering af klimadata.

Udstyret med bedriftens grunddata og modeller for forskellige afgrøders vækst og udvikling ved forskellige dyrkningsforanstaltninger og under varierende vækstbetingelser vil driftslederen via datamaten kunne få oplysninger og vejledning om gødskning, jordbehandling, hensigtsmæssigt såtidspunkt, risiko for angreb af skadevoldere samt oplysning om korrekt afgrødepleje i vækstperioden. Datamaten vil således med relevante informationer være i stand til at opstille dyrkningsprogrammer for de enkelte afgrøder tilpasset forholdene på bedriften.

En yderligere udbygning af dette system er at udstyre markredskaberne med teknik, som eventuelt via satellit kan fastlægge maskinens nøjagtige position på en given mark og ved hjælp af de lagrede datasæt på bedriftens datamat på forhånd kode maskinen til at dosere f.eks. gødningen efter det aktuelle behov i forskellige områder af marken. På tilsvarende måde vil det være muligt ved hjælp af den løbende registrering af klimadata fra klimaspjyd at forudsige risikoen for angreb af skadevoldere og angrebets forventede udvikling og på grundlag heraf fastlægge en nøje behovsbestemt bekæmpelsesstrategi.

For at udnytte informationsteknologien fuldt ud til udarbejdelse af dyrkningsprogrammer er det nødvendigt, at videngrundlaget for de forskellige afgrøder udbygges og sammenstilles til modeller, som beskriver effekten ved varierende niveau af de forskellige vækstfaktorer, idet disse udgør grundlaget for dyrkningsprogrammerne. På områderne gødskning, plantebeskyttelse og vanding er der allerede i dag delvis udviklet modeller til beslutningsstøtte på ejendomsniveau.

For at få et helhedsbillede af den samlede effekt af de forskellige vækstfaktorer er det nødvendigt med integrerede undersøgelser, hvor forskellige faktorer indgår som forsøgsparametre. Hensigten med integrerede undersøgelser er at kvantificere vekselvirkningen mellem vækstfaktorerne, hvilket er af stor betydning for at opstille rigtige modeller som giver et helhedsbillede af afgrødernes vækst og udvikling under forskellige vækstbetingelser og dyrkningsforanstaltninger.

Integrerede undersøgelser, hvor alle relevante aspekter inddrages, kræver et tæt samarbejde mellem flere fagområder, hvor hvert fagområde bidrager med sin viden. Bidraget fra de forskellige fagområder vil altid være baseret på specialviden erhvervet ved mere specifikke undersøgelser indenfor de respektive fagområders arbejdsfelt. For at opnå et tilfredsstillende udbytte af de integrerede undersøgelser er det således vigtigt, at der sideløbende gennemføres forskning og udvikling med henblik på at løse specifikke problemstillinger, som også skal tjene til videreudvikling af modeller, der som nævnt er basis for udarbejdelse af dyrkningsprogrammer.

Af områder, hvor undersøgelser er ønskelig, skal nævnes:

- Reduktion af ammoniaktab fra husdyrgødning i proceskæden fra stald og indtil gødningen er nedbragt i jorden. Der bør udvikles udbringnings- og dyrkningssystemer, som muliggør at næringsstofferne i husdyrgødningen i alt overvejende grad tilføres i vækstsæsonen.
- Afpasning af næringsstofftilførselen efter afgrødernes mængde og tidsmæssige behov under hensyntagen til, hvor meget jorden stiller til rådighed i løbet af vækstperioden. Dette kræver bl.a. et større kendskab til omsætning af organisk stof i jorden, herunder omsætningen af organisk bundet kvælstof tilført med husdyrgødning og planterester. I forbindelse hermed bør der udvikles operationelle modeller til beskrivelse af omsætningen af næringsstoffer og organisk stof i rodzonen.

- Videreudvikling af dyrkningssystemer, som sikrer, at plantenæringsstofferne ikke tabes fra rodzonen, men i videst muligt omfang fastholdes i jord-plantesystemet. Indsatsen bør omfatte planternes vækstevne og kvælstofoptagelse og forløbet af denne om efteråret. I denne sammenhæng inddrages underundersøgelser af betydningen af afgrødernes indbyrdes placering i dyrkningssystemet eller sædskiftet for størst mulig fastholdelse af næringsstoffer i systemet.
- Integrerede undersøgelser til afdækning af vekselvirkningen mellem kvælstofgødningen og behov for plantebeskyttelse. Begge disse produktionsfaktorer har stor effekt på udbyttet og kvaliteten og tillægges en væsentlig del af årsagerne til jordbrugets uheldige virkning på miljøet. Endelig skal det fremhæves, at vekselvirkningen er stor mellem disse to vækstfaktorer. Undersøgelserne vil være af stor økonomisk og miljømæssig værdi for både landbrug og gartneri.
- Populationsdynamiske undersøgelser af ukrudt, sygdomme og skadedyr med henblik på fastlægning af bekæmpelsesbehov og af skadetærskler. Undersøgelserne skal danne fundamentet i prognose og varslingsmodeller. Desuden skal kendskabet til skadevoldernes resistensmekanismer øges, således at resistensstrategier kan indbygges i jordbrugerens bekæmpelsesstrategier og derved minimere risikoen for udvikling af pesticidresistens.
- Reduktion af forbruget af pesticider ved øget kendskab til samspillet mellem klima, skadevolder og det enkelte pesticid samt ved øget viden om sprøjteteknik med hensyn til optimal dråbestørrelse, vædskemængde og betydningen af »ledsageluft«.
- Udvikling af ikke-kemiske metoder til erstatning eller supplement til kemiske bekæmpelsesmetoder f.eks. biologisk bekæmpelse af skadedyr og mekanisk ukrudtsbekæmpelse.
- Dyrkning af frugt og grønsager i integrerede undersøgelser omfattende dyrkningstekniske foranstaltninger, der sikrer optimal udnyttelse

