

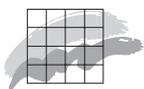


Miljø- og Energiministeriet
Danmarks Miljøundersøgelser

NOVA 2003

Landovervågningsoplande 1998

Faglig rapport fra DMU, nr. 293



Miljø- og Energiministeriet
Danmarks Miljøundersøgelser

NOVA 2003

Landovervågningsoplande 1998

*Faglig rapport fra DMU, nr. 293
1999*

Ruth Grant

Irene Paulsen

Hans Estrup Andersen

Anker Rode Laubel

Jørgen Ole Jørgensen

Pia Grewy Jensen

Marianne Pedersen

Afdeling for Vandløbsøkologi

Per Rasmussen

Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse

Datablad

Titel:	Landovervågningsoplande 1998	
Undertitel:	NOVA 2003	
Forfattere:	R. Grant ¹ , I. Paulsen ¹ , H.E. Andersen ¹ , A.R. Laubel ¹ , J.O. Jørgensen ¹ , P.G. Jensen ¹ , M. Pedersen ¹ , P. Rasmussen ²	
Afdelinger:	¹ Afdeling for Vandløbsøkologi ² Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse	
Serietitel og nummer:	Faglig rapport fra DMU nr. 293	
Udgiver:	Miljø- og Energiministeriet Danmarks Miljøundersøgelser ©	
URL:	http://www.dmu.dk	
Udgivelsesår:	December 1999	
Tegninger: ETB:	Kathe Møgelvang & Juana Jacobsen Hanne Kjellerup Hansen	
Bedes citeret:	Grant, R., Paulsen, I., Andersen, H.E., Laubel, A.R., Jørgensen, J.O., Jensen, P.G., Pedersen, M. & Rasmussen, P. (1999): Landovervågningsoplande 1998. NOVA 2003. Danmarks Miljøundersøgelser. 154 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 293	
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.	
Emneord:	Landovervågningsoplande, miljøtilstand, overvågning	
ISBN:	87-7772-497-6 (trykt udgave) 87-7772-512-3 (elektronisk udgave)	
ISSN:	0905-815X	
Tryk:	Silkeborg Bogtryk EMAS registreret nr. DK-S-0084	
Papirkvalitet:	Cyclus Print	
Oplag:	450	
Sideantal:	154	
Pris:	kr. 150,- (inkl. 25% moms, ekskl. forsendelse)	
Supplerende oplysninger:	NOVA 2003 rapportererne er en fortsættelse af rapportererne om Vandmiljøplanens Overvågningsprogram, som dækker årene 1989-1997 (udgivet 1990-1998). Rapporten kan også findes på Danmarks Miljøundersøgelses hjemmeside.	
Købes hos:	Danmarks Miljøundersøgelser Vejsøvej 25 Postboks 314 DK-8600 Silkeborg Tlf. 8920 1400 Fax 8920 1414	Miljøbutikken Information & Bøger Læderstræde 1 DK-1201 København K Tlf. 3395 4000 Fax 3392 7690 butik@mem.dk www.mem.dk/butik

Indhold

Forord 7

Resumé 9

1. Indledning 15

2. Nedbørs- og temperaturforhold i oplandene 17

3. Gødnings- og pesticidforbrug i hele landet 21

3.1 Anvendte bekendtgørelser og opgørelsesmetoder 21

3.2 Forbrug af kvælstofgødning for hele landet 23

3.3 Forbrug af fosforgødning for hele landet 26

3.4 Pesticidanvendelse på landsplan 27

3.5 Sammenfatning 30

4. Landbrugspraksis i oplandene 31

4.1 Interviewundersøgelsen i landovervågningsoplandene 31

4.2 Afgrøder og husdyrhold i landovervågningsoplandene 33

4.3 Forbrug og udnyttelse af kvælstofgødning til afgrøderne i landovervågningsoplandene 37

4.4 Kvælstofbalancer for landbrugsarealet i landovervågningsoplandene 43

4.5 Fosforbalancer for landbrugsarealet i landovervågningsoplandene 44

4.6 Pesticidanvendelse i oplandene 46

4.7 Samlet vurdering af udviklingen i landbrugspraksis i landovervågningsoplandene og for hele landet 48

5. Næringsstofudvaskning fra rodzonen – målinger på stationsmarker 49

5.1 Beskrivelse af stationsmarker 49

5.2 Jordvandsmålinger 50

5.3 Drænvandsmålinger 54

5.4 Udviklingstendenser i jordvandets kvælstofkoncentrationer 56

5.5 Sammenfatning 59

6. Modelberegning af kvælstofudvaskning fra rodzonen 61

6.1 Beskrivelse af modellen 61

6.2 Sammenligning mellem målt og modelberegnet kvælstofudvaskning 63

6.3 Beregning af udvaskning ved normalklima 64

6.4 Sammenfatning 67

7. Grundvand 69

- 7.1 Næringsstofkoncentrationer i det øvre grundvand 69
- 7.2 Forekomst af uorganiske sporstoffer i det øvre grundvand 72
- 7.3 Pesticidforekomst i det øvre grundvand 73
- 7.4 Øvrige miljøfremmede stoffers forekomst i det øvre grundvand 76
- 7.5 Grundvandskvalitet i relation til landbrugspraksis 77
- 7.6 Sammenfatning 79

8. Afstrømning, koncentration og transport af næringsstoffer i vandløb 81

- 8.1 Afstrømning 81
- 8.2 Koncentration af kvælstof og fosfor 83
- 8.3 Transport af kvælstof og fosfor 85
- 8.4 Sammenfatning 88

9. Sammenstilling – Landbrugets indflydelse på næringsstoftransporten i landovervågningsoplandene 91

- 9.1 Beskrivelse af kvælstoftransporterne i oplandene 91
- 9.2 Landbrugets indflydelse på kvælstofudvaskning til vandmiljøet 95

10. Konklusion – Udvikling i landbrugets kvælstofbelastning af vandområderne 97

- 10.1 Udviklingen i landbrugets kvælstofanvendelse frem til 1998 97
- 10.2 Udvikling i kvælstofudvaskning frem til 1998 98

11. Referencer 101

12. Sammenfatning af Danmarks Miljøundersøgelses nationale rapporter vedrørende resultaterne af det Nationale Program for Overvågning af Vandmiljøet (NOVA) 1998 105

Bilag

- Bilag 2.1 Månedsnedbør for LOOP 1-7 109
- Bilag 3.1 Markbalancer for kvælstof i 1000 tons for hele landet 112
- Bilag 3.2 Markbalancer for kvælstof i kg N ha⁻¹ 113
- Bilag 3.3 Markbalance for fosfor i 1000 tons 114
- Bilag 3.4 Markbalance for fosfor i kg P ha⁻¹ 115
- Bilag 4.1 Data til beskrivelse af udviklingstendensen i gødningspraksis i afgrødegrupper 116
- Bilag 4.2 Datagrundlag for opgørelse af tildelte kvælstofmængder i forhold til de anbefalede kvælstofmængder 116

- Bilag 5.1 Afstrømning, N-udvaskning og vandføringsvægtede N koncentrationer som gennemsnit for stationer i oplandene 117
- Bilag 5.2 Ejendoms- og markoplysninger for stationsmarkerne 118
- Bilag 5.3 Nedbør, vanding, afstrømning samt N og P udvaskning fra rodzonen 127
- Bilag 6.1 Anbefalet tildeling af kvælstof, gødningsforbrug, normal-udvaskning, nyttevirkning af husdyrgødning samt braklagt areal for landovervågningsoplandene 134
- Bilag 7.1 Gennemsnitlige årlige koncentrationer af grundvandets hovedbestanddele for sandoplandene 136
- Bilag 7.2 Gennemsnitlige årlige koncentrationer af grundvandets hovedbestanddele for leroplandene 137
- Bilag 8.1 Hydrografopsplitning 138
- Bilag 8.2 Overfladenært kvælstoftan til vandløb 140
- Bilag 8.3 Opgørelse af kvælstof- og fosfortab 142

Appendiks

1. Beskrivelse af oplandene 143
2. Beskrivelse af undersøgelsesprogram 145
3. Vandmiljøhandlingsplaner 150

Danmarks Miljøundersøgelser

Faglige rapporter fra DMU/NERI technical reports

Forord

Denne rapport er udarbejdet af Danmarks Miljøundersøgelser som et led i den landsdækkende rapportering af det Nationale Program for Overvågning af Vandmiljøet (NOVA), som fra 1998 afløser Vandmiljøplanens Overvågningsprogram, iværksat efteråret 1988.

Hensigten med Vandmiljøplanens Overvågningsprogram var at undersøge effekten af de reguleringer og investeringer, som er gennemført i forbindelse med Vandmiljøplanen (1987). Systematisk indsamling af data gør det muligt at opgøre udledninger af kvælstof og fosfor til vandmiljøet samt at registrere de økologiske effekter, der følger af ændringer i belastningen af vandmiljøet med næringssalte. Med NOVA er programmet udvidet til at omfatte både vandmiljøets tilstand i bredeste forstand og miljøfremmede stoffer og tungmetaller.

Danmarks Miljøundersøgelser har som sektorforskningsinstitution i Miljø- og Energiministeriet til opgave at forbedre og styrke det faglige grundlag for de miljøpolitiske prioriteringer og beslutninger. En væsentlig del af denne opgave er overvågning af miljø og natur. Det er derfor et naturligt led i Danmarks Miljøundersøgelsers opgave at forestå den landsdækkende rapportering af overvågningsprogrammet inden for områderne: ferske vande, marine områder, landovervågning og atmosfæren.

I overvågningsprogrammet er der en klar arbejdsdeling og ansvarsdeling mellem amterne og Københavns og Frederiksberg kommuner og de statslige myndigheder.

Rapporterne "Vandløb og kilder" og "Søer" er således baseret på amtskommunale data og rapporter af overvågningen af de ferske vande.

Rapporten "Marine områder - Status over miljøtilstanden i 1998" er baseret på amtskommunale data og rapporter af overvågningen af kystvande og fjorde samt Danmarks Miljøundersøgelsers og vore nabolandes overvågning af de åbne havområder.

Rapporten "Landovervågningsoplande" er baseret på data indberettet af amtskommunerne fra 7 overvågningsoplande og er udarbejdet i samarbejde med Danmarks Geologiske Undersøgelser.

Endelig er rapporten "Atmosfærisk deposition af kvælstof" baseret på Danmarks Miljøundersøgelsers overvågningsindsats.

Bagest i denne rapport findes en sammenfatning af resultaterne fra samtlige overvågningsrapporter fra Danmarks Miljøundersøgelser.

Resumé

Konklusion

Modelberegninger har vist, at ændringer i landbrugets afgrødevalg og gødskningspraksis fra 1990 til 1998 vil medføre en reduktion i kvælstofudvaskningen på ca. 25 % i løbet af en årrække, når der ses bort fra de klimabetingede variationer i udvaskning. Dette hænger sammen med en betydelig forbedring i gødningsudnyttelsen i oplandene i nævnte periode. I vandløbsovervågningen er der for vandløb i dyrkede oplande beregnet et generelt fald i kvælstoftransporten på ca. 5 % siden 1989. Faldet er dog kun signifikant for få vandløb.

Resumé af Landovervågningen er givet nedenfor.

Landovervågningsprogrammet

Landovervågning

I Vandmiljøplanens Landovervågningsprogram undersøges landbrugets gødnings- og pesticidanvendelse samt tab af disse stoffer til vandmiljøet. Overvågningsprogrammet startede i 1989 i 6 små landbrugsdominerede vandløbsoplande, hvert på 5-15 km². Programmet blev revideret i 1998, hvorunder der blev udvidet med et opland.

1989 udgjorde en startperiode, mens 1990 var første år med en fuldstændig dataserie.

Oplandenes repræsentativitet

Oplandene er udvalgt med henblik på at repræsentere landsgennemsnittet bedst muligt med hensyn til jordbund, klima, størrelsesfordeling, husdyrtæthed, bedrifttypesammensætning og afgrødefordeling. Oplandene vil dog nødvendigvis adskille sig fra landsgennemsnittet på enkelte punkter. Indtil 1997 var den væsentligste forskel et højere husdyrtryk i oplandene i forhold til landsgennemsnittet. Ved inkludering af det nye opland i 1998 opnåedes en gennemsnitlig husdyrtæthed (0,86 DE ha⁻¹), der var lidt lavere end for hele landet (0,96 DE ha⁻¹). Dette bevirker, at gødningsniveauet for oplandene ikke er repræsentativt for landet som helhed. Oplandene er imidlertid repræsentative for landet hvad angår landbrugspraksis for de enkelte bedriftstyper i oplandene.

Undersøgelserprogram

Ved programmets start blev der udført en jordbundskortlægning, samt en hydrogeologisk og kvartærgeologisk kortlægning af oplandene.

Undersøgelserprogrammet består af:

- Årlig interviewundersøgelse om landbrugsdriften blandt samtlige ejendomme i oplandene vedrørende arealanvendelse, gødningsforbrug, husdyrhold m.v. For et mindre antal marker indsamles oplysninger om pesticidforbrug.
- Måleprogrammer: klimastationer, jordvandsstationer, drænvandsstationer, grundvandsstationer, vandløbsstationer.

Amterne er ansvarlige for indsamling af data fra interviewundersøgelsen og måleprogrammet i de enkelte oplande samt for rapportering af eget Landovervågningsprogram. Danmarks Miljøundersøgelser og Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse er ansvarlige for den faglige koordinering samt databehandling og rapportering af hele Landovervågningsprogrammet.

Rapportering

Nærværende rapport giver en analyse af landbrugets gødningsanvendelse og en beskrivelse af måleresultater for 1989-1998, samt en modelberegning af udvaskningen fra rodzonen i de oplandene. Rapporten indeholder endvidere en vurdering af næringsstofcirkulationen i oplandene, samt landbrugets indflydelse herpå. I konklusionen vurderes udviklingen i landbrugets næringsstofbelastning af vandområderne.

Udviklingen i gødningsforbrug for hele landet

Det samlede forbrug af kvælstofgødning har været faldende fra omkring 1990. Dette er især udtalt for handelsgødning. Kvælstof udbragt med husdyrgødning er også faldet, men knap så meget.

Udvikling i kvælstofforbrug og gødningspraksis for hele landet 1985 - 1998

På landsplan er den samlede tilførsel af handelsgødning faldet fra 392 mio. kg N i 1985 til 277 mio. kg N i 1998. Mængden af udbragt husdyrgødning (uden udbinding) er faldet med ca. 12 mio. kg N i perioden. Derved er den samlede kvælstoftilførsel til de dyrkede arealer faldet med 22 % fra 606 mio. kg N i 1985 til 472 mio. kg N i 1998.

I 1998 er der for første gang balance mellem tilført effektiv N gødning og det økonomisk optimale kvælstofbehov. Det skal dog bemærkes at behovet kan svinge noget afhængig af kvælstofprognosen det enkelte år.

Kvælstofbalancer for landbrugsjord i Danmark, 1985 - 1998

Total kvælstofinput (handelsgødning, husdyrgødning samt kvælstof tilført ved bælgeplanter fiksering og atmosfærisk deposition) til landbrugsjord i Danmark er faldet fra 750 mio. kg N i 1985 til 613 mio. kg N i 1998. Kvælstof fjernet med afgrøderne har varieret mellem 308 og 408 mio. kg N. Nettotilførsel af kvælstof faldt fra 380 mio. kg N i 1985 til 245 mio. kg N i 1998. Set over hele perioden udgjorde faldet i nettotilførsel af kvælstof 32 %.

Antallet af husdyr, regnet i dyreenheder, har været nogenlunde stabilt siden 1990. Fordelingen mellem kvæg og svin er dog ændret, således at svin nu udgør 49 % af dyreenhederne og kvæg kun 46 %.

Fosforbalancer for landbrugsjord i Danmark, 1985 - 1998

Tilførsel af fosfor med handelsgødning pr arealenhed landbrugsjord i Danmark faldt fra 16,7 kg P ha⁻¹ i 1985 til 7,7 kg P ha⁻¹ i 1998, mens tilførsel med husdyrgødning steg fra 16,7 kg P ha⁻¹ til 20,9 kg P ha⁻¹ i samme periode. Stigningen i fosfortilførsel med husdyrgødningen kan delvis tilskrives en opjustering af husdyrgødningsnormerne i 1997. Fosfor fjernet med afgrøderne har varieret mellem 17 og 22 kg P ha⁻¹. Nettotilførsel af fosfor til landbrugsjord er således faldet fra ca. 15 til 11 kg P ha⁻¹ i perioden 1985 til 1998.

Pesticidforbruget i Danmark 1998

Pesticidforbruget opgøres både som den solgte mængde aktivstof og som behandlingshyppighed. I 1998 lå det samlede pesticid salg sta-

dig lidt over reduktionsmålet i følge pesticidhandlingsplanen. For alle pesticider set over et var behandlingshyppigheden kun reduceret med 10 % i 1998, i forhold til referenceperioden 1981-85.

Udvikling i landbrugspraksis i landovervågningsoplandene 1990 - 1998

Udvikling i landbrugspraksis i landovervågningsoplandene

Grønne marker udgør 71 % af det dyrkede areal. Heraf udgør græs inklusiv brak, vinterraps og korn med udlæg 41 %, vinterkorn 41 % og rodfrugter, majs og halmnedmuldning 18 %. Kun førstnævnte gruppe samt rodfrugter (roer) kan forventes at optage betydelige kvælstofmængder i efterårs- og vintermånederne. I 1998 står 92 af dyreenhederne på ejendomme med mindst 9 måneders opbevaringskapacitet. Andelen af forårs-/sommerudbringningen steg 26 %-point fra 1990 til 1998, dette inkluderer et fald på 11 %-point fra 1997 til 1998.

Kvælstof tilførsel i landovervågningsoplandene 1990 - 1998

Fra 1990 til 1998 blev handelsgødningsforbruget reduceret, således at udnyttelsen af husdyrgødningen steg 42 %-point. Husdyrgødningen fordeles bedre i 1994-1998 end tidligere, idet især brugen af slæbeslanger er blevet mere udbredt. I 1998 overgødskes der på ca. 10 % af arealet, men overgødskningens størrelse er aftaget betydeligt. Ca. 14 % af ejendommene, som anvendte husdyrgødning i 1998, opfyldte ikke minimumskravet til udnyttelse af husdyrgødning; disse havde et jordtilliggende på ca. 13 % af det dyrkede areal. For en bedre udnyttelse af husdyrgødningen skal handelsgødningsforbruget sænkes yderligere.

Fosfortilførsel i landovervågningsoplandene 1990-1998

I landovervågningsoplandene i 1998 er det vist at, planteavlsbrugene havde negativ fosfor tilførsel; $-2,7 \text{ kg P ha}^{-1}$. Nettotilførselen på kvæg- og svinebrugene udgjorde $9,0 \text{ kg P ha}^{-1}$ og blandede brug tilførte $6,2 \text{ kg P ha}^{-1}$. På husdyrbrugene steg nettotilførslen med stigende husdyrtæthed.

Næringsstofudvaskning fra stationsmarkerne

Undersøgelse af næringsstofudvaskning fra rodzonen er udført på 18 stationsmarker i 3 lerjordsoplande og på 14 stationsmarker i 2 sandjordsoplande (indtil 1998 dog yderligere 8 stationer i et tredje sandjordsopland). Undersøgelsen dækker 9 hydrologiske år, 1989/90-1997/98.

Udvikling i kvælstofudvaskning fra rodzonen

Som gennemsnit for måleperioden udgjorde udvaskningen af kvælstof fra rodzonen $69 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ for 3 lerjordsoplande og $124 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ for 2 sandjordsoplande.

Der har været store klimatisk betingede årsvariationer i kvælstofudvaskningen, hvorved det er vanskeligt at udtale sig om et generelt udviklingsmønster. En statistisk analyse for perioden 1990/91-1996/97 har imidlertid vist tendens til fald i de målte kvælstofkoncentrationer i jordvandet; faldet er dog kun statistisk sikkert for sandjorde med husdyrgødningstilførsel.

Fosforudvaskning fra rodzonen

Udvaskning af fosfor fra rodzonen har været lav ved 26 stationer, gennemsnitlig $0,049 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ i den 9-årige måleperiode. Koncentrationerne var her $0,011\text{-}0,015 \text{ mg P l}^{-1}$. Ved fem stationer har koncentrationerne derimod været høje, $0,042\text{-}0,410 \text{ mg P l}^{-1}$.

Drænvandstab

Drænvandsundersøgelser i to lerjordsoplande har vist, at nitratudvaskningen gennem dræn udgjorde ca. 42 % af udvaskningen fra rodzonen.

Fosfortab gennem 6 dræn har ligget på gennemsnitlig $0,043 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$, og heraf har opløst ortho-P udgjort 49 %. Fra ét dræn har P tabet været væsentlig højere, gennemsnitlig $0,155 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$, ortho-P har udgjort 90 %. Fra begyndelsen af afstrømningsåret 1998/99 er drænvandsundersøgelserne udvidet med kontinuert prøvetagning med henblik på en mere korrekt bestemmelse af fosfortab fra dræn.

Modelberegning af kvælstofudvaskningen fra rodzonen

Med en empirisk model er der gennemført beregninger af udvaskningen fra rodzonen i landovervågningsoplandene. I en sammenligning med målt udvaskning på stationsmarkerne, ligger den beregnede udvaskning gennemsnitligt 26 % under den målte. Modellen vurderes dog reelt at afspejle forskelle mellem ler- og sandjorde samt forskelle i landbrugspraksis.

Beregninger på aktuel dyrkningspraksis i perioden 1989/1990 til 1997/1998 viser, at kvælstofudvaskningen for oplandene som helhed vil reduceres med ca. 25 % i løbet af en årrække.

Grundvand

Nitrat

Nitratindholdet i det øvre grundvand i sandoplandene varierer omkring $50 \text{ mg NO}_3 \text{ l}^{-1}$, svarende til grænseværdien for drikkevand. I leroplandene varierer nitratindholdet omkring $25 \text{ mg NO}_3 \text{ l}^{-1}$. Større udsving i nitratindholdet gennem overvågningsperioden er sammenfaldende med usædvanlige klimatiske forhold. Den forventede landbrugsbetingede nedgang i nitratindholdet som følge af den faldende kvælstoftilførsel til markerne er endnu ikke slået igennem i det øvre grundvand. Den største nedgang i nitratindholdet med dybden ses fra $1\frac{1}{2}$ til 3 meter under terræn.

Uorganiske sporstoffer

Cadmium, nikkel, zink og aluminium er målt i en koncentration over grænseværdien for drikkevand i 8-16 % af de undersøgte filtre. Dette er for cadmium, nikkel og zink en væsentligt hyppigere overskridelse af grænseværdierne end der ses i den øvrige grundvandsovervågning.

Pesticider

Der er fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i ca. 46 % af de undersøgte filtre, og ca. 10 % af filterne indeholdt et eller flere pesticider eller nedbrydningsprodukter over grænseværdien. Det er særligt triaziner og nedbrydningsprodukter fra triaziner, som er fundet med meget store fundprocenter. Koncentrationerne er dog faldende gennem perioden hvilket er forventeligt, da atrazin ikke længere er tilladt. Også i 1998 er der gjort mange fund af atrazin og dets nedbrydningsprodukter i det øvre grundvand 1-5 meter under terræn i landovervågningsoplandene, det til trods for at atrazin ikke er anvendt siden 1993.

Øvrige miljøfremmede stoffer

I 5 af borer i landovervågningsoplandene er der gjort fund af øvrige miljøfremmede stoffer, det svarer til ca. 13 % af de undersøgte

boringer. De fundne stoffer tilhører stofgrupperne aromatiske kulbrinter, alkylfenolforbindelser og blødgørere.

Stoftransport i vandløb

Afstrømningen var usædvanlig lille i de to hydrologiske år, 1995/96 og 1996/97, og igen normal i 1997/98. I de lerede oplande varierede afstrømningen mere mellem våde og tørre år mere end i de sandede oplande.

Hydrografopsplitning

En opsplittning af vandløbshydrograferne for de 5 oplande viser, at en stor del af overskudsnedbøren hurtigt når frem til vandløbene i de lerede oplande, mens afstrømningen i de sandede oplande hovedsagelig sker via grundvand. For transporten af totalkvælstof i vandløbene betyder dette, at der er tydeligt højere koncentrationsniveau i vandløbene, der afvander lerede oplande.

N til vandløb

Den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af kvælstof lå i gennemsnit for perioden på 9,3 mg N l⁻¹ i vandløbene i de lerede oplande og 4,4 mg N l⁻¹ i de sandede oplande. Det lavere gennemsnit for de sandede oplande skyldes mindre overfladisk afstrømning og formentligt øget denitrifikation i okkerpotentielle områder i et af de sandede oplande.

Den totale kvælstofudvaskning til vandløbene fra dyrkede arealer har i undersøgelsesperioden ligget på gennemsnitlig 24,6 kg N ha⁻¹ år⁻¹ i lerjordsoplandene, og på gennemsnitlig 11,0 kg N ha⁻¹ år⁻¹ i sandjordsoplandene. Til sammenligning anføres at udvaskningen fra naturarealer i undersøgelsesperioden lå på 0,6-4,3 kg N ha⁻¹ år⁻¹.

I et enkelt af oplandene er der sket et statistisk signifikant fald i kvælstoftabet, og samlet betragtet er der for oplandene en *tendens* til fald i kvælstoftabet, som groft omregnet i procent svarer til et fald på omkring 3 % over tiårs perioden 1989-98. Der er i testen korrigeret for ændringer i afstrømning, men ikke for ændringer i jordens kvælstofpulje ved skift mellem våde og tørre år.

P til vandløb

Det totale tab af fosfor fra dyrkede arealer til vandløb, beregnet på baggrund af normal prøvetagning, har i måleperioden ligget på gennemsnitligt 0,32 kg P ha⁻¹ år⁻¹. Der var ingen entydig forskel mellem lerjords- og sandjordsoplandene. Til sammenligning anføres at tabet fra naturoplande i samme periode lå på 0,04-0,12 kg P ha⁻¹ år⁻¹.

Fosfor oplandstabet er som gennemsnit for de fem oplande faldet med ca. 16 % fra 1989-98. Fald i udledninger fra spredt bebyggelse, og i enkelte tilfælde fra punktkilder bidrager til faldet.

Kvælstoftransport i det hydrologiske kredsløb i oplandene

Stor andel af udvasket kvælstof når ud til vandløb i lerjordsoplande

På baggrund af måleresultater og beregnede størrelser er opstillet en vurdering af kvælstoftransporten i 3 lerjordsoplande og 2 sandjordsoplande for de ni hydrologiske år 1989/90 - 1997/1998. I lerjordsoplandene er der en årlig nettotilførsel til markerne (total input med gødninger, N-fiksering og deposition minus output med høstede afgrøder) på ca. 86 kg N ha⁻¹. Udvasningen fra rodzonen er målt til ca. 69 kg N ha⁻¹; af denne udvaskning er ca. 36 % nået ud til vandlø-

bene. I sandjordsoplandene er den årlige nettotilførsel til jorden ca. 155 kg N ha⁻¹. Udvaskningen fra rodzonen er målt til ca. 124 kg N ha⁻¹; af denne udvaskning er ca. 10 % nået ud til vandløbene.

Fuld effekt af Bæredygtigt Landbrug omtrent nået

Reduktion i kvælstofudvaskning i henhold til Handlingsplaner

I 1998 var samtlige tiltag under Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug implementeret. Scenarieregninger har vist at der herved ville opnås en reduktion i kvælstofudvaskningen på 27 %. Modelregninger på baggrund af landovervågningsdata viste, at ændringer i landbrugspraksis fra 1990 til 1998 vil medføre en ændring i kvælstofudvaskningen, der er lige i underkanten heraf (25 %). Årsagen hertil må nok søges i, at der stadig er en gruppe bedrifter, der ikke opfylder kravet til udnyttelse af husdyrgødningen.

Tiltag under VMP II mht. gødskningspraksis endnu ikke implementeret

Tiltag under VMP II med hensyn til 10 % reduktion i gødningsnormen vil først blive implementeret i 1998/99 og yderligere skærpelse af kravet til udnyttelse af kvælstof i husdyrgødning i 1999/2000.

1 Indledning

Regulering af landbrugets næringsstofudledning

Siden midten af 1980'erne er landbrugets næringsstofudledning til vandmiljøet søgt reguleret gennem en række handlingsplaner: NPO-Handlingsplanen fra 1986, Vandmiljøplanen fra 1987, Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug fra 1991, Opfølgning på Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug i 1996, og endelig blev Vandmiljøplan II vedtaget i februar 1998.

Vandmiljøplanens reduktionsmål

Den samlede kvælstofudledning fra landbruget var i midten af 1980'erne beregnet til 260.000 t N år⁻¹. Med vedtagelsen af Vandmiljøplanen i 1987 var målsætningen, at landbrugets udledning skulle reduceres med 127.000 t N år⁻¹, svarende til 49% af den samlede udledning fra landbruget. Der forventedes en reduktion af markbidraget (udvaskning fra rodzonen) på 100.000 t N år⁻¹, mens den øvrige reduktion skulle komme fra gårdbidraget, først og fremmest ved stop af ulovlige udledninger.

Overvågning af landbrugsoplande, grundvand og vandløb

Med vedtagelsen af Vandmiljøplanen blev det samtidig besluttet at igangsætte et overvågningsprogram til at følge op på effekten af de vedtagne tiltag. Således blev Landovervågningsprogrammet iværksat i 1989. Målet med dette program er, at kortlægge udviklingen i landbrugspraksis, at bestemme næringsstofudvaskningen fra rodzonen under de aktuelle forhold mht. landbrugspraksis, og desuden at bestemme næringsstoftransporten til vandløbene og betydningen for grundvandskvaliteten.

I 1998 blev overvågningsprogrammet revideret. For Landovervågningen medførte dette en udvidelse af antal overvågningsoplande med det formål at opnå større repræsentativt af dansk landbrugspraksis. Endvidere blev vedtaget en række nye initiativer, herunder overvågning af miljøfremmede stoffer, til iværksættelse i 1998 og år.

I 1998 blev Landovervågningen udført i 7 små veldefinerede landbrugsoplande (5-15 km²). Udvalgelsen af disse oplande er foretaget med den hensigt at få dækket et bredt spektrum af faktorer som jordbundstype, husdyrhold, ejendomsstørrelse, afgrødefordeling og gødningsforbrug. Sammen med klimaforholdene er disse faktorer bestemmende for størrelsen af næringsstofudvaskningen.

Undersøgelserprogrammet i 1998 består af følgende komponenter:

- Interviewundersøgelse blandt landmændene i oplandene (7 oplande).
- Måleprogram for vandafstrømning og næringsstofkoncentrationer i samtlige dele af vandkredsløbet (5 oplande); stationsnettet består af:
 - Jordvandsstationer
 - Drænstationer
 - Grundvandsstationer (øvre grundvand)
 - Vandløbsstationer.
- Måleprogram for pesticidindhold i det øvre grundvand (5 oplande).

Rapportering

Amterne har foretaget en vurdering af arealanvendelsen samt næringsstofudvaskningen fra de enkelte målestationer og pesticidfund i det øvre grundvand. I denne rapport er foretaget en overordnet sammenstilling af resultater fra de 7 oplande. Opgørelser over gødningspraksis og arealanvendelse er sammenlignet med de forrige års resultater. Næringsstofudvaskningen fra rodzonen på stationsmarkerne, kvaliteten af det øvre grundvand i oplandene samt næringsstofafstrømningen til vandløbene beskrives. Desuden er der for hvert opland foretaget en modelberegning af den samlede udvaskning. Til slut i rapporten sammenkøbes hovedresultaterne til en beskrivelse af næringsstofcirkulationen i landbrugsøkosystemer, og udviklingen i landbrugets næringsstofbelastning af vandområderne vurderes. Rapporten beskriver endvidere pesticidanvendelsen i oplandene samt resultater vedrørende pesticidfund i det øvre grundvand.

Afsnittene, der beskriver de enkelte delelementer, kan læses særskilt og afsluttes med en sammenfatning. Disse sammenfatninger er yderligere samlet til et fælles resume først i rapporten.

Baggrundsmateriale, herunder beskrivelse af oplandene og undersøgelsesprogrammet, samt oversigt over Vandmiljøhandlingsplaner er vedlagt som appendiks 1 - 3.

Rapportens udarbejdelse

Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Vandløbsøkologi er ansvarlig for rodzone- og vandløbsprogrammet, mens Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse er ansvarlig for grundvandsprogrammet. Rapporten er koordineret af Danmarks Miljøundersøgelser.

Resultater fra Landovervågningen skal anvendes til evaluering af Vandmiljøplan II

Resultater fra Landovervågningen blev anvendt i den faglige vurdering, der ligger til grund for Vandmiljøplan II. Resultater fra programmet vil ligeledes skulle indgå i den evaluering af Vandmiljøplan II, som skal finde sted i 1999/2000 og 2002/2003.

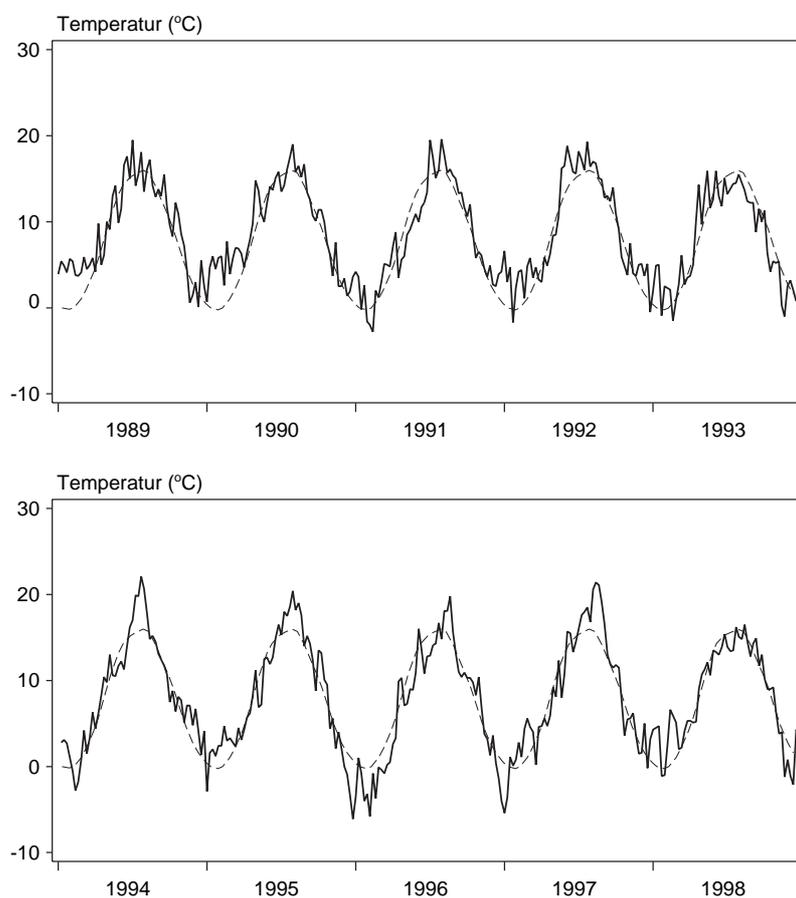
2 Nedbørs- og temperaturforhold i oplandene

De klimatiske forhold, der har været gældende i undersøgelsesperioden, er væsentlige at kende, fordi de har stor indflydelse på udvaskningen af især kvælstof. Kvælstof udvaskes når der er et overskud af opløst kvælstof i jordvandet og der er en nedadgående vandbevægelse. Begge dele påvirkes af vejret. Plantevæksten er afhængig af både temperatur og nedbør. Når begge dele er optimalt, har planterne den største kvælstofoptagelse og der efterlades mindre i jorden til potentiel udvaskning. Temperaturen i vintermånederne er betydende for mineraliseringen i jorden. Det vil sige, at jo højere vintertemperatur des større mængde kvælstof frigives til potentiel udvaskning. Nedbørsmængden er bestemmende for vandbevægelsen i jorden og dermed afgørende for den aktuelle udvaskning.

Temperatur

Generelt har overvågningsperioden været præget af år med gennemsnitstemperaturer over normalt (figur 2.1). Dette gælder også for både 1997 og 1998, som lå henholdsvis 0,8 °C og 0,5 °C over normalt. Efter et køligt forår blev sommeren 1997 den varmeste siden registreringerne begyndte i 1874. Især august var varmere end normalt. Vinteren 1997/98 blev også relativt varm. Specielt februar 1998 med 5°C over normalt. Sommeren 1998 derimod var halvkølig og året sluttede med en længere periode med vintervejr i november og december.

Figur 2.1 Middeltemperaturen for landet, beregnet på ugebasis for 1989-1998. Normalkurven repræsenterer månedsgennemsnit af perioden 1961-1990.



Nedbør

Nye nedbørskorrekktioner fra 1998

I slutningen af 1998 udsendte Danmarks Meteorologiske Institut (DMI, 1998) nye standardværdier af nedbørskorrekktioner. Som års gennemsnit er korrektionsfaktoren blevet 5 % større. Dette skyldes primært en ny model til beregning af korrektionsfaktoren for de målte værdier af fast og blandet nedbør (sne og slud). Dette betyder at langt den største del af ændringerne i korrektionen ligger i vintermånederne, som også har den største afstrømning. Derfor får det stor betydning for beregning af udvaskningen.

For 1997/98 er den korrigerede nedbør beregnet med både de gamle og de nye korrektionsfaktorer. Med de nye korrektionsfaktorer er den beregnede korrigerede nedbør 4,1-5,3 % større på årsbasis i de syv områder.

Nedbørsforhold i 1997 og 1998

For tredje år i træk var der i 1997 mindre nedbør end normalt, 90 mm under normalt på landsplan (712 mm). Dette var jævnt fordelt over hele året. Med 860 mm blev 1998 derimod det næstvådeste år siden 1874. Der var flere måneder i starten af året, der havde mere nedbør end normalt, men især oktober gjorde sig bemærket med megen regn. Mange steder faldt der over dobbelt så meget som normalt.

Som det fremgår af tabel 2.1 er nedbøren ikke jævnt fordelt i landet. Sønderjylland og Midt- og Vestjylland får normalt mere nedbør end landet som helhed og især Storstrøm får ofte mindre end landsgennemsnittet på 712 mm. På landsplan var 96/97 mere tør end normalt, de enkelte regionerne fik mindre nedbør end normalt, undtagen Fyn, som fik omtrent samme mængde nedbør som normalt. I 97/98, som generelt var et vådt år, fik de fleste regioner også mere nedbør end normalt, med undtagelse af Vejle/Århus og Ringkøbing/Viborg, som fik mindre nedbør end normalt. Som det fremgår kan nedbørsmængden varierer meget mellem regionerne, derfor er det vigtigt at kende den aktuelle nedbørsmængde i landovervågningsoplandene, når fx næringsstofudvaskningen skal beregnes. I bilag 2.1 er vist nedbørsfordelingen på månedsbasis for de syv landovervågningsoplande.

Beregning af vandafstrømning fra rodzonen

Korrigerede nedbørsdata anvendes til beregning af vandafstrømning fra rodzonen, og dermed til opgørelse af næringsstofudvaskningen. I opgørelsen over næringsstofudvaskning fra rodzonen (kapitel 5) er der for perioden 1990-97 anvendt gamle korrektionsfaktorer og for 1998 nye korrektionsfaktorer.

Ved opgørelse af udviklingstendenser over næringsstofudvaskning er det naturligvis vigtigt, at der er konsistens i data; således må hele materialet regnes igennem med enten gamle eller nye korrektionsfaktorer. Modelberegnete kvælstofudvaskninger anvendes i denne rapport til beskrivelse af udviklingen (kapitel 6). Til dette formål er anvendt gamle korrektionsfaktorer for hele perioden 1989/90-97/98.

Table 2.1 Årsnedbør (korrigeret til jordoverfladen, gamle korrektionsværdier) på hydrologiske år (1.6-31.5) for 1989-1998 for oplandene, samt normalnedbør for regionerne beregnet for perioden 1961-1990, LOOP 7 dog 1970-90. I sidste kolonne ses årsnedbør 97/98 udregnet med nye korrektionsværdier.

LOOP	Normal årsnedbør ¹⁾	Nedbør, mm									97/98 ny
		89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	97/98	
1. Storstrøm	614	598	799	656	553	953	818	411	547	655	703
4. Fyn	704	711	857	789	718	1078	1081	396	703	781	818
3. Vejle/Århus	875	740	945	804	788	1105	1144	494	750	807	841
7. Vestsjælland	631	598	715	639	527	853	782	351	457	662	761
2. Nordjylland	794	640	711	671	553	757	937	507	704	819	851
5. Ringkø- bing/Viborg	969	923	928	907	828	896	1125	498	806	896	945
6. Sønderjylland	993	821	994	855	854	1100	1225	512	782	998	1064
¹⁾ Olesen (1990)											

3 Gødnings- og pesticidforbrug i hele landet

Jord og vandmiljø

Gødningsforbruget i landbruget følger ændringer i afgrødesammensætningen, udvikling i antal og sammensætning af husdyr, priser på gødning og høstede produkter samt ændringer i landbrugets anbefalinger og teknologi til gødningshåndtering.

I dette kapitel beskrives udviklingen i forbruget af kvælstof- og fosforgødning samt forbruget af pesticider på landsplan. 1) Kvælstofforbruget beskrives først via udviklingen i landbrugets forbrug af kvælstofgødning set i forhold til afgrødernes behov. Denne udvikling belyser, hvorvidt administrative tiltag og øget rådgivning har ændret gødningspraksis i landbruget. Dernæst beskrives en markbalance opgjort som det totale kvælstofinput set i forhold til den kvælstofmængde, der fjernes med de høstede afgrøder. Denne opgørelse belyser udviklingen i tabspotentialer af kvælstof fra de dyrkede arealer. Sidste afsnit vedrørende kvælstof omhandler udviklingen i husdyrtætheden set i forhold til gældende regler for harmonikrav til husdyrbrug. 2) Fosforforbruget beskrives via udviklingen i forbrug af fosforgødning set i forhold til, hvad der fjernes med afgrøderne. 3) Pesticidforbruget beskrives via udviklingen i forbruget opgjort dels som den solgte mængde aktivstof og dels som behandlingshyppighed.

3.1 Anvendte bekendtgørelser og opgørelsesmetoder

Grundlag for gødningsplanlægning

Fra driftsåret 1993/94 blev der indført nye regler for gødningsplanlægning. Med disse regler blev indført definerede kvælstofnormer for de enkelte afgrøder, kvælstofnormerne justeres hvert år efter indstilling fra Landbrugets Rådgivningscenter. Hver bedrift får således på baggrund af afgrøderne, jordtype og klimaområde en vis kvælstofkvote til rådighed, som frit kan fordeles på de enkelte marker. Kvælstofnormerne kan udbyttekorrigeres, hvis et forøget udbytte kan dokumenteres. For korn og forårssåede afgrøder skal der endvidere korrigeres for den årlige kvælstofprognose. Desuden stilles der et minimumskrav til udnyttelsen af kvælstof i husdyrgødningen. Kravet er afhængig af hvilken type gødning der er tale om og fra driftsåret 97/98 strammes kravene for svinegylle og kvæggylle. Fra driftsåret 1994/95 skal N-behovene i gennemsnit for bedriften endvidere reduceres med 10 % af den kvælstofmængde, der blev givet med husdyrgødning det foregående driftsår (eftervirkning). Dette krav er øget til 15 % for dybstrøelse fra driftsåret 96/97.