af næringsstofferne og minimerer risikoen for angreb af skadevoldere samt anvendelse af biologiske bekæmpelsesmetoder ved udnyttelse af naturligt forekommende nytteinsekter.

- Bibeholdelse af råvarækvaliteten gennem høstprocessen ved valg af afgrøde-optimal udvikling ved høst, skånsom håndtering, hurtig nedkøling af friske grønsager og frugt og indlagring af sunde og ubeskadigede produkter.
- Udvikling og forbedring af dyrkningsteknikken for planter i væksthuse, herunder udvikling af computerstyrede dyrkningsprogrammer til optimal styring af vækstfaktorerne indbefattet de klimatiske faktorer. Sådanne programmer vil forbedre planlægningen af produktionen, således at kulturen er færdig til salg på det planlagte tidspunkt, hvilket ofte er helt afgørende for økonomien.
- Udvikling af sorter med gode resistensegenskaber overfor betydende skadevoldere og frembringelse og vedligeholdelse af sundt kerneplantemateriale for at undgå overførsel af sygdomme og skadedyr.

### **Bidrag til energiforsyningen og nyttiggørelse af affaldsprodukter**

Jordbrugets rolle som bidragyder til energiforsyningen knytter sig dels til anvendelsen af overskudshalmen som brændsel i stedet for kul, olie og naturgas og dels til anvendelsen af husdyrgødning til produktion af gas i biogasanlæg. Ligesom halm kan biogas anvendes som brændsel til opvarmning.

#### *Halm*

Mange landbrug har - og flere vil i fremtiden få - installeret halmfyr til dækning af energiforbruget til opvarmning og eventuelt tørring af korn. Ligeledes er der flere steder i landet oprettet fjernvarmecentraler til halmfyring.

Omkring 1/3 af halmen fra kornarealerne og hovedparten af halmen fra arealerne med raps snittes og nedpløjes. Dette svarer til halm-mængden fra 700-800.000 ha pr. år. I halmen, der

i dag snittes og nedpløjes, ligger således en stor uudnyttet ressource af biobrændsel.

Såfremt økonomien ved fyring med halm i fjernvarmeværker kan forbedres ved fortsat teknisk udvikling, som nedsætter driftomkostningerne, vil der være basis for en udvidet anvendelse af halm og stængelmateriale fra andre plantearter f.eks. elefantgræs til dækning af behovet for energi til opvarmning. I denne forbindelse skal der peges på mulighederne for dyrkning af biobrændsel på arealer, som eventuelt i fremtiden skal tages ud af drift på grund af overskudsproduktion af f.eks. korn.

#### *Biogas*

Ved anaerob (iltfri) omsætning af husdyrgødning i biogasanlæg udvikles gas, som ved forbrænding kan udnyttes til opvarmning.

Biogasanlæg findes både som gårdanlæg og som større fællesanlæg. Biologisk set er anlæggene driftsikre, men selvom teknikken gennem årene er forbedret, er der stadig dele af denne, som bør viderudvikles.

I øjeblikket findes 9 fællesanlæg, som alle er i stabil drift. Foruden husdyrgødning anvendes også organisk affald fra slagterier, fiskeindustrien og kildesorteret husholdningsaffald, ligesom der forsøgsvis er anvendt kommunalt spildevands-slam. Biogasanlæggene er således ved at udvikle sig til integrerede behandlingssteder for biologisk affald, der efter behandling kan anvendes som gødning i landbruget. Desuden kan fællesanlæggene med passende store lagertanke fungere som gødningsbanker/fordelingscentraler mellem ejendomme med henholdsvis over- og underskud af husdyrgødning og dermed også medvirke til en bedre udnyttelse af gødningen.

Store fælles biogasanlæg indebærer en risiko for spredning af smitte. Undersøgelser har dog vist, at der kan etableres systemer, herunder transport af husdyrgødningen, der bryder smitteveje, således at smittespredning undgås.

Med de nuværende priser på fossilt brændsel som kul, olie og naturgas er produktionen af biogas og anvendelse af halm som brændsel formentlig ikke samfundsøkonomisk rentabelt,

hvis vurderingen alene går på produktionen af energi.

Inddrages de miljømæssige fordele i vurderingen øges den samfundsmæssige rentabilitet, idet fællesbiogasanlæg som nævnt kan medvirke til en bedre udnyttelse af husdyrgødningen ved at fungere som fordelingscentral. Ligeledes ned-

sættes behovet for arealer til lossepladser ved anvendelse af industri- og kildesorteret husholdningsaffald i anlæggene. Endelig skal der erindres om, at forbrænding af halm og biogas er kuldioxid-neutral i modsætning til forbrænding af kul, olie og naturgas, som øger atmosfærens indhold af kuldioxid.

# Litteratur

---

- Andersen, C.; Eiland, F. og Vinther, F. P.* (1983). Økologiske undersøgelser af jordbundens mikroflora og fauna i dyrkningssystemer med reduceret jordbehandling, vårbyg og efterafgrøder. Tidsskr. Planteavl 87, 257-296.
- Andersen, S. B.* (1990). Plantebioteknologien i menneskets tjeneste. Ugeskrift for Jordbrug 13/14, 226-228.
- Aslyng, H. C.* (1962). Forelæsninger over Afvanding i jordbruget. Den kgl. Vet.- og Landbohøjskole, København, 147 pp.
- Aslyng, H. C.* (1968). Forelæsninger over Klima, Jord og Vandbalance i Jordbruget. Den kgl. Vet.- og Landbohøjskole, 303 pp.
- Baadsgaard, A.* (1987). Svinegylle til vintersæd i vækstperioden. Tidsskr. Planteavl 91, 223-227.
- Baadsgaard, A.* (1989). Svinegylle til vintersæd - udbringningstidspunkt. Statens Planteavl-forsøg, Grøn Viden, Landbrug, nr. 39.
- Bollen, G. J.* (1982). Fungicide resistance and microbial balance, pp. 161-176. In: Dekker, J. and S. G. Georgopoulos (eds.). Fungicide resistance in crop production. Wageningen.
- Braae, L. et al.* (1988). Fuglefaunaen på konventionelle og økologiske landbrug, Miljøprojekt nr. 102, Miljøstyrelsen.
- Chiverton, P. A.* (1984). Pitfall trap catches of the carabid beetle *Pterostichus melanarius*, in relation to gut contents and prey densities, in insecticide treated and untreated spring barley. Entomol. exp. appl. 36, 23-30.
- Chiverton, P. A.* (1986). Predator density manipulation and its effects on populations of *Rhopalosiphum padi* (hom.: Aphididae) in spring barley. Ann. Appl. Biol. 109, 49-60.
- Christensen, B. T.* (1988). Sædskiftets indflydelse på jordens indhold af organisk stof. I. Forsøg i rammeanlæg med halmnedmuldning og anvendelse af staldgødning 1956-1986. Tidsskr. Planteavl 92, 295-305.
- Christensen, B. T.* (1990). Sædskiftets indflydelse på jordens indhold af organisk stof. II. Markforsøg på grov sandblandet lerjord 1956-1985. Tidsskr. Planteavl 94, 161-169.
- Christensen, B. T. og Sommer, S. G.* (1989). Fordampning af ammoniak fra udbragt gødning. Metode og ammoniaktab fra urea og urea-ammonium-nitrat. Tidsskr. Planteavl 93, 177-190.
- Coombes, D. S. et al.* (1986). The dispersal and distribution of polyphagous predatory Coleoptera in cereals. Ann. Appl. Biol. 108, 461-474.
- Danmarks Statistik* (1968). Landbrugsstatistik 1900-1965. Landbrugsareal og høstudbytte samt gødningsforbrug.
- Danmarks Statistik* (1971, ..., 1989). Statistiske meddelelser vedr. landbrug, årlige beretninger fra Danmarks Statistik.
- Danmarks Statistik* (1989). Landbrugsstatistik 1988.
- Danmarks Statistik* (1990). Statistisk Årbog 1990.
- Domsch, K. H., Jagnow, G. og Anderson, T. H.* (1983). An ecological concept for the assessment of side-effects of agrochemicals on soil microorganisms. Residue Reviews 86, 65-105.
- Energiministeriet* (1990). Energi 2000. Handlingsplan for en bæredygtig udvikling.
- Ernstsen, V.* (1990). Nitratreduktion i moræner. NPO-forskning fra Miljøstyrelsen B2.
- FAO* (1989). Fertilizer Yearbook 39.
- Gerson, U. et al.* (1989). Resurgences of spider mites (Acari: Tetranychidae) introduced by synthetic pyrethroids. Exp. and Appl. Acarol. 6, 29-46.
- Gregersen, A.* (1983). Vanding. J. Hansen og A. Kyllingsbæk (red.): Kvælstof og Planteproduktion, 89-96. Tidsskr. Planteavl 87, 427-428. Beretning nr. S 1669, 141 pp.