Bekendtgørelser

Lovgrundlaget for ovennævnte regler findes i Bekendtgørelse fra Plantedirektoratet nr. 655 af 13. august 1993, nr. 662 af 12. juli 1994, nr. 627 af 20. juli 1995, nr. 702 af 22. juli 1996 og nr. 728 af 7. august 1996 om behov for tilførsel af kvælstof og indhold af kvælstof i husdyrgødning, Bekendtgørelse fra Plantedirektoratet nr. 228 af 29. marts 1994, nr. 238 af 5. april 1995, nr. 159 af 25. marts 1996, nr. 197 af 13. marts 1997 og nr. 168 af 12. marts 1998 om kvælstofprognosen for

henholdsvis 1994, 1995, 1996, 1997 og 1998 samt Bekendtgørelse fra Landbrugsministeriet nr. 101 af 4. februar 1994 om grønne marker, sædskifte- og gødningsplaner samt gødningsregnskaber i jordbruget. Derudover Bekendtgørelser fra Miljøstyrelsen nr. 1159 af 19. december 1994 og nr. 906 af 14. oktober 1996 om erhvervsmæssig dyrehold, husdyrgødning, ensilage m.v.

Ovennævnte administrative tiltag vil i dette afsnit blive beskrevet i forhold til landbrugspraksis i hele landet.

Opgørelsesmetoder

Det dyrkede areal for perioden 1985 - 1995 omfatter bedrifter over 5 ha samt små bedrifter fra 0,5 til 5 ha. Selve afgrødefordelingen er baseret på Danmarks Statistiks opgørelse for det dyrkede areal tilføjet arealfordelingen for de ca. 23.000 ha, som udgøres af de små brug. Fra 1996 ændres opgørelsen af det dyrkede areal til alene at omfatte bedrifter over 5 ha.

Udskilt kvælstof og fosfor i husdyrgødning i perioden 1994-1996 er beregnet af *Danmarks Statistik, 1997* ud fra de dagældende normer for husdyrgødningsproduktion og næringsstofindhold i husdyrgødning (*Laursen, 1994*). I 1997 blev normen for udskilte næringsstoffer i husdyrgødning revurderet, bl.a. fordi der er en forbedret fodringspraksis (*Poulsen og Kristensen, 1997*). Efter disse normer er kvælstofindholdet i husdyrgødningen (ab dyr) reduceret med 10,5 %, mens normen fosforindholdet er steget med 9 %. I opgørelsen af gødningsforbruget for hele landet er tallene beregnet af Danmarks Statistik korrigeret for de nye normer fra 1997.

Kvælstofbehov er opgjort efter metode af *Hansen (1990a)* for perioden 1985-95. I 1994 trådte der en ny bekendtgørelse vedrørende kvælstofgødsning i kraft. Miljøstyrelsen har i samarbejde med DMU, Danmarks JordbrugsForskning (DJF) og Landbrugets Rådgivningstjeneste udarbejdet en metode til beregning af det landsdækkende kvælstofbehov, hvor kravene i den nye bekendtgørelse er indarbejdet (*Miljøstyrelsen, 1996*). Kvælstofbehovet er derfor opgjort efter sidstnævnte metode for årene 1994 til 1998.

Forbruget af affaldsprodukter og slam fra rensningsanlæg i jordbruget har været stigende siden 1990'erne (*Miljøstyrelsen, 1994, 1995*). De stikprøver der tages, hvor der analyseres for kvælstof og fosfor, antages at være repræsentative, både for slam og industriaffald. I slam anvendt til jordbruget regnes med et gennemsnitlig N-indhold på 4 % af tørstoffet og et gennemsnitlig P-indhold på 3 % af tørstoffet (*Miljøstyrelsen, 1999*). Industriaffald har størst indflydelse på input af fosfor, idet det i gennemsnit indeholder 3 % fosfor, men kun 0,7 % kvælstof (*Hedeselskabet, 1998*). Forbruget af slam og industriaffald i 1998 er endnu ikke opgjort. Derfor sættes forbruget til det samme som i 1997.

For øvrige parameterer er der anvendt de samme opgørelsesmetoder som beskrevet i *Grant et al. (1993)*.

3.2 Forbrug af kvælstofgødning for hele landet

N forbrug og behov i 1998

Handelsgødningsforbruget er faldet med knap 2 % fra 1997 til 1998, hvilket fremgår af tabel 3.1. Antallet af husdyr-dyreenheder er steget 2 %, mens udbragt husdyrgødning er steget 6 %. Stigningen i husdyr og kvælstof udbragt med husdyrgødning er ikke helt ens, fordi fordelingen mellem kvæg og svin er ændret lidt. Afgrødernes samlede behov er steget i 1998 i forhold til 1997, hvilket blandt andet skyldes, at der ingen fradrag var via kvælstofprognosen 1998, i 1997 var fradraget 7,5 mio. kg N. Den indregnede eftervirkning af husdyrgødning var i 1998 på 18,2 mio. kg N, kun en anelse lavere end i 1997, hvor den var på 19,5 mio. kg N. Det samlede gødningsforbrug er det samme i 1997 og 1998 (tabel 3.1).

Tabel 3.1 Gødningsforbrug, dyreenheder og anbefalet kvælstofbehov for hele landet i 1985, 1996, 1997 og 1998 (sammendrag af bilag 3.1 og 3.2)

	1985	1996	1997	1998
Handelsgødningskvælstof i mio. kg N	392	285	282	277
Udbragt husdyrgødningskvælstof i mio. kg N	214	213	190	202
Effektiv gødning i mio. kg N	448	374	365	370
Anbefalet behov mio. kg N ²⁾	408	338	353	372
DE i 1000	2507	2394	2396	2650
Total kvælstofinput ¹⁾	745	635	611	611

¹⁾ Kvælstofinput består af kvælstof i handelsgødning og husdyrgødning, slam, industriaffald, kvælstoffiksering og kvælstofdeposition.

²⁾ For 1985 er N behovet opgjort efter Hansen (1990a). For 1995-1998 er N behovet opgjort efter Plantedirektoratets regler (Miljøstyrelsen, 1996).

Udvikling i kvælstofforbrug 1985 - 1998

På landsplan er den samlede tilførsel af handelsgødning faldet med 115 mio. kg N fra 1985 til 1998. Mængden af husdyrgødning er også faldet lidt, 12 mio. kg N i samme periode. Det samlede fald i kvælstoftilførsel (handelsgødning og husdyrgødning uden udbinding) til de dyrkede arealer udgør 22 %. I samme periode faldt afgrødernes anbefalede kvælstof behov med 36 mio. kg N. Dette fald dækker over nogle relativt store udsving, fx var behovet i 1996 50 mio. kg N lavere end i 1998. Disse udsving skyldes til en vis grad udsving i kvælstofprognosen fra år til år. Den landsdækkende norm påvirkes desuden af afgrødefordelingen i det aktuelle år.

Handelsgødning udgjorde i 1998 74,5 % af anbefalede behov

Handelsgødningens andel af afgrødernes kvælstofbehov var størst i 1985, hvor 96 % af afgrødernes kvælstofbehov blev dækket af handelsgødning og næsten alt kvælstof i husdyrgødningen var i overskud. Dette forhold er ændret gradvist frem til nu, hvor handelsgødningen udgør omkring 75 % af afgrødernes behov (bilag 3.1).

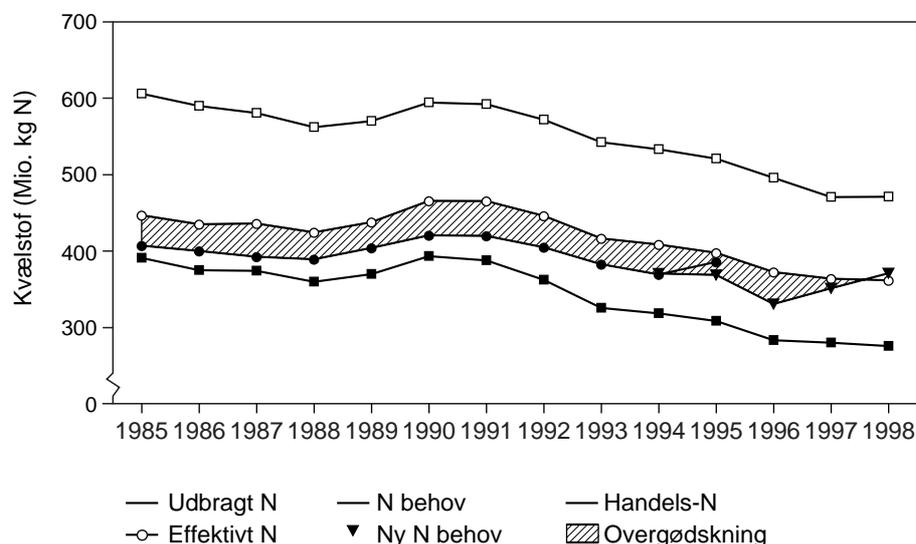
Overgødskning

Den kvælstofmængde, der er tilgængelig for afgrøderne angives som effektiv N og består dels af kvælstof fra handelsgødningen, dels af det kvælstof i husdyrgødningen, der kan udnyttes af planterne. I opgørelsen af effektiv N er nyttevirkningensprocenten, dvs. den procentdel af husdyrgødningen som er tilgængelig for planterne, beregnet ud fra udbragt husdyrgødning uden udbinding. Det bedste skøn over den gennemsnitlige nyttevirkning af husdyrgødningen blev for 1985 fastsat til 26 %, og det er antaget at nyttevirkningen herefter er øget med 2 % om året frem til 1993. Til underbygning af disse skøn

fandt Hansen (1990b) i en opgørelse for syv landbrugsdominerede oplande, at nyttevirkningen var henholdsvis 28 % og 30 % i 1984 og 1987. Den gennemsnitlige nyttevirkning blev på basis af ovennævnte fastsat til 42 % i 1993. På baggrund af opgørelserne i Landovervågningen (bilag 4.1) er der ikke basis for at antage, at nyttevirkningen er steget i perioden 1994-1996, mens nyttevirkningen er steget til 44 % i 1997 og 46 % i 1998.

Den totale udbragte kvælstofmængde, den effektive kvælstofmængde, afgrødernes kvælstofbehov og kvælstof i handelsgødning vises i figur 3.1. Overgødskningen vises ved det skraverede felt som forskellen mellem tilført effektiv kvælstof og afgrødernes behov. Overgødskningen svinger mellem -2 og 45 mio. kg N i hele perioden med en tendens til generelt at blive mindre midt i 1990'erne. I 1998 var overgødskningen negativ, -2 mio. kg N, hvilket vil sige, at der reelt i gennemsnit er balance i forhold til det økonomisk optimale behov på landsplan.

Figur 3.1 Udviklingen i total og effektivt tildelt kvælstof, kvælstofbehov og handelsgødningskvælstof for hele landet i perioden 1985 til 1998. (Der er indregnet 2 % stigning i nyttevirkningen af husdyrgødningskvælstof pr. år fra 1985 til 1993; fra 1994-1996 er nyttevirkningen fastholdt på 42 %, mens den steg til 44 % i 1997 og 46 % i 1998.

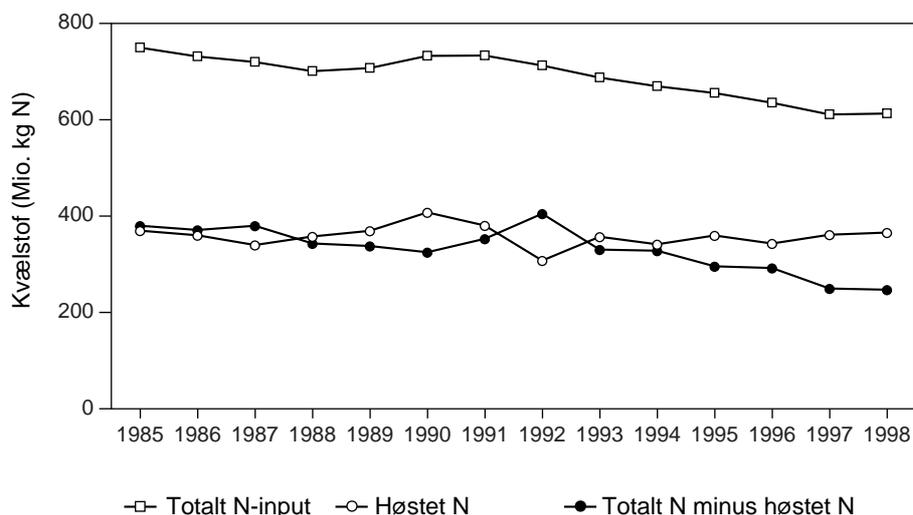


Markbalance for det totale kvælstofinput og høstet kvælstof fra det dyrkede areal

Udviklingen i det totale kvælstofinput i forhold til det høstede kvælstof er vist i figur 3.2. Det totale input af kvælstof kommer fra handelsgødningsforbruget, forbruget af slam, industriaffald, kvælstof-fixerings, depositionen og kvælstof udskilt fra husdyrerne fratrukket ammoniakfordampningen fra stald og lager. Kvælstofoverskuddet er reduceret fra 380 mio. kg N i 1985 til 245 mio. kg N i 1998. Set over hele perioden udgør reduktionen 32 % (beregnet ved lineær regression). Kvælstofoverskuddet svarer til tabspotentialt. Tab af kvælstof kan ske ved kvælstofudvaskning fra rodzonen, ændringer i jordens organiske puljer, denitrifikation og ammoniakfordampningen ved udbringning af husdyrgødningen.

Markbalance for kvælstof opgjort for hele landet

Figur 3.2 Udviklingen i tildelt kvælstof og høstet kvælstof for hele landet i perioden 1985 til 1998.



Nettotilførsel pr arealenhed landbrugsjord i Danmark

En opgørelse af kvælstofbalancerne pr. arealenhed landbrugsjord findes i bilag 3.1. Det fremgår, at nettotilførsel af kvælstof til landbrugsjorden er faldet fra 133 til 92 kg N ha⁻¹ fra 1985 til 1998. Gennem perioden har der været nogen udsving i nettotilførslen, men generelt har kvælstofinput været faldende siden 1991, mens udbyttet har været stabilt i samme periode, på nær år med megen tørke. Dermed er der en klar faldende tendens i kvælstofoverskuddet. Set over hele perioden udgør faldet i nettotilførsel af kvælstof pr arealenhed dyrkningsjord 27 % (beregnet ved lineær regression).

Tabel 3.2 Kvælstofbalance opgjort pr. arealenhed landbrugsjord i Danmark, 1985, 1995, 1996, 1997 og 1998 (udledt af bilag 3.1 og 3.2).

		1985	1995	1996	1997	1998
Handelsgødning,	kg N ha ⁻¹	138	113	105	105	104
Udbr. husdyrgødning,	kg N ha ⁻¹	91	92	93	85	86
Slam	kg N ha ⁻¹	-	2	3	2	2
Industriaffald	kg N ha ⁻¹	-	-	1,6	4	4
Total input,	kg N ha ⁻¹	263	239	234	227	229
Høstet kvælstof,	kg N ha ⁻¹	130	131	127	135	137
Tilført - høstet kvælstof,	kg N ha ⁻¹	133	108	107	92	92

Mængden af tilført slam er opgjort første gang i 1995 og industriaffald første gang i 1996, hvorfor de ikke er i tabellen tidligere.

Totale kvælstofbalancer i dansk landbrug

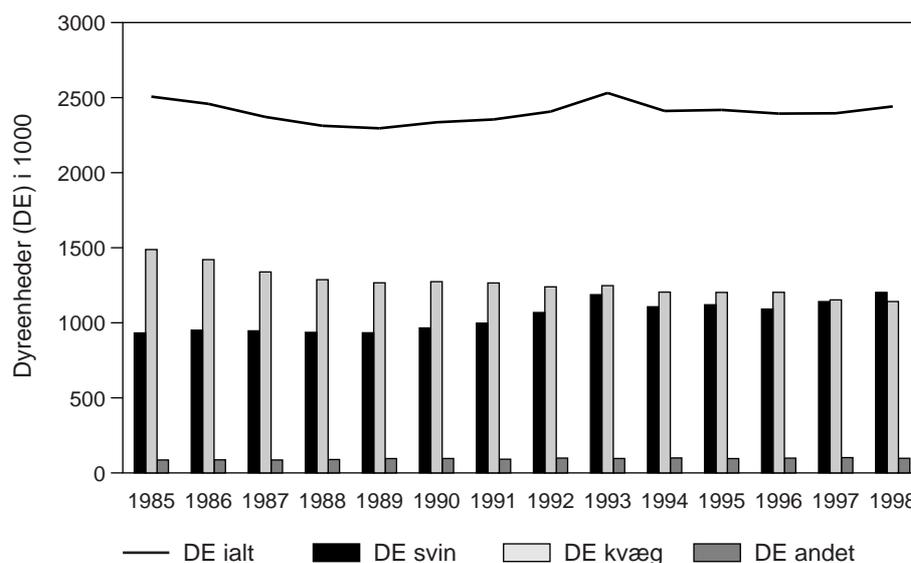
Kyllingsbæk (1999) har beregnet totale kvælstof balancer for landbruget. De to største enkelte N-tilførsler er handelsgødning og foder. Fraført kvælstof består af alle de solgte produkter. Andelen af animalske produkter har været stigende de sidste 10 år. I dag udgør de animalske produkter 60 % af det fraførte N mens planteprodukter kun udgør 40 %. Omsætningen af planteprodukter til animalske produktion medfører et tab af kvælstof inden for ejendommen. Det betyder, at des større animalsk produktion des større forskel på N-tilført og N-fraført. Til trods for dette er der de seneste 4 år sket et markant fald i det totale N-overskud, formentlig som følge af en væsentlig forbedring i udnyttelsen af husdyrgødning. Dette svarer til resultaterne af landovervågningen (se kapitel 4).

Husdyrtæthed og harmonikrav

Antallet af dyreenheder på landsplan er steget med 2 % fra 1997 til 1998. Dermed bliver den gennemsnitlige husdyrtæthed i 1998 på 0,96 DE ha⁻¹ opgjort for det dyrkede areal med en gødningsnorm. Det vil sige, hele det dyrkede areal fratrukket brakarealet .

Det totale antal dyreenheder (DE) har været nogenlunde stabilt i perioden siden 1985. Fordelingen af dyreenhederne mellem svin, kvæg og andet er derimod ændret markant gennem perioden. Antallet af dyreenheder med kvæg og svin har således nærmet sig hinanden og har i perioden 1993-97 udgjort nogenlunde det samme antal dyreenheder. I 1998 er andelen svine-dyreenheder for første gang større end kvæg andelen (figur 3.3).

Figur 3.3 Udvikling i dyreenheder (DE) i 1000 for hele landet i perioden 1985 til 1998.



Der er stor spredning i antallet af husdyr i forhold til arealtilliggenhed. På brug med mere end 2,0 DE ha⁻¹ produceres således 37 % af husdyrgødningen, disse bedrifter har et areal, der svarer til 15 % af husdyrbrugenes samlede dyrkede areal. Brug med 2,5 DE ha⁻¹ producerer 25 % af husdyrgødningen. Disse bedrifter har et areal, der svarer til 8 % af det dyrkede areal, som hører under husdyrbrug. Hvis denne husdyrgødning skulle udbringes på disse bedrifters areal ville gennemsnitstildelingen blive 405 kg N ha⁻¹, når der regnes med 104 kg N DE⁻¹. Krav om overførsel af husdyrgødning til andre bedrifter skal således sikre, at disse meget store husdyrgødningsmængder spredes på arealer, hvor der ikke i forvejen overgødes.

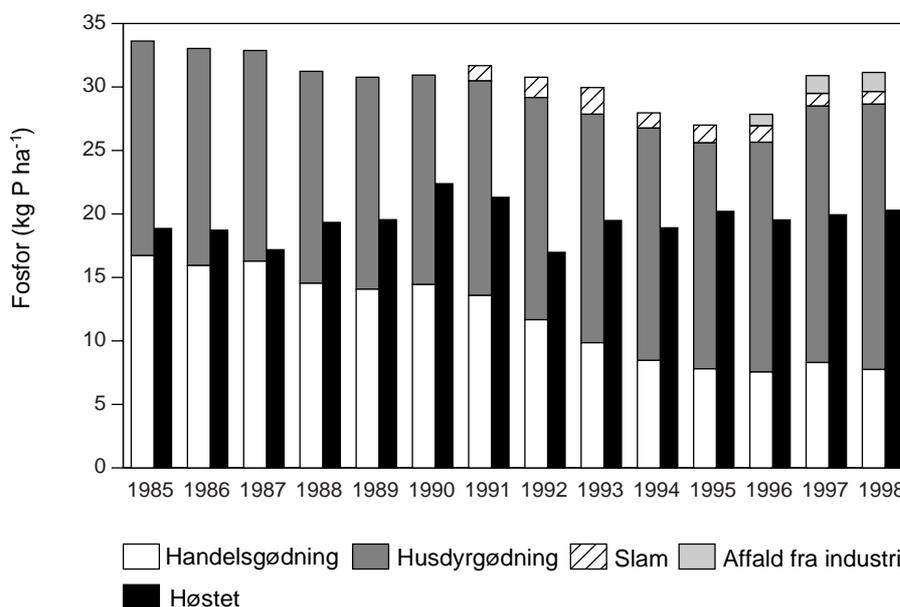
3.3 Forbrug af fosforgødning for hele landet

I dette afsnit er foretaget en opgørelse af forbrug af fosforgødning samt høstet fosfor pr. arealenhed landbrugsjord (figur 3.4). I bilag 3.3 og 3.4 er opgørelsen vist dels totalt for hele landet, dels pr. arealenhed landbrugsjord.

Forbrug og fraførsel pr arealenhed landbrugsjord i Danmark

Tilførsel af fosfor med handelsgødning udgjorde i 1985 16,7 kg ha⁻¹ og i 1998 7,7 kg ha⁻¹, hvilket betyder godt en halvering af forbruget i nævnte periode. Med hensyn til udskilt fosfor i husdyrgødning er der en stigning fra ca. 16,9 kg ha⁻¹ i 1985 til 20,9 kg ha⁻¹ i 1998. En del af denne stigning skyldes revurdering af husdyrgødningsnormerne i 1997. Her blev fosfornormerne opjusteret, idet disse tidligere havde været undervurderet. Fosfor i husdyrgødning udgør i dag således den største andel, knap 70 % af det totale forbrug. Fosfor fjernet med afgrøderne har varieret mellem ca. 17 og 22 kg ha⁻¹ i perioden afhængig af udbytterne de enkelte år. Der har således været et overskud af fosfor tilførsel gennem hele perioden, dette er dog mindsket betydeligt fra ca. 15 kg ha⁻¹ i 1985 til knap 11 kg ha⁻¹ i 1998. Nedgangen i fosforoverskud må dog antages reelt at være større end tallene angiver, idet fosfornormerne i husdyrgødning har været undervurderet i årene frem til 1996.

Figur 3.4 Udviklingen i tilført fosfor med handelsgødning, husdyrgødning og slam til landbrugsjorden og høstet fosfor for perioden 1985 til 1998.



Overskud og jordens fosforstatus

Overskud af tilført fosfor bindes til jorden, mens kun en mindre del udvaskes til vandmiljøet. Den konstante nettotilførsel har medført, at indholdet af lettilgængeligt fosfor i de danske jorde er steget.

3.4 Pesticidanvendelse på landsplan

Pesticidhandlingsplan vedtaget i 1987

I 1987 vedtog Folketinget en handlingsplan til nedsættelse af pesticidforbruget i Danmark. Målet var en 50 % reduktion af pesticidforbruget inden 1. januar 1997. Gennemsnitsforbruget i perioden 1981-85 anvendes som udgangspunkt.

Opgørelsen af pesticidforbruget kan ske på flere måder. Den simpleste er registrering af den solgte mængde aktivstof. Denne metode er meget unuanceret idet der ikke tages hensyn til at der udvikles nye midler med mindre mængde aktivstof.

Behandlingshyppighed på landsplan

Behandlingshyppigheden er et lidt mere sigende udtryk for pesticidforbruget, idet behandlingshyppigheden angiver det antal gange det dyrkede areal kunne have været behandlet, hvis den godkendte dosis

for hvert middel var blevet anvendt. Behandlingshyppigheden udregnes på baggrund af den solgte mængde aktivstof, det dyrkede areal og den godkendte dosis.

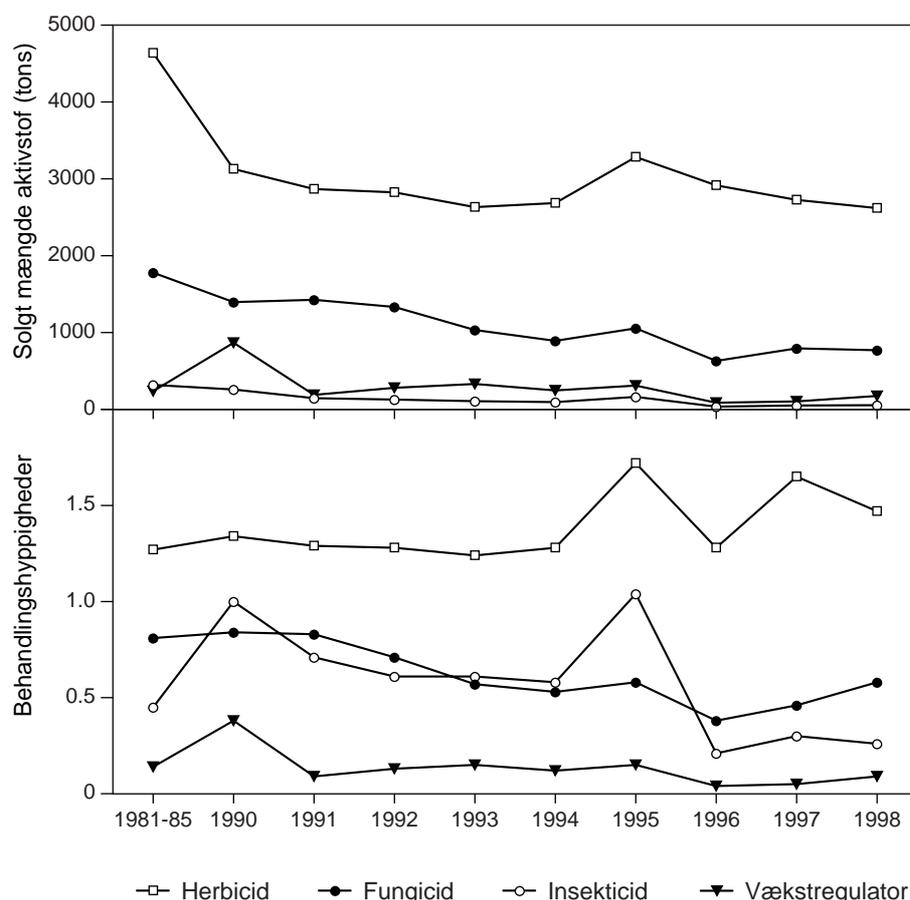
$$\text{Beh.hyp.} = ((\text{solgt mængde aktivstof} \times \text{dyrket areal}) / \text{godkendt dosis}) / \text{dyrket areal}$$

Indtil 1998 havde hvert produkt en standarddosis i hver relevant afgrøde. Fra 1998 har hvert aktivstof en standarddosis i hver relevant afgrøde. Desuden ændres det dyrkede areal, der beregnes på baggrund af, således at der fra og med 1998 fratrækkes det areal som dyrkes økologisk.

Reduktionsmålet var ikke nået pr. 1. januar 1997

Ønsket om 50 % reduktion i forbruget gælder både mængden af aktivstof og behandlingshyppighed. Når der måles i mængde aktivstof er målet nået for alle pesticidgrupper, undtagen herbicider, som manglede 18 % i at nå det ønskede reduktionsmål pr. 1. januar 1997. Når behandlingshyppigheden benyttes som måleenhed, havde ingen af pesticidgrupperne nået reduktionsmålet. Det samlede fald i behandlingshyppighed var kun på 8 %, hvilket er langt fra målet, se figur 3.5.

Figur 3.5 Udviklingen i mængde aktivstof, solgt og behandlingshyppigheder, fra 1990-98. Udgangspunktet for reduktionen er et gennemsnit af 1981-85



Afgrødekorrigeret behandlingshyppighed

Afgrødesammensætningen det pågældende år har betydning for behandlingshyppigheden, fx behandles vinterafgrøder traditionelt mere end vårafgrøder. Andelen af netop vinterafgrøder er steget de seneste år. Man kan i en teoretisk beregning forsøge at tage højde for den ændrede afgrødesammensætning. For hver afgrøde i fx 1997 beregnes hvor stort et areal der ville have været behandlet, hvis behandlingshyppigheden havde været den samme som i referenceperioden (behandlingshyppighed x dyrket areal). Disse beregnede area-

ler summeres og divideres med det faktiske areal med afgrøder i 1997. Dermed fremkommer en beregnet behandlingshyppighed for 1997. Når den sættes i forhold til den faktiske behandlingshyppighed i 1997, finder man et fald i behandlingshyppigheden på 25 % (*Danmarks Statistik, 1998*).

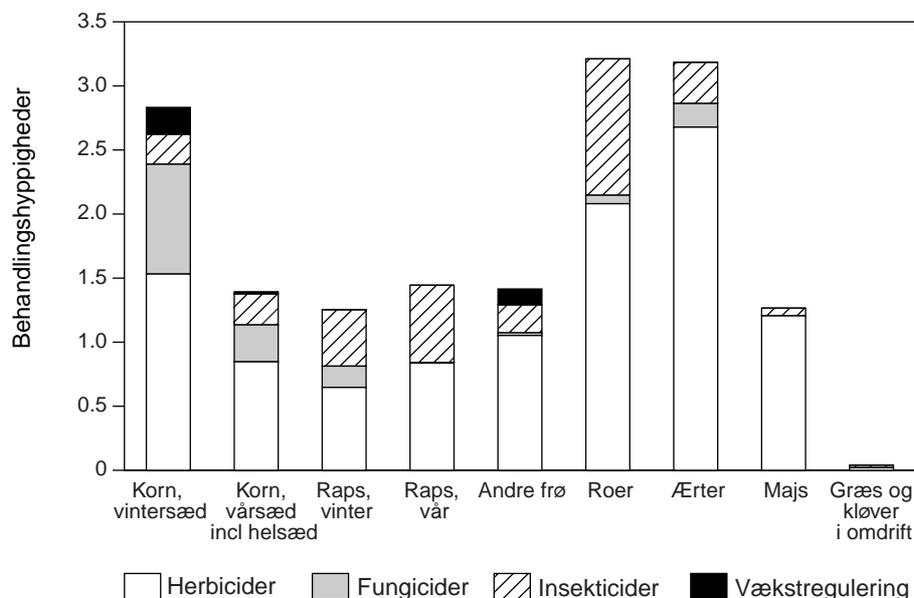
Behandlingshyppigheden har svinget en del fra 1994 og frem. En del af forklaringen skal findes i en varslet afgiftsforhøjelse fra 95/96, hvilket bevirkede et øget salg i 1995 og et tilsvarende mindre salg i 1996. Derfor er behandlingshyppigheden reelt lavere i 1995 og højere i 1996. Dette ville mindske udsvingene væsentligt, se figur 3.5. Derudover har klimaet naturligvis en indflydelse på hvor meget der behandles det enkelte år.

1998 i forhold til reduktionsmålet

I 1998 blev der solgt 1,5 % mindre mængde aktivstof end i 1997 (figur 3.5). Dermed ligger det samlede pesticidesalg stadig en anelse over reduktionsmålet. Når pesticiderne betragtes samlet er behandlingshyppigheden kun faldet med 10 % i forhold til referenceperioden. Dette dækker dog over store forskelle. Vækstregulatorer og insekticider har nået reduktionsmålet, fungicider er godt på vej, men behandlingshyppigheden for herbicider er højere end i referenceperioden (figur 3.5) (*Miljøstyrelsen, 1999*).

Herbiciderne til bekæmpelse af ukrudt er langt det mest brugte pesticid inden for alle afgrøde grupper. Af herbiciderne bruges over 60 % til bekæmpelse af græsukrudt, herunder kvik. Vintersæd og andre frø, primært græsfrø, er de eneste afgrødegrupper, hvor der benyttes vækstregulering i nævneværdig grad. Vintersæd, roer og ærter har i gennemsnit en behandlingshyppighed ca. på 3,1, mens de øvrige afgrødetyper, undtagen græs har en gennemsnitlig behandlingshyppighed på ca. 1,4 (figur 3.6).

Figur 3.6 Behandlingshyppigheder på landsplan i 1998 fordelt på afgrødegrupper



Behandlingshyppigheden er ikke udtryk for hvor mange gange der aktuelt er sprøjtet på marken, idet der ofte anvendes nedsatte doser. Nedsatte doser betyder at enten kan et større areal behandles eller samme areal kan behandles flere gange end behandlingshyppigheden antyder.

3.5 Sammenfatning

Det samlede forbrug af kvælstofgødning har været faldende fra omkring 1990. Dette er især udtalt for handelsgødning. Kvælstof udbragt med husdyrgødning er også faldet, men knap så meget.

Udvikling i kvælstofforbrug og gødskningspraksis for hele landet 1985 - 1998

På landsplan er den samlede tilførsel af handelsgødning faldet fra 392 mio. kg N i 1985 til 277 mio. kg N i 1998. Mængden af udbragt husdyrgødning (uden udbinding) er faldet med ca. 12 mio. kg N i perioden. Derved er den samlede kvælstoftilførsel til de dyrkede arealer faldet med 22 % fra 606 mio. kg N i 1985 til 472 mio. kg N i 1998.

I 1998 er der for første gang balance mellem tilført effektiv N gødning og det økonomisk optimale kvælstofbehov. Det skal dog bemærkes at behovet kan svinge noget afhængig af kvælstofprognosen det enkelte år.

Kvælstofbalancer for landbrugsjord i Danmark, 1985 - 1998

Total kvælstofinput (handelsgødning, husdyrgødning samt kvælstof tilført ved bælgeplanters fiksering og atmosfærisk deposition) til landbrugsjord i Danmark er faldet fra 750 mio. kg N i 1985 til 613 mio. kg N i 1998. Kvælstof fjernet med afgrøderne har varieret mellem 308 og 408 mio. kg N. Nettotilførsel af kvælstof faldt fra 380 mio. kg N i 1985 til 245 mio. kg N i 1998. Set over hele perioden udgjorde faldet i nettotilførsel af kvælstof 32 %.

Antallet af husdyr, regnet i dyreenheder, har været nogenlunde stabilt siden 1990. Fordelingen mellem kvæg og svin er dog ændret, således at svin nu udgør 49 % af dyreenhederne og kvæg kun 46 %.

Fosforbalancer for landbrugsjord i Danmark, 1985 - 1998

Tilførsel af fosfor med handelsgødning pr arealenhed landbrugsjord i Danmark faldt fra 16,7 kg P ha⁻¹ i 1985 til 7,7 kg P ha⁻¹ i 1998, mens tilførsel med husdyrgødning steg fra 16,7 kg P ha⁻¹ til 20,9 kg P ha⁻¹ i samme periode. Stigningen i fosfortilførsel med husdyrgødningen kan delvis tilskrives en opjustering af husdyrgødningsnormerne i 1997. Fosfor fjernet med afgrøderne har varieret mellem 17 og 22 kg P ha⁻¹. Nettotilførsel af fosfor til landbrugsjord er således faldet fra ca. 15 til 11 kg P ha⁻¹ i perioden 1985 til 1998.

Pesticidforbruget i Danmark 1998

Pesticidforbruget opgøres både som den solgte mængde aktivstof og som behandlingshyppighed. I 1998 lå det samlede pesticid salg stadig lidt over reduktionsmålet i følge pesticidhandlingsplanen. For alle pesticider set over et var behandlingshyppigheden kun reduceret med 10 % i 1998, i forhold til referenceperioden 1981-85.

4 Landbrugspraksis

I dette kapitel beskrives udviklingen i landbrugspraksis i landovervågningsoplandene fra 1990 og frem til 31. december 1998.

4.1 Interviewundersøgelsen i landovervågningsoplandene

Landmændene i de syv landovervågningsoplande bliver en gang om året interviewet om afgrødesammensætning, gødningsforbrug og husdyrhold. Interviewundersøgelsen er gennemført i ni år, således at det er muligt at gøre rede for ni driftsår fra 1989/90 til 1997/98. I dette kapitel refereres til driftsårene som hele årstal. Beskrivelse af undersøgelsen findes i appendiks 2.

Fra 1997/98 bliver interviewdataene indberettet via en speciel udgave af programmet Bedriftsløsning fra Landbrugets Rådgivningscenter. Ændring af indberetningsmetode kan betyde mindre forskydninger fra 1997 til 1998, blandt andet fordi flere oplysninger, som tidligere blev skønnet eller udregnet manuelt, nu udregnes automatisk.

Indtil 1996/97 bestod undersøgelsen af seks oplande. Fra driftsår 1997/98 er undersøgelsen udvidet med ét opland, beliggende i Vestsjælland Amt. Denne udvidelse betyder, at opgørelser som beskriver udvikling over tid bliver foretaget både med og uden det nye opland i 1998.

Oplandenes repræsentativitet

Landovervågningsprogrammet omfatter tre sandjords- og fire lerjordsoplande. Andelen af grovsandede jorde i oplandene svarer nogenlunde til andelen på landsplan. Finsand er lidt underrepræsenteret (26 % i oplandene mod 38 % på landsplan). Lerjorde er derimod lidt overrepræsenteret (51 % i oplandene mod 31 % af landsbrugsjorden i Danmark som helhed).

Beliggenheden af de 7 overvågningsoplande (LOOP 1-7) er vist i figur 4.1. Beskrivelse af oplandene findes i appendiks 1.

Andelen af kvæg- og svinebrug i oplandene svarer næsten fuldstændig til fordelingen i hele landet. Andelen af blandede brug i oplandene er større end på landsplan (13 % mod 5 %) og andelen af planteavlbrug tilsvarende mindre (42 % mod 50 %). Hvis man ser på fordelingen af dyreenheder, er oplandene ikke helt så repræsentative som fordelingen af brug. I oplandene er 56 % af dyreenhederne kvæg mod kun 47 % på landsplan. Andelen af svin er tilsvarende mindre, 39 % i oplandene mod 49 % i hele landet.

Tre sandjords- og fire lerjordsoplande

Fordeling af bedriftstyper svarer til landsfordelingen

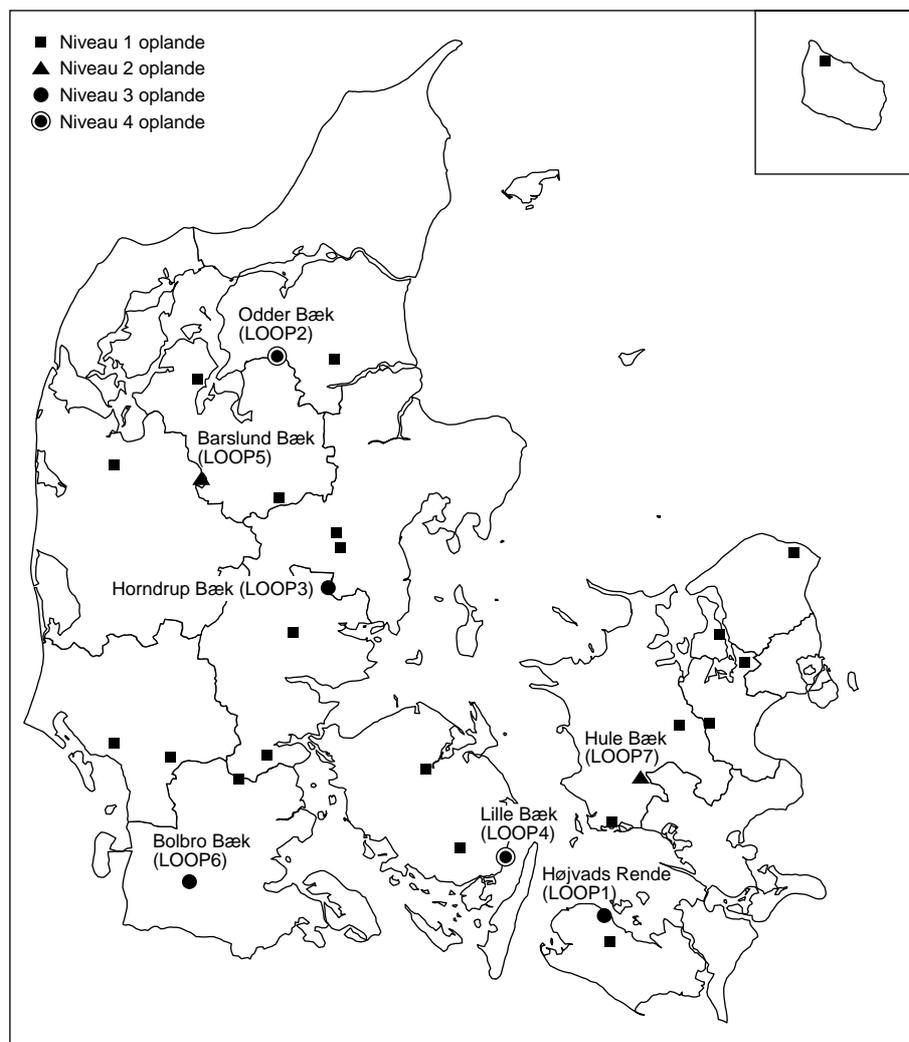
Figur 4.1 Oversigt over landovervågingsoplandenes placering.

I niveau 1 oplande foretages interview om markanvendelse hvert 5. – 7. år.

I niveau 2 oplande foretages årlige interviews af landmændene i oplandene, om markanvendelsen, eks. pesticidanvendelse.

I niveau 3 oplande foretages årlige interviews af landmændene i oplandene, incl. pesticidanvendelse. Desuden måles på udvalgte marker jordvand, drænvand, pesticider i drænvand og fosfor i jord. Desuden registreres klimadata.

Niveau 4 oplande er som niveau 3 blot udvidet med målinger af hydraulisk ledningsevne og vandindhold i jord.



Undersøgelsen omfatter 168 ejendomme

Interviewundersøgelsens omfang

På grundlag af interviewundersøgelsen fra 1990 til 1998 er der foretaget en opgørelse af landbrugspraksis for driftsårene 1989/90 til 1997/98. Opgørelsen er foretaget for alle marker, der er omfattet af interviewundersøgelsen og som har fuldstændige oplysninger på markniveau. Det vil sige marker, der ligger såvel indenfor som udenfor de respektive oplande. Antallet af ejendomme og størrelserne af de arealer, der har fuldstændige oplysninger om gødningstilførsler og udbytter for driftsårene er vist i tabel 4.1.