- Grundahl, L. og Hansen, J. G. (1990). Atmosfærisk nedfald af næringssalte i Danmark. NPO-forskning fra Miljøstyrelsen A6.
- Hald, A. B. et al. (1990). Fugleføde i kornmarker - insekter og vilde planter, Miljøprojekt nr. 125, Miljøstyrelsen.
- Hance, T. et al. (1987). Effects of agricultural practices on Carabid populations. Acta Phytopat. et Entomol. Hungarica. 22, 147-160.
- Hansen, B. (1990a). Kortlægning af landbrugsdriften i to områder i Danmark. NPO-forskning fra Miljøstyrelsen, Nr. A2.
- Hansen, B. (1990b). Landbrugets gødnings- og arealanvendelse i 1983 og 1989. NPO-Forskning fra Miljøstyrelsen, Nr. A21.
- Hansen, B. og Sommer, S. (1987). Tilførsel af næringsstoffer til vandløb. Opdeling og variation i belastningen fra landbruget. Miljøprojekt, nr. 85, Miljøstyrelsen.
- Hansen, E. (1990). Overgødskning med kvælstof i dansk landbrug. Ugeskr. f. Jordbrug nr. 35/36, 567-569.
- Hansen, E. M. (1989). Rajgræs som fangafgrøde - nedmuldning efterår eller forår. NJF Seminarium nr. 159: Grøngødslingsgrødor och/eller fanggrødor, 14.-15. november 1989, Nyborg Strand, Danmark.
- Hansen, J. (1983). Kvælstofudvaskning fra rodzonen. J. Hansen og A. Kyllingsbæk (red.): Kvælstof og Planteproduktion 100-106. Tidsskr. Planteavl 87, 427-428. Beretning nr. S 1669, 141 pp.
- Hansen, J. F.; Olesen, J. E.; Mink, I.; Henius, U. M.; Høy, J. J.; Rude, S.; Steffensen, M.; Huld, T.; Guul-Simonsen, G.; Danfær, A.; Boisen, S. og Mikkelsen, S. A. (1990). Kvælstof i husdyrgødning. Statusredegerelse og systemanalyse vedrørende kvælstofudnyttelse. Tidsskr. Planteavl 94, 486. Beretning nr. S 2100.
- Hassan, S. A. et al. (1985). Standard methods to test side effects of pesticides on natural enemies of insects and mites, EPPO Bulletin 15, 214-255.
- Hjortsholm, K. (1990). Hvordan bibeholdes effektiviteten af sorterens resistens og hvilke potentielle muligheder er der? 7. Danske Planteværnskonference.
- Hokkanen, H. et al. (1988). Natural enemy conservation for the integrated control of the rape blossom beetle (*Meligethes aenus*). Ann. Agric. Fenn. 27, 281-294.
- Håndbog for Plantedyrkning (1990). Landbrugets Informationskontor, Skejby.
- Jensen, E. S. (1987). Seasonal patterns of growth and nitrogen fixation in field-grown pea. Plant and Soil 101, 29-37.
- Jensen, E. S.; Andersen, A. J.; Sørensen, L. H. og Thomsen, J. D. (1985). Kvælstofforsyning ved biologisk kvælstofbinding. II. Symbiotisk N<sub>2</sub>-binding og kvælstofgødskning af frøbælgplanter. Rapport nr. Risø-M-2428, Forskningscenter Risø, Roskilde.
- Jørgensen, H. (1989). Resistente bygsorter sortsblandingen og/eller fungicider? 6. Danske Planteværnskonference.
- Kirchmann, J. (1985). Losses, plant uptake and utilization of manure nitrogen during a production cycle. Acta Agric. Scand. Suppl. 24, 1-77.
- Kjellerup, V. (1991). Tørstofudbytte, kvælstofoptagelse og -udvaskning ved anvendelse af gylle iblandet nitrifikationshæmmere. Tidsskr. Planteavl 95, 204. Beretning nr. S 2139.
- Kjølholt (1986). Udviklingstendensen i landbrugets anvendelse af pesticider. Ugeskrift for Jordbrug nr. 5.
- Koefoed, N. og Hansen, B. (1990). Kvælstof- og fosforbalancer ved kvæg- og svinehold. NPO-forskning fra Miljøstyrelsen A1.
- Kyllingsbæk, A. (1989). Kvælstofudvaskning fra jord dyrket med rajgræs nedbragt på forskellige tidspunkter. Tidsskr. Planteavl 93, 337-342.
- Kyllingsbæk, A. (1992). Kvælstofudvaskning fra jord efter nedbringning af efterafgrøder med forskelligt kvælstofindhold (under udarbejdelse).
- Kyllingsbæk, A. og Simmelsgaard, Sv. E. (1986). Kvælstofudnyttelse og kvælstoftab på sandjord. Tidsskr. Planteavl 90, 267-268. Beretning nr. S 1853, 113 pp.



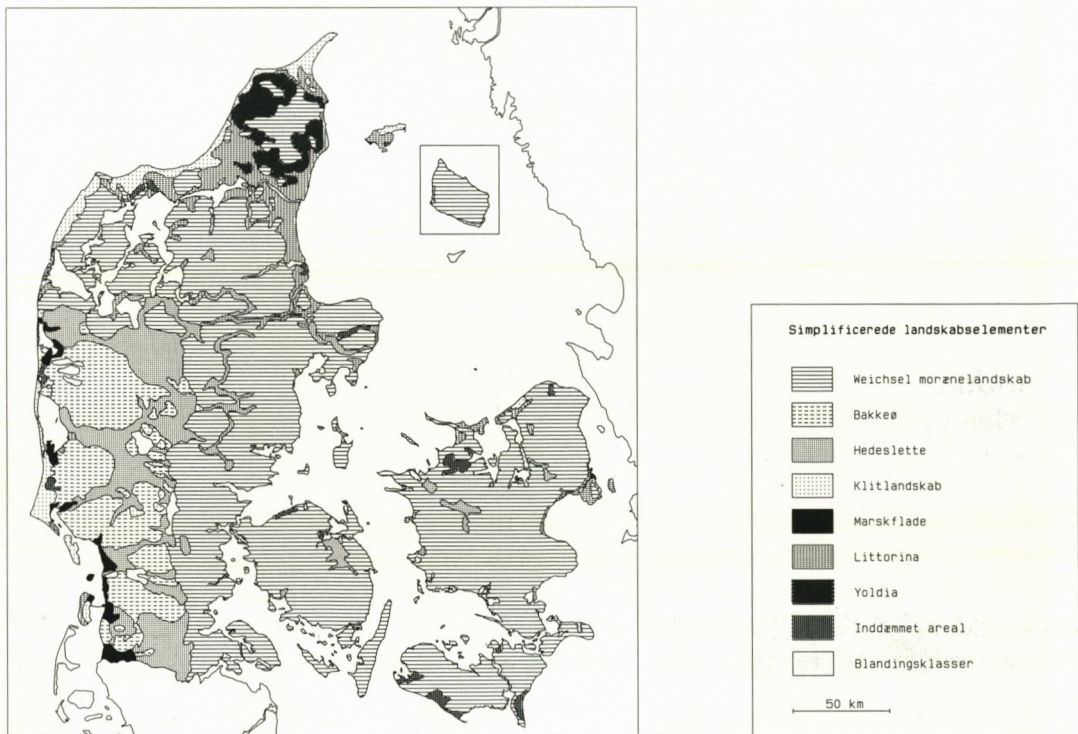
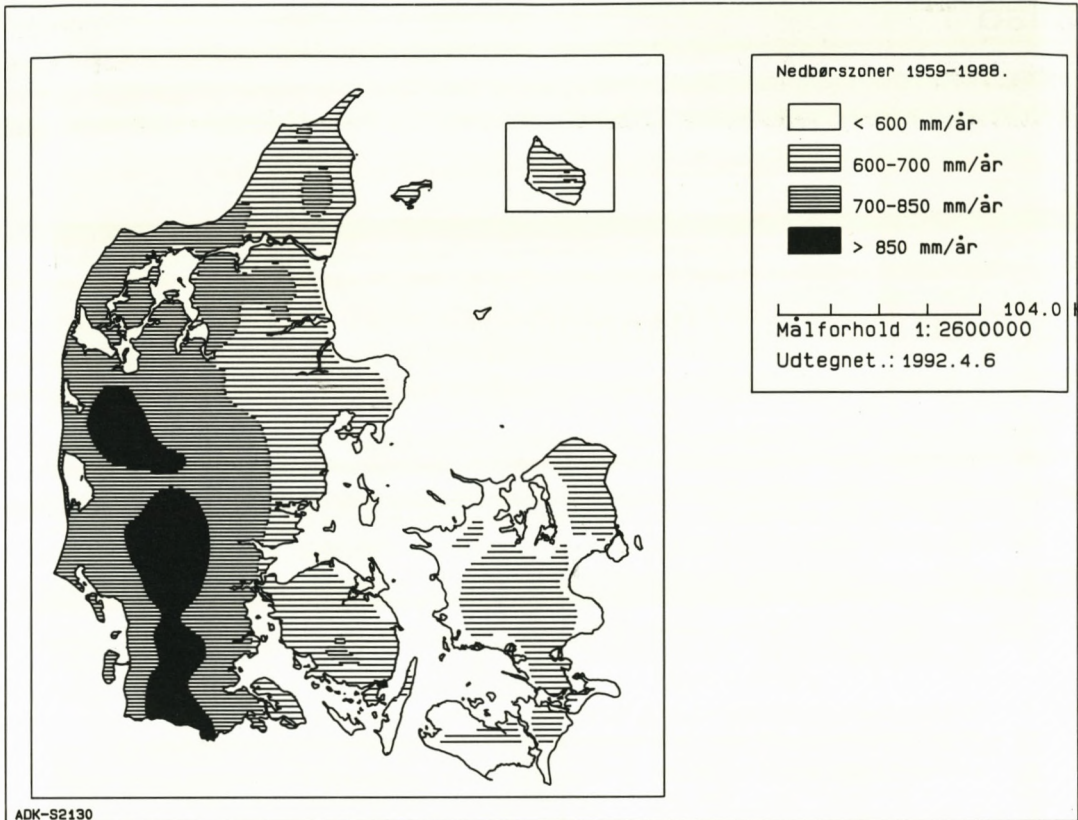
- Laursen, B.* (1987). Normtal for husdyrgødning. Statens Jordbrugsøkonomiske Institut, Rapport nr. 28.
- Levnedsmiddelstyrelsen* (1988). Pesticidrester i danske levnedsmidler 1986 og 1987.
- Lind, A. M.; Debosz, K.; Djurhuus, J. og Maag, M.* (1990). Kvælstofomsætning og -transport i to dyrkede jorder. NPO-forskning fra Miljøstyrelsen A9.
- Lockwood, J. L.* (1986). Soil borne plantpathogens: Concepts and connections. *Phytopathology* 76, 20-27.
- Maag, M.* (1989). Denitrification losses from soil receiving pig slurry or fertilizer. In Hansen, J. Aa. and Henriksen, K. (eds.): Nitrogen in organic Wastes applied to soils, 235-246. Academic Press.
- Madsen, H. B. og Holst, K.* (1987). Potentielle marginaljorde. Skov- og Naturstyrelsen 1989, 112 pp.
- Mikkelsen, H. E.* (1990). Analyse af danske dataserier for nedbør og temperatur XVIIINMM-90. Afd. for Jordbrugsmeteorologi, Statens Planteavlsvforsøg.
- Mikkelsen, S. A. og Olesen, J. E.* (1990). Luftforurening og landbrug. Foredrag ved konsensus-konferencen „Prioritering af luftmiljøindsatsen“, 22.-24. oktober, Christiansborg, København.
- Miljøministeriet* (1988). Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 515 af 29/8-1988.
- Miljøministeriet* (1990). Vejledning nr. 3, 1990. Vandkvalitet og tilsyn med vandforsyningsanlæg.
- Miljøstyrelsen* (1986). Miljøministerens Handlingsplan for en nedsættelse af forbruget af bekæmpelsesmidler. Miljøstyrelsen Jr. nr. D86-27000-4 december.
- Miljøstyrelsen* (1988). Fosfor - kilder og virkninger. Redegørelse fra Miljøstyrelsen Nr. 2.
- Miljøstyrelsen* (1989). Spildevandsslam fra kommunale renselanlæg i 1987. Orientering fra Miljøstyrelsen Nr. 10.
- Miljøstyrelsen* (1990). Overdækning af gyllebeholdere. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 34.