Tabel 4.1 Omfanget af interviewundersøgelsen fra 1990 til 1998

	LOOP 1-6									LOOP 1-7
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1998
Ejendomme	162	157	147	145	140	139	128	128	128	168
Areal (ha)	3937	4274	4722	5087	4763	5039	5132	5020	4935	6338
Husdyr (DE)	5655	5877	5775	5967	6098	6041	5406	5588	5517	6000

Husdyrbrug i interviewundersøgelsen

På husdyrbrugene omfatter interviewundersøgelsen alle marker - også dem, der ligger udenfor oplandet. Dette sker for at sikre så stor nøjagtighed som muligt med hensyn til husdyrgødningens fordeling og for at sikre, at der er overensstemmelse mellem produceret husdyrgødning og den mængde der udbringes på markerne. Husdyrtætheden for de oprindelige 6 oplande er lidt større i oplandene end i landet som helhed, mens der ved inkludering af det 7. opland opnås

en husdyrtæthed, der er lidt lavere end for landet. Følgelig kan undersøgelsen ikke beskrive gødskningsniveauet for hele landet. Undersøgelsen kan imidlertid bruges til at belyse landbrugspraksis for forskellige brugstyper, idet oplandene anses for at være repræsentative i den henseende.

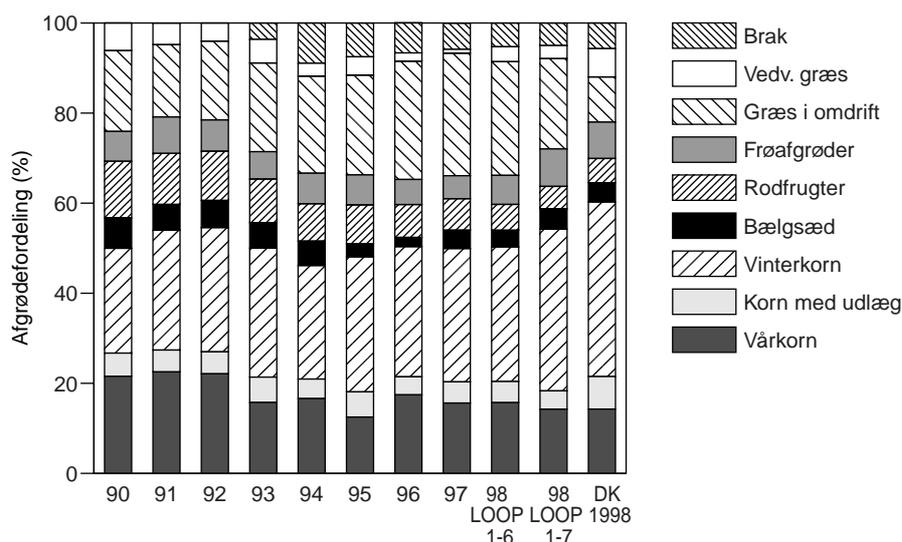
4.2 Afgrøder og husdyrhold i landovervågningsoplandene

Afgrødefordeling og grønne marker.

Afgrødefordelingen i de syv oplande og for hele landet er vist i figur 4.2. I forhold til landet som helhed udgør det samlede kornareal i oplandene en lidt mindre andel og arealet med græs i omdrift en større andel. Arealet med brak udgør knap 5 % i oplandene i 1998 og knap 6 % i hele landet. Det nye overvågningsopland, som er et udpræget planteavls område, har betydet at afgrødefordelingen i oplandene i 1998 er ændret lidt i forhold til 1997. Især arealet med vinterkorn er steget, mens arealet med græs i omdrift og rodfrugter er faldet.

Afgrødefordeling

Figur 4.2 Afgrødefordeling for de seks landovervågningsoplande fra 1990 til 1997 og for de syv oplande samt hele landet i 1998.



Regler for grønne marker

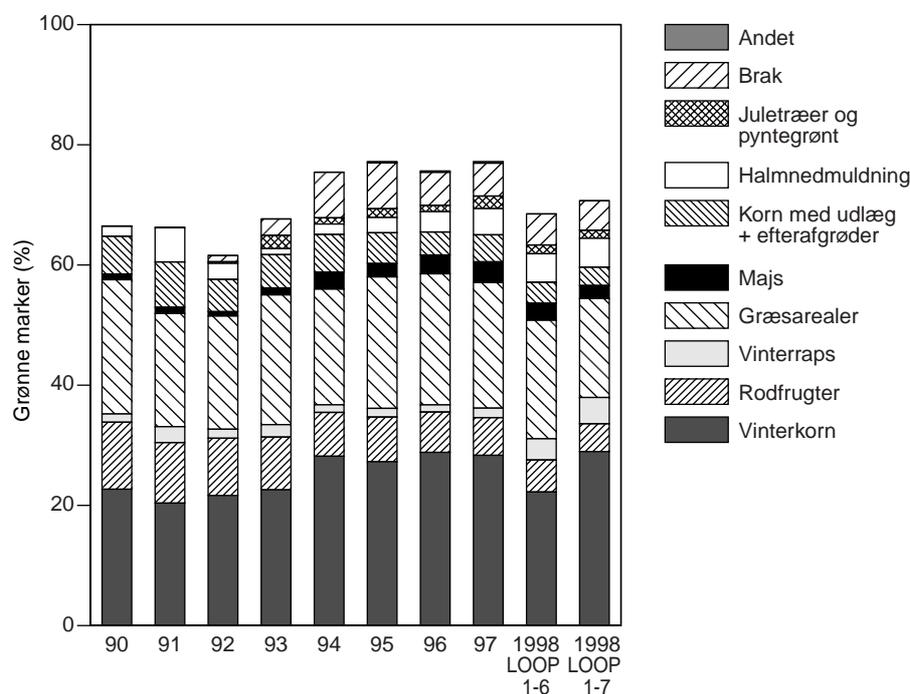
Ifølge bekendtgørelsen om grønne marker er det et lovkrav, at 65 % af det dyrkede areal på landbrugsbedrifter over 10 ha skal være plantedækket i efteråret. Afgrøder, der kan indgå i grønne marker, omfatter vinterkorn, fodermajs, rodfrugter, frøgræs, vinterraps, juletræer og pyntegrønt, sene frilandsgrøntsager samt frugt- og bærkulturer. Desuden kan græsmarksafgrøder, der pløjes efter 20. oktober, indgå. Op til 20 % af arealet, der indgår i grønne marker, kan erstattes med halmnedmuldning, dog skal 1,6 ha nedmuldes for at erstatte 1 ha grønne marker.

71 % grønne marker i oplandene i 1998

I de syv landovervågningsoplande udgør grønne marker 71 % af arealet i 1998, figur 4.3. Oplandene opfylder som helhed dermed kravet om, at 65 % af det dyrkede areal skal være plantedækket om efteråret. Af de grønne marker udgør græs inklusiv brak, vinterraps og korn med udlæg 41 %, vinterkorn 41 % og rodfrugter, majs, halmned-

muldning og juletræer 18 %. Kun førstnævnte gruppe samt rodfrugter (roer) kan forventes at optage betydelige kvælstof mængder i efterårs- og vintermånedene. Andelen af de grønne marker er steget fra 67 % i 1990 til 77 % i 1997. I 1998 er andelen faldet til 71 %, hvilket formodentlig skyldes det nye opland.

Figur 4.3 Arealet af grønne marker i procent og fordelt på afgrødetyper fra 1990 til 1998.



Tabel 4.2 Husdyrtæthed i de syv landover-vågnings-oplande og for Danmark i 1998

	DE ha ⁻¹
Indenfor opland:	
1. Storstrøm	0,21
7. Vestsjælland	0,35
4. Fyn	0,66
5. Vejle/Århus	0,86
2. Nordjylland	1,56
5. Ringk./Vibor.	0,35
6. Sønderjylland	1,18
LOOP 1-6	0,97
LOOP 1-7	0,82
Samtlige arealer i interview:	
LOOP 1-6	0,97
LOOP 1-7	0,86
Danmark	0,96

Husdyrhold

I 1998 lå den gennemsnitlige husdyrtæthed for de 7 oplande på 0,82 DE ha⁻¹ for arealerne inden for oplandene og på 0,86 DE ha⁻¹ for det totale areal i interviewundersøgelsen (tabel 4.2). Når hele interviewundersøgelsen har en højere husdyrtæthed, skyldes det at netop for husdyrbrug tages arealer med uden for oplandet, hvis de hører til bedriften.

Frem til 1997 var husdyrtætheden i datamaterialet (LOOP 1-6) lidt højere end på landsplan. Ved inkludering af det 7. opland er husdyrtætheden i datamaterialet imidlertid lidt lavere end landsgennemsnittet på 0,96 DE ha⁻¹.

Til sammenligning med den gennemsnitlige husdyrtæthed i 1998 i oplandene på 0,86 DE ha⁻¹ blev der i gennemsnit til arealer med et gødningsbehov tilført 72 kg N ha⁻¹ med husdyrgødning og 15 kg N ha⁻¹ ved udbinding; i alt 87 kg N ha⁻¹.

Opbevaringskapaciteter og udbringningstider

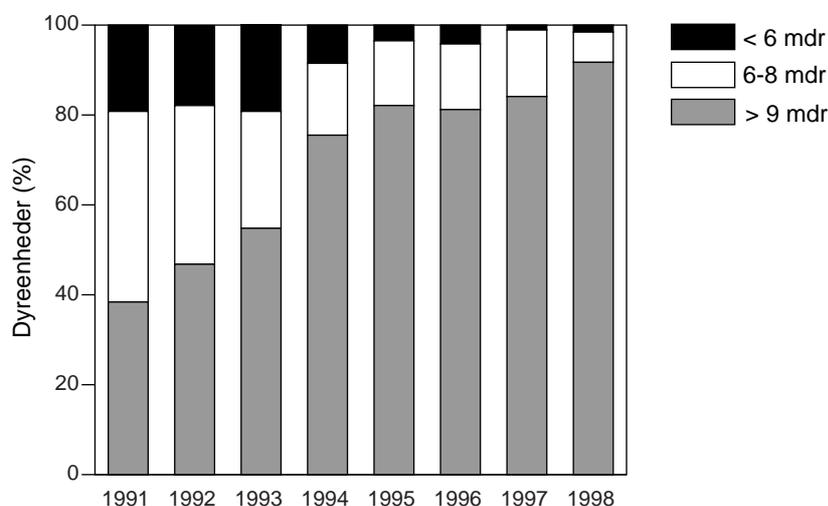
Kravet til opbevaringskapacitet, som ifølge Bekendtgørelse fra Miljøministeriet nr. 11 af 3. januar 1992 var 9 måneder, skulle være opfyldt senest den 31. december 1993. Dog var 6 måneder tilstrækkeligt, hvis det kunne godtgøres, at husdyrgødningen kunne udnyttes tilstrækkeligt. Ved Bekendtgørelse fra Miljøministeriet nr. 1121 af 15. december 1992 blev opbevaringskravet revideret til, at der skulle være tilstrækkelig opbevaringskapacitet til at reglerne for udbring-

ningstider og udnyttelsesprocenten kan overholdes, hvilket normalt svarer til 9 måneder for svinebrug og 7 måneder for kvægbrug med dyrene ude om sommeren. Der skal dog altid være minimum 6 måneders opbevaringskapacitet. Kravet skulle være opfyldt den 31. december 1994.

92 % af dyreenhederne på ejendomme med mindst 9 måneders opbevaringskapacitet

I de syv landovervågningsoplande i 1998 stod 92 % af dyreenhederne på ejendomme med opbevaringskapacitet til flydende husdyrgødning på 9 måneder eller derover, mens 98 % af dyreenhederne stod på ejendomme med 6 måneders opbevaringskapacitet eller derover. Andelen med mindst 9 måneders opbevaringskapacitet er steget igennem hele perioden fra 1991 til 1998 med i alt 53 %-point (figur 4.4). Den største stigning fandt sted fra 1993 til 1994, idet lovkravet om tilstrækkelig opbevaringskapacitet skulle være opfyldt med udgangen af 1994.

Figur 4.4 Opbevaringskapaciteten til gylle og ajle opgjort i procent af dyreenhederne fra 1991 til 1998.



På landsbasis i 1998 hørte 81 % af dyreenhederne til ejendomme med 9 måneders opbevaringskapacitet eller derover, mens yderligere 15 % af dyreenhederne tilhørte ejendomme med 6 måneders opbevaringskapacitet eller derover. Dette er beregnet på baggrund af tal fra *Danmarks Statistik (1998)* for opbevaringsfaciliteter til gylle og ajle på malkekvægs- og svinebesætninger. Der er altså en lidt større opbevaringskapacitet i oplandene end i gennemsnit for hele landet.

26 %-point stigning i forårs-/sommerudbringning siden 1990

Udbringningstidspunkterne for husdyrgødning er vist i figur 4.5 for årene 1990-1998. Opgørelsen registrerer den udbragte husdyrgødning eksklusiv den mængde, der efterlades på marken ved afgræsning. Det ses, at den største husdyrgødningsmængde udbringes om foråret. Således er forårs- og sommerudbringningen steget fra 55 % i 1990 til 81 % i 1998.

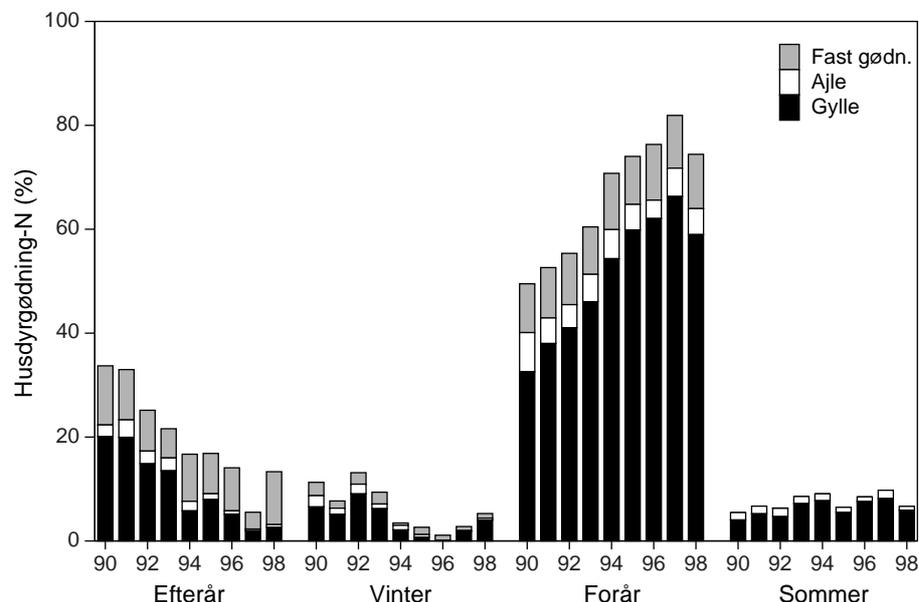
Der er igennem perioden 1990 til 1997 sket en stigning i andelen af forårs- og sommerudbragt husdyrgødning i takt med udbygningen af opbevaringskapacitet. Følgelig var stigningen også størst fra 1993 til 1994.

I 1998 er der imidlertid set en tilbagegang i andelen af forårs- og sommerudbragt husdyrgødning. Dette skyldes at andelen af fastgødning/dybstrøelse er steget i det forløbne år; for de 6 oprindelige

oplande udgjorde denne andel 14 % i 1997 og 20 % i 1998. Den øgede mængde fast gødning/dybstrøelse er ifølge figur 4.5 udbragt fortrinsvis om efteråret.

Stigning i produktion af fast gødning/dybstrøelse går i retning af bedre dyrevelfærd, men muligheden for at udnytte kvælstoffet i denne gødningsform er ringere end for flydende husdyrgødning.

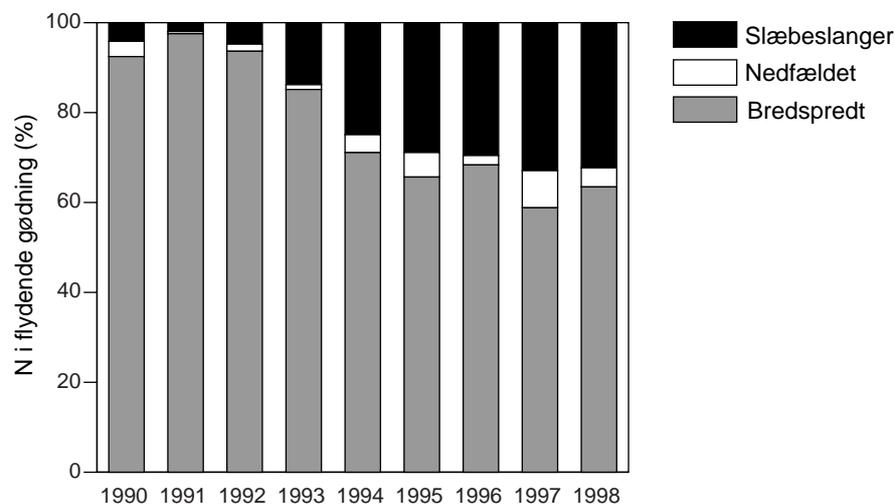
Figur 4.5 Udbringningstid for husdyrgødning fra 1990 til 1998.



Udbringningsmetode

Udbringningsmetoden har stor betydning for hvor stor ammoniakfordampningen fra husdyrgødningen (ab lager) bliver. Ved nedfældning af husdyrgødning er ammoniakfordampningen mindst. Det er vurderet, at ved brug af slæbeslanger er markeeffekten 5-10 % point mindre og ved bredspredning yderligere 5-10 %-point mindre end ved nedfældning. Disse forskelle i udbringningsmetode er mest udtalte i forårs månederne (*Håndbog for plantedyrkning 1997*). Kravene til udnyttelse af kvælstof i husdyrgødningen trådte i kraft første gang pr. 1. august 1993. Af figur 4.6 ses at den største ændring i udbringningsmetode netop skete fra 1993 til 1994.

Figur 4.6 Udbringningsmetode for flydende husdyrgødning fra 1990 til 1998, fordelt efter procent kg N for hver metode .



Udbringningsmetoden har indflydelse på, hvor meget kvælstof der er tilbage i husdyrgødningen, når den ender i jorden. Med skærpede krav til udnyttelsen af husdyrgødningen, er interessen for at mindske kvælstoftabet ved ammoniakfordampning tilsvarende øget. I 1990 blev 92 % af kvælstoffet i den flydende husdyrgødning bredspredt, i 1998 var dette reduceret til 63 %. Især blev slæbeslanger brugt i stedet. I 1990 blev 4 % af kvælstoffet i den flydende i husdyrgødning bragt ud med slæbeslanger, dette var steget til 33 % i 1998. Nedfældning har først vundet indpas de seneste år og i 1998 blev 4 % af kvælstoffet i den flydende husdyrgødning nedfældet. Især udbringningen af svingylle er ændret således at 84 % af svinegyllen blev udbragt med slæbeslange eller nedfældet i 1998. Kun 30 % af kvæggylle+ajle blev i 1998 udbragt ved en af disse metoder.

4.3 Forbrug og udnyttelse af kvælstofgødning til afgrøderne i landovervågningsoplandene

Gødningstildeling til afgrøderne i 1998

Alle afgrødegrupper med en kvælstofnorm

Gødningstildelingen til marker med en kvælstofnorm i de syv landovervågningsoplande udgjorde i 1998 gennemsnitlig 107 kg N ha⁻¹ med handelsgødning, 72 kg N ha⁻¹ med husdyrgødning og 15 kg N ha⁻¹ med udbinding. Kvælstoftildelingen til de enkelte afgrøder er vist i tabel 4.3.

"Udnyttelsen af husdyrgødning" udtrykker hvor stor en procentdel af kvælstoffet i husdyrgødningen, som den anbefalede kvælstofmængde udgør, når handelsgødningskvælstoffet (og andet) er fratrukket. Udbinding indgår ikke i "Total tildelt husdyrgødningskvælstof".

Udnyttelsen beregnes på følgende måde:

$$\frac{\text{Anbefalet kvælstof} - \text{Tildelt handelsgødningskvælstof}}{\text{Total tildelt husdyrgødningskvælstof}} \times 100$$

Tabel 4.3 Oversigt over gødningsanvendelse til afgrødegrupper i de syv landovervågningsoplande, 1998.

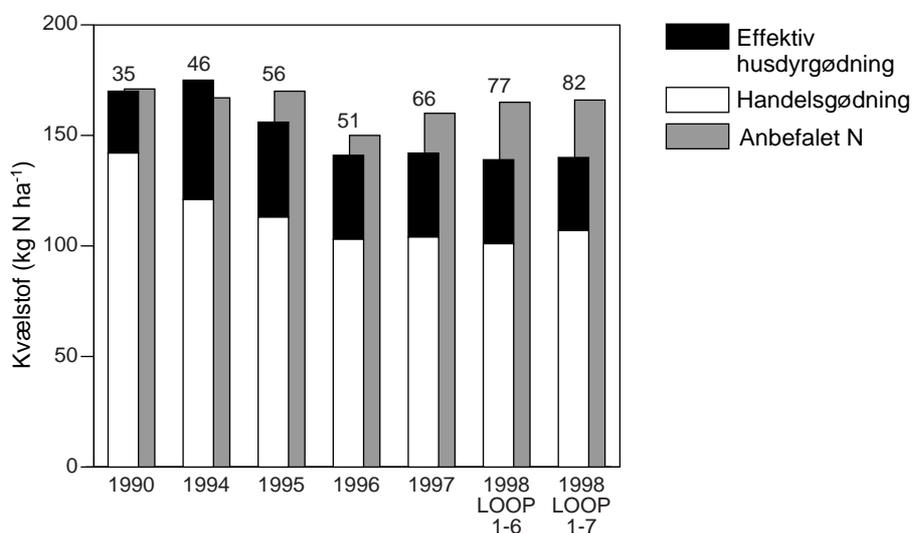
	Vårkorn	Vårkorn + udlæg	Vinter- korn	Rod- frugt	Frø- afgrøder	Græs omd.	Vedv. græs
Handelsgødning (kg N ha ⁻¹)	78	82	131	86	109	101	94
Husdyrgødning (kg N ha ⁻¹)	50	65	64	116	60	110	6
Udbinding (kg N ha ⁻¹)	0	3	0	0	0	56	81
Anbefalet mængde (kg N ha ⁻¹)	112	152	179	139	151	217	74
Effektiv N i husdyrgødning (kg N ha ⁻¹)	22	34	32	53	26	46	3
Effektivt tildelt N (kg N ha ⁻¹)	100	116	163	139	135	146	97
Udnyttelse af husdyrg. (%)	68	100	75	46	70	-	-
Total tildelt (kg N ha ⁻¹)	128	150	195	202	170	266	181
Høstet (kg N ha ⁻¹)	107	130	145	142	89	166	106
Høstet/tildelt x 100 (%)	84	87	74	70	52	62	59
Tildelt - høstet	21	20	50	60	81	100	75

Anbefalet kvælstof (fra Plantedirektoratet) bliver her korrigeret både op og ned, afhængig af forventet udbytte.

Udviklingstendenser i tildelte og anbefalede kvælstofmængder

Opgørelser over udviklingstendenser i tildelte kvælstofmængder er udarbejdet for alle afgrødegrupper med en kvælstofnorm. Græsafgrøder er med i denne opgørelse, til trods for at gødningstildelinger og anbefalede kvælstofmængder til disse afgrøder er vanskelige at definere.

Figur 4.7 Udviklingen i gødningspraksis for alle afgrødegrupper med et gødningsbehov. Udnyttelsen af husdyrgødning er angivet i procent over søjlerne.



Udviklingen i forbrug og anbefalede kvælstofmængder for perioden 1990-98 er vist i figur 4.7; datamaterialet er desuden vist i bilag 4.1. Der er kun medtaget 1990 og 1994-98 i denne opgørelse, fordi lovbindende krav om kvælstofnormer først blev indført i 1994. 1990 er med for at vise udgangspunktet.

Når forbruget af gødning betragtes over tid, betyder det nye opland især noget på forbruget af husdyrgødning, idet oplandet har relativt få husdyr.

Handelsgødningsforbruget faldt fra 142 til 107 kg N ha⁻¹ i perioden 1990-98. Tilførsel af effektiv husdyrgødningskvælstof er faldet fra 54 kg N ha⁻¹ i 1994 til 38 kg N ha⁻¹ for LOOP1-6 i 1998. Faldet skyldes i høj grad mindre husdyrgødning som følge af færre dyreenheder gennem perioden. Total effektiv kvælstoftilførsel er således faldet fra 170 kg N ha⁻¹ i 1990 til 139 kg N ha⁻¹ i 1998. Anbefalet kvælstof har ligget på mellem 150 og 171 kg N ha⁻¹ i 1990-98. I 1998 er den anbefalede mængde kvælstof i gennemsnit på 165 kg N ha⁻¹. Gennem årene er der sket et fald i det gennemsnitlige forbrug af kvælstofgødning set i forhold til den anbefalede mængde, således at den effektive tildelte mængde kvælstof i de seneste fem år har været lavere end de gennemsnitlige anbefalede mængder. Her skal det tages i betragtning, at græsafgrøder er med i opgørelsen, disse afgrøder har en relativ høj anbefalet kvælstofnorm, som ofte ikke tildeles.

Udnyttelse af husdyrgødningens kvælstof

Den gennemsnitlige udnyttelse af husdyrgødningen, opgjort for samtlige marker med en kvælstofnorm, er generelt steget i perioden 1990-98 (figur 4.7). I 1990 lå udnyttelsesprocenten af husdyrgødning på gennemsnitlig 35 % og i 1998 på 77 % for LOOP 1-6; dvs. der er en

Udnyttelsen af husdyrgødning opgjort for marker med en kvælstofnorm steg 42 %-point fra 1990 til 1998

stigning på 42-point igennem perioden. Når LOOP 7 inkulderes stiger udnyttelsen til 82 %. Til denne opgørelse over udvikling i udnyttelse af husdyrgødning er anvendt kvælstofnormer efter Hansen (1990a) for 1990 og normer fra Plantedirektoratet de øvrige år.

Loovkrav til udnyttelse af kvælstof i husdyrgødning

Det lovmæssige krav til udnyttelse af kvælstof i husdyrgødning på ejendomsniveau var fra 1. august 1997: 50 % for svinegylle, 45 % for kvæggylle, 15 % for dybstrøelse og 40 % for anden husdyrgødning. Dette var for gyllen en stigning i kravet på 5 %-point i forhold til året før. Yderligere skal der korrigeres for eftervirkningen af husdyrgødning og anden organisk gødning, udbragt året før; 15 % for dybstrøelse, 10 % for al anden organisk gødning.

Ca. 86 % af ejendommene opfyldte minimumkrav til udnyttelse af husdyrgødning i 1998

Den gennemsnitlige udnyttelse af husdyrgødning for ejendommene i henhold til gældende lovgivning er vist i tabel 4.4 for 1998. I henhold til lovgivningen er der medtaget ejendomme, som anvender husdyrgødning, og som har et matrikulært areal større end 10 ha. Kvælstofnormerne i henhold til Plantedirektoratet er udbyttekorrigeret, hvis det forventede udbytte er højere end normudbyttet. Endvidere er normerne korrigeret for eftervirkning af husdyrgødning; kvælstofprognosen var i 1998 nul. Som gennemsnitlig udnyttelse er anvendt et simpelt gennemsnit for at vise det typiske for ejendommene. Som gennemsnit for ejendommene var kravet til minimumsudnyttelse 40,6 %. Dette var kun 1 %-point højere end i 1997 til trods for at kravet til kvælstofudnyttelsen i gylle var øget med 5 %-point. Opnået udnyttelse lå i 1998 på 72,6 %, hvilket var lidt højere end i 1997 (66,6 %).

De ovenfor nævnte tal viser, at den opnåede udnyttelse var ca. 30 % højere end kravet. Kvægbrugene og de blandede brug havde væsentlig højere udnyttelsesprocent i forhold til lovkravet end svinebrugene og planteavlsbrugene. Årsagen hertil kan være, at græsmarker ofte ikke gødes så meget som tilladt. Dette giver en høj udnyttelsesprocent for den husdyrgødning, der udbringes på græsmarkerne. Da især kvægbrug har græsmarker, bliver det særlig udtalt for kvægbrug. Gennemsnitstallene dækker dog over store variationer. Af tabel 4.5 fremgår det, at 86 % af ejendommene havde opnået en udnyttelsesprocent, der var større end minimumskravet, mens 14 % havde en udnyttelse, der var mere end 5 %-point under kravet. Sidstnævnte gruppe anvendte 14 % af husdyrgødningen og udgjorde 13 % af arealet i opgørelsen.

Tabel 4.4 Udnyttelse af husdyrgødning i henhold til gældende lovgivning på ejendomme i landovervågningsoplandene (LOOP 1-7) større end 10 ha og med anvendelse af husdyrgødning. Opdeling på brugstyper, 1998.

	Antal brug i opgørelsen	Opnået udnyttelse (%)	Krav til udnyttelse (%)	Antal brug som opfylder krav	Areal Ha	Husdyrgødning t N
Kvægbrug	41	81,4	38,7	39	2219	215,6
Svinebrug	28	62,9	44,4	20	1426	128,0
Kvæg+svin	6	82,7	33,1	6	434	44,8
Planteavl	10	57,3	42,5	8	524	34,9
Alle brug	85	72,6	40,6	73	4606	423,4

Table 4.5 Antal ejendomme i procent i forhold til opfyldelse af krav om udnyttelse af deres husdyrgødning på ejendomme større end 10 ha i landovervågningsoplandene (LOOP 1-7), 1998

	Ejendomme	Opnået udnyttelse	Krav til udnyttelse	Areal ¹⁾	Husdyrgødning
	Antal 85			4606 ha	423,4 t N
	%	%	%	%	%
Opfyldt krav til udnyttelsen	85,9	80,4	40,4	86,9	86,1
Udnyttelsen er mere end 5 % under kravet	14,1	24,7	41,0	13,1	13,9

¹⁾ Angiver areal for ejendomme, som anvender husdyrgødning.

På baggrund af ovenstående kan det konkluderes, at der var en lille stigning i opnået udnyttelse af kvælstof i husdyrgødningen fra 1997 til 1998, mens kravet var øget i mindre omfang. Godt nok var lovkravet til udnyttelse af kvælstof i gyllen steget med 5 %-point, men samtidig var andelen af udbragt gylle i oplandene faldet til fordel for fast gødning/dybstrøelse. Da udnyttelseskravet for fast gødning/dybstrøelse er lavere end for gylle, har effekten af de to forhold i nogen grad modvirket hinanden.

Endvidere kan det konkluderes, at ca. 14 % af ejendommene i oplandene i 1998 ikke opfyldte kravet til udnyttelse af husdyrgødningen.

Effektivt kvælstof i husdyrgødningen

Forventet markeffekt er en tabellagt værdi for, hvor meget af husdyrgødningens kvælstof, der kan erstatte handelsgødningskvælstof. Når der tildeles kvælstof i form af husdyrgødning, vil en del af kvælstoffet være organisk bundet og dermed ikke umiddelbart tilgængeligt for planterne. En del af husdyrgødningens uorganiske kvælstof vil fordampe ved eller efter udbringning. Resten af det uorganiske kvælstof er i princippet tilgængeligt for afgrøderne; men denne del kan også udvaskes i perioder med afstrømning. Hvor meget der er tilgængeligt afhænger af plantearten, udbringningstidspunktet og udbringningsmåden.

I landovervågningsoplandene er det gennemsnitlige effektive kvælstof af udbragt husdyrgødning, til alle afgrødegrupper med et kvælstofbehov, steget fra 34 % i 1990 til 46 % i 1998; beregningerne er baseret på forventet markeffekt for de enkelte år, (bilag 4.1) (*Håndbog for plantedyrkning, 1990, 1994-1998*). Fra 1990 til 1998 ses således en stigning på 12 %-point, som afspejler, at en stadig stigende del af husdyrgødningen blev udbragt om foråret og sommeren i perioden 1990-98 og en forbedret udbringningsteknik. Stigningen i udnyttelsen af husdyrgødningen har bevirket at handelsgødningsforbruget har kunnet nedsættes. Handelsgødningsforbruget faldt fra 142 kg N ha⁻¹ i 1990 til 107 kg N ha⁻¹ i 1998. Således udgør handelsgødningen nu en mindre andel af den anbefalede mængde, 68 % i 1998 mod 83 % i 1990.

Overgødsning til afgrøderne

Total effektiv tildelt kvælstof set i forhold til anbefalet kvælstof til afgrøderne er et udtryk for overgødsningens størrelse. Ved total effektiv tildeling forstås kvælstof i handelsgødning plus den effektive del af husdyrgødningen. Denne opgørelse er foretaget for alle marker

Forventet markeffekt af kvælstof i husdyrgødning

Effektiv kvælstof steg 12 %-point fra 1990 til 1998

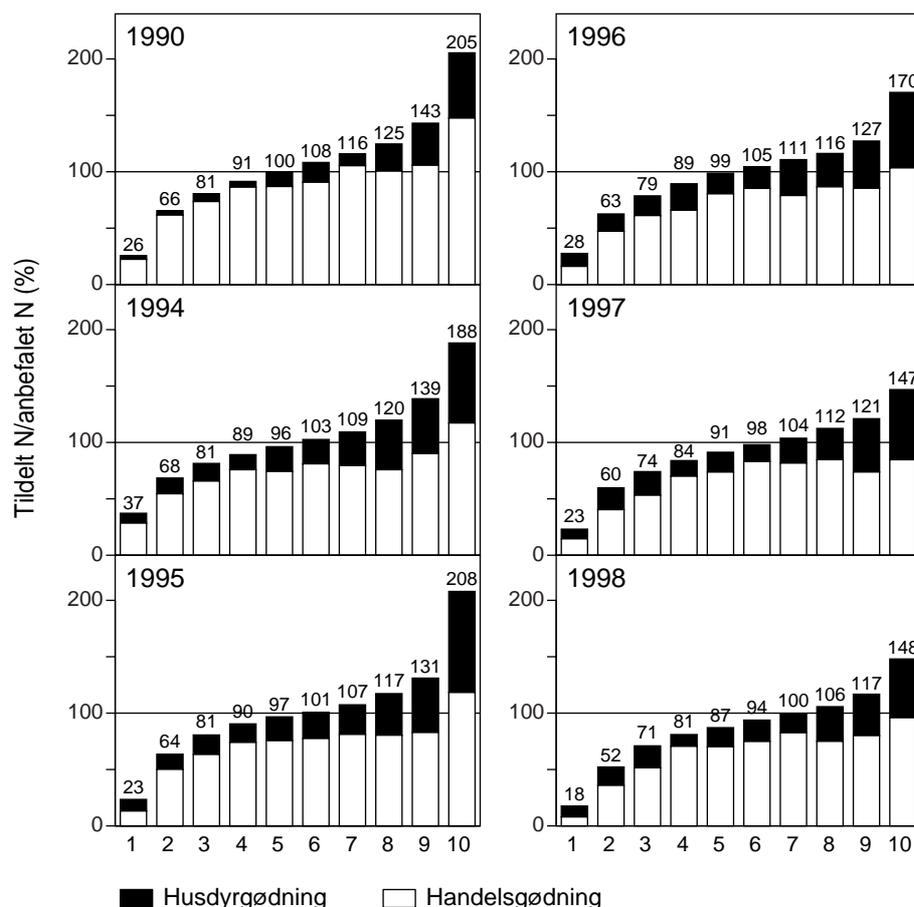
Overgødsning

med en kvælstofnorm. Arealerne er herefter inddelt i 10 %-fraktiler med stigende forhold af total effektiv tildelt N / anbefalet N. Ved optimal kvælstoftildeling vil forholdet være 100 %, men på grund af usikkerheder ved opgørelsen må man anse kvælstoftildelinger med en margin på 20 % af den anbefalede værdi for at være indenfor godt landmandsskab. I vores beregninger korrigeres afgrødernes behov for eftervirkning af husdyrgødning på markniveau.

I praksis vil nogle landmænd korrigere for eftervirkningen af husdyrgødningen som en gennemsnitlig fradrag i afgrødernes behov på alle marker, andre efter kendskabet til den enkelte mark. Forskelle i håndtering af husdyrgødningens eftervirkning bidrager derfor til ovennævnte usikkerhed i normfastsættelsen. Formålet med beregningen af overgødskningen, er at få et billede af landbrugets gødskningspraksis.

Ovennævnte opgørelse er foretaget for årene 1990 og 1994 til 1998. Til vurdering af udviklingstendenser er anvendt anbefalede normer efter Plantedirektoratet 1994-98 og forventet markeffekt efter Håndbog for Plantedyrkning 1994-98. I 1990 er anvendt Hansen (1990a) til beregning af den anbefalede kvælstof norm og forventet markeffekt er fra Håndbog for Plantedyrkning 1991 (figur 4.8).

Figur 4.8 Tildelte kvælstofmængder i forhold til anbefalede kvælstofmængder for alle afgrøder med et kvælstofbehov - fordelt på 10 % arealfraktiler efter stigende kvælstoftildeling. Opgørelsen viser udviklings tendensen fra 1990 og 1994 til 1998. For 1990 er anbefalet N efter Hansen (1990a) og forventet markeffekt efter Håndbog for plantedyrkning 1990. For 1994-98 er benyttet Plantedirektorates normer for de pågældende år og forventet markeffekt efter Håndbog for plantedyrkning de respektive år.



Der overgødes på ca. 10 % af arealet

I 1990 blev der overgødet på ca. 30 % af arealet, hvilket falder til ca. 20 % af arealet i 1995-97. I 1998 overgødskes kun på 10 % af arealet. Mindst lige så vigtigt er det, at overgødskningens størrelse er aftaget: på 30 % af arealet blev der i 1990 gødet med 25-105 % over den anbefalede værdi, hvilket gradvis er faldet til 6-48 % over den anbefalede

værdi i 1998. I 1998 svarer dette til en effektiv gødningstildeling på mellem 8-57 kg N ha⁻¹ over den anbefalede mængde for de tre sidste arealfraktiler.

Overgødskning og udnyttelse af husdyrgødning

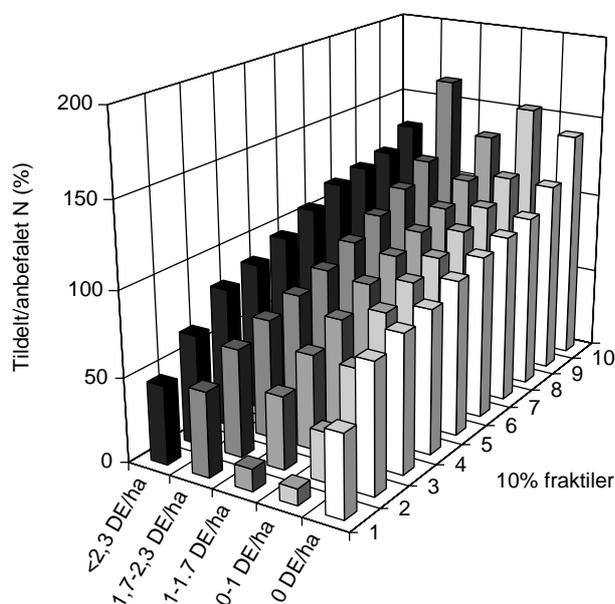
Figur 4.8 viser, at handelsgødningen siden 1990 udgør en stadig mindre del af afgrødernes kvælstofbehov. Den resterende del opfyldes af husdyrgødningen, hvilket betyder at den faktiske udnyttelse af husdyrgødningen forbedres. Der overgødskes stadig på noget af arealet, hvilket også udledes af tabel 4.5, hvor 14 % af ejendommene endnu ikke lever op til kravene om udnyttelse af husdyrgødningen.

Stigende overgødskning med stigende husdyrtæthed

Overgødskning i relation til husdyrhold og brugstyper

For at beskrive overgødskningens størrelse i relation til husdyrtætheden er de tildelte kvælstofmængder for afgrøder med en kvælstofnorm opgjort i forhold til de anbefalede kvælstofmængder (Plantedirektoratets normer) grupperet på ejendomme efter stigende husdyrtæthed.

Figur 4.9 Tildelte kvælstofmængder i forhold til anbefalede kvælstofmængder for afgrødegrupper med et kvælstofbehov indenfor fem ejendomsgrupper med stigende husdyrtætheder for 1998. Anbefalede kvælstofmængder er fra Plantedirektoratet for 1998 og forventet markeffekt af husdyrgødning er opgjort med normalt for 1997.



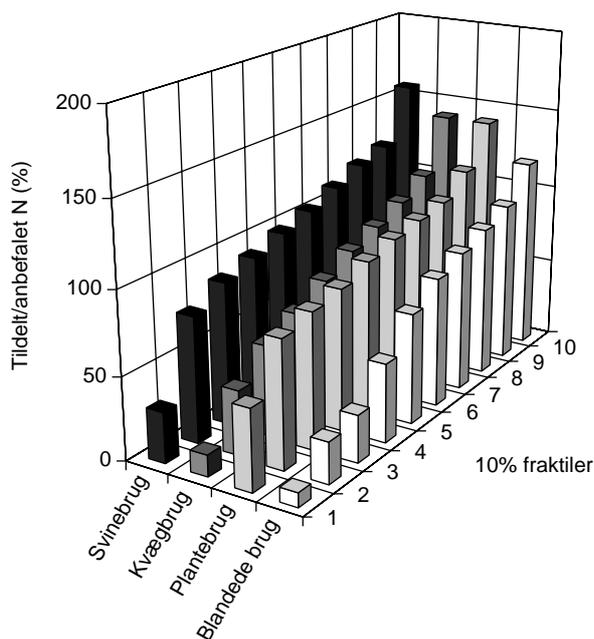
Opgørelsen ses i figur 4.9 for 1998. Generelt overgødskes kun på 10 % af arealet i alle husdyrtæthedgrupper, svarende til figur 4.8. Der er i denne opgørelse ingen sammenhæng med husdyrtæthed og overgødskningens størrelse, i modsætning til tidligere. Gruppen med 0 DE ha⁻¹ overgødskes med 41 %, op til 1 DE ha⁻¹ med 54 %, 1-1,7 DE ha⁻¹ med 32 %, 1,7-2,3 DE ha⁻¹ med 64 % og over 2,3 DE ha⁻¹ overgødskes med 31 %. Dette skyldes formentlig at husdyrbrugene er blevet bedre til at udnytte husdyrgødning, hvorved forskellene udviskes. Datamaterialet til figuren er vist i bilag 4.2.

Brugstyper og overgødskning

De tildelte kvælstofmængder er opgjort for alle afgrødegrupper med en kvælstofnorm i forhold til de anbefalede kvælstofmængder (Plantedirektoratets normer) grupperet efter brugstyper. Figur 4.10 viser, at der i 1998 på planteavlsbrugene, de blandede brug og kvægbrugene overgødskes på ca. 10 % af arealet, mens der på svinebrugene overgødskes på ca. 20 % af arealet. Overgødskningen er således

størst på svinebrugene, her gødes med ca. 56 % over den anbefalede mængde på 10 % af arealet. Datamaterialet til figuren er vist i bilag 4.2.

Figur 4.10 Tildelte kvælstofmængder i forhold til anbefalede kvælstofmængder for afgrødegrupper med et kvælstofbehov indenfor fire bedriftstyper for 1998. Anbefalede kvælstofmængder er fra Plantedirektoratet for 1998 og forventet markedefekt af husdyrgødning er opgjort med normal for 1997.



4.4 Kvælstofbalancer for landbrugsarealet i landovervågningsoplandene

Opgørelsesmetode

For at belyse tabspotentialer for kvælstof i forbindelse med landbrugsproduktion er der foretaget en opgørelse over input og output på markniveau i landovervågningsoplandene. Input består i denne sammenhæng af tilført kvælstof med handelsgødning og husdyrgødning inklusiv udbinding samt kvælstoffixering og atmosfærisk deposition. Kvælstoffixering er fra 1990-97 beregnet efter *Kyllingsbæk (1995)*, og fra 1998 beregnet efter model opstillet i Grønt Regnskab i landbruget. Output i form af fjernet kvælstof er opgjort på basis af høstudbyttet og normal for afgrødernes kvælstofindhold for 1990-97 (*Vilhelm og Nielsen, 1990; Landsudvalget for kvæg, 1993 og 1995*), og for 1998 beregnet i indberetningsprogrammet *Bedriftsløsning*. Opgørelsen over fjernet kvælstof er imidlertid forbundet med en vis usikkerhed; dette gælder specielt hvor afgrøden, afgrøderesten eller en eventuel efterafgrøde anvendes til foder. Dette skyldes dels usikkerhed ved indberetningerne med hensyn til brutto- og nettoudbytter; dels skyldes det usikkerhed, over hvorvidt hele udbyttet er blevet registreret, eller der for eksempel er taget et ekstra slæt eller foregået en sen afgræsning. Balancen kan følgelig undervurdere fraførslen af kvælstof især fra græsafgrøder og korn med udlæg.

Ved beregning af balancer ses på hele landbrugsarealet, dvs. brakarealerne er også indregnet.

Tabspotentiale for kvælstof

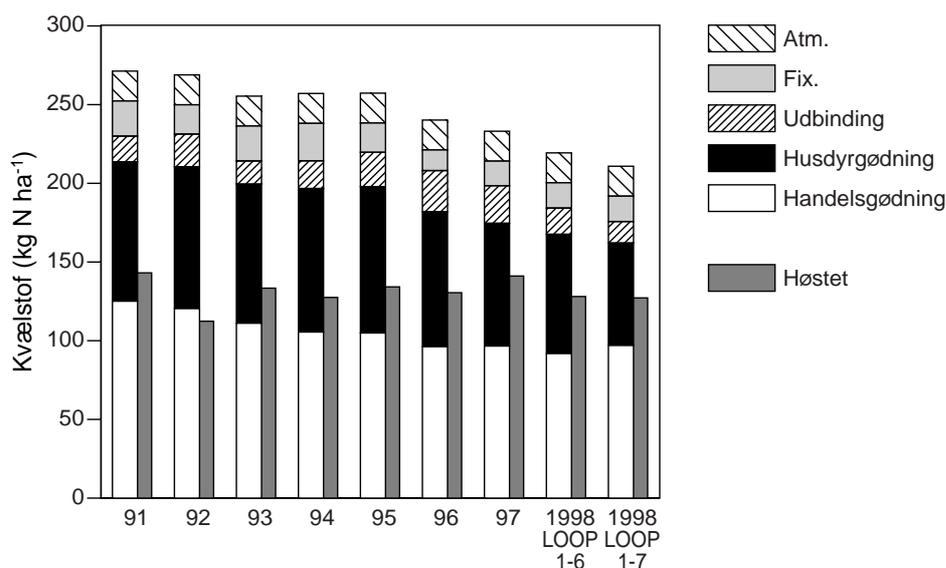
Balancen er et mål for tabspotentialer; kvælstof kan tabes ved udvaskning, men også ved ammoniakfordampning og denitrifikation eller der kan ske en ophobning i jorden.

Udviklingen i kvælstofbalancerne for landbrugsarealet i perioden 1991-98 er vist i figur 4.11. Tilførslen af handelsgødning kvælstof er faldet fra 125 kg N ha⁻¹ i 1991 til 92 kg N ha⁻¹ for LOOP 1-6 i 1998. Tilførslen af husdyrgødning kvælstof har ligget nogenlunde stabilt fra 1991-95. Fra 1995 til 1998 har tilførslen via husdyrgødning været jævnt faldende, til 76 kg N ha⁻¹ for LOOP 1-6. Den totale tilførsel til landbrugsarealet er faldet med ca. 19 % for LOOP1-6 1991 til 1998. Kvælstof fjernet med afgrøderne har varieret mellem 112 og 143 kg N ha⁻¹, med de laveste værdier i 1992. Nettotilførslerne har varieret afhængig af høstudbyttet, men har dog generelt været faldende fra 128 kg N ha⁻¹ i 1991 til 91 kg N ha⁻¹ for LOOP 1-6 i 1998. Hvis LOOP 7 inkluderes ændres billedet lidt, idet der er meget få husdyr i dette opland. Samlet set stiger tilførslen med handelsgødning og tilførslen med husdyrgødning falder. Tilførsel via udbinding vil naturligvis også falde. Da den høstede mængde kvælstof er nogenlunde det samme uanset om LOOP 7 regnes med, er nettotilførslen lidt lavere når LOOP 7 er inkluderet.

Nettotilførsel af kvælstof stiger med stigende husdyrtæthed

Nettotilførslen af kvælstof til markerne er stigende med stigende husdyrtæthed. Således var overskuddet i 1998 for planteavlsbrug, husdyrbrug med 0-1,7 DE ha⁻¹ og husdyrbrug med mere end 1,7 DE ha⁻¹ henholdsvis 49 kg, 91 kg og 132 kg N ha⁻¹.

Figur 4.11 Kvælstofinput og kvælstofbalance for landbrugsjord i landovervågningsoplandene, 1991-98. (Brakarealerne er indregnet i denne opgørelse).



4.5 Fosforbalancer for landbrugsarealet i landovervågningsoplandene

Baggrund

Med hensyn til fosforgødsning forefindes vejledende normer for de enkelte afgrøder (*Håndbog for Plantedyrkning, 1998*); normerne gælder for jorde med middelhøj fosforstatus, og behovene og tilførslerne skal ses over en flerårig periode.

I Danmark sker regulering af husdyrgødningstilførsel til afgrøderne på basis af afgrødernes kvælstofbehov og husdyrgødningens indhold af kvælstof og i mindre omfang af fosfor. Dette betyder, at nogle husdyrgødede marker kan få tilført meget store mængder fosfor, uafhængigt af jordens fosforindhold i øvrigt. I nogle lande, fx Sverige

reguleres husdyrgødningstilførslen desuden på basis af fosforindholdet i denne.

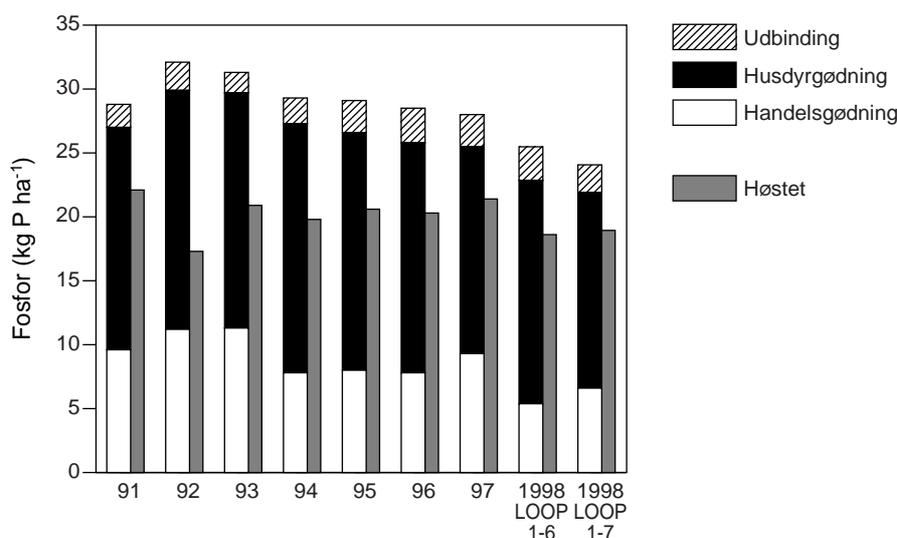
Udvikling i fosfor input

Udviklingen i fosforbalancerne for landbrugsarealet i perioden 1991-98 er vist i figur 4.12. Tilførsel af handelsgødningsfosfor er faldet fra ca. 10,5 kg P ha⁻¹ i 1991-92 til 5,4 kg P ha⁻¹ for LOOP 1-6 i 1998. Alene fra 1997 til 1998 er forbruget af handelsgødning faldet fra 9,3 til 5,4 kg P ha⁻¹. Tilførslen af husdyrgødnings fosfor var i 1991-92 ca. 19,6 kg P ha⁻¹ og i 1998 20,1 kg P ha⁻¹ for LOOP 1-6. Den totale tilførsel til landbrugsarealet er faldet med 16 % for LOOP 1-6. Det største fald er sket fra 1997 til 1998 og skyldes primært faldet i brugen af handelsgødning. Når LOOP 1-7 inkluderes øges tilførslen med handelsgødning og der tilføres mindre med husdyrgødning.

Fosfor fjernet med afgrøder

Fra 1991 til 1997 er fosfor fjernet med afgrøderne er opgjort på basis af høstudbytte og normtal for afgrødernes kvælstofindhold (Vilhelm og Nielsen, 1990; Landsudvalget for kvæg, 1993 og 1995). Fra 1998 er fosforindholdet udregnet i indberetningsprogrammet Bedriftsløsning. Opgørelsen er behæftet med samme usikkerhed som beskrevet for høstet kvælstof (afsnit 4.4). Det ses af figur 4.12, at høstet fosfor har varieret mellem 17,3 og 22,1 kg P ha⁻¹ i årene 1991-1998 med de laveste værdier i 1992. Dette medfører, at nettotilførslerne af fosfor til landbrugsjorden er faldet fra ca. 10,5 kg P ha⁻¹ i 1991-92 til 6,9 kg P ha⁻¹ for LOOP 1-6 i 1998. Når LOOP 7 inkluderes bliver overskuddet kun på 5,1 kg P ha⁻¹.

Figur 4.12 Fosforinput og fosforbalance for landbrugsjord i landovervågningsoplandene, 1991-1998. (Brakarealerne er indregnet i denne opgørelse).



Nettotilførsel af fosfor størst for svinebrug og blandede brug

I tabel 4.6 er fosforbalancerne for 1998 opgjort for henholdsvis brugstyper og dyretæthedsgrupper. Tilførsel af fosfor til markerne på planteavlsbrugene udgjorde 13,1 kg P ha⁻¹ med handelsgødning og 3,6 kg P ha⁻¹ med husdyrgødning, mens husdyrbrugene forbrugte gennemsnitlig 3,5 kg P ha⁻¹ med handelsgødning og 23,3 kg P ha⁻¹ med husdyrgødning. Resultatet blev, at alle husdyrbrug havde en positiv nettotilførsel af fosfor. Planteavlsbrugene havde en netto frøelse af fosfor på 2,7 kg P ha⁻¹. Kvæg- og svinebrugene havde en nettotilførsel på 9,0 kg P ha⁻¹ og de blandede brug en nettotilførsel på 6,2 kg P ha⁻¹.

Tabel 4.6 Fosforbalancer for landbrugsjord på ejendomme med forskellig brugstyper og dyrtæthed, 1998.

	Brugstyper				Dyrtæthed			
	Plante	Kvæg	Svin	Blandet	0	0-1,7	1,7-2,3	> 2,3
Areal (ha)	1948	2268	1527	590	1948	3493	545	347
Handelsgødn. (kg ha ⁻¹)	13,1	4,0	3,8	2,6	13,1	3,7	4,0	23,4
Husdyrgødn. ¹⁾ (kg ha ⁻¹)	3,6	23,3	24,7	22,0	3,6	20,8	31,7	39,2
Høstet P (kg ha ⁻¹)	19,4	18,3	19,5	18,4	19,4	18,5	19,9	19,7
Total tilf.-høstet (kg ha ⁻¹)	-2,7	9,0	9,0	6,22	-2,7	6,0	15,8	22,9

¹⁾ Husdyrgødning incl. udbinding.

Netttilførsel af fosfor stiger med stigende husdyrtæthed

Af tabellen ses endvidere, at netttilførslen steg med stigende husdyrtæthed; for grupperne 0, 0-1,7 og større end 1,7 DE ha⁻¹ udgjorde netttilførslen således henholdsvis -2,7, 6,0 og 19,4 kg P ha⁻¹.

4.6 Pesticidanvendelse i oplandene

I bekæmpelsesmiddelstatistikkerne opgøres pesticidforbruget dels som mængden af solgte aktive stoffer, dels som behandlingshyppigheden (kapitel 3). Behandlingshyppigheden er et udtryk for, hvor mange gange et areal er behandlet med den godkendte dosis. Behandlingshyppigheden beregnes på baggrund af salgsstatistikken for pesticider, afgrødefordelingen og det dyrkede areal.

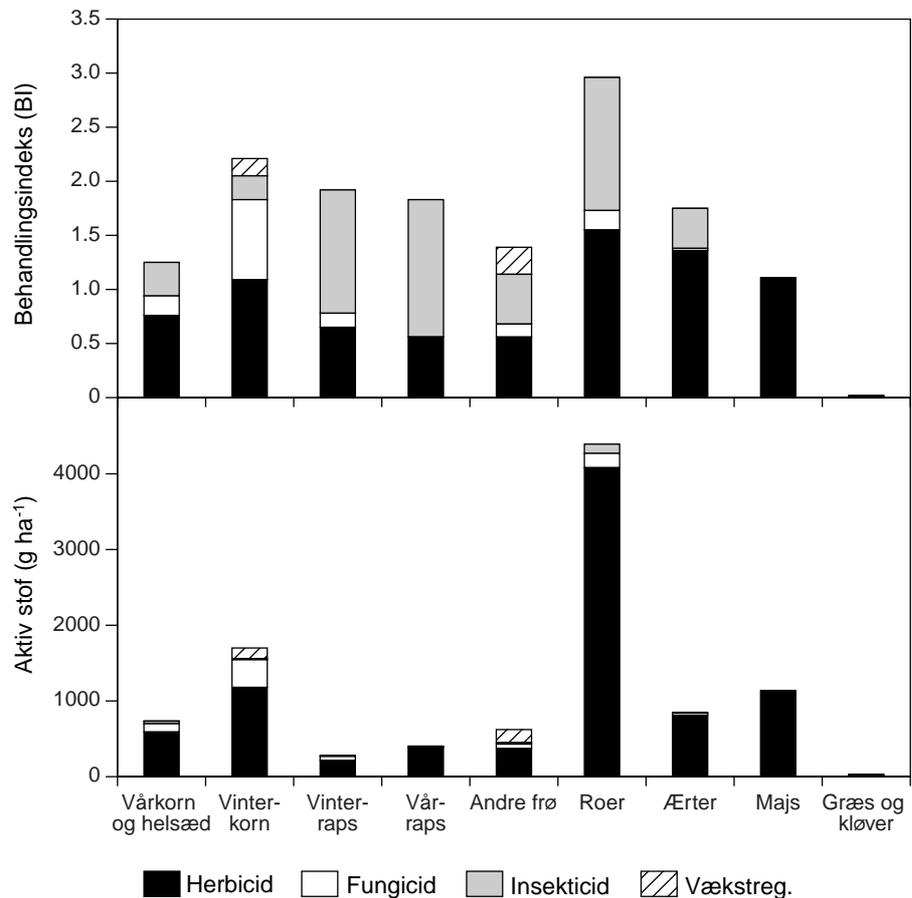
Behandlingsindeks

I Landovervågningen, hvor pesticidforbruget er kendt på markniveau, kan foretages mere detaljerede opgørelser. Mængden af aktive stoffer udspredd på den enkelte mark er kendt. Endvidere kan der udregnes et behandlingsindeks (BI). Dette indeks, som er hentet fra indberetningsprogrammet Bedriftsløsning, beregnes for den enkelte behandling som den faktisk anvendte dosis set i forhold til den godkendte dosis. Herefter kan det totale behandlingsindeks for de enkelte marker eller for forskellige gruppeinddelinger opgøres. Behandlingsindekset udtrykker således samme forhold som den ovenfor beskrevne behandlingshyppighed.

Pesticidanvendelse kan deles i fire behandlingsemner: herbicid, fungicid, insekticid og vækstregulering. I nærværende beskrivelse er behandlingsindeks og mængde aktiv stof opdelt på disse emner og opgjort for forskellige afgrødegrupper (figur 4.13)

Det ses, at herbiciderne udgør langt den overvejende del. Opgjort som aktiv stof er der, som gennemsnit for hele det dyrkede areal, anvendt 1,08 kg ha⁻¹. Heraf udgør herbiciderne 78 %, mens fungicider, insekticider og vækstreguleringsmidlerne udgør henholdsvis 15 %, 2 % og 5 %. Opgjort som behandlingsindeks er herbiciderne stadig dominerende, men fungicider og insekticider har også et vist omfang. Det gennemsnitlige behandlingsindeks for hele det dyrkede areal er 1,40. Heraf udgør herbiciderne 54 %, fungiciderne 22 % og insekticiderne 20 %; vækstreguleringsmidlerne udgør 4 %.

Figur 4.13. Behandlingsindeks og udspreedt aktiv stof til forskellige afgrøder i Landovervågningen 1997/98 (LOOP 1-4 og 6).



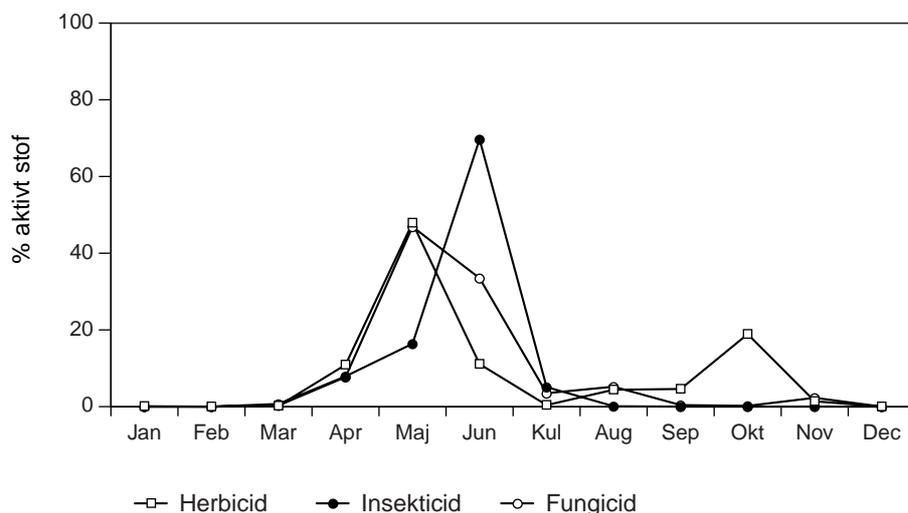
Roer har det højeste BI og græs behandles stort set ikke

Behandlingsindekset er væsentligt lavere for vårkorn (1,25) end for vinterkorn (2,21) og også lavere end for både vårraps og vinterraps (1,83-1,92). Roer har langt det højeste behandlingsindeks (2,9). Græs-afgrøder behandles så godt som aldrig. For de fleste afgrøder svarer disse behandlingsindeks nogenlunde til, hvad der er fundet i en stikprøveundersøgelse udført på 607 bedrifter i 1996/97 af Statens Jordbrugs- og Fiskeriøkonomiske Institut (Schou, 1998). I Schous undersøgelse har roer dog et noget højere behandlingsindeks. Behandlingsindekset for afgrøderne i Landovervågningen ligger desuden tæt på behandlingshyppighederne beregnet på landsplan (kapitel 3).

Sprøjtetidspunkterne opgjort på baggrund af anvendt mængde aktiv stof er vist i figur 4.14 for de enkelte behandlingsemner. Det fremgår at sprøjtetiderne hovedsagelig er koncentreret til april-maj-juni (74 % af aktiv stoffer) og oktober måned (15 % af aktiv stoffer). Herbiciderne anvendes især i maj og oktober, fungiciderne i maj og juni og insekticiderne i juni måned. Sprøjtning med herbicider i oktober måned er fortrinsvis til vinterhvedemarker.

Fortsatte opgørelser over pesticidanvendelse på markniveau i de kommende år i Landovervågningen vil gøre det muligt at følge udviklingen i behandlingspraksis.

Figur 4.14. Sprøjtetidspunkter for de enkelte behandlingsemner i Landovervågningen i 1997/98 (LOOP 1-4 og 6).



4.7 Samlet vurdering af udviklingen i landbrugspraksis i landovervågningsoplandene og for hele landet

Udvikling i landbrugspraksis i landovervågningsoplandene 1990 - 1998

Grønne marker udgør 71 % af det dyrkede areal. Heraf udgør græs inklusiv brak, vinterraps og korn med udlæg 41 %, vinterkorn 41 % og rodfrugter, majs og halmnedmuldning 18 %. Kun førstnævnte gruppe samt rodfrugter (roer) kan forventes at optage betydelige kvælstofmængder i efterårs- og vintermånederne. I 1998 står 92 af dyreenhederne på ejendomme med mindst 9 måneders opbevaringskapacitet. Andelen af forårs-/sommerudbringningen steg 26 %-point fra 1990 til 1998, dette inkluderer et fald på 11 %-point fra 1997 til 1998.

Kvælstof tilførsel i landovervågningsoplandene 1990 - 1998

Fra 1990 til 1998 blev handelsgødningsforbruget reduceret, således at udnyttelsen af husdyrgødningen steg 42 %-point. Husdyrgødningen fordeles bedre i 1994-1998 end tidligere, idet især brugen af slæbeslanger er blevet mere udbredt. I 1998 overgødskes der på ca. 10 % af arealet, men overgødsningens størrelse er aftaget betydeligt. Ca. 14 % af ejendommene, som anvendte husdyrgødning i 1998, opfyldte ikke minimumskravet til udnyttelse af husdyrgødning; disse havde et jordtilliggende på ca. 13 % af det dyrkede areal. For en bedre udnyttelse af husdyrgødningen skal handelsgødningsforbruget sænkes yderligere.

Fosfortilførsel i landovervågningsoplandene 1990-1998

I landovervågningsoplandene i 1998 er det vist at, planteavlsbrugene havde negativ fosfor tilførsel; $-2,7 \text{ kg P ha}^{-1}$. Nettotilførselen på kvæg- og svinebrugene udgjorde $9,0 \text{ kg P ha}^{-1}$ og blandede brug tilførte $6,2 \text{ kg P ha}^{-1}$. På husdyrbrugene steg nettotilførslen med stigende husdyrtæthed.

Pesticidanvendelse i landovervågningsoplandene

Indberetningen af pesticidforbrug er startet i overvågningsoplandene i 1998. Dermed kan der ikke beskrives en udvikling over tid. Forbrugsmønstret i oplandene i 1998 minder dog meget om forbruget på landsplan.

5 Næringsstofudvaskning fra rodzonen - målinger på stationsmarker

I dette afsnit gives en beskrivelse af stationsmarkerne mht. jordbundsforhold og arealanvendelse. Resultater fra jordvandsmålinger og drænvandsmålinger præsenteres. Kvælstofudvaskningen i relation til brugstyper og afgrøder blev beskrevet i sidste års rapport (*Grant et al., 1998*), og skal ikke yderligere beskrives i år. Derimod foretages en beskrivelse af udviklingstendenser med hensyn til kvælstofkoncentrationer i jordvandet.

Ved overvågningsperiodens start udførtes målingerne i 6 oplande. Ved revisionen i 1998 blev måleprogrammet i ét sandjordsopland lukket på grund af problemer med manglende funktionsevne af jordvandsstationer, og desuden forurening fra en flyveplads.

5.1 Beskrivelse af stationsmarker

Jordbundsforhold

Jordbundskemiske og fysiske parametre for stationsmarkerne er beskrevet af *Jensen & Madsen (1990)*, og *Blicher-Mathiesen et al. (1990)*. Nedenfor er givet nogle nøglepunkter.

Oplandene kan inddeles i to hovedgrupper

Lerjordsoplandene:	LOOP 1 Storstrøm LOOP 4 Fyn LOOP 3 Vejle/Århus
Sandjordsoplandene:	LOOP 2 Nordjylland LOOP 5 Ringkøb./Viborg (lukket 1998) LOOP 6 Sønderjylland

For lerjordsoplandene er 14 stationsmarker klassificeret som sandblandet ler (jb nr. 6), mens 4 marker er klassificeret som lerjorde (jb nr. 7). Jordene i LOOP 1 er yderligere karakteriseret ved at have et højt kalkindhold i lagene umiddelbart under rodzonen (gns. 16 % i 100-130 cm dybde).

For de to sandjordsoplande (LOOP 2 og 6) er 11 stationsmarker klassificeret som grovsandet jord (jb nr. 1), mens 2 stationsmarker er klassificeret som lerblandet sandjord (LOOP 2) og en stationsmark som sandblandet lerjord (LOOP 6). For jordene i LOOP 2 er der ofte fundet et lerholdigt lag i eller umiddelbart under rodzonen. For LOOP 5, som blev lukket i 1998 er alle stationsmarkerne klassificeret som grovsandet jord (jb nr. 1)

Landbrugsmæssig drift

Landbrugsmæssige forhold vedrørende de enkelte stationsmarker findes i bilag 5.2. De gennemsnitlige husdyrtætheder på ejendomme med stationsmarker svarer nogenlunde til tætheden i oplandene; dog i LOOP 1 og LOOP 4 er husdyrtæthederne på ejendomme med stationsmarker lidt lavere end i oplandet. Ligeledes svarer afgrødefordelingen på stationsmarkerne nogenlunde til fordelingen i oplandene

ne; dog udgør vårkorn m. udlæg og rodfrugter en større andel på stationsmarkerne, mens vedvarende græs ikke indgår i afgrødefordelingen på stationsmarkerne (se i øvrigt *Grant et al., 1997*).

På denne baggrund kan de nedenfor beskrevne næringsstofudvaskninger fra rodzonen, herunder drænvand anses for niveaustørrelser for oplandene.

5.2 Jordvandsmålinger

Kvælstoffer i jordvandet

Nitrat N udgør 82-97 % af total N

Siden 1993 er der ved alle jordvandsstationer blevet bestemt nitrat N, ammonium N og total N på de ugentlige puljede prøver. Middelværdier af nitrat N og total N er vist for de enkelte oplande i tabel 5.1. Indholdet af ammonium N har været lavt ved alle stationer, overvejende mellem 0,01 og 0,1 mg N l⁻¹. Forskellen mellem total N og nitrat N må derfor hovedsageligt bestå af organisk bundet kvælstof.

Forskellen mellem koncentrationen af total N og nitrat N har for de fem oplande varieret mellem 3,2-18,3 %. En gennemgang af koncentrationskurverne har vist, at de største forskelle generelt er til stede i begyndelsen af afstrømningssæsonen, september-oktober. Det er muligt, at der efter sommerperioden sker frigørelse og nedvaskning af opløselige organiske kolloider fra topjorden. Da afstrømningsmængderne i begyndelsen af afstrømningssæsonen stadig er lave, får et stort indhold af organisk N i jordvandet i denne periode ikke stor indflydelse på den totale årlige udvaskning.

Tabel 5.1 Gennemsnitlige årlige koncentrationer af total N og nitrat N (simple middelværdier af ugentlige målinger) for årene 1993-1998.

	Tot-N mg l ⁻¹	NO ₃ -N mg l ⁻¹	Forskel %
Lerjorde			
LOOP 1	16,7	16,1	3,2
LOOP 4	16,4	15,4	5,7
LOOP 3	17,5	14,3	18,3
Sandjorde			
LOOP 2	29,5	27,1	8,1
LOOP 6	20,8	18,9	9,1

Beregningsmetode for afstrømning og udvaskning fra rodzonen

Afstrømningen fra rodzonen beregnes vha. en afstrømningsmodel (EVACROP eller DAISY) og med nedbør korrigeret til jordoverfladen som inputdata. Næringsstofudvaskningen fra rodzonen beregnes på baggrund af målte næringsstofkoncentrationer i jordvandet og de beregnede afstrømningsdata. Eftersom DMI fra 1998 har udmeldt nye faktorer til korrektion af nedbøren til jordoverfladen (se kapitel 2), vil såvel afstrømningsdata som udvaskningdata for 1998 ikke være helt sammenlignelige med tidligere års data. Det er hensigten, at

data ved fremtidige afrapporteringer vil blive gennemregnet med ens korrektionsfaktorer.

Afstrømning fra rodzonen

Beregnet årlig vandafstrømning fra stationsmarkerne er vist i figur 5.1 og desuden i bilag 5.1 som gennemsnit for oplandene. Afstrømningerne har varieret betydeligt gennem måleperioden afhængig af nedbør og vækstbetingelser i øvrigt. Således var 1993/94 og 1994/95 meget nedbørsrige år med stor afstrømning fra rodzonen. Disse år blev efterfulgt af 1995/96 - et år med rekord lav nedbør og lille afstrømning fra rodzonen. For nogle af lerjordsoplandene var der slet ikke afstrømning i dette år. Også i 1996/97 var afstrømningen lav. 1997/98 var igen et nedbørsrigt år med høj afstrømning, gennemsnitlig 25 % højere end de foregående 8 år. Det skal dog her understreges, at en del af denne højere afstrømning skyldes en ændret opgørelse af nedbørsmængderne.

Som gennemsnit for hele måleperioden 1989/90-1997/98 var afstrømningen fra lerjordsoplandene (LOOP 1, 4, 3) 334 mm pr år og for sandjordsoplandene (LOOP 2, 6) 430 mm pr. år.

Kvælstofudvaskning

De årlige udvaskninger af kvælstof samt de årlige vandføringsvægtede kvælstofkoncentrationer er vist i figur 5.1 og desuden i bilag 5.1 som gennemsnit for oplandene. Koncentrationer og udvaskning er beregnet for nitrat-N.

*N koncentrationer for
landbrugsjord*

Koncentrationen af nitrat-N i jordvandet på landbrugsjord har varieret igennem måleperioden, og lå på gennemsnitlig 20,8 mg N l⁻¹ i lerjordsoplandene (LOOP 1, 4, 3) og på 30,2 mg N l⁻¹ i sandjordsoplandene (LOOP 2, 6).

De højeste koncentrationer igennem måleperioden var generelt at finde for lerjordene i 1992/93 og for sandjordene i 1991/92 og 1992/93. De høje koncentrationer i 1992/93 skyldes utvivlsomt den tørre sommer (lavt udbyttensniveau) efterfulgt af store nedbørsmængder i efteråret 1992.

*Lav N koncentration ved
skov-areal*

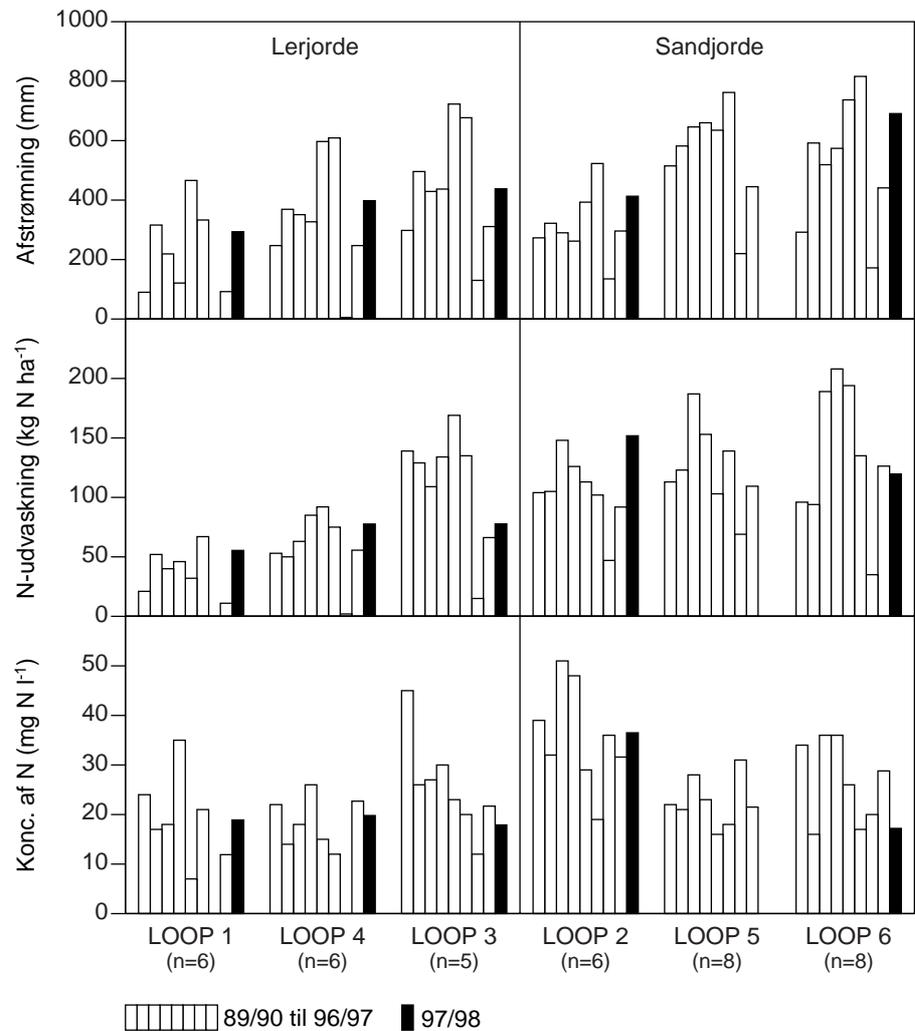
Ved en skovstation i LOOP 3 lå den gennemsnitlige koncentration af nitrat-N på 4,4 mg N l⁻¹ i perioden 1989/90 - 1997/98.

Årlig N udvaskning

De årlige kvælstofudvaskninger har varieret gennem måleperioden og i nogen grad fulgt variationerne i vandafstrømning. Således var udvaskningen af nitrat-N i 1995/96 og 1996/97 lav og i 1997/98 igen ret høj. Som gennemsnit for måleperioden 1989/91-1997/98 udgjorde kvælstofudvaskningerne henholdsvis 69 kg N ha⁻¹ år⁻¹ for lerjordene (LOOP 1, 4, 3) og 124 kg N ha⁻¹ år⁻¹ for sandjordene (LOOP 2, 6).

I en undersøgelse udført af Danmarks JordbrugsForskning for 17 lokaliteter i Danmark for perioden 1988-94 blev der målt lignende kvælstofudvaskninger fra rodzonen, idet udvaskningerne for disse lokaliteter lå i intervallet 18-126 kg N ha⁻¹ år⁻¹ (Olsen, 1995).

Figur 5.1 Årlig vandafstrømning og N udvaskning fra rodzonen, samt vandføringsvægtede N koncentrationer i jordvandet som gennemsnit for stationerne i de seks oplande for årene 1989/90-1997/98. N er angivet som nitrat N. Tallene er desuden præsenteret i bilag 5.1.



Udvikling i N udvaskning

Det generelle mønster er at udvaskningen har været stigende igennem perioden indtil 1992-1994, hvorefter udvaskningen igen har været faldende. Variationerne igennem denne periode kan være klimatisk betingede. I 1995/96 og 1996/97 var udvaskningerne som før nævnt lave på grund af den lille nedbør i perioden, mens udvaskningerne i 1997/98 igen var steget betydeligt som følge af stor nedbør.

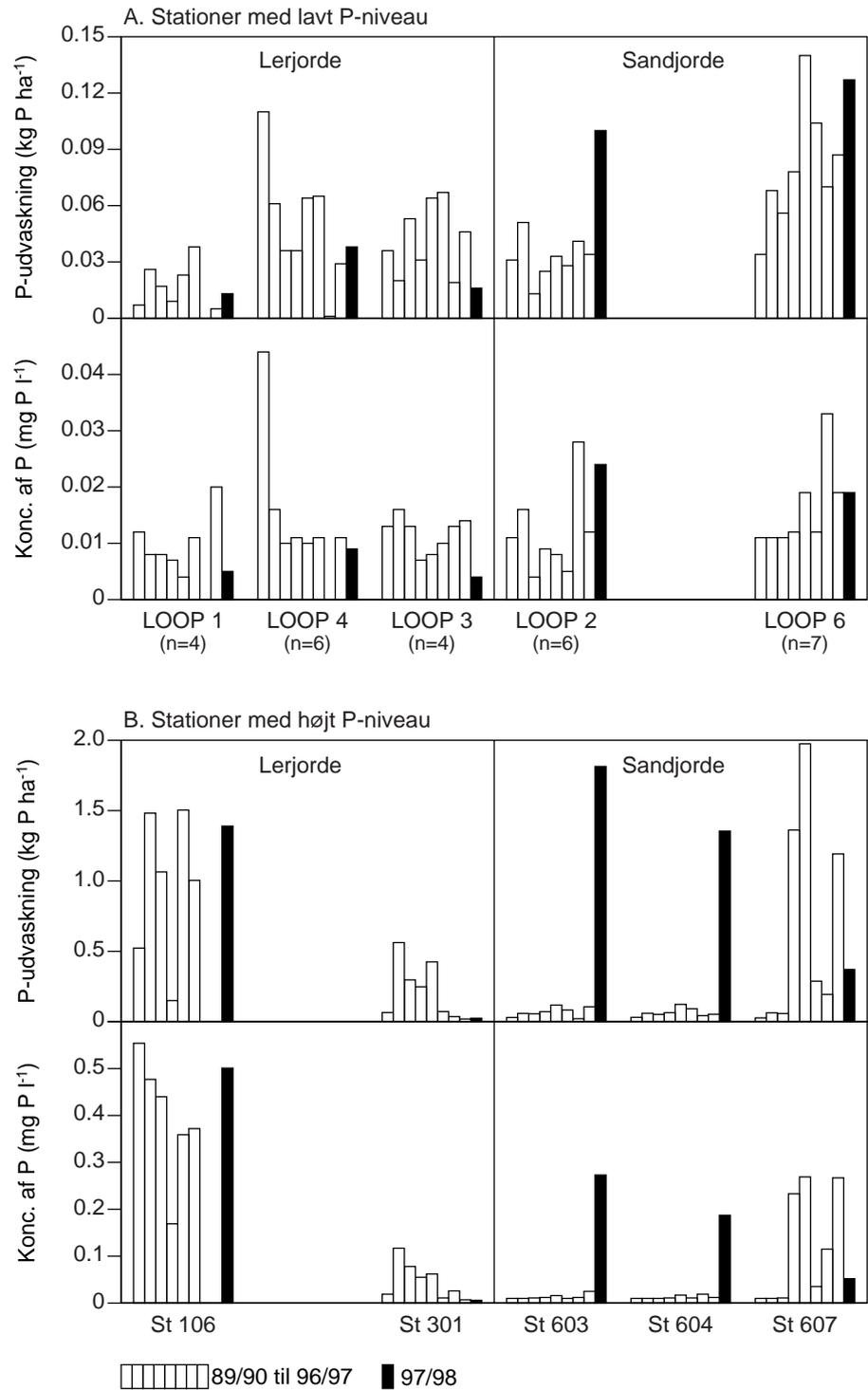
Fosforudvaskning

De årlige udvaskninger af ortho-P samt de årlige vandføringsvægtede koncentrationer af ortho-P er vist i figur 5.2 som gennemsnit for stationer dels med lave P værdier (a) dels med høje P værdier (b). De årlige udvaskninger af ortho-P for de enkelte stationer er givet i bilag 5.3.

Lave P koncentrationer og udvaskninger ved de fleste stationer

For 26 jordvandsstationer har koncentrationerne af ortho-P været lave i hele måleperioden, henholdsvis $0,011 \text{ mg P l}^{-1}$ for lerjordsoplandene og $0,015 \text{ mg P l}^{-1}$ for sandjordsoplandene. Ligeledes har udvaskningerne været lave, henholdsvis $0,034 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ for lerjordsoplandene og $0,063 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ for sandjordsoplandene.

Figur 5.2. Årlig udvaskning af ortho-P fra rodzonen samt vandføringsvægtede koncentrationer af ortho-P i jordvandet som gennemsnit for stationerne i fem oplande for årene 1989/90-1997-/98. A: stationer med lave P niveauer, B: stationer med højt P niveau.



Høje P koncentrationer og udvaskninger på enkelte stationer

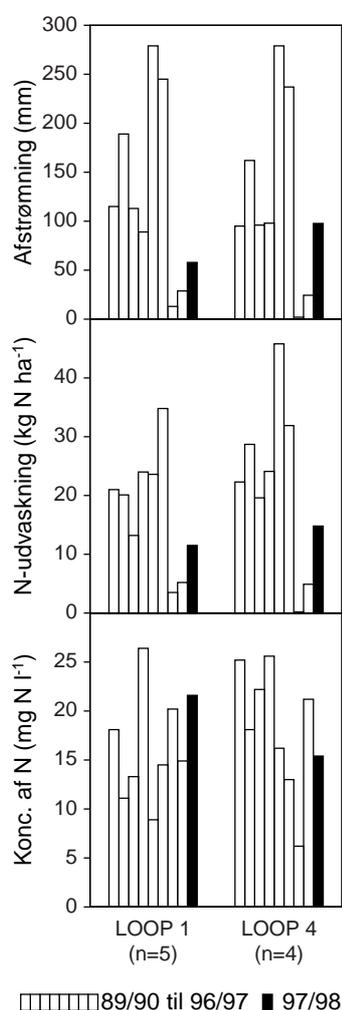
For én stationer i LOOP 1 (Storstrøm) har der været målt konstant høje P koncentrationer i jordvandet, gennemsnitlig 0,410 mg P l⁻¹. Høje fosforværdier på denne lokalitet er også målt for drænvand og grundvand. Disse høje fosforkoncentrationer må ses som en effekt af jordens meget høje fosfortal (Pt=10,7).

I LOOP 3 (Vejle/Århus) ved station 301 har de vandføringsvægtede koncentrationer af ortho-P i gennemsnit ligget på 0,042 mg P l⁻¹. Koncentrationen har dog tydeligvis været faldende fra 1990/91 og igennem måleperioden. Ved samme station har N-udvaskningerne også været større end forventet på baggrund af N tilførslerne og N-udvaskningerne har ligesom P-udvaskningerne været faldende igen-

nem måleperioden (bilag 5.3). De høje udvaskninger af både N og P må skyldes, at der ved måleperiodens begyndelse fandtes et stort indhold af let omsættelig organisk materiale i jorden, f.eks. på grund af tidligere store tilførsler af husdyrgødning.

I LOOP 6 (Sønderjylland) var der ved to stationer i 1997/98 meget høje koncentrationer 0,208-0,262 mg P l⁻¹, og ved én station har koncentrationerne fluktueret mellem 0,010 og 0,270 mg P l⁻¹. Årsagen til de høje koncentrationer kan henføres til meget store P tilførsler med husdyrgødning givet på en gang - op til 155 kg ha⁻¹ (st. 607) - og evt. også ompløjning af græsarealer (st. 603 og 607). Det er muligt, at ompløjning af græs kan øge mobiliteten af fosfor. Johnston (1998) har beskrevet betydningen af husdyrgødning og organisk materiale for fosfortransporten i jorden.