- Miljøstyrelsen* (1992). Landbrugets pesticidanvendelse i 1990. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen Nr. 1.
- Nemming, O.* (1976). Husdyrgødning til kløvergræs og rent græs. *Tidsskr. Planteavl* 80, 239-257.
- Nielsen, B. og Kristensen, K.* (1991). Estimering af produktionsfunktioner. Afdeling for Biometri og Informatik, Statens Planteavlsvforsøg.
- Nielsen, H.* (1990). Kvælstofstrømme i dansk landbrug 1980-88. Faglig rapport fra DMU nr. 3, Miljøministeriet 1990.
- Nielsen, N. E. og Jensen, H. E.* (1989). Udvaskning af nitrat-kvælstof fra morænelerjorde med varieret sædskifte og kvælstofgødskning. *Tidsskr. for Landøkonomi* 4, 268-280.
- Olesen, J. E.* (1990). CO<sub>2</sub> emission fra dansk landbrugsjord. Afd. for Jordbrugsmeteorologi, Statens Planteavlsvforsøg.
- Oversigt over Landsforsøgene* (1989). Landskontoret for Planteavl, Skejby.
- Oversigt over Landsforsøgene* (1990). Landskontoret for Planteavl, Skejby.
- Pedersen, E. F.* (1983). Drænvandsundersøgelser 1971-1981. *Tidsskr. Planteavl* 87. Beretning nr. S 1667, 53 pp.
- Pedersen, S.; Takai, J. og Hansen, K.* (1987). Ammoniakfordampning fra stalde og lagre. Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen nr. 4.
- Petersen, J.* (1991a). Metoder til udbringning af gylle. *Landbonyt*, februar, 10-13.
- Petersen, J.* (1991b). Anvendelse af husdyrgødning. *Landbonyt*, marts, 13-15.
- Petersen, J.* (1992). Kan direkte nedfældning af gylle og mekanisk ukrudtsbekæmpelse kombineres? *Landbonyt*, under udarbejdelse.
- Rands, M. R. W. et al.* (1986). Pesticide use on cereal crops and changes in the abundance of butterflies on arable farmland in England. *Biological Conservation*, 36, 87-96.
- Rasmussen, K. J.* (1983). Jordbearbejdning. J. Hansen og A. Kyllingsbæk (red): Kvælstof og Planteproduktion 82-88. *Tidsskr. Planteavl* 87, 427-428. Beretning nr. S 1669, 141 pp.

- Rude, S.* (1987). Vandmiljøplanen og landbruget - kvælstofforbrug og økonomi. Statens Jordbrugsøkonomiske Institut. Rapport nr. 34.
- Schjønning, P.; Hansen, A. C.; Sibbesen, E.; Nielsen, D. J.; Heidmann, T.; Madsen, M. B.* og *Waagepetersen, J.* (1990). Vanderosion, forfortab og dyrkningsform. Ugeskrift for Jordbrug nr. 25/26 1990.
- Schjørring, J. K. og Byskov-Nielsen, S.* (1990). Ammoniakfordampning fra bygplanter. Feltundersøgelser 1989 og 1990. NPo-forskning fra Miljøstyrelsen A15.
- Secher, B. og Eriksen, K. N.* (1988). Drænvandsundersøgelser på Lolland-Falster og Møn. Agrologisk Tidsskrift, Marken 12, 27-31.
- Sibbesen, E.* (1987). Tab af fosfor fra landbrugsjord. Bilag ved Statens Planteavlsmøde 1987, 29-32.
- Sibbesen, E.* (1990a). Kvælstof, fosfor og kalium i foder, animalsk produktion og husdyrgødning i dansk landbrug i 1980'erne. Tidsskr. Planteavl 94, 137. Beretning nr. S 2054.
- Sibbesen, E.* (1990b). Personlig meddelelse.
- Simmelsgaard, S. E.* (1985a). Vandbalance og kvælstofudvaskning på 4 jordtyper. I. Jordfysik og -kemisk beskrivelse af forsøgsarealer. Tidsskr. Planteavl 89, 111-116.
- Simmelsgaard, S. E.* (1985b). Vandbalance og kvælstofudvaskning på 4 jordtyper. III. Kvælstofkoncentration, -udvaskning og -balance. Tidsskr. Planteavl 89, 133-154.
- Simmelsgaard, S. E.* (1989). Modelberegning af afstrømning og kvælstofudvaskning til undergrund. Bilag NJF Seminar nr. 162.
- Simmelsgaard, S. E.* (1991). Personlig meddelelse.
- Sommer, S. G.* (1989). Udspredning af gylle: Fordampning af ammoniak og fordeling af udbragt gylle. Tidsskr. Planteavl 93, 323-329.
- Sommer, S. G.* (1990a). Ammoniakafsætning omkring et landbrug med malkekvæg. NPo-forskning fra Miljøstyrelsen A4.
- Sommer, S. G.* (1990b). NH<sub>3</sub>-fordampning fra gyllebeholdere. Overdækningens indflydelse på fordampningen. NPo-forskning fra Miljøstyrelsen A12.
- Sommer, S. G. og Christensen, B. T.* (1989). Fordampning af ammoniak fra svinegylle udbragt på jordoverfladen. Tidsskr. Planteavl 93, 307-321.
- Sotherton, N. W.* et al. (1985). Comparison of herbicide treated and untreated headlands for the survival of gamebird and wildlife. Brit. Crop Prot. Conf. - Weeds 8B, 991-998.
- Statens Jordbrugsøkonomiske Institut* (1989). Notat om Landbrugets Kvælstofbalance. Statens Jordbrugsøkonomiske Institut, København, november 1989.
- Statens Planteavlsforsøg* (1989). Husdyrgødning og dens anvendelse. Tidsskr. Planteavl. Beretning nr. S 1809, 150 pp.
- Søegaard, K.* (1989). 2. Græs og kløvergræs. I „Grovfoder - Dyrkning, konservering og udnyttelse“. Tidsskr. Planteavl 93, 144. Beretning nr. S 1996.
- Sørensen, J.; Jensen, B. T.; Poshna, D. og Thorling, L.* (1990). Kemisk nitratreduktion med Jern (II) forbindelser. NPo-forskning fra Miljøstyrelsen Nr. B1.
- Thonke, K. E.* et al. (1986). Nettomerudbytte ved pesticidanvendelse. Pesticider, forbrug, fordele, ulemper, fremtidsperspektiver. En Statusrapport. Tidsskr. Planteavl 90, 1-2. Beretning nr. S 1820, 37-75.
- Torp, J.* (1990). Gen- og bioteknologi i kornforædlingen. Ugeskrift for Jordbrug 17/18, 269-273.