5.3 Drænvandsmålinger



Figur 5.3 Årlig vandafstrømning og N udvaskning fra drænen samt vandføringsvægtede N koncentrationer i drænvandet som gennemsnit for stationerne i to lerjordsoplunde for årene 1989/90-1997/98. N er angivet som nitrat-N.

Prøvetagning af drænvand har i perioden 1989-1997 alene bestået af ugentlige stikprøver. I erkendelse af at fosfor transport til drænen sker episodisk ved nedbørshændelser (Grant et al., 1997b) er programmet i 1998 udvidet med kontinuert prøvetagning (timeprøver). Dette prøvetagningsprogram startede ved afstrømningssæsonens start i efteråret 1998. Resultater fra dette program vil derfor først blive præsenteret ved næste afrapportering.

Drænvandsafstrømning fra lerjorde

Den årlige vandafstrømning fra drænen er vist i figur 5.3 som gennemsnit for stationerne i lerjordsoplundene LOOP 1 (Storstrøm) og LOOP 4 (Fyn).

Drænvandsafstrømningen har ligesom afstrømningen fra rodzonen varieret betydeligt igennem måleperioden afhængig af de klimatiske forhold. I 1995/96 og 1996/97 var drænen kun vandførende i korte perioder, og drænvandsafstrømningen udgjorde kun nogen få mm. Som gennemsnit for hele måleperioden 1989/90-1997/98 udgjorde drænvandsafstrømningen 58 % af afstrømningen fra rodzonen i LOOP 1 og 35 % af afstrømningen i LOOP 4.

Kvælstoftab fra lerjorde

De årlige tab af kvælstof samt de årlige vandføringsvægtede kvælstofkoncentrationer er vist i figur 5.3 som gennemsnit for stationerne i de to oplunde. Koncentrationer og tab er givet som nitrat-N.

De gennemsnitlige koncentrationer af nitrat-N har igennem måleperioden meget nøje fulgt variationerne for jordvandet.

Sammenholdes koncentrationerne af NO₃-N og total N for de stationer, hvor begge parametre er bestemt, fremgår at NO₃-N udgør 96 % af total N.

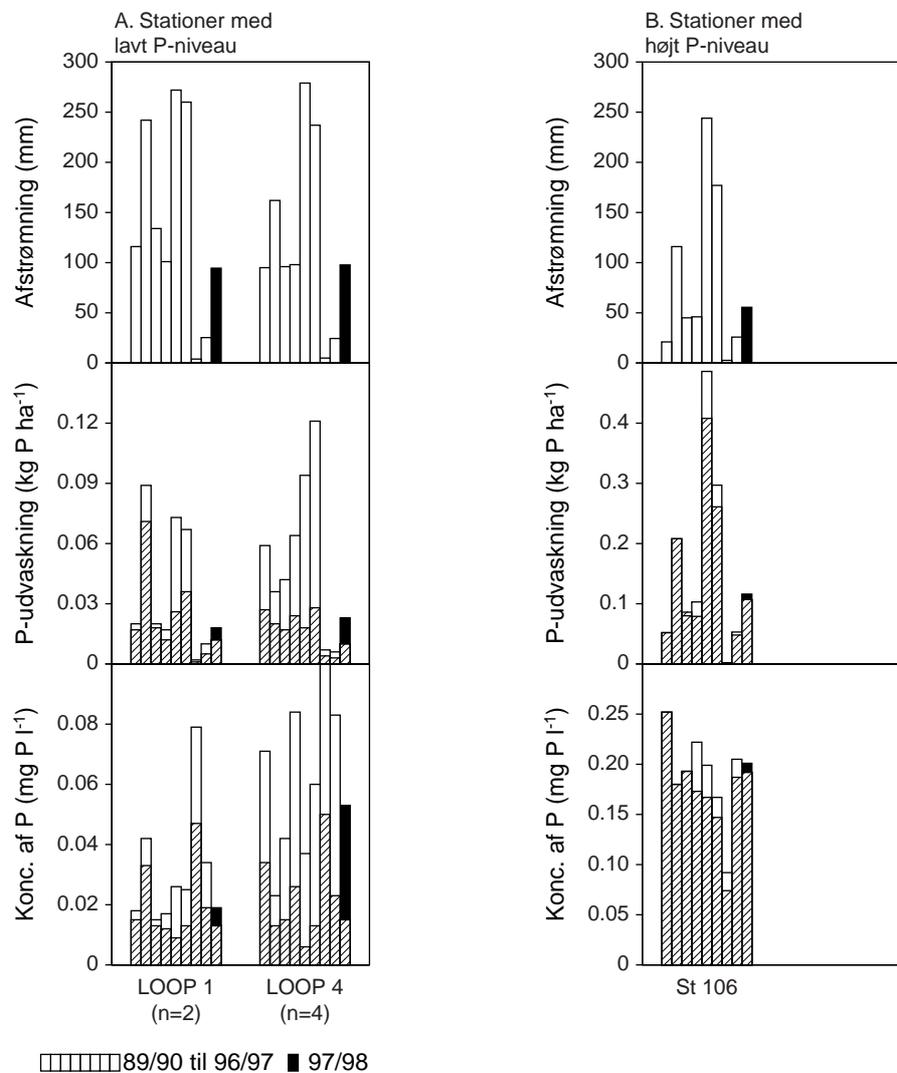
Koncentrationerne af NH₄-N har været lave i drænvandet. Oftest har de ligget på et endnu lavere niveau end ved jordvandsanalyserne.

Variationen i kvælstoftab fra dræne i både LOOP 1 og LOOP 4 har fulgt variationen i afstrømningen. Tabet af nitrat fra dræne har i måleperioden udgjort henholdsvis 48 % og 35 % af udvaskningen fra rodzonen i LOOP 1 og LOOP 4.

Fosfortab fra lerjorde

De årlige tab af opløst og total P samt de årlige vandføringsvægtede koncentrationer af P former er vist i figur 5.4 som gennemsnit for stationerne i de to oplande. Forskellen mellem total P og opløst P antages at bestå af partikulært P og/eller organisk P. I LOOP 1 ved station 106 har P i drænvandet ligesom ved jordvandet ligget på et langt højere niveau end ved de øvrige stationer; denne station er derfor ikke medtaget i gennemsnittet. Ligeledes er de to manuelle stationer ikke medtaget, idet der ved disse stationer kun blev målt ortho-P; udeladelse af disse to stationer antages ikke at forskyde billedet, idet ortho-P koncentrationerne her har ligget tæt på gennemsnittet.

Figur 5.4. Årlig vandafstrømning og P tab fra dræn, samt vandføringsvægtede koncentrationer af P i drænvand som gennemsnit for stationerne i to lerjordsoplande for årene 1989/90-1997/98. Søjlerner angiver total P, mens den skraverede del af søjlerne angiver ortho-P. A: stationer med lavt P niveau, B: station med højt P niveau.



Opløst og partikulært P i drænvand

De vandføringsvægtede koncentrationer af total P i drænvand har i gennemsnit over 9 måleår ligget på 0,031 mg P l⁻¹ ved tre stationer i LOOP 1 og 0,061 mg P l⁻¹ ved fem stationer i LOOP 4; mens tabene har ligget på 0,035 kg P ha⁻¹ år⁻¹ i LOOP 1 og 0,050 kg P ha⁻¹ år⁻¹ i

LOOP 4. Tabene af ortho-P har udgjort henholdsvis 63 % og 34 % af total P for de to oplande. Det vil sige partikulært P udgør en væsentlig del af P tabet fra dræn på lerede jorde; andelen har været særlig stor i LOOP 4. Lignende indhold af partikulært P er rapporteret af f.eks. Hansen (1986), Hansen og Petersen (1985) og Grant et al. (1996b; 1997b).

Ved station 106 i LOOP 1 har de gennemsnitlige koncentrationer af total P ligget på 0,190 mg P l⁻¹ og udvaskningen har ligget på gennemsnitlig 0,155 kg P ha⁻¹ år⁻¹; heraf har ortho-P udgjort 90 %. Som nævnt tidligere er årsagen til et stort P tab fra denne jord et meget højt fosfortal i topjorden (Pt=10,7).

Næringsstofudvaskning fra et lavtliggende areal på sandjord

Drænvandsafstrømning fra et lavt liggende sandjordsareal

Næringsstofudvaskningen bestemmes fra et lavtliggende areal i LOOP 2 (Nordjylland). Arealet er et tidligere engareal med tilstrømmende grundvand. De arealspecifikke afstrømninger baseret på det topografiske opland er derfor høje; den gennemsnitlige vandafstrømning har således ligget på 871 mm år⁻¹ i perioden 1990/91-1997/98, og årsvariationerne har været langt mindre end på lerjorde.

Nitrat koncentrationerne har i samme periode ligget på gennemsnitlig 11,2 mg N l⁻¹, hvilket er lavt sammenlignet med de nitratkoncentrationer, der normalt forekommer i rodzonevand på sandjorde.

Fosfor koncentrationerne i drænvandet fra dette areal er høje. Således har koncentrationen af total P i måleperioden ligget på gennemsnitlig 0,094 mg P l⁻¹. Ortho-P har udgjort 37 % af den totale P udvaskning. Den resterende del af udvasket P består formodentlig både af partikulært/kollodiale P samt opløst organisk P, idet der er tale om et tidligere engareal. Det må konkluderes, at dette tidligere engområde på sandjord har et stort potentiale for tab P til vandmiljøet.

5.4 Udviklingstendenser i jordvandets kvælstofkoncentrationer

Opgørelser over landbrugspraksis (kapitel 3 og 4) har vist en væsentlig forbedring i landbrugets gødningsanvendelse. Ligeledes har modelberegninger ved normalt klima vist en reduktion i kvælstofudvaskningen. Disse forbedringer kan imidlertid ikke umiddelbart erkendes ud fra målinger af kvælstofudvaskning fra rodzonen. Årsager hertil er delvis, at der er en forsinkelse i rodzonen, men også at klimatiske variationer samt år til år variationer i driftsforhold overskygger en eventuel udvikling. I det følgende er der derfor foretaget en statistisk udviklingsanalyse, som bedst muligt tager højde for de store variationer fra år til år.

Statistisk metode

Statistisk test på grupper af stationer

En 'Kendall sæson test' (Hirsch & Slack, 1984) er velegnet til analyse af miljø data. En Kendall test er en ikke-parametrisk statistisk test, som er robust mod sæsonvariationer. Analysen kræver som mini-

mum ca. 10 års data. Da dette ikke er opfyldt i Landovervågningen, vil man næppe kunne foretage en pålidelig analyse for hver enkelt målestation. Det er derfor valgt at foretage analysen på grupper af målestationer. Der udføres først en statistisk test for hver station, og disse test kombineres herefter til en overordnet testværdi 'z'. Fortegnet for denne testværdi angiver om der er tale om en opadgående eller nedgående udvikling. Analysen er udført på vandføringsvægtede årskoncentrationer for perioden 1990/91-1996/97, dvs. for en 8-års måleperiode. I undersøgelsen indgår data fra alle 6 oplande, hvor der er en fuld analyseserie, i alt 34 jordvandsstationer.

Der er udført to sæt analyser - ét sæt med gruppering af målestationer i oplande, og ét sæt med gruppering efter jordtype og anvendelse af husdyrgødning.

Oplande

Signifikant fald i N-koncentration i jordvandet i 2 ud af 5 oplande

Ved analysen af oplandsgrupperne er der fundet et signifikant fald på 5 % niveau i koncentrationen i jordvandet i ét opland på sand og ét opland på ler; endvidere er der tendens til fald i koncentrationen i yderligere ét opland på sand (tabel 5.2). Fælles for disse oplandsgrupper er en stor husdyrgødningsanvendelse på markerne i sandjordsoplandene og formodentlig en tidligere stor husdyrgødningsstilførsel på markerne i lerjordsoplandet. I de øvrige 3 oplande er der ikke set nogen ændring i kvælstofkoncentrationerne i perioden 1990-97.

Tabel 5.2. Udvikling i kvælstofkoncentration i jordvand i Landovervågningen i perioden 1989/90-1996/97. 'z' angiver den overordnede testværdi (fortegnet angiver om der er tale om en stigende eller aftagende udvikling).

Opland	Region	Antal st.	Jordtype	z-værdi	p-værdi
Sandjorde					
LOOP 2	Nordjyll.	6	JB 1-4	-2,023	0,043
LOOP 5	Vestjyll.	5	JB 1	0	1,00
LOOP 6	Sønderjyll.	8	JB 1	-0,159	0,87
Lerjorde					
LOOP 1	Lolland	5	JB 6-7	0	1,00
LOOP 4	Fyn	6	JB 6-7	0	1,00
LOOP 3	Østjylland	4	JB 6-7	-2,628	0,009

Jordtype / husdyrgødning

Signifikant fald i N-koncentration i jordvand på husdyrgødede sandjorde

For nærmere at undersøge udviklingen som følge af ændringer i gødsningspraksis er materialet delt op i henholdsvis sand- og lerjorde med og uden husdyrgødningsstilførsel. For at en mark er placeret i gruppen med husdyrgødningsstilførsel skal den have fået husdyrgødningsstilførsel indeholder kun to jordvandsstationer på meget stærk grovsandet jord; denne er derfor ikke medtaget i nedenstående analyse. En beskrivelse af de tre grupper er vist i tabel 5.3 mht. afgrødefordeling. På sandjorde, som får tildelt husdyrgødningsstilførsel udgør kornarealet ca. 41 % og græs og grøntfoder ca. 36 % af arealet. På lerjorde med og uden husdyrgødningsstilførsel dyrkes mere korn, på 64-69 % af arealet, mens græs og grøntfoder udgør et tilsvarende mindre areal (5-

21 %). De tre grupper er yderligere beskrevet i tabel 5.4 ved det gennemsnitlige gødningsforbrug - opgjort for to perioder, 1990-93 og 1994-96, dvs. for perioderne henholdsvis før og efter iværksættelse af Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug. Det ses, at de gennemsnitlige nettotilførsler af kvælstof (total tilførsel minus høstet kvælstof) er noget lavere i perioden efter 1994 end tidligere.

I tabel 5.4 er endvidere vist de gennemsnitlige kvælstofkoncentrationer i jordvandet for samme perioder, dvs. for afstrømningsperioderne 90/91- 93/94 og 94/95-96/97. Også her ses ved alle tre grupper lavere koncentrationer i perioden efter 94/95 end tidligere. Den største ændring mht. kvælstofkoncentration er for gruppen sandjord med husdyrgødningstilførsel. De store nedbørsmængder i henholdsvis 93/94 og 94/95 kan have medført fortynding af kvælstofkoncentrationerne i jordvandet. Det skal dog hertil bemærkes, at disse to år er fordelt med ét år i hver periode.

Den statistiske test af udviklingstendenser i kvælstofkoncentrationer fremgår af tabel 5.5. Der er for alle tre grupper fundet tendens til fald i koncentrationen i jordvandet i perioden 1990/91-1996/97 (negative 'z' værdier). Faldet er imidlertid kun signifikant på 5 % niveau for gruppen sandjord med husdyrgødningstilførsel. For denne gruppe er der beregnet et gennemsnitligt fald i koncentrationerne på 1,35 mg N l⁻¹ pr år.

Reguleringer i landbruget indtil 1997 har fortrinsvis gået på en bedre udnyttelse af husdyrgødningen. Det er derfor ikke overraskende, at den mest sikre nedgang i kvælstofkoncentrationer i jordvandet forekommer i forbindelse med stor husdyrgødningsanvendelse.

Tabel 5.3 Afgrødefordeling på grupper af målestationer for perioden 1990-97.

	Antal st.	Vår-korn	Korn m. udlæg	Vinter korn	Bælgsæd	Rod-frugt	Frøafg.	Græs i omdrift	Andet
Sandjorde									
med husdyrgødn.	16	13,4	12,5	15,2	8,0	10,7	3,6	35,7	1,0
Lerjorde									
uden husdyrgødn.	9	22,4	4,1	42,9	6,2	20,5	4,1	-	-
med husdyrgødn.	6	11,9	16,7	35,7	-	4,8	7,1	21,4	2,4

Tabel 5.4. Gennemsnitlig årlig gødningstildeling for grupper af målestationer opdelt på to perioder af gødningsår 1990-93 og 1994-96 (svarende til afstrømningsperioderne 90/91-93/94 og 94/95-96/97).

	Antal st.	Periode Gødningsår	Hand.	Husd.	Total N kg N/ha	Høst	Netto	Gns. konc. mg N/l
Sandjorde								
med husdyrgød.	16	1990-93	119	151	320	131	189	32,0
		1994-96	109	168	331	160	171	23,9
Lerjorde								
uden husdyrgød.	9	1990-93	129	3	179	126	53	19,0
		1994-96	127	4	171	138	33	14,9
med husdyrgød.	6	1990-93	128	157	323	162	161	28,8
		1994-96	110	129	268	147	121	24,1

Tabel 5.5 Udvikling i kvælstofkoncentration i jordvand i Landovervågningen i perioden 1989/90-1996/97. 'z' angiver den overordnede testværdi (fortegnet angiver om der er tale om en stigende eller aftagende udvikling).

	Antal st.	z-værdi	p-værdi	Udvikling mg N/l pr år
<i>Sandjorde</i>				
med husdyrgødn.	16	-1,990	0,047	-1,35
<i>Lerjorde</i>				
uden husdyrgødn.	9	-1,357	0,18	-
med husdyrgødn.	6	-0,316	0,75	-

5.5 Sammenfatning

Undersøgelse af næringsstofudvaskning fra rodzonen er udført på 18 stationsmarker i 3 lerjordsoplande og på 14 stationsmarker i 2 sandjordsoplande (indtil 1998 dog yderligere 8 stationer i et tredje sandjordsopland). Undersøgelsen dækker 9 hydrologiske år, 1989/90-1997/98.

Som gennemsnit for måleperioden udgjorde udvaskningen af kvælstof fra rodzonen $69 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ for 3 lerjordsoplande og $124 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ for 2 sandjordsoplande.

Det generelle udviklingsmønster for målt kvælstofudvaskning er, at udvaskningen har været stigende igennem perioden indtil 1992-1994, hvorefter udvaskningen igen har været faldende. Variationerne igennem denne periode kan være klimatisk betingede. I 1995/96 og 1996/97 var udvaskningerne lave på grund af lille nedbør, mens udvaskningerne i 1997/98 igen var steget betydeligt på grund af stor nedbør.

En statistisk analyse for perioden 1990/91-1996/97 har vist tendens til fald i de målte kvælstofkoncentrationer i jordvandet; faldet er dog kun statistisk sikkert for sandjorde med husdyrgødningstilførsel.

Udvaskning af fosfor fra rodzonen har været lav ved 26 stationer, gennemsnitlig $0,049 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ i den 9-årige måleperiode. Koncentrationerne var her $0,011\text{-}0,015 \text{ mg P l}^{-1}$. Ved fem stationer har koncentrationerne derimod været høje, $0,042\text{-}0,410 \text{ mg P l}^{-1}$.

Drænvandsundersøgelser i to lerjordsoplande har vist, at nitratudvaskningen gennem drænen udgjorde ca. 42 % af udvaskningen fra rodzonen.

Fosfortab gennem 6 dræne har ligget på gennemsnitlig $0,043 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$, og heraf har opløst ortho-P udgjort 49 %. Fra ét dræn har P tabet været væsentlig højere, gennemsnitlig $0,155 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$, ortho-P har udgjort 90 %. Fra begyndelsen af afstrømningsåret 1998/99 er drænvandsundersøgelserne udvidet med kontinuert prøvetagning med henblik på en mere korrekt bestemmelse af fosfortab fra drænen.

6 Modelberegning af kvælstofudvaskningen fra rodzonen

I dette afsnit præsenteres beregninger af den integrerede udvaskning for alle marker i landovervågningsoplandene. Beregningerne er udført med en model udviklet på Statens Planteavlsvforsøg (nu Danmarks JordbrugsForskning - DJF) i 1990-1991 (*Simmelsgaard, 1991*). Modellen er blevet modificeret i samråd med DJF (*Simmelsgaard, pers. medd. 1993*) og programmeret af Danmarks Miljøundersøgelser. Efter en beskrivelse af den anvendte model præsenteres beregninger ved fastholdt normalklima for driftsårene 1989/1990 - 1997/1998. Herved isoleres betydningen af udviklingen i gødningsforbrug og landbrugspraksis fra klimatiske variationer.

6.1 Beskrivelse af modellen

Der anvendes en empirisk model udviklet af Statens Planteavlsvforsøg

Den anvendte model er empirisk og baseret på et stort antal kontrollerede mark- og lysimeterforsøg. Kvælstofudvaskning er beskrevet som en funktion af tilført gødning - fordelt på handels- og husdyrgødning -, nyttevirkning af husdyrgødningen, afstrømning fra rodzonen, afgrøde og jordtype (ler eller sand). Modellen består af 3 elementer:

- 1) En tabel over normaludvaskningsværdier for en række afgrøder dyrket på hhv. sand- og lerjord. Normaludvaskning er udvaskningen ved normalklima og tilførsel af den vejledende mængde kvælstof.
- 2) Eksponentialfunktioner der på grundlag af normaludvaskningsværdier giver udvaskningen som funktion af stigende kvælstoftilførsel.
- 3) Et formeludtryk til korrektion af udvaskning ved normal årsafstrømning til udvaskning ved aktuel årsafstrømning på lerjorde.

ad 1) Tabel 6.1 viser udvaskningsværdierne for 13 afgrøder ved normalklima og anbefalet gødningsnorm (normalgødsning). Værdierne repræsenterer gennemsnit for hele landet. Udvasningsværdien reduceres, hvis en efter- eller vinterafgrøde efterfølger hovedafgrøden.

Modellen er modificeret af Danmarks Miljøundersøgelser

ad 2) Modellen er oprindeligt gyldig i intervallet 0 - 1,5 gange normalgødsning. Modifikationer udført af Danmarks Miljøundersøgelser har blandt andet muliggjort beregninger for tildelinger af handels- og husdyrgødning udover 1.5 gange normalgødsningen. Denne ekstrapolation har været nødvendig for beregningsmæssigt at håndtere tilfælde af kraftig overgødsning.

Klimakorrektioner

ad 3) Afstrømning fra rodzonen beregnes med vandbalancemodellen EVACROP (*Olesen og Heidmann, 1990*) på basis af oplysninger om klima, afgrøde og jordtype. Udtrykket til korrektion af udvaskning ved normal årsafstrømning til udvaskning ved aktuel årsafstrømning

bruges til transformering af lands-normalværdierne vist i tabel 6.1 til regional-normalværdier. Dvs. at normaludvaskningen i en bestemt region er defineret af forholdet mellem lands-normalklima og normalklimaet i det pågældende område. Ved normalklima forstås her gennemsnit for perioden 1970-1990. Der kan altså konstrueres tabeller tilsvarende tabel 6.1 gældende for bestemte regioner.

Tabel 6.1 Typetal for udvaskning af nitratkvælstof ved normalgødskning, vægtet i forhold til normalafstrømning for hele landet 1970-1990. Y_n , kg pr. ha. (Efter Simmelsgaard, 1991).

	Sandjord (jb 1-3)		Lerjord (jb 4-7)	
	Antal forsøg	Y_n kg ha ⁻¹	Antal forsøg	Y_n kg ha ⁻¹
Vårsæd	38	65	45	55
Vintersæd ¹⁾	4 (12)	45	36 (15)	35
Vinterraps	0	50	0	40
Vårraps	0	70	0	55
Ærter (høst v. modning)	1	75	1	60
Foderroer	1	45	11	30
Fabriksroer	0	40	0	25
Kartofler	0	45	0	30
Vårsæd m. græsudlæg	15	35	26	20
Vårhelsæd m. græsudlæg	0	40	0	25
Græs i omdrift	11	40	13	25
Kløvergræs i omdrift ²⁾	-	40	-	25
Vedvarende græs	0	25	0	15
Spildkorn (1992/93) ³⁾	-	65	-	55
1-årig brak (allerede etabl.) ³⁾	-	35	-	20
1-årig brak (sået efterår) ³⁾	-	50	-	37
Flerårig brak ³⁾	-	15	-	10

¹⁾ Det første tal angiver antallet af forsøg, hvor udvaskningen er målt, fra det efterår vintersæden er sået til det følgende forår. Tallet i parentes angiver antallet af forsøg, hvor udvaskningen er målt i vinteren efter at vintersæden er høstet.

²⁾ Der er ikke skelnet mellem græs og kløvergræs i omdrift.

³⁾ Skønnet af DMU på grundlag af Waagepetersen (1992).

Beregninger i modellen

Da modellen er empirisk, er den kun gyldig for forhold svarende til de eksperimenter på hvilke, den er funderet. Det vil sige, at hvis der sker store ændringer i sædskifte eller dyrkningspraksis kan modellen ikke længere bruges. Der har kun været få forsøg til rådighed til opsætning af formeludtrykket for udvaskning fra husdyrgødning. Dette betyder, at der knytter sig en relativt større usikkerhed til udvaskningsberegningen på husdyrgødede marker.

Modellen anvender en forsimplet beskrivelse af kvælstofudvaskning

Modellen anvender kun få faktorer i beskrivelsen af kvælstofudvaskningen; for eksempel indgår den enkelte marks dyrkningshistorie ikke og hermed tages størrelsen og sammensætningen af de organiske kvælstofpuljer ikke i betragtning. Det samme gælder gradueringer indenfor de to jordtypeklasser, modellen opererer med. Et gennemsnit af alle de ikke-beskrivne faktorer, herunder kulturtekniske forhold, er indeholdt i normaludvaskningsværdien. Det har den konsekvens, at den aktuelle variation i kvælstofudvaskningen fra mark til mark ikke er velbeskrevet. Modellens output skal derfor betragtes som en gennemsnitlig værdi for f.eks. alle marker med den samme afgrøde i et område eller som en gennemsnitlig værdi for

kvælstofudvaskningen i det pågældende område. Modellen indholder ingen beskrivelse af plantevæksten, hvorfor effekten på udvaskningen af ekstreme klima- og høstsituationer, som f.eks. 1992, ikke indgår i outputtet.

Udvaskning fra brakmarker

Modellen indeholder ingen typetal for udvaskningen fra brak. På baggrund af (Waagepetersen, 1992) er normaludvaskningen fra brakmarker med dække af spildkorn skønnet til $65 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ og $55 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ for hhv. sand- og lerjord. For de spildkornsmarker, der efterfølges af en vinterafgrøde, og hvor brakken brydes i maj (tilladt i driftsåret 1992/1993) er udvaskningen forhøjet med $20 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$. Tallene gælder for den periode, hvor brakken er hovedafgrøde. I det efterår, hvor spildkornet fremspirer, er der i forsøg observeret at være en udvaskningsreducerende effekt svarende til en efterårssået fangafgrøde (Jacobsen, 1993). Fra driftsåret 1993/1994 skal brakafgrøden være dækkende svarende til en græsafgrøde. I modellen skelnes mellem a) brak i omdrift etableret ved udlæg eller som græsmark, der fortsætter som brak, b) brak i omdrift, hvor brakafgrøden etableres i efteråret og c) flerårig brak. Normaludvaskningen for de tre braktyper er skønnet til på sandjorde: 35, 50 og 15 kg N ha^{-1} og på lerjorde: 20, 37 og 10 kg N ha^{-1} . Skønnene er i overensstemmelse med (Waagepetersen, 1992).

Input

Modellen opererer beregningsmæssigt på markniveau. For hver beregning, der skal udføres, kræver modellen data på både oplands- og markniveau. Oplandsoplysningerne omfatter værdier for normalafstrømning ud af rodzonen. Markoplysningerne er følgende: areal, hovedafgrøde, efterafgrøde, vinterafgrøde, tilført handelsgødning, tilført husdyrgødning, nytteværdi af husdyrgødning og anbefalet gødningstildeling. Den anbefalede mængde er den værdi, der har været anvendt i de forsøg, modellen er funderet på, uanset at prisudviklingen har betydet et fald i erhvervsøkonomisk optimal tildeling for visse afgrøder. Markoplysningerne skal dække et driftsår.

Output

Der uddrages estimater af den årlige kvælstofudvaskning ved normal klima dels på enkeltmarkniveau, dels for hele oplandet. De årlige værdier refererer til en afstrømningsperiode, dvs. et hydrologisk år. Det betyder med andre ord, at udvaskningen hidrørende fra afgrøder dyrket i driftsåret 1990/1991 (ca. 1.9.1990 - 31.8.1991) finder sted i det hydrologiske år 1991/1992 (1.6.1991 - 31.5.1992).

Forsinkelse i rodzonen

Modelberegningen forudsætter, at der er ligevægt i jordens organiske puljer. Ved ændret gødskning vil der gå en årrække (evt. op til 10 år), inden der indstiller sig en ny ligevægt i jorden. En af modellen beskrevet ændring i kvælstofudvaskning kan således være forbundet med en forsinkelse på en længere årrække.

6.2 Sammenligning mellem målt og modelberegnet kvælstofudvaskning

Sammenligning med udvaskning fra stationsmarkerne

I en vurdering af den anvendte model er udvaskningen for stationsmarkerne beregnet og sammenlignet med de målte udvaskninger, der er præsenteret i kapitel 5. De sammenstillede udvaskninger ses i tabel 6.2. Værdierne er grupperet på de enkelte oplande, idet ud-

vaskningsberegningerne ikke direkte er gyldige i en mark til mark sammenligning, men skal opfattes som middelbetragtninger for en gruppe marker.

Tabel 6.2 Sammenligning mellem henholdsvis udvaskning baseret på sugecellemålinger og udvaskning beregnet med udvaskningsfunktionerne ved aktuelt klima. Data fra stationsmarkerne for de hydrologiske år 1990/91 - 1996/97 i kg N ha⁻¹.

	Målinger	Udv.funkt.	n
Lerjorde			
LOOP1	40	35	30
LOOP3	74	48	17
LOOP4	63	51	39
Sandjorde			
LOOP2	105	87	41
LOOP5	126	97	35
LOOP6	134	86	53
Gns.	90	67	215

Gennemsnitligt er den modelberegnete udvaskning 26 % lavere end den målte. Som nævnt i beskrivelsen af modellen, har der været en ringe andel af husdyrgødede marker i det datamateriale, modellen er funderet på. Det vurderes, at mineraliseringen - eftervirkningen - af kvælstof fra mange års tildelinger af husdyrgødning på en del af stationsmarkerne delvist kan forklare forskellen mellem målt og beregnet udvaskning. Der er iværksat modeludviklingsarbejde, der søger at tage højde for denne langstidseftervirkning.

Vurdering af model

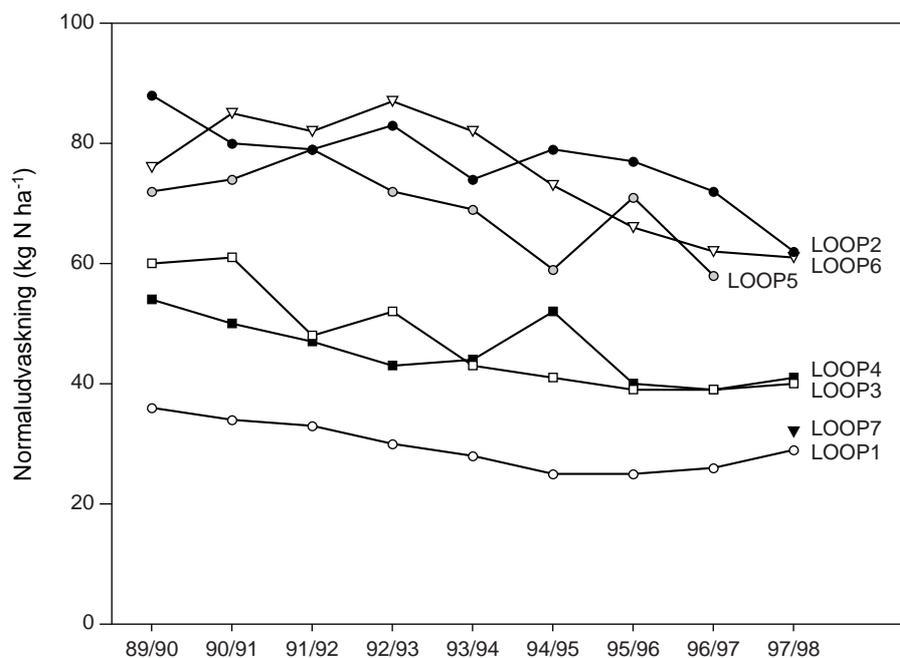
Modellen undervurderer udvaskningen regnet i absolutte størrelser, men den vurderes at afspejle forskelle mellem ler og sand og forskelle i dyrkningspraksis.

6.3 Beregning af udvaskning ved normalklima

Modelberegningen er blevet udført for 9 driftsår 1989/90 - 1997/98 ved fastholdt normalklima for at tydeliggøre betydningen af afgrødesammensætning, gødningsforbrug og gødningshåndtering.

I figur 6.1 er vist de beregnede værdier for udvaskning ved normalklima for de 9 driftsår. Der er fastholdt en konservativ betragtning med hensyn til opgørelse af nedbørsdata; dvs. der er for hele perioden anvendt "gamle" faktorer for korrektion af nedbør til jordoverfladen. I tabel 6.3 er udvaskningen fra oplandene grupperet efter jordtype, mens tabel 6.4 indeholder nøgletal fra udvaskningsberegningen. I alle foretagne gennemsnit over oplandene på udvaskning, gødningsforbrug, nyttevirkning og husdyrtætheder er alle oplande vægtet ens uanset forskel i størrelse. For driftsåret 1997/98 er loop 5 taget ud af beregninger over gennemsnit, idet andelen af interviewede ejendomme i dette opland nu er ret lille.

Figur 6.1 Modelberegnet udvaskning ved normal-klima for de 6 overvågnings-oplande for driftsårene 1989/90 - 1997/98.



Tabel 6.3 Beregnet udvaskning ved normal klima i kg N ha⁻¹ for driftsårene 1989/90 - 1997/98. Et driftsår strækker sig fra forrige års høst til dette års høst. Udvasningen fra et bestemt driftsår vil hovedsagelig forekomme i det hydrologiske år, der starter den 1.6. i driftsåret og slutter den 31.5. det følgende år.

	Sandjord (LOOP 2, 5 og 6)	Sandjord (LOOP 2 og 6)	Lerjord
1969/90	76	82	50
1990/91	60	77	46
1991/92	60	81	43
1992/93	61	85	42
1993/94	75	78	36
1994/95	71	76	39
1995/96	71	72	35
1996/97	64	67	35
1997/98	-	62	37

Fald i den modelberegnete udvaskning på 25 % fra 1989/90 til 1997/98 ved normal klima

For driftsåret 1996/97 er udvasningen beregnet til at være reduceret 23 – 25 %. I dette interval ligger en korrektion for, at forbruget af husdyrgødning i loop-oplandene i driftsåret 1996/97 faldt mere end forbruget på landsplan (for detaljer henvises til Grant et al., 1998). I data fra landovervågningsoplandene for driftsåret 1996/97 var indholdet af N i husdyrgødningen enten baseret på analyser foretaget af landmanden eller på normtal publiceret i Laursen (1994). Det er påvist (Poulsen og Kristensen, 1997), at N-indholdet i husdyrgødning er reduceret med ca. 10 % i forhold til normerne i Laursen (1994). Effekten heraf er i Iversen et al. (1998) vurderet til en yderligere udvaskningsreduktion på 2 %-point. Denne effekt indgår også i intervallet 23 – 25 %.

I beregningerne for driftsåret 1997/98 har det været nødvendigt at korrigere for et relativt set meget lavt husdyrgødningsforbrug i LOOP 2 (se bilag 6.1). Derimod er N-indholdet i husdyrgødningen for driftsåret 1997/98 baseret på nye, tidssvarende normer. Efter kor-

rektion for et for lavt husdyrgødningsforbrug i loop 2 er reduktionen i kvælstofudvaskning fra rodzonen gennem overvågningsperioden beregnet til ca. 25 % fordelt med 26 % på lerjordsoplandene LOOP 1, 3 og 4 og 24 % på sandjordsoplandene LOOP 2 og 6.

Af tabel 6.3 fremgår det, at udvaskningen målt i kg N ha⁻¹ er faldet mest på sandjordene gennem perioden, nemlig 20 kg N ha⁻¹ mod 13 kg N ha⁻¹ på lerjordene. Dette harmonerer med, at forbruget af husdyrgødning er størst på sandjordene og at det ikke mindst er i anvendelsen af husdyrgødningen, der er sket forbedringer (kapitel 4). Nyttevirkningen kan ses som en indikator for, hvor god håndteringen af husdyrgødning er. Nyttevirkningen er steget fra 32 % til 45 % på sandjordene gennem overvågningsperioden (tabel 6.4) og har været fulgt af et stort fald i forbrug af handelsgødning (38 %). På lerjordsoplandene, hvor forbruget af husdyrgødning er mindre, har også faldet i forbrug af handelsgødning været mindre (19 %). Imidlertid er man på lerjordsoplandene lidt bedre til at nyttiggøre kvælstof i husdyrgødningen; nyttevirkningen er 50 % i 1997/98, en stigning på 16 %-point relativt til 1989/90.

Stor forskel i udvaskning fra forskellige afgrøder ved aktuel landbrugspraksis

Ovenstående betragtninger over gennemsnitligt gødningsforbrug og oplands-integreret udvaskning dækker over store forskelle mellem afgrøder og ejendomme. I tabel 6.5 er der for en række afgrødegrupper opdelt på sand- og lerjord vist tildelt -, anbefalet - og udvasket kvælstof ved normalklima sammen med afgrødegruppernes arealmæssige vægt og nyttevirkningen af husdyrgødning indenfor afgrødegruppen. Tallene er fra driftåret 1997/1998.

Tabel 6.4 Nøgletal fra beregning af udvaskningen for landovervågningsoplandene. Vist som gennemsnit for de to jordtyper. For 1998 indgår kun LOOP 2 og 6 i sandjordsoplandene. Anbefalet mængde, handels- og husdyrgødning* samt udvaskning i gennemsnit for det totale, dyrkede areal (inkl. brak). Nyttevirkning er gennemsnitlig nyttevirkning for de marker, der har modtaget husdyrgødning. Brak er i % af oplandenes totale dyrkede areal. Non-food afgrøder indgår ikke i brak.

		kg N ha ⁻¹			%		
		Anbefalet mængde	Handels-gødning	Husdyr-gødning	Udvaskning	Nyttevirkning	Brak
1990	Sand	164	132	78	78	32	-
	Ler	148	134	54	50	34	-
1991	Sand	164	132	87	80	35	-
	Ler	148	126	60	48	34	-
1992	Sand	154	127	94	80	39	2
	Ler	150	125	61	43	40	3
1993	Sand	158	116	98	87	39	3
	Ler	150	115	62	42	42	5
1994	Sand	140	111	91	75	43	8
	Ler	139	110	68	38	45	10
1995	Sand	151	101	94	71	41	9
	Ler	148	114	66	39	45	8
1996	Sand	152	99	88	71	40	7
	Ler	143	103	58	35	44	6
1997	Sand	158	98	79	62	42	6
	Ler	143	106	54	34	49	5
1998	Sand	178	82	99	61	45	4
	Ler	147	109	61	37	50	5

*Husdyrgødningsmængderne harmonerer ikke umiddelbart med dyretæthederne vist i kapitel 4. Det skyldes to forhold: dels er husdyrgødningen her vist i forhold til hele det dyrkede areal, mens dyretæthed i kapitel 4 er opgjort for landbrugsarealet fratrukket brak, dels er kvælstof tilført i forbindelse med udbinding ikke medtaget i tabellen. Udbinding udgør 24 % af summen af udbragt husdyrgødning og udbinding.

Table 6.5 Nøgletal vedrørende gødskning og modelberegnet udvaskning i landovervågningsoplandene fordelt på afgrødegrupper. Normaludvaskningstal beregnet med udvaskningsmodellen for driftsåret 1997/98.

Afgrødegruppe		kg N ha ⁻¹			Udvaskning	%	
		Handelsgødning	Husdyrgødning	Anbefalet mængde		Nyttevirkning	Arealfraktion
Vårkorn	ler	93	14	111	36	51	19
	sand	59	110	138	82	49	12
Korn m. udlæg	ler	102	46	142	41	60	6
	sand	62	101	185	41	49	4
Vinterkorn	ler	147	62	171	42	57	41
	sand	85	108	156	80	44	23
Bælgsæd	ler	0	0	0	43	-	1
	sand	0	5	0	67	-	6
Rodfrugt	ler	96	45	121	21	39	10
	sand	53	294	177	80	48	3
Frøafgrøder	ler	106	107	174	37	43	12
	sand	106	49	150	49	45	2
Græs i omdrift	ler	82	140	213	33	48	5
	sand	109	112	244	48	43	41
Vedvarende græs	ler	20	0	250	12	-	1
	sand	106	10	250	19	39	4
Brak	ler	0	0	0	9	-	5
	sand	0	0	0	15	-	4

6.4 Sammenfatning

Med en empirisk model er der gennemført beregninger af udvaskningen fra rodzonen i landovervågningsoplandene. I en sammenligning med målt udvaskning på stationsmarkerne, ligger den beregnede udvaskning gennemsnitligt 26 % under den målte. Modellen vurderes dog reelt at afspejle forskelle mellem ler- og sandjorde samt forskelle i landbrugspraksis.

Beregninger på aktuel dyrkningspraksis i perioden 1989/1990 til 1997/1998 viser, at kvælstofudvaskningen for oplandene som helhed vil reduceres med ca. 25 % i løbet af en årrække.

7 Grundvand

Nyt analyseprogram

Analyseprogrammet for grundvand i landovervågningsoplandene er ændret væsentligt på flere punkter fra 1.1.1998. Analysefrekvensen for grundvandets hovedbestanddele er sat ned og antallet af prøvetagningsfiltre er reduceret. Antallet af pesticider og nedbrydningsprodukter, som der analyseres for, er øget fra 8 til over 40. Herudover analyseres der også for andre organiske mikroforureninger (miljøfremmede stoffer) og uorganiske sporstoffer. De grundvandskemiske analyser er ophørt i sandoplandet Barslund Bæk, således at der nu indgår grundvandsanalyser fra 3 leroplande og 2 sandoplande i overvågningen.

National grundvandsovervågning

Grundvandsprogrammet i landovervågningsoplandene ligger nu tæt op af analyseprogrammet for grundvandsovervågningsområderne (GRUMO). Analyseresultater fra landovervågningsoplandene indgår som en del af den nationale grundvandsovervågning, og i "Grundvandsovervågning 1999" (Stockmarr, 1999) findes en uddybende behandling af de enkelte stofgrupper set i et nationalt perspektiv.

7.1 Næringsstofkoncentrationer i det øvre grundvand

Resultater

Nitrat

Efter overgangen til den nye overvågningsperiode er antallet af grundvandsfiltre, hvorfra der udtages prøver til analyse for nitrat, reduceret fra over 200 i 6 landovervågningsoplande til i alt ca. 100 i 5 oplande.