# Bilag 1

## Jordklassificering i Danmark

Farve- kode	Teksturdefinition for jordtype	Symbol	JB. nr.	Vægtprocent				
				Ler < 2 µm	Silt 2-20 µm	Finsand 20-200 µm	Sand i alt 20-2000 µm	Humus 58,7% C
1	Grovsandet jord	GR.S.	1	0-5	0-20	0-50	75-100	Under 10
2	Finsandet jord	F.S.	2			50-100		
3	Grov lerblandet sandjord	GR.L.S.	3	5-10	0-25	0-40	65-95	
	Fin lerblandet sandjord	F.L.S.	4			40-95		
4	Grov sandblandet lerjord	GR.S.L.	5	10-15	0-30	0-40	55-90	
	Fin sandblandet lerjord	F.S.L.	6			40-90		
5	Lerjord	L.	7	15-25	0-35		40-85	
6	Svær lerjord	SV.L.	8	25-45	0-45		10-75	
	Meget svær lerjord	M.SV.L.	9	45-100	0-50		0-55	
	Siltjord	SI.	10	0-50	20-100		0-80	
7	Humus	HU.	11					Over 10
8	Speciel jordtype	SPEC.	12					







## Afdelinger under Statens Planteavlsforsøg

### Direktionen

Direktionssekretariatet, Skovbrynet 18, 2800 Lyngby ..... 45 93 09 99

### Landbrugscentret

Afdeling for Biometri og Informatik, Forskningscenter Foulum, Postbox 23, 8830 Tjele .... 89 99 19 00  
 Centerledelse, Fagligt Sekretariat, Forskningscenter Foulum, Postbox 23, 8830 Tjele ..... 89 99 19 00  
 Afdeling for Grovfoder og Kartofler, Forskningscenter Foulum, Postbox 21, 8830 Tjele ... 89 99 19 00  
 Afdeling for Industriplanter og Frøavl, Ledreborg Allé 100, 4000 Roskilde ..... 42 36 18 11  
 Afdeling for Sortsafprøvning, Teglværksvej 10, Tystofte, 4230 Skælskør ..... 53 59 61 41  
 Afdeling for Kulturteknik, Forskningscenter Foulum, Postbox 23, 8830 Tjele ..... 89 99 19 00  
 Afdeling for Jordbiologi og -kemi, Forskningscenter Foulum, Postbox 23, 8830 Tjele ..... 89 99 19 00  
 Afdeling for Planteernæring og -fysiologi, Forskningscenter Foulum, Box 23, 8830 Tjele . 89 99 19 00  
 Afdeling for Jordbrugsmeteorologi, Forskningscenter Foulum, Postbox 25, 8830 Tjele .... 86 65 25 00  
 Afdeling for Arealdata og Kortlægning, Enghavevej 2, 7100 Vejle ..... 75 83 23 44  
 Askov Forsøgsstation, Vejergade 55, 6600 Vejen ..... 75 36 02 77  
 Borris Forsøgsstation, Vestergade 46, 6900 Skjern ..... 97 36 62 33  
 Jydevad Forsøgsstation, Flensborgvej 22, 6360 Tinglev ..... 74 64 83 16  
 Lundgård Forsøgsstation, Kongeåvej 90, 6600 Vejen ..... 75 36 01 33  
 Rønhave Forsøgsstation, Hestehave 20, 6400 Sønderborg ..... 74 42 38 97  
 Silstrup Forsøgsstation, Oddesundvej 65, 7700 Thisted ..... 97 92 15 88  
 Tylstrup Forsøgsstation, Forsøgsvej 30, 9382 Tylstrup ..... 98 26 13 99  
 Ødum Forsøgsstation, Amdrupvej 22, 8370 Hadsten ..... 86 98 92 44  
 Laboratoriet for Biavl, Lyngby, Skovbrynet 18, 2800 Lyngby ..... 45 93 09 99  
 Laboratoriet for Biavl, Roskilde, Ledreborg Allé 100, 4000 Roskilde ..... 42 36 18 11  
 Centrallaboratoriet, Forskningscenter Foulum, Postbox 22, 8830 Tjele ..... 89 99 19 00

### Havebrugscentret

Centerledelse, Fagligt Sekretariat, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev ..... 65 99 17 66  
 Afdeling for Grønsager, Kirstinebjergvej 6, 5792 Årslev ..... 65 99 17 66  
 Afdeling for Blomsterdyrkning, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev ..... 65 99 17 66  
 Afdeling for Frugt og Bær, Kirstinebjergvej 12, 5792 Årslev ..... 65 99 17 66  
 Afdeling for Planteskoleplanter, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev ..... 65 99 17 66  
 Laboratoriet for Forædling og Formering, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev ..... 65 99 17 66  
 Laboratoriet for Gartneriteknik, Kirstinebjergvej 10, 5792 Årslev ..... 65 99 17 66  
 Laboratoriet for Levnedsmiddelforskning, Kirstinebjergvej 12, 5792 Årslev ..... 65 99 17 66

### Planteværnscentret

Centerledelse, Fagligt Sekretariat, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby ..... 45 87 25 10  
 Afdeling for Plantepatologi, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby ..... 45 87 25 10  
 Afdeling for Jordbrugszoologi, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby ..... 45 87 25 10  
 Afdeling for Ukrudtsbekæmpelse, Flakkebjerg, 4200 Slagelse ..... 53 58 63 00  
 Afdeling for Pesticidanalyser og Økotoksikologi, Flakkebjerg, 4200 Slagelse ..... 53 58 63 00  
 Bioteknologigruppen, Lottenborgvej 2, 2800 Lyngby ..... 45 87 25 10