Ca. 5 % af de undersøgte grundvandsfiltre har et gennemsnitligt nitratindhold på 1 mg l^{-1} eller derunder. Disse filtre kan ikke direkte bruges til at vurdere en eventuel nedgang i nitratudvaskningen fra landbruget og er derfor udeladt i den videre databehandling. I Grant et. al (1998) er der foretaget en vurdering af såvel det øvre grundvands nitratindhold på oplandsniveau som af nitratindholdet i landbrugspåvirkede boringer for sig.

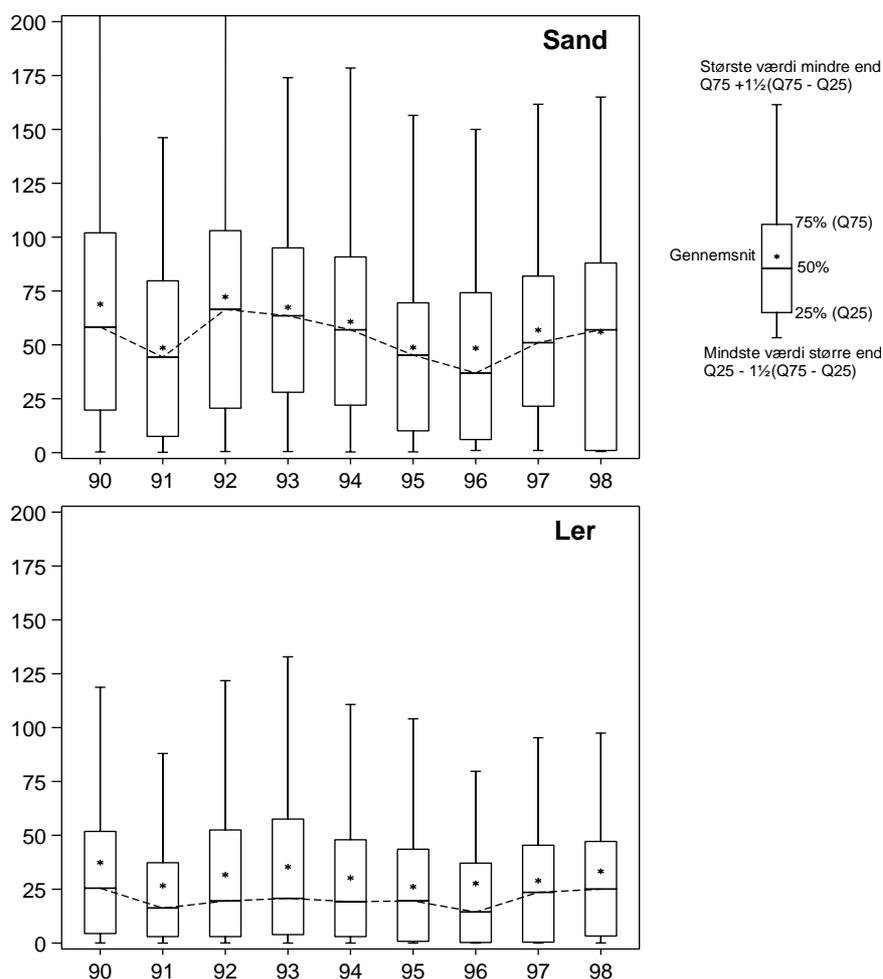
I tabel 7.1 er det gennemsnitlige nitratindhold for nitratpåvirkede filtre opgjort i forhold til filterdybder for perioden 1990-1998.

Tabel 7.1 Gennemsnitlig nitratkoncentration i nitratpåvirkede filtre for perioden 1990-1998 opgjort på dybder under terræn (dvs. hvor nitratindholdet er $> 1 \text{ mg l}^{-1}$).

Dybde (m u.terr.)	LOOP 1	LOOP 2	LOOP 3	LOOP 4	LOOP 6
1.5	68	89	69	63	82
3	24	66	38	31	49
5	14	70	35	27	-
7	-	-	-	4	-

I figur 7.1 er vist udviklingen i nitratindholdet i det øvre grundvand 1½ - 5 meter under terræn for perioden 1990 - 1998. Figuren er baseret på data fra alle aktive filtre med et nitratindhold større end 1 mg l⁻¹ og opdelt på sand og ler områder.

Figur 7.1 Udvikling i det øvre grundvands nitratindhold (i mg l⁻¹) i perioden 1990 - 1998 baseret på data fra alle aktive filtre med et nitratindhold større end 1 mg l⁻¹. A: Sandområder (48 - 67 filtre). B: Lerområder (51 - 68 filtre).



Fosfor

Det gennemsnitlige fosforindhold (målt som orthofosfat-P) i det øvre grundvand fremgår af tabel 7.2. Der er beregnet et gennemsnit for perioden 1990 - 1997 og for 1998 for de enkelte filterdybder i de 5 oplande.

Tabel 7.2 Gennemsnitligt orthofosfat-P indhold i grundvand i 5 LOOP-omplande.

	Dybde (m u.terr.)	Orthofosfat-P 1990-1997 (mg l ⁻¹)	Orthofosfat-P 1998 (mg l ⁻¹)
LOOP 1	3	0,02	0,01
	5	0,01	0,01
LOOP 2	3	0,01	-
	5	0,03	0,03
LOOP 3	3	0,01	0,01
	5	0,02	0,01
LOOP 4	3	0,01	0,01
	5	0,01	0,01
LOOP 6	1,5	0,03	0,02
	3	0,03	0,03

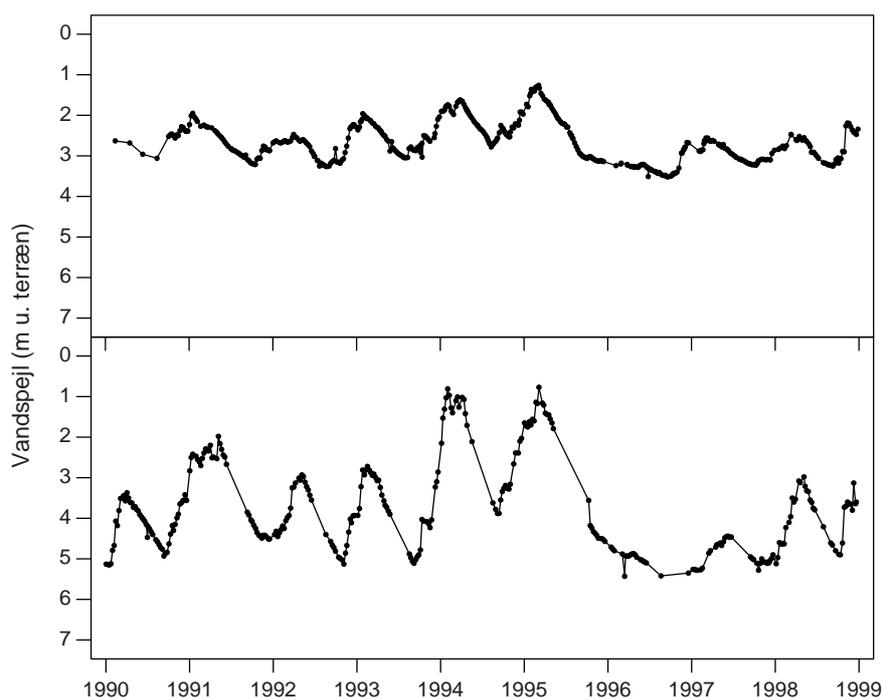
Diskussion

Grundvandets nitratindhold i de landbrugspåvirkede boringer falder markant fra 1½ meters dybde til 3 meter under terræn, hvorimod nitratindholdet i grundvand udtaget henholdsvis 3 og 5 meter under terræn kun er svagt faldende med dybden eller på samme niveau (tabel 7.1). Da datagrundlaget fra filtre i 1½ meters dybde er begrænset, med undtagelse af LOOP 6, og da det totale antal filtre hvorfra der udtages prøver til nitratanalyser er halveret pr. 1.1.1998, vurderes udviklingstendenser i det øvre grundvands nitratindhold ved at se samlet på alle analyser fra 1½ - 5 meters dybde.

Det fremgår af figur 7.1 at spredningen omkring medianværdien (50 % fraktilen) for nitratindholdet er stor for de enkelte år. Derfor kan det ikke forventes, at der er en signifikant forskel på f.eks. to års nitratfordelinger, men figuren giver et fingerpeg om hvordan den overordnede tendens i nitratudvaskningen er. Det øvre landbrugspåvirkede grundvand i sandoplandene er stærkt nitratbelastet, og koncentrationen varierer omkring grænseværdien for drikkevand (50 mg l⁻¹ NO₃), medens niveauet i lerområderne er lavere og svinger omkring den vejledende grænseværdi for drikkevand (25 mg l⁻¹ NO₃). Det gennemsnitlige nitratindhold i det øvre grundvand i oplandene som helhed har i perioden 1990-1997 også ligget på omkring 50 mg l⁻¹ NO₃ og 25 mg l⁻¹ NO₃ for henholdsvis sand- og leroplande (Grant *et. al.*, 1998).

Der ses en tendens til et fald fra 1993 til 1996, men en stigning igen i 1997/98. For 1995/96 viser målingerne et minimum for nitratindholdet både i sand- og leroplande. Dette falder sammen med de tørre vintre i 1995/96 og 1996/97, hvor nitratudvaskningen var reduceret på grund af den meget ringe nedbør, som medførte en ringe grundvandsdannelse (figur 7.2). Det forhøjede nitratindhold i 1993, som især ses i data fra sandområderne skyldes sandsynligvis det dårlige høstår 1992, med det deraf følgende kvælstofoverskud i jorden (kapitel 4).

Figur 7.2 Eksempel på variationen i grundvandsstanden i perioden 1989-1997. Øverst fra sandoplandet LOOP 6 (Sønderjyllands Amt), nederst fra leroplandet LOOP 3 (Vejle/Århus amter).



Det gennemsnitlige orthofosfat-P indhold målt det øvre grundvand i 1998 er uændret i forhold til den forudgående periode 1990-1997 (tabel 7.2). Fosforindholdet er lavt, på niveau med den krævede detektionsgrænse på 0,01 mg l⁻¹, og lavt set i forhold til grænseværdien for drikkevand på 0,15 mg P_{total} l⁻¹. I sandoplandene ses et lidt højere fosforindhold i grundvandet end i lerområderne.

7.2 Forekomst af uorganiske sporstoffer i det øvre grundvand

Resultater

En ny stofgruppe

I de 5 landovervågningsoplande er der fra 1.1.1998 indført analyser for aluminium, arsen, barium, bly, cadmium, chrom, kobber, selen og zink i grundvandet. Detektionsgrænserne er de samme som i delprogrammet for grundvandsovervågning (Stockmarr, 1999). Analyserne stammer overvejende fra de dybeste filtre, dvs. normalt 5 meter under terræn, med undtagelse af analyserne fra LOOP 6, hvor prøverne stammer fra filtre i ca. 2,2 meters dybde. Årsagen til at analyserne primært er foretaget på vandprøver fra 5-meter-filtrene er, at det ofte kun er disse filtre der kan give den krævede vandmængde til analyserne. Hovedtal for de analyserede stoffer fremgår af tabel 7.3.

Diskussion

Alle stoffer fundet

Alle 10 stoffer, som indgår i analyseprogrammet er fundet, selen dog kun i et mindre antal filtre i LOOP 3, 4 og 6 (tabel 7.3). Det gennemsnitlige indhold af aluminium, arsen, cadmium, kobber, nikkel, selen og zink er markant højere i LOOP 6, hvor grundvandsprøverne primært stammer fra filtre placeret omkring 2 meter under terræn, hvorimod prøverne i de øvrige oplande er hovedsageligt udtaget i 5 meters dybde. Resultaterne indikerer, at uorganiske sporstoffer i større mængder tilbageholdes og akkumuleres i rodzonen eller umiddelbart under denne.

Tabel 7.3 Uorganiske sporstoffer i målt i landovervågnings grundvandsfiltre 1998. Koncentrationer i µg l⁻¹. Analyser under detektionsgrænsen er medregnet med dennes værdi. Overskridelser er i forhold til grænseværdien for drikkevand.

Uorganiske sporstoffer	Analyse antal	Filtre med				Medianværdi i µg l ⁻¹		90 % percentil i µg l ⁻¹	
		Fund antal	Fund %	overskridelse		LOOP		LOOP	
				antal	%	1,2,3,4	6	1,2,3,4	6
Arsen	48	38	79	0	-	0,26	0,095	2,1	10
Bly	49	40	82	0	-	0,27	0,43	5,9	3,6
Cadmium	49	44	90	5	10	0,06	6,85	0,28	9,3
Selen	48	16	33	0	-	0,10	0,11	0,58	10
Nikkel	49	48	98	8	16	3,3	315	15,6	410
Zink	49	46	94	8	16	19	335	71,8	470
Kobber	49	48	98	0	-	1,0	2,55	3,5	4,6
Chrom	49	39	80	0	-	0,15	0,31	0,85	2,4
Aluminium	49	49	100	4	8	5	185	110	1400
Barium	49	49	100	4 ^{*)}	8 ^{*)}	43	99	79	120

^{*)} Overskridelse af vejledende grænseværdi for barium.

Over grænseværdien

Cadmium, nikkel, zink og aluminium er målt i en koncentration over grænseværdien for drikkevand i 8-16 % af de undersøgte filtre. Dette er for cadmium, nikkel og zink en væsentligt hyppigere overskridelse af grænseværdierne end der ses i grundvandsovervågningsområderne (Stockmarr, 1999).

7.3 Pesticidforekomst i det øvre grundvand

Resultater

710 analyser

Der er analyseret 710 vandprøver fra 123 filtre i landovervågningsoplandene i perioden 1990-1999. Der er fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i 56 filtre (tabel 7.4). Fordelingen af analyser og fund af pesticider og nedbrydningsprodukter på de enkelte landovervågningsoplande fremgår af tabel 7.5. Antallet af analyser dækker over indberettede prøver til GEUS.

Tabel 7.4 Antal pesticidanalyser og fund af pesticider og nedbrydningsprodukter pr. år i landovervågningsoplandene. Der er ikke foretaget pesticidanalyser i 1991 og 1992.

År	Antal analyser	Filtre med analyse	Filtre med fund	
			Antal	%
1990	30	30	0	-
1993	44	38	4	11
1994	129	57	24	42
1995	131	63	34	54
1996	93	48	16	33
1997	96	58	12	21
1998	186	48	19	40
1999	1	1	1	-
1990-1999	710	123	56	46

Tabel 7.5 Antal pesticidanalyser og fund i de enkelte landovervågningsoplande.

LOOP Nr	Type	Antal Analyser	Filtre med Analyse	Filtre med fund Antal	%
1	Ler	125	16	11	69
2	Sand	111	17	7	41
3	Ler	77	18	6	33
4	Ler	136	40	8	20
6	Sand	261	32	24	74
I alt 5 LOOP		710	123	56	46

10 % over grænseværdien

Der er fundet 28 forskellige pesticider og nedbrydningsprodukter i det øvre grundvand i landovervågningsoplandene, hvoraf 9 er nedbrydningsprodukter (tabel 7.6). Der er fundet et eller flere pesticider og nedbrydningsprodukter i 197 analyserede vandprøver, som er udtaget fra 56 forskellige filtre. 27 analyserede vandprøver udtaget fra 12 filtre indeholdt mindst et stof over grænseværdien. Dette svarer til at der er fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i ca. 46 % af de undersøgte filtre, og at ca. 10 % af filterne indeholdt et eller flere pesticider eller nedbrydningsprodukter over grænseværdien.

Tabel 7.6 Pesticider og nedbrydningsprodukter fundet i landovervågningsoplandene i perioden 1990 - 1998 . h - herbicid, i - insekticid, n – nedbrydningsprodukt, u - mulig urenhed. Der er kun medtaget data indberettet til GEUS.

			Analysér	Analysér	Analysér ≥	Filtre m.	Filtre med fund		Filtre med fund	
			antal	med fund antal	0,1 µg l ⁻¹ antal	analyse antal	antal	%	≥ 0,1 µg l ⁻¹ antal	%
AMPA	h	n	77	5	4	28	3	10,7	2	7,1
Atrazin	h		652	38	1	123	8	6,5	1	0,8
Bentazon	h		391	50	0	90	17	18,9	0	0,0
Bromoxynil	h		121	1	0	50	1	2,0	0	0,0
Carbofuran	i		315	1	0	86	1	1,2	0	0,0
2-(4-chlorphenoxy) propionsyre	h	u	20	1	0	13	1	7,7	0	0,0
Cyanazin	h		337	2	0	85	2	2,4	0	0,0
2,4-D	h		611	5	1	117	5	4,3	1	0,9
Deethylatrazin	h	n	343	43	6	87	15	17,2	2	2,3
Deethyldeisopropylatrazin	h	n	39	10	3	8	3	37,5	1	12,5
Deethylterbuthylazin	h	n	70	1	0	36	1	2,8	0	0,0
Deisopropylatrazin	h	n	320	41	11	81	17	21,0	6	7,4
2,6-dichlorbenzamid (BAM)	h	n	252	7	1	73	2	2,7	1	1,4
Dichlorprop	h		646	8	0	123	7	5,7	0	0,0
2,4-dimethylphenol	h	n	51	1	0	16	1	6,3	0	0,0
Dinoseb	h		644	4	4	122	4	3,3	1	0,8
DNOC	h		644	6	1	122	5	4,1	1	0,8
Glyphosat	h		80	5	3	30	3	10,0	2	6,7
Hexazinon	h		267	3	0	63	3	4,8	0	0,0
Hydroxyatrazin	h	n	194	7	0	62	4	6,5	0	0,0
Isoproturon	h		406	12	2	90	8	8,9	2	2,2
MCPA	h		646	15	0	123	10	8,1	0	0,0
Mechlorprop	h		642	15	0	123	12	9,8	0	0,0
Metamitron	h		302	16	0	81	10	12,3	0	0,0
4-nitrophenol	i	n	38	7	0	17	7	41,2	0	0,0
Pirimicarb	i		123	2	0	50	2	4,0	0	0,0
Propyzamid	h		60	1	1	22	1	4,5	1	4,5
Simazin	h		639	19	0	123	3	2,4	0	0,0

Diskussion

Fund % som i GRUMO

Da samtlige filtre i landovervågningsoplandene, med undtagelse af to, er placeret mellem 1 og 10 meter under terræn, kan de undersøgte filtre sammenlignes med GRUMO filtrene i intervallet 0 til 10 meter under terræn (Stockmarr, 1999). I GRUMO programmet, hvor der er fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i 47 % af de analyse-rede filtre, og ca. 13 % over grænseværdien. En meget god overens-stemmelse, som dog sandsynligvis skyldes et tilfælde, da der i grundvandsovervågningsområderne er fundet BAM i ca. 16 % af de undersøgte filtre mod 2,7 % i landovervågningsoplandene. BAM er fundet i et filter i LOOP 3 (Vejle Amt) og et i filter i LOOP 6 (Sønder-jyllands Amt).

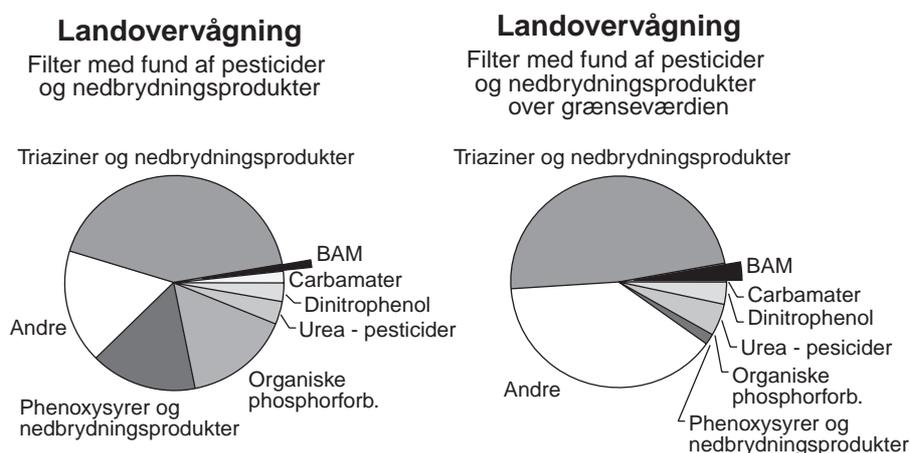
Triaziner

Det er særligt fund af triaziner og nedbrydningsprodukter fra triazi-ner, som er fundet med meget store fundprocenter, tabel 7.6. Kon-centrationerne er dog faldende gennem perioden, hvilket er forven-teligt da atrazin ikke længere er tilladt (Stockmarr, 1999). Den meget høje fundprocent for deethyldeisopropylatrazin er dog formodentlig ikke repræsentativ på grund af et meget lille antal analyserede filtre. Bentazon og metamitron er fundet hyppigt, men ikke i koncentration-er over grænseværdien for drikkevand. Glyphosat og AMPA er fundet i landovervågningsoplandet Lillebæk på Fyn. Der er iværksat

en nærmere undersøgelse af om fundene af glyphosat og AMPA i filtre 1½, 3 og 5 meter under terræn eventuelt kan skyldes sprække-transport gennem lerjorden eller nedsivning langs borerørene. Fund af glyphosat og AMPA er nærmere beskrevet i *Stockmarr (1999)*.

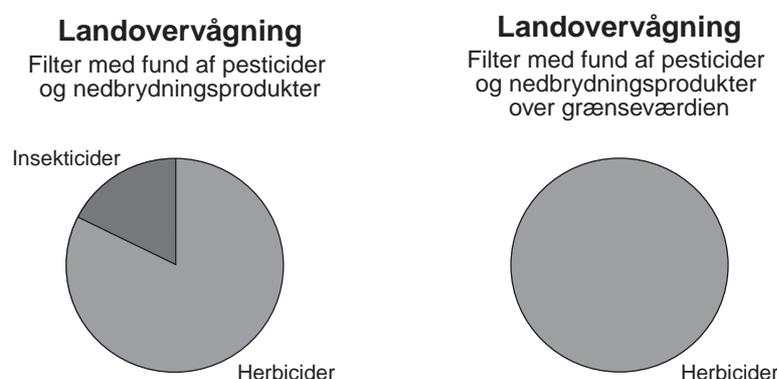
Den relative forekomst af forskellige typer af pesticider og nedbrydningsprodukter, beregnet på grundlag af fundprocenterne fra tabel 7.6, viser at gruppen "triaziner og nedbrydningsprodukter fra triaziner" forekommer hyppigst, mens grupperne "phenoxysyrer + nedbrydningsprodukter", "organiske phosphorforbindelser" og "andre stoffer" forekommer omtrent lige hyppigt (figur 7.3). I modsætning til i grundvandsovervågningen er der stort set ikke fundet BAM i landovervågningsoplandene, hvilket viser, at de installerede filtre under markerne i landovervågningsoplandene tilsyneladende ikke er påvirket af pesticidanvendelse langs veje og på befæstede arealer. Vurderes hyppigheden af stoffer, som er fundet over grænseværdien, ses, at gruppen "triaziner og triazinnedbrydningsprodukter" bliver dominerende mens gruppen "phenoxysyrer + nedbrydningsprodukter" stort set forsvinder som en betydende gruppe. Gruppen "andre stoffer" indeholder bl.a. glyphosat og AMPA.

Figur 7.3 Relativ forekomst af pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvandsfiltre i landovervågningsoplandene. Andre = 5 pesticider og nedbrydningsprodukter bl.a. glyphosat og AMPA.



Opgøres fundene af pesticider på samme måde, men i de tre anvendelsesgrupper herbicider, insekticider og fungicider, ses at herbicider er dominerende, mens fungicider eller nedbrydningsprodukter fra disse ikke er fundet (figur 7.4). Vurderes filtre, hvor stofferne er fundet over grænseværdien, ses at der kun er fundet herbicider.

Figur 7.4 Relativ forekomst af forskellige pesticidtyper og nedbrydningsprodukter i grundvandsfiltre i landovervågningsoplandene, 1990-1998.



7.4 Øvrige miljøfremmede stoffers forekomst i det øvre grundvand

Resultater

Nye stofgrupper

Med iværksættelsen af den nye overvågningsperiode fra 1.1.1998 indeholder grundvandsprogrammet i LOOP også analyser for aromatiske kulbrinter, alkylfenolforbindelser, klorfenoler, blødgørere og kationiske detergenter. Der er dog før 1998 gennemført analyser for alkylfenolforbindelser og klorfenoler. I tabel 7.7 er det totale antal analyser for øvrige miljøfremmede stoffer gennemført i landovervågningsoplandene i perioden 1988-1999. Der er foretaget analyser på grundvand fra 39 forskellige filtre.

Diskussion

I 5 af borerne i landovervågningsoplandene er der gjort fund af øvrige miljøfremmede stoffer, svarende til ca. 13 %. Undersøgelserne har især været rettet mod alkylfenolforbindelser (53 analyser) og klorfenoler (48 analyser). Ud af 53 analyser for alkylfenolforbindelser er der fundet indhold i 3 svarende til ca. 6 %. Derimod er der ikke gjort fund af klorfenoler i de 48 analyser fra landovervågningsoplandene. Der er tale om et lavt prøveantal, men det er interessant, at der ikke er fundet indhold af pesticid nedbrydningsprodukter som klorfenoler i borerne beliggende i landovervågningsoplandene. I *Stockmarr (1999)* findes en nærmere diskussion af potentielle forureningskilder til de enkelte stofgrupper.

Tabel 7.7 Gennemførte analyse for organiske mikroforureninger i landovervågningsoplandene.

Grundvand LOOP	Analyser	Antal ana- lyserede filtre	Antal filtre med fund	Fundpro- cent filtre	Antal posi- tive analy- ser	Median af fund ($\mu\text{g l}^{-1}$)	Maximum af fund ($\mu\text{g l}^{-1}$)
Gruppe Stof							
Aromatiske kulbrinter							.
M+P-xylen	7	7	1	14,3	1	0,89	0,89
Naphtalen	7	7	0	0	0	.	.
O-xylen	7	7	1	14,3	1	0,31	0,31
Toluen	7	7	1	14,3	1	0,63	0,63
Alkylfenolforbindelser							
2,4-dimethylfenol	51	16	1	6,3	1	0	0
Nonylfenoler	2	2	2	100	2	5,65	7,5
Klorfenoler							
2,4-diklorfenol	48	29	0	0	0	.	.
2,6-diklorfenol	25	20	0	0	0	.	.
Klormethylfenoler	6	3	0	0	0	.	.
Pentaklorfenol	24	20	0	0	0	.	.
Fenol	25	20	0	0	0	.	.
Blødgørere							
Dibuthylphthalat	2	2	2	100	2	2,85	3
Kationiske detergenter							
Detergenter kation	2	2	0	0	0	.	.

7.5 Grundvandskvalitet i relation til landbrugspraksis

Næringsstoffer

Nedgangen i kvælstoftilførslen til markerne og den bedre udnyttelse af husdyrgødningen ses endnu ikke som et lavere nitratindhold i det øvre grundvand i landovervågningsoplandene.

Nitratindholdet i det øvre grundvand i sandoplandene varierer omkring 50 mg NO₃ l⁻¹, svarende til grænseværdien for drikkevand. I leroplandene varierer nitratindholdet omkring 25 mg NO₃ l⁻¹. Større udsving i nitratindholdet gennem overvågningsperioden er sammenfaldende med usædvanlige klimatiske forhold. Variationerne i de klimatiske forhold dominerer fortsat i forhold til den forventede landbrugsbetingede nedgang i nitratindholdet i det øvre grundvand.

Fosforindholdet i det øvre grundvand er fortsat meget lavt, og viser ingen tegn på påvirkning fra landbrugsdriften i landovervågningsoplandene.

Pesticider og arealanvendelse

I 1998 er der fundet 16 forskellige pesticider og nedbrydningsprodukter i tilsammen 21 filtre de 5 landovervågningsoplande (tabel 7.8).

I landovervågningsoplande gennemføres interview af landmænd om anvendelsen af pesticider (kapitel 4). Fra 1998 er der gennemført interview om anvendelsen af pesticider på alle marker i oplandet. Tidligere var interviewet i nogle oplande begrænset til marken opstrøms den enkelte grundvandsboring, hvorfra der blev udtaget prøver til pesticidanalyse. Dette kan være forklaringen på at det især i sandoplandene er svært at relatere pesticidfund i grundvandet til markanvendelsen (tabel 7.9). I sandområder er den horisontale grundvandsstrømning dominerende, og udvaskningen af pesticider kan have fundet sted på marker længere opstrøms borerne. I lerområder vil den vertikale grundvandsstrømning være mere udtalt og pesticidfund kan bedre relateres til pesticidanvendelsen på stationsmarken.

Tabel 7.8 Fund af pesticider og nedbrydningsprodukter i grundvand i LOOP i 1998.

Pesticid /Nedbrydningsprodukt	Antal fund i alt	Antal fund, konc. > 0,1 µg l ⁻¹	Median konc. (µg l ⁻¹)	Højeste konc. (µg l ⁻¹)
Deethyldeisopropylatrazin	10	3	0,06	0,39
Deethylterbuthylazin	1	0	0,05	0,05
2,6-dichlorbenzamid (BAM) ¹⁾	7	1	0,06	0,13
4-nitrophenol	7	0	0,02	0,03
Deethylatrazin	22	4	0,04	0,18
Deisopropylatrazin	11	5	0,05	0,30
Hydroxyatrazin	5	0	0,02	0,02
Bromoxynil	1	0	0,05	0,05
Glyphosat	5	3	0,22	2,00
Hexazinon ¹⁾	1	0	0,04	0,04
Atrazin	12	0	0,03	0,10
Simazin ¹⁾	3	3	0,03	0,04
Carbofuran	1	0	0,03	0,03
AMPA	5	4	0,17	0,70
Bentazon	10	0	0,01	0,07
Isoproturon	4	1	0,04	0,20

¹⁾ Disse stoffer anvendes normalt ikke ved landbrugsdrift.

Tabel 7.9 Pesticidanvendelsen på opstrøms marker til boringer, hvori der er fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i grundvandet i 1998.

Station nr.	Top af grundvandsfilter (m u.terr.)	Fundet pesticid / nedbrydningsprodukt i grundvandsfilter i 1998	Kendt tidspunkt for anvendelse på opstrømsmark af fundne pesticid i grundvand
Sandområder			
A	5	- Deethylatrazin - 4-nitrophenol	- ingen kendt anvendelse - ingen kendt anvendelse
B	5	- 4-nitrophenol	- ingen kendt anvendelse
C	5	- 4-nitrophenol	- ingen kendt anvendelse
D	5	- 4-nitrophenol	- ingen kendt anvendelse
E	5	- 4-nitrophenol	- ingen kendt anvendelse
F	5	- 4-nitrophenol	Ingen oplysninger
G	2.7	- Atrazin - Deethyldeisopropylatrazin - Deethylatrazin - Deisopropylatrazin	- ingen kendt anvendelse - ingen kendt anvendelse - ingen kendt anvendelse - ingen kendt anvendelse
H	3.2	- Deethyldeisopropylatrazin - Deethylterbutylazin - Deethylatrazin - Deisopropylatrazin - Glyphosat	- maj 1993: atrazin - maj 1994: terbutylazin - maj 1993: atrazin - maj 1993: atrazin - august 1993: glyphosat
I	2.9	- Bentazon	- maj 1995: bentazon
J	1.1	- Simazin - Deethyldeisopropylatrazin - Deethylatrazin - Deisopropylatrazin - 2,6-dichlorbenzamid - Cabofuran	- ingen kendt anvendelse - ingen kendt anvendelse - ingen kendt anvendelse - ingen kendt anvendelse - ingen kendt anvendelse - ingen kendt anvendelse
K	2.6	- Deethylatrazin - Deisopropylatrazin - Bromoxynil	- maj 1993: atrazin - maj 1993: atrazin - ingen kendt anvendelse
Lerområder			
A	3	- 2,6-dichlorbenzamid - Bentazon - Isoproturon - Atrazin - Deethylatrazin - Deisopropylatrazin	Ingen oplysninger
B	3 og 5	- Atrazin - Deethylatrazin - Hydroxyatrazin - Glyphosat - AMPA	- juni 1993, 1992: atrazin - juni 1993, 1992: atrazin - juni 1993, 1992: atrazin - sept. 1998, sept. 1995: glyphosat - sept. 1998, sept. 1995: glyphosat
C	3 og 5	- Bentazon - Isoproturon	- maj 1994: bentazon - okt. 1996, okt. 1995, 1992: isoproturon
D	5	- Atrazin - Deethylatrazin	- 1991, 1990, 1989: atrazin - 1991, 1990, 1989: atrazin
E	9.5	- Hexazinon - AMPA	- ingen kendt anvendelse - sept. 1998, sept. 1995: glyphosat

Flere pesticider og nedbrydningsprodukter findes forsat i øvre og unge grundvand 1-5 meter under terræn i landovervågningsoplundene, selvom anvendelsen ophørte for 3-5 år siden (tabel 7.9). Dette er mest udtalt for atrazin og dets nedbrydningsprodukter som ikke er anvendt siden 1993, men som fortsat findes hyppigt. I *Stockmarr*

(1999) er foretaget en sammenstilling af pesticidfund i grundvand og drænvand i LOOP 4, som bl.a. viser at når koncentrationen af pesticid og nedbrydningsprodukter falder i drænvandet ses samme tendens til faldende koncentration i grundvandet. Sammenstillingen er foretaget for atrazin og dets nedbrydningsprodukter, for glyphosat og AMPA, samt for isoproturon og bentazon i forskellige drænoplande.

Grundvandets hovedbestanddele

I bilag 7.1 og 7.2 er vist gennemsnitlige årlige koncentrationer af grundvandets hovedbestanddele for henholdsvis sand- og leroplande. Nitratindholdet og pH-værdien i sandoplande er de primære parametre, som giver anledning til problemer i forhold til kvalitetskravene til drikkevand.

7.6 Sammenfatning

Nitrat

Nitratindholdet i det øvre grundvand i sandoplandene varierer omkring 50 mg NO₃ l⁻¹, svarende til grænseværdien for drikkevand. I leroplandene varierer nitratindholdet omkring 25 mg NO₃ l⁻¹. Større udsving i nitratindholdet gennem overvågningsperioden er sammenfaldende med usædvanlige klimatiske forhold. Den forventede landbrugsbetingede nedgang i nitratindholdet som følge af den faldende kvælstoftilførsel til markerne er endnu ikke slået igennem i det øvre grundvand. Den største nedgang i nitratindholdet med dybden ses fra 1½ til 3 meter under terræn.

Uorganiske sporstoffer

Cadmium, nikkel, zink og aluminium er målt i en koncentration over grænseværdien for drikkevand i 8-16 % af de undersøgte filtre. Dette er for cadmium, nikkel og zink en væsentligt hyppigere overskridelse af grænseværdierne end der ses i den øvrige grundvandsovervågning.

Pesticider

Der er fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i ca. 46 % af de undersøgte filtre, og ca. 10 % af filterne indeholdt et eller flere pesticider eller nedbrydningsprodukter over grænseværdien. Det er særligt triaziner og nedbrydningsprodukter fra triaziner, som er fundet med meget store fundprocenter. Koncentrationerne er dog faldende gennem perioden hvilket er forventeligt, da atrazin ikke længere er tilladt. Også i 1998 er der gjort mange fund af atrazin og dets nedbrydningsprodukter i det øvre grundvand 1-5 meter under terræn i landovervågningsoplandene, det til trods for at atrazin ikke er anvendt siden 1993.

Øvrige miljøfremmede stoffer

I 5 af borer i landovervågningsoplandene er der gjort fund af øvrige miljøfremmede stoffer, det svarer til ca. 13 % af de undersøgte borer. De fundne stoffer tilhører stofgrupperne aromatiske kulbrinter, alkylfenolforbindelser og blødgørere.

8 Afstrømning, koncentration og transport af næringsstoffer i vandløb

Målinger af næringsstoffer i vandløb afdækker de kulturskabte påvirkninger i oplandet

Koncentrationen og transporten af kvælstof og fosfor i vandløbene indenfor overvågningsoplandene afspejler påvirkninger af de dyrkede afstrømningsområder. Områderne er både underlagt dyrkningsbetingede påvirkninger og naturgivne betingelser som klima, geologi og topografi.

Kvælstoftilførslen til vandløb

Udvaskningen af kvælstof fra rodzonen på de dyrkede arealer føres enten direkte til vandløb med det tilstrømmende overfladenære vand eller siver ned til grundvand, hvormed det efter længere eller kortere tid kan føres til vandløb. Under vandets passage gennem jorden og våde enge kan nitrat omdannes til frit kvælstof (denitrifikation), der afgasser til atmosfæren (Jacobsen *et al.*, 1990; Ambus og Hoffmann, 1990). Det er derfor kun en del af det udvaskede kvælstof fra rodzonen, der når frem til vandløb.

Hvor de hydrogeologiske forhold betinger, at størstedelen af afstrømningen i vandløbet kommer fra grundvandet, vil effekter af ændringer i f.eks. dyrkningspraksis indenfor oplandet først kunne registreres efter en længere måleperiode. Derimod vil ændringer i kvælstoftabet hurtigt kunne registreres i vandløb med en stor overfladenær tilstrømning, som f.eks. i lerede og drænedede oplande.

Fosfortilførslen til vandløb

Tabet af fosfor fra dyrkede arealer sker både via udvaskning og erosion. Hertil kommer at fosforudledninger fra spredt bebyggelse, mindre bysamfund og i form af eventuelle gårdbidrag kan have stor betydning. De mange kilder til fosfor i vandløb, de enkelte kilders store geografiske variation og den store tidsmæssige variation i tilførslen af fosfor gør, at det er svært at måle - og at fastslå årsagen til - eventuelle ændringer i tilførslerne af fosfor til vandløb selv over forholdsvis lange måleperioder.

Indholdet i kapitlet

I kapitlet gennemgås resultaterne fra de fem landovervågningsoplande hvad angår afstrømning, samt koncentration og transport af kvælstof og fosfor. Der fokuseres på hydrologiske år, dvs. perioden juni til maj. Det gør vi for bedre at kunne sammenligne kvælstoftabet via vandløb med udvaskningen af kvælstof fra de dyrkede arealer indenfor oplandene. Denne sammenstilling findes i kapitel 9. I de fleste af oplandene findes der målinger fra ni hydrologiske år: fra 1989/90 til 1997/98.

8.1 Afstrømning

Stor geografisk variation i vandafstrømningen

Den gennemsnitlige årlige afstrømning i de 5 hovedvandløb, som afvander overvågningsoplandene varierer betydeligt (tabel 8.1). Afstrømningen er størst fra Bolbro Bæk, hvor nedbørsoverskuddet (nedbør minus fordampning) også er størst. Den mindste afstrømning er målt fra det østlige opland, Højvadsrende.

Tabel 8.1 Afstrømning indenfor hydrologiske år i de fem hovedvandløb, som afvander landovervågningsoplandene.

Vandløb	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96	1996/97	1997/98	Gennemsnit
	-	-	-	mm	-	-	-	-	-	-
Lerede oplande										
Højvads Rende	102	237	150	119	359	288	37	60	153	167
Lillebæk	153	249	186	186	447	462	63	82	162	221
Horndrup Bæk	219	303	206	205	427	447	128	204	250	265
Sandede oplande										
Oddebæk	215	230	182	155	255	299	140	147	162	198
Bolbro Bæk	i.m.	490	375	385	623	639	218	302	377	426

Også variationer i vandafstrømningen fra år til år

Desuden er der variationer i afstrømningen mellem de hydrologiske år, der indtil videre er målt under overvågningsprogrammet (tabel 8.1). Efter fire ret atypiske år fra 1993/94 – 1996/97 var 1997/98 mere normalt med hensyn til afstrømning.

Der er en generel forskel i afstrømningen fra de overvejende lerede oplande (Højvads Rende; Lillebæk og Horndrup Bæk) og de sandede oplande (Oddebæk og Bolbro Bæk): Afstrømningen fra de lerede oplande varierer typisk mere mellem tørre og våde år, end det er tilfældet for afstrømningen fra de sandede oplande (tabel 8.1). Dette skyldes, at en stor andel af afstrømningen i vandløbene, der afvander de sandede oplande, tilstrømmer fra dybere grundvandsmagasiner, som først over flere år reagerer på ændrede nedbørsoverskud.

Hydrografopsplitning

Afstrømningen i de enkelte vandløb er forsøgt opdelt på den del, der tilstrømmer fra henholdsvis grundvand og den mere overfladenære tilstrømning. Opdelingen er foretaget ved en hydrografopsplitning, hvilket er beskrevet i bilag 8.1 (*Institute of Hydrology, 1993*).

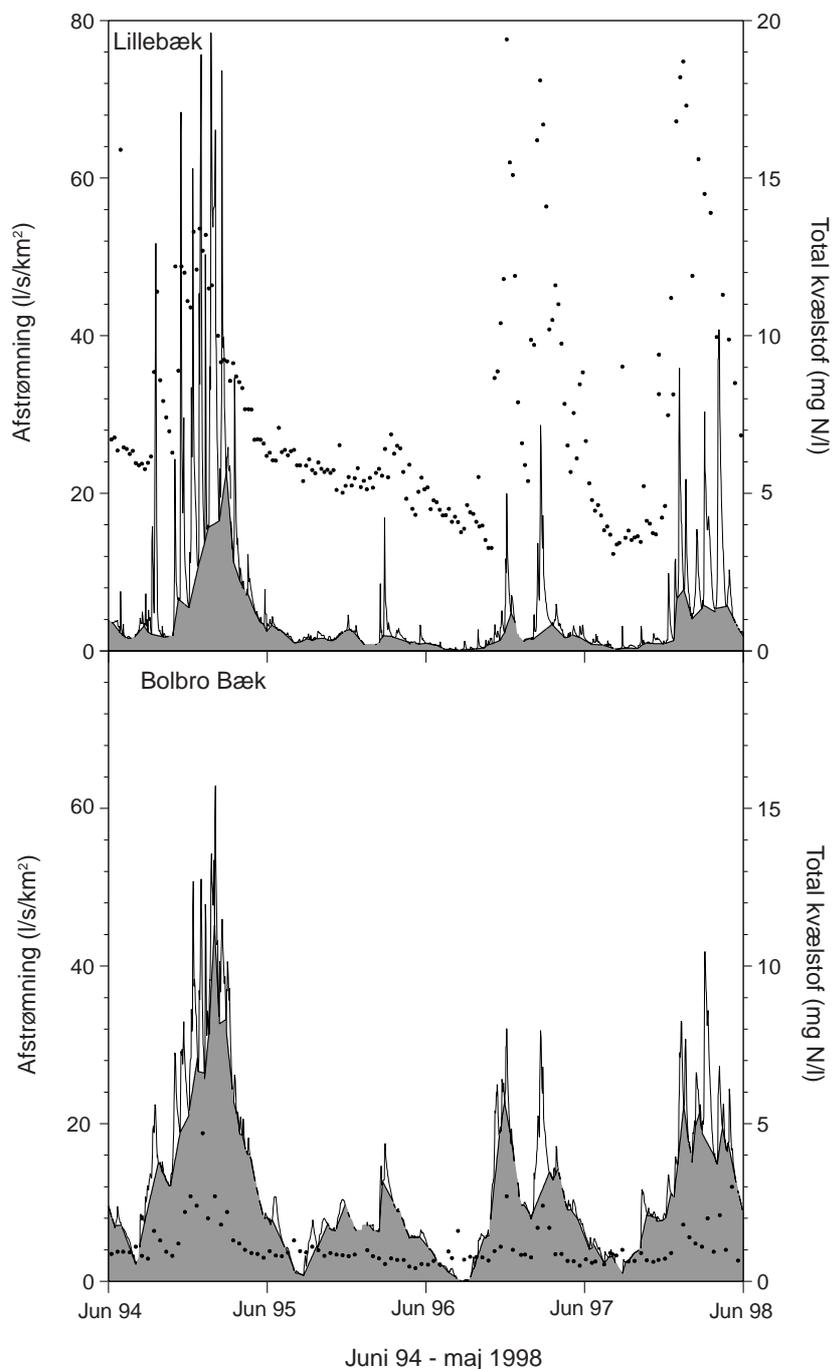
En stor del af overskudsnedbøren når hurtigt frem til vandløb fra de lerede oplande

Opgørelsen giver dog ikke et nøjagtigt mål for henholdsvis grundvandsafstrømningen og den overfladenære afstrømning, men giver et godt mål for forskellen i nedbørsrespons imellem de enkelte vandløb. Hydrografopsplitningen viser, at en stor del af vandafstrømningen til vandløb i de lerede oplande (39-42 %) sker ved overfladenær afstrømning, mens afstrømningen i de sandede oplande hovedsageligt stammer fra grundvandmagasiner (77-84 %) (tabel 8.2). Opdeling af afstrømningen fra to vandløb, som ligger i henholdsvis et leret og et sandet opland, er illustreret i figur 8.1.

Tabel 8.2 Den overfladenære afstrømnings procentvise andel af den totale afstrømning indenfor hydrologiske år i de fem hovedvandløb i landovervågningsoplandene.

Vandløb	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96	1996/97	1997/98	Gennemsnit
	-	-	-	%	-	-	-	-	-	-
Lerede oplande										
Højvads Rende	39	56	46	35	40	49	43	28	43	42
Lillebæk	44	46	37	46	42	53	20	46	49	42
Horndrup Bæk	46	41	30	29	49	46	40	34	34	39
Sandede oplande										
Oddebæk	21	23	18	19	32	26	16	30	20	23
Bolbro Bæk	i.m.	22	16	14	17	16	10	15	16	16

Figur 8.1 Afstrømningen i to vandløb, der afvander hhv. et leret og et sandet opland, opdelt i en grund-vandsdel (grå) og mere overfladenær del (hvid). I figuren er desuden vist de målte koncentrationer af total kvælstof.



8.2 Koncentration af kvælstof og fosfor

Signifikante sammenhænge mellem kvælstofkoncentration og afstrømningen

For langt de fleste vandløb kan der opstilles signifikante regressions-sammenhænge mellem afstrømning og koncentrationen af kvælstof indenfor hydrologiske år. Koncentrationen af kvælstof stiger generelt med stigende afstrømning, men mindre i Bolbro Bæk end i de øvrige fire vandløb.

I de to seneste hydrologiske år, 1996/97 og 1997/98, var stigningsgraden i de lerede oplande igen ligeså stor som i de fire første hydrologiske år. - I de tre mellemliggende hydrologiske år, 1993/94 1994/95 og 1995/96, var der en mindre udpræget stigning af kvælstofkoncentration med øget afstrømning.

Den vandføringsvægtede koncentration af total kvælstof er 5-7 gange lavere i Bolbro Bæk end i de øvrige vandløb pga. omsætning af nitrat-N i grundvandet.

Den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af total kvælstof indenfor hydrologiske år er vist i tabel 8.3. Den vandføringsvægtede koncentration af total kvælstof er 5-7 gange lavere i Bolbro Bæk end i Oddebæk og de vandløb, som afvander lerede oplande, - til trods for stor kvælstofudvaskning fra rodzonen. Det skyldes omsætning af nitrat i grundvandet, hvilket også giver sig udslag i 3-4 gange højere jernkoncentrationer i Bolbro Bæk end i de øvrige fire vandløb (ca. 1,8 mg l⁻¹ sammenlignet med ca. 0,5 mg l⁻¹), da der ved iltning af pyrit både frigives ferrojern til udvaskning og frit kvælstof til luften (Jacobson et al., 1990).

Koncentrationen af kvælstof i Oddebæk afviger betydeligt fra koncentrationen i Bolbro Bæk, selvom begge vandløb afvander sandede oplande (tabel 8.3). Dette skyldes formentlig, at der i Oddebæks opland kun er en mindre andel organogene og okkerpotentielle lavbundsområder, og måske også at en del af oplandet er drænet. I Bolbro Bæk er andelen af uorganisk kvælstof (NO₃-N og NH₄-N) uforholdsmæssig lille (72 %), hvilket understøtter ovennævnte hypotese om en større udstrækning af organogene lavbundsarealer i oplandet og kvælstofomsætning i disse.

Kvælstofkoncentrationen var lav i 1995/96 men steg igen i 1996/97.

I det hydrologiske år, 1995/96, var den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af total kvælstof markant lavere end gennemsnittet for måleperioden (tabel 8.3). Og i de tre vandløb, der afvander lerede oplande, var der også relativt lave kvælstofkoncentrationer de to forudgående hydrologiske år. Det skyldes i høj grad de specielle afstrømningsforhold med to meget våde år efterfulgt af et tørt. I 1993/94 og 1994/95 var vinterafstrømningen nemlig så stor, at jordens pulje af tilgængelig kvælstof henover vinteren blev udtømt i højere grad end i de tidligere vintre. I det følgende hydrologiske år (1995/96) var der derfor en mindre pulje af tilgængelig kvælstof i jorden ved sæsonens start, og pga. det usædvanligt tørre år løb der forholdsvis mere gammelt grundvand til vandløbene, - grundvand, hvor denitrifikation har virket længe.

I de to seneste hydrologiske år, 1996/97 og 1997/98, var den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af total kvælstof generelt set oppe på samme niveau som gennemsnittet for måleperioden, - og i de fleste tilfælde også over gennemsnittet, når man betragter det seneste hydrologiske år, 1997/98 (tabel 8.3).

Tabel 8.3 Den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af total kvælstof indenfor hydrologiske år i de fem hovedvandløb, som afvander landovervågningsoplandene.

Vandløb	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96	1996/97	1997/98	Gennemsnit
	mg N l ⁻¹									
Lerede oplande	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Højvads Rende	10,6	9,4	7,9	14,6	7,5	7,3	4,3	7,6	12,5	9,1
Lillebæk	13,0	12,8	11,5	13,1	12,1	10,4	5,9	12,5	12,5	11,5
Horndrup Bæk	9,6	8,0	8,1	8,7	6,8	6,1	4,4	7,2	7,5	7,4
Sandede oplande										
Oddebæk	7,0	7,9	7,9	7,9	8,6	7,4	4,1	7,3	8,0	7,3
Bolbro Bæk	i.m.	1,7	1,0	1,9	1,9	1,9	0,8	1,3	1,3	1,5

Den vandføringsvægtede koncentration af total fosfor er højest i vandløb, der afvander de lerede oplande

Den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af total fosfor er vist i tabel 8.4. Fosforkoncentrationen er generelt højere i vandløbene, der afvander de lerede oplande, end i vandløbene, der afvander de sandede oplande. Det skyldes, at den overfladenære afstrømning er relativt større i de lerede oplande end i de sandede oplande (jævnfør tabel 8.2). Fosforudledninger fra mindre bysamfund kan også påvirke billedet, og desuden spiller de høje jernkoncentrationer i Bolbro Bæk en rolle, idet okker er i stand til at adsorbere opløst fosfor, som herefter kan sedimentere på vandløbsbunden og først komme i transport igen under episodiske hændelser i vandløbet. Opløst uorganisk fosfor udgør i den okkerpåvirkede Bolbro Bæk kun ca. 10 % imod 43-50 % i de andre fire vandløb.

Herved kommer betydningen af den anvendte prøvetagningsstrategi ind. Ved automatiseret og hyppig prøvetagning har man nemlig større chancer for at ramme sådanne episodiske hændelser end ved den normale prøvetagning. Ved normal prøvetagning vil der derfor være en væsentlig usikkerhed forbundet med udregning af årsmiddelkoncentrationer ligesom transporten af fosfor, hovedsageligt partikulært fosfor, oftest vil blive underestimeret, som beskrevet i afsnit 8.3. Muligvis er underestimeringen større i den okkerpåvirkede Bolbro Bæk end i de øvrige. Det vil blive afgjort, når de nystartede intensive målinger (fra 1998/99) fra disse vandløb bliver behandlet.

Ingen klar udvikling fra år til år mht. fosforkoncentrationer

I ingen af de fem vandløb har den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af total fosfor været fortsat faldende gennem de ni hydrologiske år (tabel 8.4). Der er ingen entydig tendens i udviklingen. Det markante fald i fosforkoncentrationen i Horndrup Bæk fra 1989 til 1990 skyldes afskæring af en punktkilde i 1989.

8.3 Transport af kvælstof og fosfor

Opsplitningen af hydrografen og de simple modeller for sammenhængen mellem koncentrationen af kvælstof og afstrømningen har muliggjort en beregning af kvælstoftabet fra oplandene til vandløb via overfladenære afstrømning fra rodzonen og via grundvand. Bilag 8.2 beskriver metoden.

Fra lerede oplande når en stor andel af kvælstoftransporten hurtigt frem til vandløb

I tabel 8.5 er vist hvor stor en andel af arealtabet af kvælstof, der fra rodzonen via overfladenære afstrømning hurtigt når frem til vandløb. I gennemsnit er andelen større fra de lerede oplande (53-55 %) end fra de sandede oplande (30-42 %).

Tabel 8.4 Den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af total fosfor indenfor hydrologiske år i de fem hovedvandløb, som afvander landovervågningsoplandene. Resultaterne er beregnet på baggrund af normal prøvetagning.

Vandløb	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96	1996/97	1997/98	Gennemsnit
	-	-	-	-	mg P l ⁻¹	-	-	-	-	
Lerede oplande										
Højvads Rende	0,162	0,138	0,106	0,093	0,108	0,113	0,117	0,109	0,076	0,114
Lillebæk	0,232	0,233	0,207	0,214	0,162	0,159	0,158	0,223	0,202	0,199
Horndrup Bæk	0,252	0,133	0,125	0,112	0,117	0,120	0,086	0,162	0,082	0,132
Sandede oplande										
Oddebæk	0,097	0,095	0,101	0,081	0,150	0,135	0,105	0,127	0,097	0,110
Bolbro Bæk	i.m.	0,103	0,084	0,041	0,093	0,065	0,111	0,106	0,066	0,084

Tabel 8.5 Andelen af vandløbenes totale kvælstoftransport, som strømmer hurtigt til med overfladenært vand i de fem hovedvandløb i landovervågningsoplandene. Tallene er givet for hydrologiske år.

Vandløb	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96	1996/97	1997/98	Gennemsnit
Lerede oplande	-	-	-	%	-	-	-	-	-	-
Højvads Rende	53	67	61	52	48	60	58	47	47	55
Lillebæk	64	55	48	59	47	59	22	66	62	53
Horndrup Bæk	69	52	44	46	60	56	48	54	49	53
Sandede oplande										
Oddebæk	43	45	44	44	50	37	19	57	42	42
Bolbro Bæk	i.m.	49	19	27	35	33	10	33	32	30

Tabel 8.6 Tabet af total kvælstof via vandløb fra dyrkede arealer i de fem landovervågningsoplande indenfor hydrologiske år.

Vandløb	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96	1996/97	1997/98	Gennemsnit
Lerede oplande	-	-	-	kg N ha ⁻¹	-	-	-	-	-	-
Højvads Rende	14,8	32,0	16,4	24,9	38,3	29,2	1,2	6,2	27,7	21,2
Lillebæk	22,2	35,5	23,8	27,2	60,4	53,5	4,0	11,5	22,5	29,0
Horndrup Bæk	25,4	29,8	20,3	21,8	35,1	33,0	6,8	18,2	22,8	23,7
Sandede oplande										
Oddebæk	15,3	18,5	14,6	12,4	22,3	22,4	5,8	10,9	13,2	15,1
Bolbro Bæk	i.m.	8,5	3,8	7,5	12,2	12,2	1,7	3,9	5,0	6,8

Størst kvælstoftab fra lerede oplande

I tabel 8.6 er tabet af kvælstof fra de dyrkede arealer indenfor landovervågningsoplandene vist for de ni hydrologiske år. Der er meget stor forskel i tabet af kvælstof fra de lerede oplande (21,2-29,0 kg N ha⁻¹ dyrket areal), sammenholdt med tabet fra de sandede oplande (6,8-15,1 kg N ha⁻¹ dyrket areal). Tabet af kvælstof afspejler variationen i den årlige afstrømning. Det var størst i de to hydrologiske år, 1993/94 og 1994/95 og tæt på periodens gennemsnit i det seneste hydrologiske år, 1997/98. Det beregnede tab af kvælstof fra de dyrkede arealer til vandløb kan sammenholdes med tabet af kvælstof fra udyrkede arealer i årene 1989-98, der lå på 0,6-4,3 kg N ha⁻¹ og var mindst i 1996 og 1997 (Bøgestrand, 1999). Bilag 8.3 beskriver, hvordan tabet af kvælstof og fosfor fra dyrkede arealer er gjort op.

Ved hjælp af en ikke-parametrisk test, hvor der korrigeres for vandføringen på de dage hvor vandprøverne er taget, er det muligt at undersøge, om der igennem måleperioden er sket et fald i koncentrationen af kvælstof. Testen tager hensyn til forskelle i afstrømning men ikke til, at jordens kvælstofpulje ændres ved skift mellem tørre og våde år. Testen udnytter, at der er sammenhæng mellem afstrømning og koncentration af kvælstof. Den er nærmere omtalt af Larsen (1996).

Tab af kvælstof har svagt faldende tendens

Testen viser, at der i kun et af de 5 oplande er sket en signifikant ændring i kvælstofkoncentration gennem tiårs perioden 1989-98, nemlig i Bolbro Bæk (LOOP 6) hvor der er sket et signifikant fald. Der er tendens til fald i kvælstofkoncentrationen i de tre af oplandene, men derimod en stigende tendens i et af de øvrige (Oddebæk, LOOP 2). En grov gennemsnitsberegning viser, at det procentiske fald i det korrigerede kvælstoftab over perioden er omkring 3 % for de 5 oplande. Det gennemsnitlige procentiske fald i kvælstoftabet er til sammenligning beregnet til 5 % for alle de 55 dyrkede oplande, som

indgår i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram og som er uden betydende udledninger af spildevand fra punktkilder (*Bøgestrand, 1999*). Kun i ni af de 55 vandløb er der dog her tale om et statistisk signifikant fald ($p < 0.05$).

Fosfortab fra dyrkede arealer

Tabet af fosfor fra dyrkede arealer til vandløb viser ingen entydige forskelle mellem de lerede og de sandede oplande (tabel 8.7). Tabet af fosfor var - ligesom tabet af kvælstof - specielt lavt i det hydrologiske år 1995/96 og størst i de to forudgående hydrologiske år. I tabet indgår eventuelle fosforudledninger fra spredt bebyggelse, gårde mv. til vandløb (jvf. bilag 8.3). Potentielt kan disse udledninger betyde meget for fosfortabet. Til sammenligning var det årlige tab fra udyrkede arealer 0,04-0,12 kg P ha⁻¹ i perioden 1989-98 (*Bøgestrand, 1999*).

Fosfor oplandstabet er generelt faldende

Den ikke-parametriske test viser et gennemsnitligt fald i fosfor oplandstabet fra de fem oplande på 16 % over perioden 1989-98. Kun i to af oplandene er der dog et signifikant fald, nemlig i Højvadsrende og i Horndrup Bæk (LOOP 1 og LOOP 3). Blandt de tre øvrige oplande er der tendens til fald i to (LOOP 4 og 6), og stigning i det tredje (LOOP 2). Til sammenligning er det gennemsnitlige fald i oplandstabet på 6 % i de 32 dyrkede oplande, som er uden betydende udledninger fra punktkilder, og som indgår og er blevet testet i forbindelse med Vandmiljøplanens Overvågningsprogram (*Bøgestrand, 1999*). I 6 af de 32 vandløb er der her tale om et statistisk signifikant fald ($p < 0.05$).

Det gennemsnitlige fald i fosfor oplandstabet er sandsynligvis relateret til den faldende fosforudledning fra spredt bebyggelse. Den er reduceret fra 1,5 kg P år⁻¹ p.e.⁻¹ til 1,0 kg P år⁻¹ p.e.⁻¹ i perioden siden slutningen af 1980'erne (*Miljøstyrelsen, 1994*). Desuden kan bidrag fra punktkilder indvirke på faldet i det samlede kvælstof, fx. i et opland som LOOP 3 (Horndrup Bæk), hvor en punktkilde blev skåret væk efter det første år.

Fosfortransporter i vandløb er generelt underestimeret

Koncentrationen af fosfor er fra 1993 målt intensivt i Odderbæk, Horndrup Bæk og Højvads Rende, og fra midten af 1994 ligeledes i Lillebæk. I langt de fleste tilfælde blev der ved hjælp af de intensive målinger konstateret en væsentlig større transport af fosfor, end man havde fundet ved den normale prøvetagning. For de 9 'intensiv'-stationer, der har indgået i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram siden 1994, blev det fundet, at fosfortransporten i gennemsnit var 1,7 gange større med det intensive prøvetagningsprogram end med det normale program (*Bøgestrand, 1999*).

Tabel 8.7 Tabet af total fosfor via vandløb fra dyrkede arealer i de fem landovervågningsoplande indenfor hydrologiske år.

Vandløb	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95	1995/96	1996/97	1997/98	Gennemsnit
	-	-	-	kg P ha ⁻¹	-	-	-	-	-	
Lerede oplande										
Højvads Rende	0,13	0,37	0,12	0,05	0,46	0,40	0,00	0,03	0,11	0,18
Lillebæk	0,39	0,64	0,43	0,44	0,80	0,82	0,11	0,20	0,36	0,47
Horndrup Bæk	0,38	0,48	0,30	0,27	0,59	0,64	0,12	0,40	0,24	0,38
Sandede oplande										
Odderbæk	0,21	0,22	0,19	0,13	0,39	0,41	0,15	0,19	0,16	0,23
Bolbro Bæk	i.m.	0,50	0,31	0,15	0,58	0,42	0,24	0,32	0,25	0,35

Der er meget store variationer fra år til år og fra station til station mht., hvor skævt man rammer ved den normale prøvetagning, når fosfortabet gøres op. Derfor kan det ikke lade sig gøre at korrigere årstransporter beregnet på baggrund af normal prøvetagning. Intensiv prøvetagning er fra midten af 1998 blevet indført også i Bolbro Bæk, så fremtidige sammenligninger mellem de fem oplande er mulige og mere sande fosfor transporter kan estimeres.

8.4 Sammenfatning

Afstrømning

Afstrømningen var usædvanlig lille i de to hydrologiske år, 1995/96 og 1996/97, og igen normal i 1997/98. I de lerede oplande varierede afstrømningen mere mellem våde og tørre år end i de sandede oplande.

Hydrografopsplitning

En opsplittning af vandløbshydrograferne for de 5 oplande viser, at en stor del af afstrømningen til vandløb sker via overfladenær afstrømning i de lerede oplande, mens afstrømningen i de sandede oplande hovedsagelig sker via grundvand. Den årlige overfladenære andel af afstrømningen til vandløbene udgjorde i måleperioden 39-42 % for vandløb i lerjordsoplandene og 16-23 % for de to vandløb i sandjordsoplandene. For transporten af totalkvælstof i vandløbene betyder dette, at der er tydeligt højere koncentrationsniveau i vandløbene, der afvander lerede oplande.

N til vandløb

Den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af kvælstof lå i gennemsnit for perioden på 9,3 mg N l⁻¹ i vandløbene i de lerede oplande og 4,4 mg N l⁻¹ i de sandede oplande. Det lavere gennemsnit for de sandede oplande skyldes mindre overfladisk afstrømning og formentligt øget denitrifikation i okkerpotentielle områder i et af de sandede oplande.

Den totale kvælstofudvaskning til vandløbene fra dyrkede arealer har i undersøgelsesperioden ligget på gennemsnitlig 24,6 kg N ha⁻¹ år⁻¹ i lerjordsoplandene, og på gennemsnitlig 11,0 kg N ha⁻¹ år⁻¹ i sandjordsoplandene. Til sammenligning anføres at udvaskningen fra naturarealer i undersøgelsesperioden lå på 0,6-4,3 kg N ha⁻¹ år⁻¹.

I et enkelt af oplandene er der sket et statistisk signifikant fald i kvælstoftabet, og samlet betragtet er der for oplandene en *tendens* til fald i kvælstoftabet, som groft omregnet i procent svarer til et fald på omkring 3 % over tiårs perioden 1989-98. Der er i testen korrigeret for ændringer i afstrømning, men ikke for ændringer i jordens kvælstofpulje ved skift mellem våde og tørre år.

P til vandløb

Det totale tab af fosfor fra dyrkede arealer til vandløb, beregnet på baggrund af normal prøvetagning, har i måleperioden ligget på gennemsnitligt 0,32 kg P ha⁻¹ år⁻¹. Der var ingen entydig forskel mellem lerjords- og sandjordsoplandene. Til sammenligning anføres at tabet fra naturoplande i samme periode lå på 0,04-0,12 kg P ha⁻¹ år⁻¹.

Fosfor oplandstabet er som gennemsnit for de fem oplande faldet med ca. 16 % fra 1989-98. Fald i udledninger fra spredt bebyggelse, og i enkelte tilfælde fra punktkilder bidrager til faldet.

Fosfortabet beregnet på baggrund af den normale prøvetagning er med stor sandsynlighed undervurderet i alle 5 hovedvandløb i overvågningsoplandene.

9 Sammenstilling - Landbrugets indflydelse på næringsstoftransporten i landovervågningsoplandene

Sammenstilling af måleresultater og opgørelser

Dette afsnit sammenstiller hovedresultaterne fra de enkelte delprogrammer i landovervågningen til en samlet beskrivelse af næringsstoftransporter i landbrugsøkosystemer. Landbrugets næringsstofbidrag til vandmiljøet vurderes. Til disse sammenstillinger anvendes gennemsnitsværdier for overvågningsperioden 1989/90 – 1997/98.

Sammenfatningen gælder kvælstofkredsløbet

Sammenstillingen beskriver kvælstofkredsløbet. Tab af kvælstof fra landbrugsarealer til vandmiljøet sker gennem udvaskning fra rodzonen og videre transport til grundvand og vandløb. Det hydrologiske kredsløb indenfor et opland er afgørende for den tidsmæssige forsinkelse, hvormed vand med dets indhold af kvælstof når frem til vandløbet. Undervejs kan kvælstof fjernes via denitrifikation i jord og enge samt ved reduktionsprocesser i grundvandet. Det hydrologiske kredsløb samt kvælstoftransporterne i overvågningsoplandene er beskrevet nedenfor.

Opprioritering af kvantificering af fosforkredsløbet

Vor viden om fosfortransport processerne er mangelfuld, og det er ikke muligt på nuværende tidspunkt at foretage en egentlig kvantificering af fosfortransporterne i det hydrologiske kredsløb. I det reviderede overvågningsprogram vil der derfor ske en opprioritering af fosforanalyse og -beskrivelser. I Landovervågningen blev der således i 1998 igangsat intensive drænvandsundersøgelser, og yderligere vil der blive foretaget analyser af fosfortal (Pt) i jord. Endvidere vil oplandsanalyserne i Vandløbsovervågningen medvirke til at beskrive fosforkredsløbet.

Med hensyn til miljøproblemerne i forbindelse med fosforgødsning henvises til tidligere rapporter (*Grant et al., 1998*). Der vil i de følgende års rapporter blive medtaget resultater fra de netop igangsatte fosforanalyser.

9.1 Beskrivelse af kvælstoftransporterne i oplandene

Det hydrologiske kredsløb

Det hydrologiske kredsløb i 5 oplande er beskrevet i tabel 9.1 som gennemsnit for måleperioden 1989/90 til 1997/98. Her er angivet nedbør og fordampning samt den nedsivende mængde (afstrømning fra rodzonen). Afstrømningen til vandløbene er vist dels som en overfladenær komponent (inklusiv dræning), dels som en grundvandsafstrømning. Endvidere er størrelsen af nedsivningen til de primære grundvandsmagasiner vist.

Tabel 9.1 Det hydrologiske kredsløb for de 6 overvågningsoplande, angivet som årlige vandtransporter (mm) og den procentvise fordeling. Tabellen repræsenterer gennemsnit for de hydrologiske år 1989/90 - 1997/98 (LOOP 1-4) og 1990/91 - 1997/98 (LOOP 6)

Hydrologisk kredsløb:	Lerjordsoplande						Sandjordsoplande			
	Storstrøm LOOP 1		Fyn LOOP 4		Vejle/Århus LOOP 3		Nordjylland LOOP 2		Sønderjyll. LOOP 6	
	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
Nedbør	671	100	795	100	846	100	703	100	1055 ¹⁾	100
Ffordampning	456	68	442	56	408	87	380	54	518	49
Nedsivning	215	32	350	44	438	52	323	46	537	51
Nedsivning	215	100	350	100	438	100	323	100	537	100
Overfladenær afstr.	74	35	100	29	107	25	47	15	70	13
Grundvandsafstr.	93	43	121	35	158	36	151	50	356	66
Total t.vandløb	167	78	221	64	265	61	198	65	426	79
Netto til gr.vand	48	22	123	36	173	39	125	35	78 ²⁾	15

¹⁾ Inklusiv vanding ca. 33 mm i LOOP 6

³⁾ Grundvandsdannelse er fratrukket 33 mm i LOOP 6 pga. oppumpning til vanding

Nedsivning gennem rodzonen

Det fremgår, at såvel nedbørsmængden som afstrømningen fra rodzonen stiger fra den østlige til den vestlige del af landet; de mindste afstrømningsmængder er således beregnet for Storstrøm (LOOP 1) (gns. 215 mm pr år) og de største mængder i Sønderjylland (LOOP 6) (gns. 537 mm pr år).

Afstrømning til vandløbene

I lerjordsoplandene er 25-35% af den nedsivende vandmængde hurtigt strømmet til vandløbene som overfladenær afstrømning; heri indgår drænvandsafstrømning. Yderligere 35-43% er via grundvand strømmet til vandløbene. I sandjordsoplandene er 13-15% af den nedsivende vandmængde strømmet til vandløbene som overfladenær afstrømning, mens yderligere 46-66% er strømmet til vandløbene via grundvand. Afstrømningen til vandløbene i disse områder sker altså med en langt større forsinkelse.

Afstrømning også til regionalt grundvandsmagasin

15-39% af afstrømningen fra rodzonen er sivet til grundvandet, hvilket umiddelbart synes at være en stor andel. Dette kan skyldes, at landovervågningsoplandene udgør den øverste del af vandløbssystemet, hvorfor nedsivende grundvand herfra kan medgå til såvel grundvandsdannelse som grundvandsafstrømning længere nede i vandløbssystemet. Endvidere skal bemærkes, at vandbalancerne er behæftet med en vis usikkerhed, bl.a. fordi det er vanskeligt at fastlægge oplandsarealerne.

Koncentrationsmønster i lerjordsoplandene

Kvælstofkoncentrationer

Koncentrationer af kvælstof i de forskellige vandtyper i det hydrologiske kredsløb er vist i tabel 9.2 som gennemsnit for måleperioden.

I lerjordsoplandene har kvælstofkoncentrationerne i rodzonevandet ligget i intervallet 18,7-24,7 mg N l⁻¹. Koncentrationerne i drænvand har ligget en anelse lavere. Fra rodzonen og ned gennem det øvre grundvand er observeret en tydelig nedgang i koncentrationsniveau.

Tabel 9.2 Kvælstofkoncentrationer i de forskellige medier af det hydrologiske kredsløb, gennemsnit for de hydrologiske år 1989/90 - 1997/98 (LOOP 1-4) og 1990/91 - 1997/98 (LOOP 6). For rodzonevand, drænvand og vandløbsvand er anvendt vandføringsvægtede årskoncentrationer og for grundvand gennemsnitskoncentrationer. Kvælstof er angivet som nitrat-N for rodzonevand, drænvand og grundvand og som total N for vandløbsvand. (I vandløbsvand udgør nitrat N ca. 90% af total N). Alle værdier er målte størrelser.

Hydrologisk kredsløb	Lerjordsoplande			Sandjordsoplande	
	LOOP 1	LOOP 4	LOOP 3	LOOP 2	LOOP 6
	mg N l ⁻¹	mg N l ⁻¹	mg N l ⁻¹	mg N l ⁻¹	mg N l ⁻¹
Rodzonevand	19,1	18,7	24,7	35,8	24,6
Drænvand	16,6	18,1	-	-	-
Grundvand 1,5m	15,3	14,3	15,5	20,2	18,6
Grundvand 3,0m	5,5	7,0	8,5	15,0	11,0
Grundvand 5,0m	3,2	6,1	7,8	15,3	-
Grundvand 7,0m	-	0,8	-	-	-
Overfl.nær afstr.	12,0	14,7	10,4	13,8	2,8
Gr.vandsafstr.	7,1	9,2	5,7	5,5	1,2
Vandløb	9,5	11,5	7,4	7,3	1,5

Koncentrationsmønster i sandjordsoplandene

I vandløbsvandet har kvælstofkoncentrationerne ligget på 7,4-11,5 mg N l⁻¹. For LOOP 1 og LOOP 4 er der med hensyn til det overfladenært afstrømmende vand beregnet kvælstofkoncentrationer, der svarer til rodzonevandet/grundvand i 1,5 m's dybde og drænvand; mens der for grundvandsafstrømningen er beregnet koncentrationer, der svarer til målingerne i grundvandet i 1,5-5,0 m's dybde. Dette viser, at afstrømningen til vandløbene overvejende sker gennem disse øvre jordlag. For LOOP 3 derimod svarer kvælstofkoncentrationen i det overfladenære afstrømmende vand til koncentrationerne i grundvandet i 1,5-3,0 m's dybde, mens koncentrationen i grundvandsafstrømningen er lavere end for grundvandet i 5 m's dybde. Afstrømningen til vandløbet sker i dette opland gennem et dybere jordlag.

I sandjordsoplandene har kvælstofkoncentrationerne i rodzonevandet ligget på 24,6-35,8 mg N l⁻¹. Også her er der set et fald i koncentrationniveau fra rodzonen og ned gennem det øvre grundvand. I vandløbsvandet har koncentrationerne ligget på 7,3 mg N l⁻¹ i Nordjylland (LOOP 2) og på 1,5 mg N l⁻¹ i Sønderjylland (LOOP 6). Disse niveauer er lavere end hvad der måles i grundvandet i 1,5-3 m's dybde. Det fremgår, at der endog i det overfladenært afstrømmende vand til vandløbene er sket en betydelig reduktion i kvælstofkoncentrationer i forhold til rodzonevandet og det allerøverste grundvand. Der kan ikke gives en entydig forklaring herpå. Det kan være at denne "storm-flow" betingede afstrømning består af ældre grundvand, der presses ud til vandløbene under nedbørshændelser, samt at der sker en denitrifikation i de vandløbsnære arealer.

Kvælstoftransporter

Præsentation

I tabel 9.3 er vist de gennemsnitlige kvælstofstrømme for perioden 1989/90 - 1997/98 for de enkelte landovervågningsoplande. I tabellen er vist kvælstoftilførsler i form af handelsegødning, husdyrgødning, estimeret kvæstoffixering samt tilførsel fra atmosfæren. Kvælstoftilførslerne samt kvælstof høstet med afgrøderne er baseret på oplandsdækkende opgørelser for de dyrkede arealer (jævnfør in-

Tabel 9.3 Kvælstofstrømme for det dyrkede areal i de 6 overvågningsoplande. For vandløb er korrigeret for naturarealer og spildevand, men ikke for spredt bebyggelse. Tallene repræsenterer gennemsnitværdier for årene 1989/90 - 1997/98 (LOOP 1-4) og 1990/91-1997/98 (LOOP 6).

Årlig kvælstofcirkulation										
Kvælstofstrømme	Lerjordsoplande						Sandjordsoplande			
	Storstrøm LOOP 1		Fyn LOOP 4		Vejle/Århus LOOP 3		Nordjylland LOOP 2		Sønderjylland LOOP 6	
	kg N ha ⁻¹	%	kg N ha ⁻¹	%	kg N ha ⁻¹	%	kg N ha ⁻¹	%	kg N ha ⁻¹	%
Handelsgødning	125		118		103		101		98	
Husdyrgødning	25		73		104		156		143	
Afm. + fixering ¹⁾	28		34		34		48		47	
Total tilført	181		225		240		304		288	
Høstet	129		135		124		144		136	
Tilført - høstet	53		90		116		160		152	
Udvasket										
Rodzonen	36	100	62	100	108	100	110	10	133	100
(Drænvand) ³⁾	(12)	(33)	(11)	(18)			0			
Udv. til vandløb										
Overfladenært	11,7	33	15,9	26	12,8	12	6,6	6	2,4	2
Grundvand	9,5	26	13,1	21	10,9	10	8,5	8	4,7	3
Total	22,2	59	29,0	47	23,7	22	15,1	14	7,1	5

¹⁾ Fra atmosfæren regnes 21 kg N ha⁻¹ år⁻¹

²⁾ Forudsat 70% dræning af landbrugsareal i LOOP 1 og 50% i LOOP 4; opskalering til oplandsniveau usikker

terviewundersøgelsen). Med hensyn til kvælstofudvaskningen fra rodzonen er der tale om gennemsnitværdier for de 6-8 stationer i hvert opland.

Udvaskningerne herfra kan tages som niveaustørrelser for oplandene. Der er tale om bruttotilførsler af kvælstof, idet fordampning af ammoniak i forbindelse med udbringning af husdyrgødning og efter udbringning ikke er kvantificeret. Ligeledes er kvælstofmineralisering samt opbygning af jordens humuspulje og denitrifikationstab fra rodzonen ikke kvantificeret. Kvælstofafstrømningen til vandløbene er baseret på målinger ved hovedvandløbsstationerne. Den heraf beregnede arealkoefficient er herefter korrigeret for naturarealer og spildevandsudledninger. Den angivne arealkoefficient repræsenterer således det dyrkede areal, inklusiv spredt bebyggelse.

Kvælstofkredsløbet er herefter skematiseret i figur 9.1 for henholdsvis sandjordsoplande og lerjordsoplande. Den interne kvælstofomsætning (kvælstofmineralisering/humusopbygning og denitrifikation) er ikke medtaget.

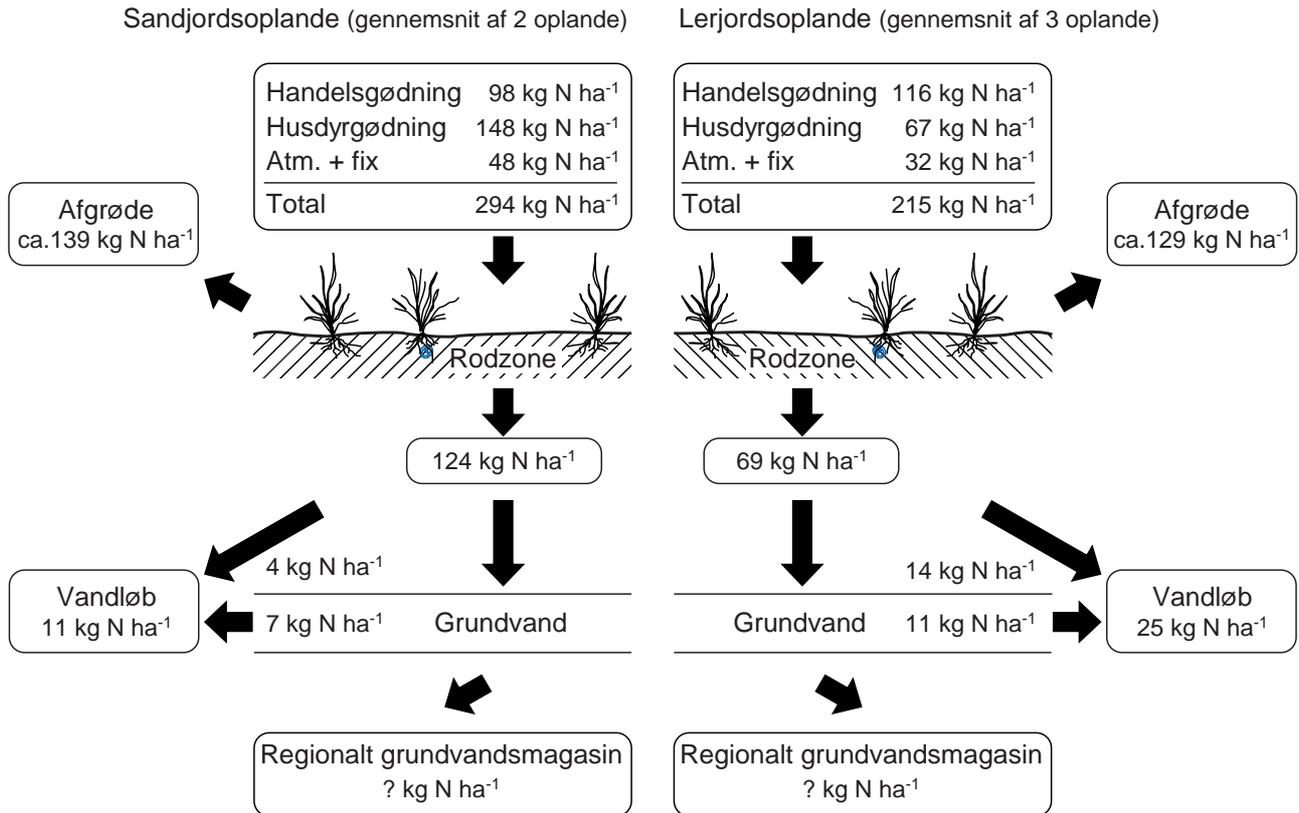
Lerjordsoplande

I lerjordsoplandene er der årligt netto tilført ca. 86 kg N ha⁻¹. Den målte udvaskning fra rodzonen har i perioden udgjort ca. 69 kg N ha⁻¹ år⁻¹. Kvælstoftransporten i vandløbene har udgjort ca. 25 kg N ha⁻¹ år⁻¹; det svarer til at gennemsnitlig ca. 36 % af rodzoneudvaskningen er nået til vandløbene.

Sandjordsoplande

I sandjordsoplandene er der årligt netto tilført jorden ca. 140 kg N ha⁻¹ år⁻¹. Udvaskningen fra rodzonen er målt til ca. 124 kg N ha⁻¹ år⁻¹. Kvælstoftransporten i vandløbene har udgjort ca. 11 kg N ha⁻¹ år⁻¹; det svarer til, at ca. 10 % af rodzoneudvaskningen er nået ud til vandløbene.

Det årlige kvælstofkredsløb (1989/90 - 1997/98)



Figur 9.1. Schematisering af kvælstofkredsløbet for henholdsvis lerjords- og sandjordsoplandene for årene 1989/90 - 1997/98.

Naturoplande

Til sammenligning med ovennævnte kvælstoftab fra dyrkede arealer til vandløb kan anføres, at tabet fra naturarealer i årene 1989-98 lå på 0,6-4,3 kg N ha⁻¹ år⁻¹ (Bøgestrand, 1999)

9.2 Landbrugets indflydelse på kvælstofudvaskning til vandmiljøet

Gødskningens indflydelse på kvælstofudvaskningen fra rodzonen.

Den aktuelle kvælstofudvaskning fra rodzonen er et resultat af en række faktorer og processer. Således er sædskiftet, kvælstoftilførelsen og jordens humuspuljer af afgørende betydning for den mængde kvælstof, der er til rådighed i rodzonen for tab til vandmiljøet - under hensyn til klima og jordtype (kapitel 5.4).

Jordens humuspuljer

Mineraliseringsprocesser har haft stor indflydelse på den kvælstofudvaskning, der er målt i perioden 1989 til 1998. Størrelsen af jordens omsættelige humusfraktion er et resultat af mange års landbrugsproduktion med et højt gødskningsniveau. Den hastighed, hvormed mineraliseringsprocesserne og kvælstoffikseringen forløber, øges blandt andet med temperaturen. Derfor vil et sammenfald af en stor mineraliserbar pulje i jorden og høje efterårs- og vintertemperaturer øge den kvælstofmængde, der er til rådighed i jorden.

Aktuelt gødskningsniveau

Det er vist, at der gennem forskellen mellem tilført og høstet kvælstof opbygges et stort tabspotentiale. For at opnå en reduktion i kvælstofudvaskningen må størrelsen af netto tilført kvælstof mindskes. Det betyder, at gødningen må udnyttes bedre og tilførslerne følgelig ned-sættes, eller at kvælstoftoptagelsen i planterne øges.

Kvælstofafstrømning til vandmiljøet

I den præsenterede 9-årige periode er der målt en årlig gennemsnitlig udvaskning fra rodzonen på 69 kg N ha^{-1} i lerjordsoplandene og på 124 kg N ha^{-1} i sandjordsoplandene. Den større udvaskning på sandjordene end på lerjordene skyldes større nedbør, lettere gennemtrængelig jord, større husdyrtæthed samt større N-tilførsel i forhold til N fjernet (dvs. større nettotilførsel).

Vandløbene

Det er vist, at en stor del af det kvælstof, der forlader rodzonen (12-33%) i lerjordsoplandene hurtigt når ud til vandløbene gennem dræn og overfladenært vand, mens yderligere 10-26% når til vandløbene via det øvre grundvand. En eventuel ændring i landbrugets gødningspraksis vil derfor hurtigt slå igennem i vandløbskvaliteten. I sandjordsoplandene derimod når kun en ganske lille del af det kvælstof, der forlader rodzonen (2-6%) hurtigt til vandløbene med overfladenært vand. I disse oplande sker afstrømningen til vandløbene hovedsageligt via dybereliggende grundvand. Under vandets transport nedad i grundvandet sker reduktion af nitrat, hvorfor det afstrømmende vand har lave kvælstofindhold. Det er således fundet, at vandløb i disse oplande er mindre belastet med kvælstof end i lerjordsoplandene til trods for at udledningen fra landbruget er større. Reduktionen af nitrat i grundvandet afhænger af de hydrogeologiske og kemiske forhold, og kan være anderledes i andre sandjordsoplande. Det må imidlertid konkluderes, at en eventuel ændring i landbrugspraksis næppe vil kunne måles i vandløb i sandjordsoplande inden for en kortere årrække.

Det øvre grundvand

Det fremgår af sammenstillingen, at det øvre grundvand i alle landovervågningsoplandene tydeligt er påvirket af landbrugsdriften. De beskrevne belastningsforhold, strømningsmønsteret samt kvælstofreduktionsprocesserne i jordprofilen medfører, at grundvandet er stærkere belastet i sandjordsoplandene end i lerjordsoplandene. I 3-5 m's dybde har nitratkoncentrationerne i sandjordsoplandene ligget omkring eller over drikkevandskravet ($11,3 \text{ mg NO}_3\text{-N l}^{-1}$ / $50 \text{ mg NO}_3\text{ l}^{-1}$), mens de i lerjordsoplandene har ligget under drikkevandskravet. Der er i alle oplande set et fald i kvælstof koncentrationerne i grundvandet fra 1,5 til 3m's dybde.

Analyser, der medtager landbrugets gødningspraksis i to oplande (Grant et al., 1995) har vist, at kvælstofindholdet i det øvre grundvand er væsentlig højere på arealer tilhørende husdyrbrug end på arealer tilhørende planteavlbrug. Endvidere er det vist, at grundvandet under udyrkede arealer har de mindste kvælstofindhold (oftest mindre end $1,0 \text{ mg N l}^{-1}$).

10 Konklusion - udvikling i landbrugets kvælstofbelastning af vandområderne

10.1 Udviklingen i landbrugets kvælstofanvendelse frem til 1998

Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug fuldt implementeret i 1998

En oversigt over de vedtagne Vandmiljøhandlingsplaner siden 1986 er givet i Appendiks 3. Samtlige tiltag i Vandmiljøplan I og Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug overfor landbrugets udvaskning af kvælstof skulle være fuldt implementeret i 1998, idet lovkravet til udnyttelse af kvælstof i svine- og kvæggylle pr 1. august 1997 steg med 5 %, og samtidig blev der indført en stramning i fastsættelsen af næringsstofindholdet i husdyrgødningen. Virkemidlerne i VMP II med hensyn til 10 %'s nedsættelse af gødningsnormen træder i kraft fra gødningsåret 1998/99, og yderligere skærpelse af kravet til udnyttelse af kvælstof i husdyrgødningen vil blive implementeret i gødningsåret 1999/2000.

Lovkrav til grønne marker, opbevaringskapacitet og udbringningstider omtrent opfyldt

I Landovervågningsoplandene er lovkravet om grønne marker opfyldt, idet disse i 1998 udgjorde 71 % af det dyrkede areal. Heraf udgjorde græs inklusiv brak, vinterraps og korn med udlæg 41 %, vinterkorn 41 % og rodfrugter, majs, halmnedmuldning og juletræer 18 %. Kun førstnævnte gruppe samt rodfrugter (roer) kan forventes at optage store kvælstofmængder i efterårs- og vintermånederne.

I 1998 stod 92 % af dyreenhederne på ejendomme med mindst 9 måneders opbevaringskapacitet til den flydende husdyrgødning. Dette er en forøgelse på 53 %-point i forhold til 1991. Samtidig er der sket en betydelig stigning i forårs/sommer udbringning af husdyrgødning. I 1998 blev 81 % af den samlede kvælstofmængde i husdyrgødning udbragt om foråret/sommeren, hvilket er en forøgelse på 26 %-point i forhold til 1990. Den store stigning i forårs/sommer udbringningen skal ses dels i lyset af de forbedrede opbevaringskapaciteter, dels som følge af forbud mod at sprede flydende husdyrgødning om efteråret og frem til 1. februar, gældende fra driftsåret 1994/94. Desuden fordrer kravet om øget udnyttelse af husdyrgødning, at denne udbringes på det mest optimale tidspunkt.

Udnyttelse af husdyrgødning steget til ca. 77 % i 1998, men overgødsning forekommer stadig på ca. 10 % af arealet

Udnyttelsen af husdyrgødningen, beregnet på baggrund af gødningstildeling til hele landbrugsarealet med kvælstofnorm i landovervågningsoplandene, er steget jævnt fra 35 % i 1990 til ca. 77 % i 1998. Der blev i 1998 stadig overgødet i forhold til kvælstofbehovet (fastsat ud fra økonomisk optimering) på ca. 10 % af arealet, og overgødsningens størrelse var mindre end i 1994-96.

Lovkravet af 1. august 1997 om udnyttelse af kvælstof i husdyrgødning blev dog ikke fuldt efterlevet, idet ca. 14 % af ejendommene havde en opnået udnyttelse, der var lavere end kravet.

Fald i handelsgødningsforbrug og i overskud af N input

Ændringen i landbrugspraksis har medført et fald i handelsgødningsforbruget på landsplan fra 392 mio. kg N i 1985 til 277 mio. kg N i 1998, et fald på 29 %. Ligeledes har overskuddet (total input minus fjernet kvælstof ved høst) haft en faldende tendens i perioden 1985 til 1998. Således udgjorde kvælstofoverskuddet for det danske landbrugsareal 380 mio. kg N i 1985 og 245 mio. kg N i 1998. Set over hele perioden udgjorde reduktionen i kvælstofoverskud på landsplan 32 %. En del af reduktionen i kvælstofoverskud skyldes, at landbrugsarealet er blevet mindre. Foretages opgørelsen pr arealenhed landbrugsjord (inklusive brak) udgjorde reduktionen i kvælstofoverskud 27 %.

10.2 Udvikling i kvælstofudvaskning frem til 1998

Reduktion i målte N koncentrationer i jordvandet

Den forbedrede gødsningpraksis i perioden fra 1989 til 1998 har medført, at de målte kvælstofkoncentrationer i rodzonevandet i landovervågningen er reduceret i samme periode. På grund af store klimatiske betingede variationer i kvælstofdynamikken kræves en lang tidsserie og mange målestationer for at kunne udtale sig statistisk sikkert om udviklingen. Til trods herfor er der igennem måleperioden fundet en statistisk sikker reduktion i rodzonevandets kvælstofindhold på husdyrgødede sandjordsarealer.

Ca. 25 % reduktion i N udvaskning fra rodzonen i løbet af en årrække

Modelberegninger udført med udvaskningsfunktioner viser, at ændringerne i landbrugspraksis fra 1990 til 1998 ved normalklima vil medføre en reduktion i kvælstofudvaskningen på ca. 25 % i løbet af en årrække. Faldet har i absolutte værdier været størst på sandjorde. Dette harmonerer med, at der i disse områder er den største husdyrgødningsproduktion, og at tiltagene især har gået på en bedre udnyttelse af husdyrgødningen. Dette harmonerer også med at målinger har vist et signifikant fald i kvælstofkoncentrationerne i jordvandet igennem perioden på husdyrgødede sandjorde.

Den modelberegnete reduktion i kvælstofudvaskningen ligger på samme niveau som reduktionen i handelsgødningsforbrug og kvælstofoverskud (se ovenfor).

Udvaskningsreduktion i relation til Bæredygtigt landbrug.

Ved en scenarieberegning over den forventede effekt ved fuld implementering af Handlingsplanen for Bæredygtigt landbrug, blev der fundet en udvaskningsreduktion på 27 % (Grant et al., 1998). Den opnåede modelberegnete udvaskningsreduktion i 1998 ligger lige i underkanten heraf. Dette kunne også forventes, idet ikke alle ejendomme i 1998 levede op til kravene om udnyttelse af kvælstof i husdyrgødning.

Mindre reduktion i N transport til vandløb

Den modelberegnete reduktion i kvælstofudvaskning fra rodzonen er sammenlignet med landsdækkende målinger i vandløb, der afvander henholdsvis sandede og lerede oplande. Den afstrømningskorrigerede kvælstoftransport har været omtrent uændret fra 1989/90 og frem til 1992/93. I årene 1993/94 -1998/99 er der set et mindre fald i transporterne, dog med nogen klimatiske betingede årssvingninger. Bøgestrand (1999) har beregnet et fald i kvælstoftransporterne i vandløb på ca. 5 % igennem overvågningsperioden.

Tabel 10.1 Modelberegnet kvælstofudvaskning fra rodzonen som gennemsnit for tre sandede og tre lerede landovervågningsoplande i ni år frem til 1997/98, samt i danske vandløb, der afvander dyrkede henholdsvis sandede og lerede jorde frem til 1998/99.

	Modelberegnet udvaskning fra rodzonen ¹		Tilførsel til vandløb ²	
	Sandjord (n=3)	Lerjord (n=3)	Sandjord (n=21)	Lerjord (n=18)
	kg N ha ⁻¹			
1989/90	82	50	16	21
1990/91	77	48	16	23
1991/92	81	43	16	19
1992/93	85	42	17	25
1993/94	78	38	14	20
1994/95	76	39	13	18
1995/96	72	35	15	12
1996/97	67	35	14	17
1997/98	62	37	15	22
1998/99	-	-	13	17

¹⁾ Modelberegnet udvaskning ved normal klima

²⁾ Beregnet afstrømningskorrigeret oplandstab af nitrat-kvælstof for danske vandløb

Tidsforsinkelser i rodzonen og det hydrologiske kredsløb

Det må konkluderes, at landbruget i væsentligt omfang har levet op til kravene i henhold til Vandmiljøplan I og Planen for et Bæredygtigt Landbrug. Effekten af ændringerne i landbrugspraksis kan imidlertid endnu kun i mindre omfang ses i vandløbene. En del af forklaringen er, at der er en vis forsinkelse i såvel i)rodzonen som i ii)det hydrologiske kredsløb, fra vandet forlader rodzonen, til det når ud til vandløbene. Der kan med den eksisterende viden ikke gives et entydigt svar på tidshorisonten for disse forsinkelser.

11 Referencer

Ambus, P. og Hoffmann, C.C. (1990): Kvælstofomsætning og stofbalance i ånære områder. NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, Nr. C13, 67 s.

Blicher-Mathiesen, B., Grant, R., Jensen, C. & Nielsen, H. (1990): Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1989. Landovervågningsoplande - Næringsstofudvaskning fra rodzonen. Danmarks Miljøundersøgelser - Faglig rapport fra DMU, nr. 6 (hovedrapport + bilagsrapport).

Bøgestrand J. 1999. (red.) Vandområder – Vandløb og kilder. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1998. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU nr. 292.

Danmarks Meteorologiske Institut (1998). Standardværdier (1961-96) af Nedbørskorrekationer. Teknisk Rapport 98-10. pp. 17.

Danmarks Statistik . Landbrugsstatistikken 1989 -1998.

Danmarks Statistik (1998). Pesticidsalget i 1997. Statistiske Efterretninger, Miljø, nr. 14, pp 20.

Grant , R., Bak, J., Berg, P. Skop, E., Rebsdorf, Å., Thyssen, N., Kjeldsen K. & Rasmussen, P. (1991): Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1990. Landovervågningsoplande. Danmarks Miljøundersøgelser. – Faglig rapport fra DMU, nr. 39.

Grant, R., Blicher-Mathiesen, B., Andersen, H.E., Berg, P., Friberg, N., Kronvang, B., Bak, J. & Rasmussen, P. (1993): Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1992. Landovervågningsoplande. Faglig rapport fra DMU, nr. 87.

Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Andersen, H.E., Berg, P., Jensen, P.G., Laubel, A. & Rasmussen, P. (1995): Landovervågningsoplande. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1994. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU nr. 141.

Grant, R., Jensen, P.G., Andersen, H.E., Laubel, A.R., Deibjerg, C., Rasmussen, H. & Rasmussen, P. (1996): Landovervågningsoplande. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1995. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU nr. 175.

Grant, R., Blicher-Mathiesen G., Andersen, H.E., Laubel, A.R., Jensen P.G. & Rasmussen, P. (1997): Landovervågningsoplande. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1996. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU nr. 210.

Grant, R., Blicher-Mathiesen G., Andersen, H.E., Laubel, A.R., Paulsen, I., Jensen P.G. & Rasmussen, P. (1998): Landovervågningsoplande. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1997. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU nr. 252.

- Grant, R., Laubel, A. & Kronvang, B. (1997b):* Nedvaskning af fosfor til drænen. *Vand og Jord* 4 , 169-172.
- Grant, R., Laubel, A., Kronvang, B., Andersen, H.E., Svendsen, L.M. & Fulgsang, A. (1996b):* Loss of dissolved and particulate phosphorus from arable catchments by subsurface drainage. *Water Research* 30, 2633-2642.
- Hansen, B. (1986):* Tilførsel af kvælstof, fosfor og organisk stof til vandløb fra landbrugsområder: Gjelbæk og Rabis Bæk. Rapport til Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium.
- Hansen, B. (1990b):* Landbrugets gødnings- og arealanvendelse i 1993 og 1989. Npo-forskning fra Miljøstyrelsen nr. A2.
- Hansen, E. (1990a):* Normtal for økonomisk optimale N-mængder til landbrugsafgrøder. Miljøstyrelsen. 4 pp.
- Hansen, L. & Pedersen, E.F. (1985):* Drænvandsundersøgelser 1971-74. *Tidsskrift for Planteavl* 79: 670-688.
- Hansen, S., Jensen, H.E., Nielsen, N.E. & Svendsen, H. (1990):* DAISY - A soil plant system model. - NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, nr. A 10. 272 pp.
- Hedeselskabet (1998).* Jordbrugsmæssig anvendelse af affaldsprodukter fra industrien 1996. Hedeselskabet, Miljø og Energi Divisionen. April 1998.
- Hirsch, R.M.S. og Slack, J.R. (1984).* A non-parametric trend test for seasonal data with serial dependance. *Water Resour. Res.* 20, 727-732.
- Håndborg for plantedyrkning (1990-1998):* Landskontoret for planteavl.
- Institute of Hydrology (1993):* Low flow estimation in the United Kingdom. IH report 108. Institute of Hydrology, Wallingford, United Kingdom.
- Iversen, T.M., Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Andersen, H.E., Skop, E., Jensen, J.J., Hasler, B., Andersen, J., Hoffmann, C.C., Kronvang, B., Mikelsen, H.E., Waagepetersen, J., Kyllingsbæk, A., Poulsen H.D. & Kristensen, V. F. (1998).* Vandmiljøplan II - faglig vurdering. Danmarks Miljøundersøgelser, januar 1998.
- Jacobsen, O. H. (1993):* The effect of volunteer waste grains and weeds in one-year fallow fields on nitrogen leaching. Results from winter 1992/93. Danish Institute of Agricultural Sciences, Foulum, Denmark.
- Jacobsen, O.S., Larsen, H.V. & Andersen, L. (1990):* Geokemiske processer i et grundvandsmagasin. NPO-forskning fra Miljøstyrelsen, Nr. B10, 45s.
- Jensen, N.H. & Madsen, H.B. (1990):* Jordprofilundersøgelse i Vandmiljøplanens landovervågningsoplande. Statens Planteavlsvæsen. Afd. for Arealdata for Kortlægning, 17 pp + bilag.

Johnston, A.E. (1998). Phosphorus: essential plant nutrient, possible pollutant. I "Phosphorus balance and utilization - towards sustainability". Nordisk Jordbrugforskere Forening, Seminar 17-19 marts 1997, Stockholm. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens Tidsskrift 135 (7), 11-22.

Kronvang, B. & Bruhn, A.J. (1990): Overvågningsprogram. Metoder til bestemmelse af stoftransport i vandløb. Miljøministeriet. Danmarks Miljøundersøgelser.

Kronvang, B. & Bruhn, A.J. (1996): Choice of sampling strategy and estimation method for calculating nitrogen and phosphorus transport in small lowland streams. Hydrological Processes.

Kyllingsbæk, A. (1995): Kvælstofoverskud i dansk landbrug 1950-1959 og 1979-1994. Statens Planteavlsvforsøg, rapport nr. 23.

Kyllingsbæk, A. (1999). Kvælstofbalancer i landbruget. Danmark JordbrugsForskning. (ikke publiceret)

Landsudvalget for kvæg (1993): Fodermiddeltabel 1993. Statens Planteavlsvforsøg, rapport nr. 28.

Landsudvalget for kvæg (1995): Fodermiddeltabel 1995. Statens Planteavlsvforsøg, rapport nr. 52.

Larsen, S.E. (1996). En statistisk testprocedure til analyse af udviklingstendenser i tidsserier af vandkvalitetsdata. Upubliceret notat fra Danmarks Miljøundersøgelser. Afd. for Vandløbsøkologi.

Laursen B. (1994): Normtal for husdyrgødning - revideret udgave af rapport nr. 28. Statens Jordbrugsøkonomiske Institut, rapport nr. 82.

Miljøstyrelsen (1990): Vandmiljø-90. Redegørelse fra Miljøstyrelsen, nr 1.

Miljøstyrelsen (1994): Notat vedrørende indberetning af affaldsprodukter anvendt til jordbrugsformål i 1991 og 1992. 6 sider.

Miljøstyrelsen (1994): Vandmiljø-94. Redegørelse fra Miljøstyrelsen, nr. 2.

Miljøstyrelsen (1995): Jordbrugsmæssig anvendelse af affaldsprodukter i 1993. 7 sider.

Miljøstyrelsen (1995): Spildevandsslam i 1997. 10 sider.

Miljøstyrelsen (1996): Beregning af landsdækkende behov for N-gødning. Ferskvand og Landbrugskontoret, Miljøstyrelsen, 16. januar 1996.

Miljøstyrelsen (1999). Bekæmpelsesmiddelstatistik 1998. Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 5.

Miljøstyrelsen (1999). Spildevandssalm fra Kommunale og private renselanlæg i 1997. Miljøprojekt nr. 473.

Olesen, J.E. og Heidmann, T. (1990): EVACROP. Et program til beregning af aktuel fordampning og afstrømning fra rodzonen. Statens Planteavlsforsøg.

Olsen, P. (1995): Nitratudvaskning fra landbrugsjorde i relation til dyrkning, klima og jord. SP rapport nr. 15, 1995, Statens Planteavlsforsøg.

Poulsen, H.D. & Kristensen, V.F. (1997): Normtal for husdyrgødning. En revurdering af danske normtal for husdyrgødningens indhold af kvælstof, fosfor og kalium. Danmarks Jordbrugsforskning. Beretning nr. 736. 165 pp.

Schou, J.S. (1998). Undersøgelser af landbrugets pesticidanvendelse. SJFI-working paper 13/98.

Simmelsgaard, S.E. (1991): Estimering af funktioner for kvælstofudvaskning. In: Rude, S.: Kvælstofgødning i landbruget - behov og udvaskning nu og i fremtiden. Rapport nr. 62. Statens Jordbrugsøkonomiske Institut.

Stockmarr, J. (red) (1999): Grundvandsovervågning 1998. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse. Særudgivelse. København.

Vilhelm, K. & Nielsen, H. (1990): Næringsstofbalancer på landbrugsjendomme. Danmarks Miljøundersøgelser, 57 sider.

Windolf, J., Svendsen L.M., Ovesen N.B., Iversen H.L., Larsen S.E., Skriver J. & Erfurt J. (1998): Ferske vandområder - Vandløb og kilder. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1997. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU nr. 253.

Waagepetersen, J. (1992): Braklægningens betydning for N-udvaskning fra landbrugsarealer. in: Mikkelsen, S.A. (red): Braklægning. Planteproduktion og miljø. Tidsskrift for Planteavls Specialserie. Beretning nr. S 2224.

12 Sammenfatning af Danmarks Miljøundersøgelses nationale rapporter vedrørende resultaterne af det Nationale Program for Overvågning af Vandmiljøet (NOVA) 1998

Året 1998 var karakteriseret af en mild og nedbørsrig vinter og en kold og blæsende sommer. Efter to ekstremt tørre år var ferskvandsafstrømningen i 1998 18 % over middel for perioden 1989-98.

Den danske udledning af kvælstof til havmiljøet var i 1998 10 % over middel for perioden 1989-98, mens fosfortilførslen var lav, 35 % under middel for samme periode.

De marine områders tilstand

Faldende næringsstofkoncentrationer

Der er et fortsat fald i fosforkoncentrationerne og en svag tendens til et fald i kvælstofkoncentrationerne i havet. Biomassen af planktonalger var generelt lav i 1998.

I lavvandede fjorde og kystområder var iltsvind i 1998 af begrænset udbredelse, varighed og intensitet pga. megen vind og lav vandtemperatur. I de dybe lagdelte områder var iltsvindet derimod betydeligt mere udbredt end i de to foregående år.

Positiv udvikling, men stadig alvorlige problemer

Tendenserne til en vis positiv udvikling for havmiljøet skal ses i lyset af den meget alvorlige situation i 1980'erne, som vedtagelsen af Vandmiljøplan I søgte at råde bod på. I 1998 var der stadig alvorlige problemer med iltsvind, udbredelsen af ålegræs og makroalger var stadig ikke tilfredsstillende, og der var høje koncentrationer af næringsalte og klorofyl. Nedbøren i 1998 var over det normale, men de negative effekter af dette blev kompenseret af en blæsende og ret kølig sommer. I år med normal eller forhøjet nedbør og varmt og stille sommervejr må vi stadig forvente alvorlige miljøproblemer i de danske farvande, da tilførslen af kvælstof både fra land og fra atmosfæren fortsat er for høj.

Faldende tilførsel af fosfor

Der har siden 1989 været et markant fald i den samlede tilførsel af fosfor til havet via vandløb og direkte spildevandsudledninger. Faldet kan tilskrives reduktioner i spildevandsbelastningen grundet en stor renseindsats. Spildevand udgør ikke længere den altdominerende del af fosfortilførslen, også den diffuse afstrømning udgør nu en betragtelig del af den samlede tilførsel.

Usikker reduktion i tilførslen af kvælstof

Den samlede tilførsel af kvælstof til havet via vandløb og direkte spildevandsudledninger hænger nøje sammen med ferskvandsafstrømningen, der igen er tæt knyttet til nedbøren. Den diffuse afstrømning har gennem hele perioden udgjort hovedparten af tilførslen med kvælstof. Derfor har kvælstoftilførslen varieret meget fra år

til år siden 1989. Ligesom for fosfor har der været et markant fald i spildevandsudledningerne, hvorimod et lille fald i tilførslen fra diffuse kilder er statistisk meget usikkert. Reduktionen i udvaskningen fra dyrkede arealer kan således generelt endnu ikke ses i vandløbene.

Faldende tilførsel af kvælstof fra atmosfæren

Kvælstofdepositionen fra atmosfæren udgjorde i gennemsnit for perioden 1989-98 ca. 35 % af den samlede kvælstoftilførsel til Kattegat og Bælthavet og ca. 15 % af den samlede kvælstoftilførsel til Øresund. I Kattegat og Bælthavet er depositionen af kvælstof i sommerperioden maj-september af samme størrelse eller større end tilførslen via vandløb og direkte spildevandsudledninger og får derved stor betydning for primærproduktionen. I perioden er der sket et signifikant fald i belastningen med alle kvælstofforbindelser undtagen ammoniak.

Vandløbenes tilstand

Spildevandsrensning har reduceret fosforkoncentrationerne

Der har siden 1989 været et fald i fosforkoncentration og -transport i de vandløb, som først i 1990'erne var påvirkede af spildevand eller dambrugsudledninger. I vandløb i dyrkede områder med ringe spildevandspåvirkning ses derimod kun en svagt faldende tendens med store regionale forskelle. Sammenlignet med vandløb i naturområder er fosforkoncentrationerne stadig meget højere i både spildevandspåvirkede (3-4 gange) og dyrkningspåvirkede (2-3 gange) vandløb.

Kun små ændringer i kvælstof-koncentrationer

Kvælstofkoncentrationen i vandløb i dyrkede områder med ringe spildevandspåvirkning er ikke ændret væsentligt siden 1989. Det estimerede fald på 5 % er statistisk meget usikkert. Derimod har der været et fald (14 %) i kvælstofkoncentrationen i vandløb, som i begyndelsen af 1990'erne var påvirkede af spildevand. Ændringen kan udelukkende tilskrives reducerede spildevandsudledninger. Koncentrationerne i både spildevandspåvirkede og dyrkningspåvirkede vandløb er typisk 4-6 gange så høje som i naturvandløb.

Den biologiske vandløbskvalitet blev i 1998 bedømt i 444 vandløb ud fra Dansk Vandløbs Fauna Indeks. En stor del af vandløbene (43 %) blev karakteriseret som noget påvirkede, mens 20 % af vandløbene blev klassificeret som meget påvirkede. Kun 37 % kunne karakteriseres som upåvirkede eller kun lidt påvirkede.

Søernes tilstand

Spildevandsrensning har forbedret tilstanden

I 11 af de 27 søer, der er overvåget siden 1989, er der konstateret et signifikant fald i fosforkoncentrationen. Denne forbedring kan forklares ved en mindre fosfortilførsel til søerne, hvor især tilførslen fra spildevand er reduceret markant. I disse søer kan nu også registreres et fald i mængden af planteplankton, ligesom vandets klarhed er øget i de 11 søer. En væsentlig forbedring af miljøtilstanden i de øvrige søer vil i mange tilfælde kræve at også stoftilførslen til søerne fra det dyrkede areal reduceres.

Behov for reduceret stoftilførsel fra det dyrkede land

Sammensætningen af planteplanktonet er ændret mod typer, der er knapt så fosforkrævende i flere af søerne, idet blågrønalgerne er forsvundet fra en række søer. I andre søer er blågrønalgerne dog tiltaget

i mængde, idet der kræves en større reduktion i fosforkoncentrationen i disse søer før blågrønalgerne ikke kan klare sig. I flere af søerne har ændringer i bl.a. fiskesammensætningen haft afgørende indflydelse på stofomsætningen og vandkvaliteten.

Kvælstoftilførsel fra de dyrkede arealer

*Kvælstofgødskning
reduceret*

Den samlede tilførsel af handelsgødning er faldet fra 392 mill. kg N i 1985 til 277 mill. kg N i 1998. Tilførsel af husdyrgødning er faldet fra 260 mill. kg N til 231 mill. kg N i samme periode. Sidstnævnte fald skyldes bedre udnyttelse af foderet. Nettotilførslen af kvælstof, dvs. forskellen mellem tilført og høstet kvælstof, udgjorde 134 kg N/ha i 1985 og 92 kg N/ha i 1998 og er over hele perioden faldet med 31 %.

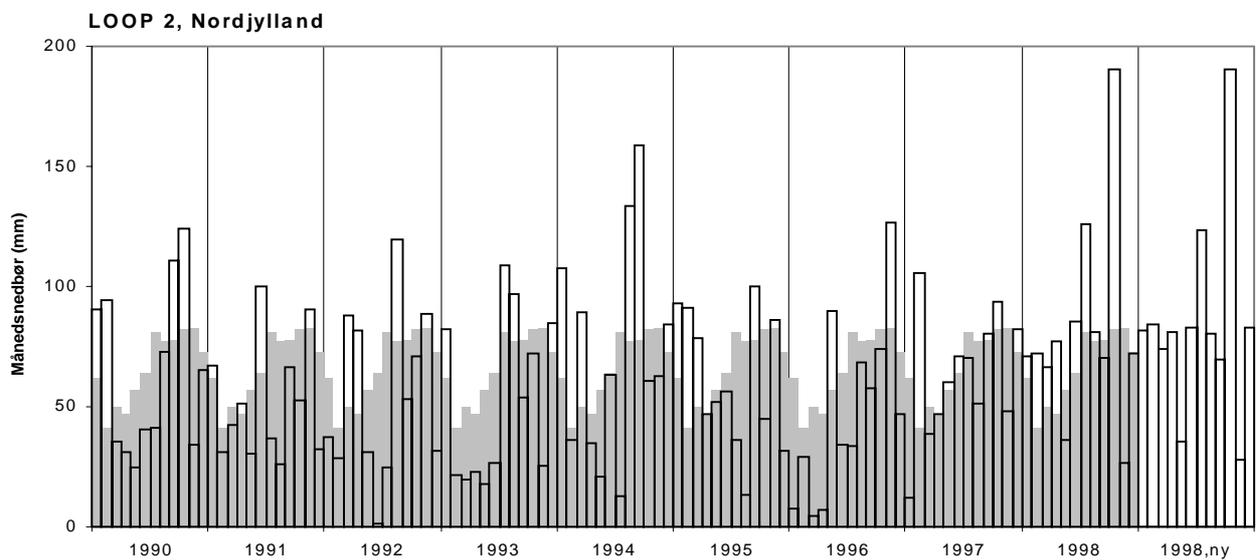
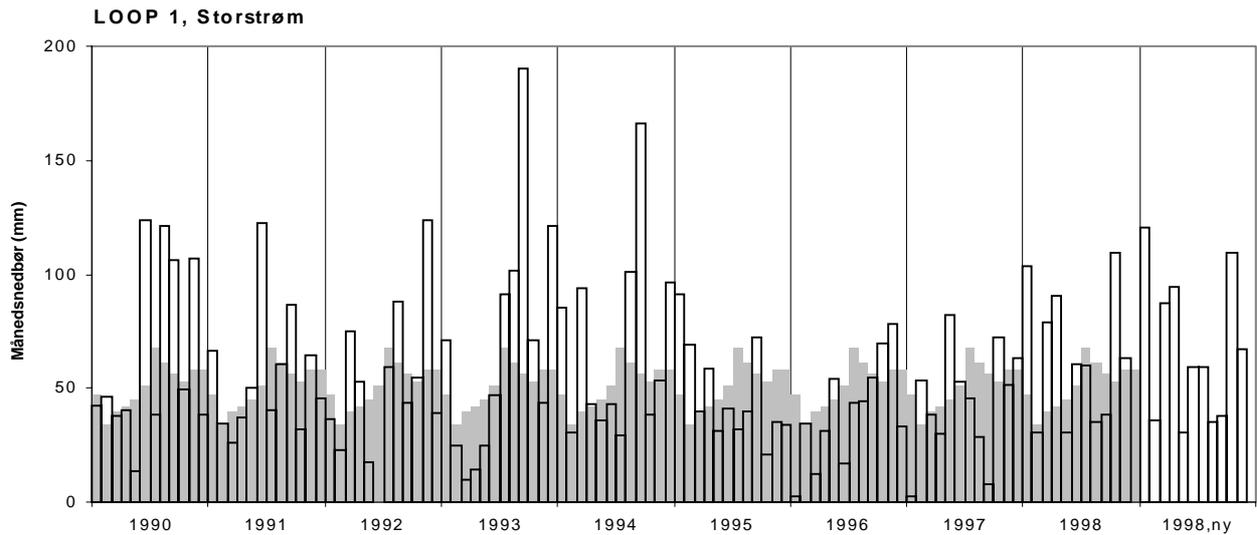
Forbedret landbrugspraksis

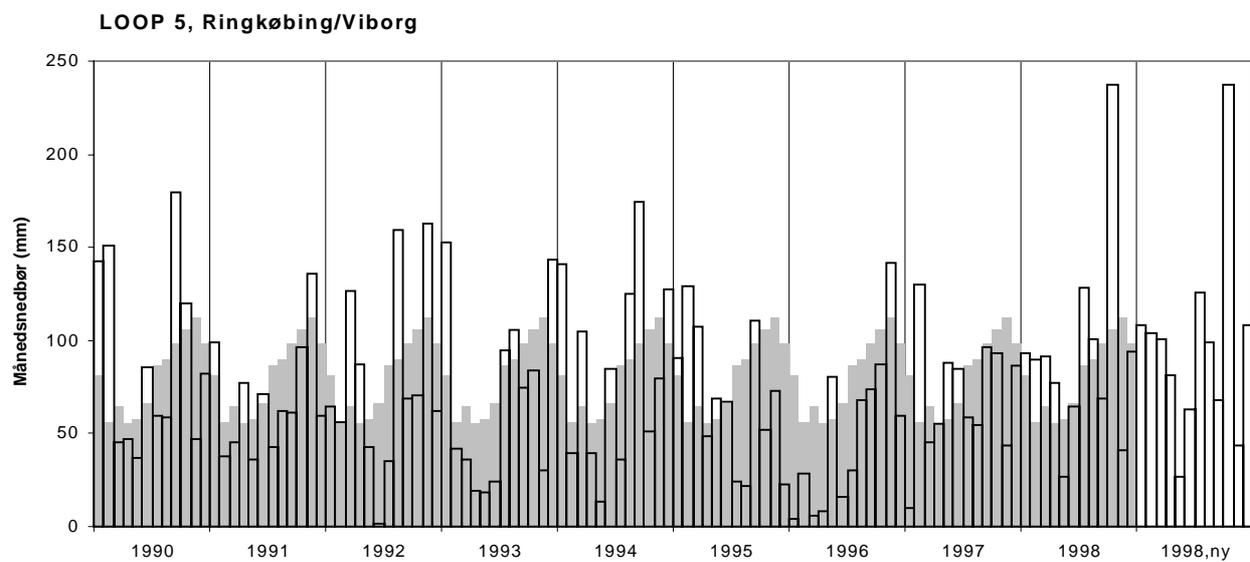
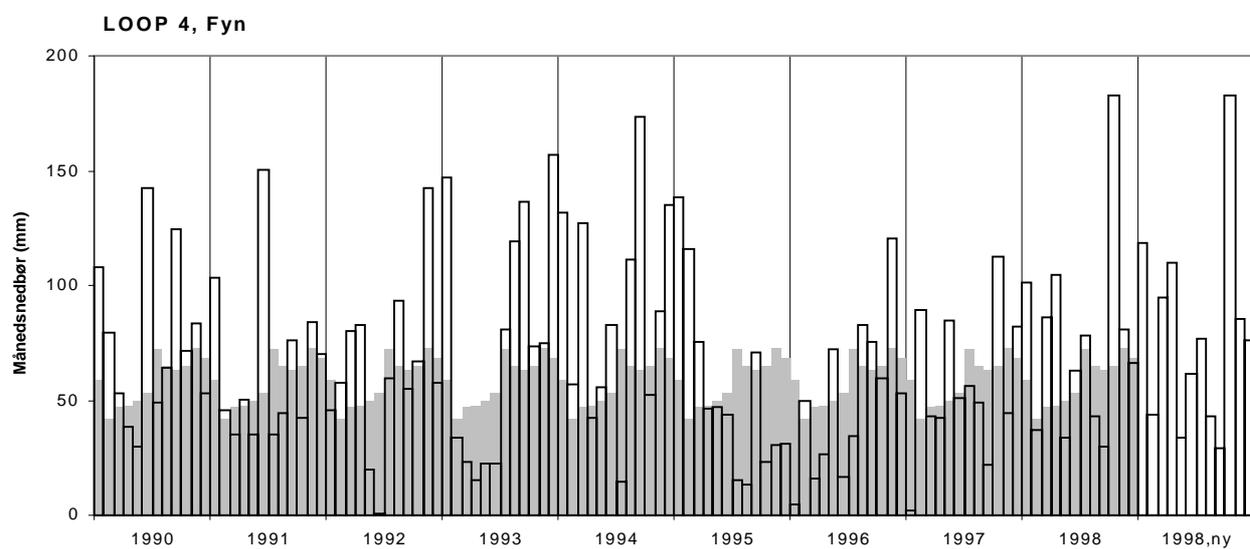
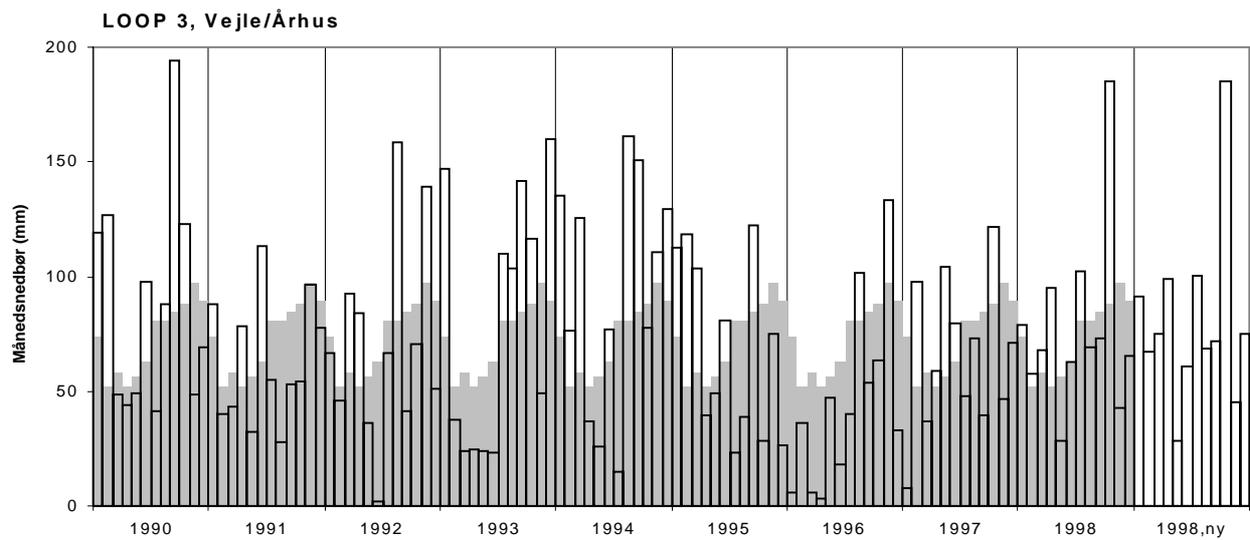
Detaljerede undersøgelser i 6 landovervågningsoplande viser, at der i perioden 1990-98 er sket forbedringer i landbrugspraksis. Overgødsningen er mindsket, og handelsgødningsforbruget er reduceret. Således er udnyttelsen af husdyrgødning forbedret med ca. 42 %-point. I 1998 blev minimumskravet til udnyttelse af husdyrgødning dog ikke opfyldt på ca. 14 % af de ejendomme, som anvendte husdyrgødning. Endvidere blev der overgødet på ca. 10 % af arealet. Modelberegninger for alle markerne i de 6 oplande viser, at ændringen i landbrugspraksis fra 1989/90 til 1997/98 over en årrække vil medføre en reduktion i udvaskningen fra rodzonen på ca. 25 %.

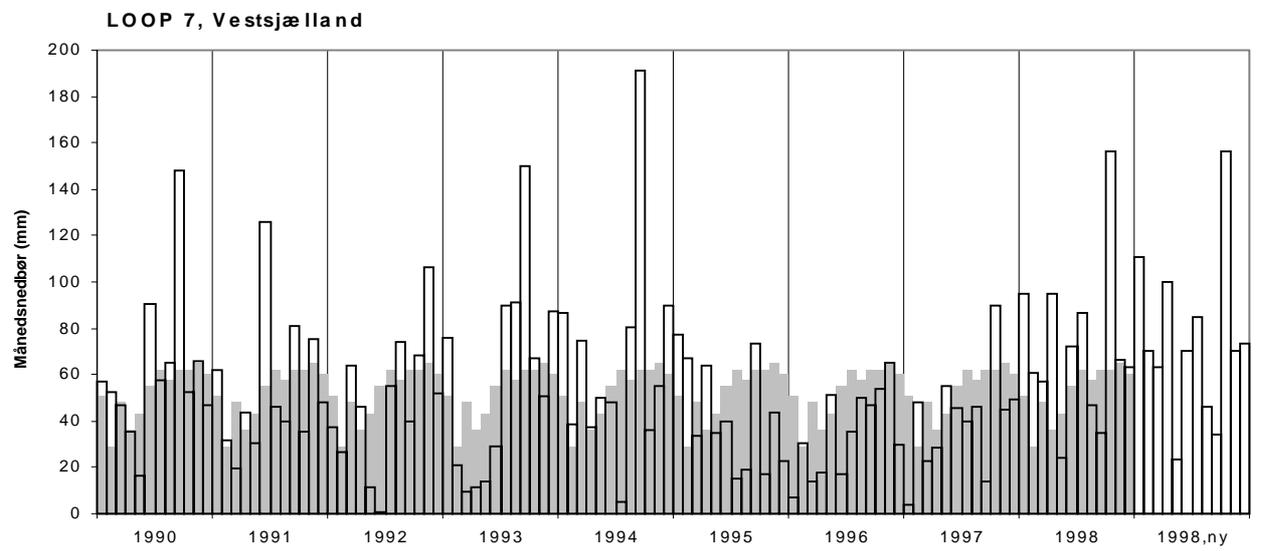
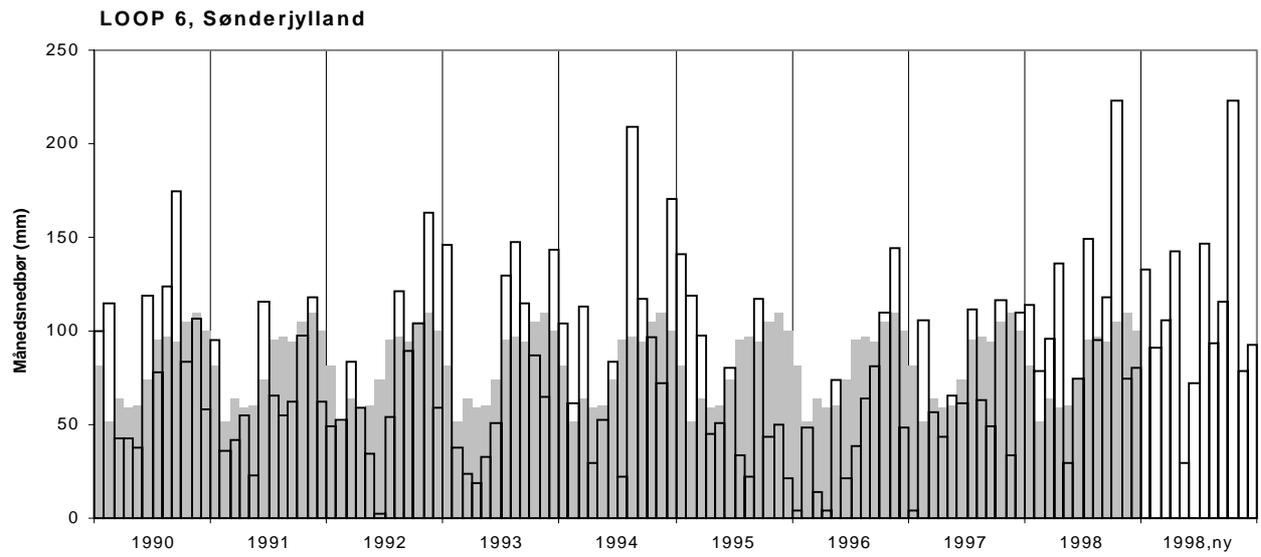
*Forventet reduktion i
udvaskning på 25 %*

Bilag 2.1

Månedsnedbør for LOOP 1-7, inkl. normalnedbør for oplandene. Desuden vises 1998 med nye korrektionsværdier.







Bilag 3.1

Markbalance for kvælstof i 1000 tons for hele landet fra 1985 til 1998

Markbalance for kvælstof i 1000 tons for hele landet fra 1985 til 1998														
Tilført	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Handelsgødning ¹	392,3	376,3	375,5	361,2	371,2	394,6	389,1	363,7	327,1	320	310,1	285	281,8	277,4
Husdyrgødning ³	260,2	258,3	248,3	245,1	243,1	243,5	246,2	251,6	257,5	255,4	252,8	253,7	227,5	230,6
Slam							6,1	7,1	9,7	4,6	5,3	4,7	4,02	4,02
Affald fra industri												4,36	10,46	10,46
N-fixering	37,4	37,3	37,0	35,7	34,4	35,7	33,6	32,2	35,4	32,7	29,6	30,38	30,71	32,19
Deposition	59,8	59,4	59,1	58,8	58,5	58,8	58,3	58,0	57,8	56,8	57,6	57,0	56,4	56,1
Ialt	749,65	731,3	719,8	700,8	707,25	732,56	733,27	712,6	687,48	669,49	655,46	635,20	610,92	610,8
Kvælstofbehov²	408,4	401,4	393,9	390,6	405,4	421,8	421,1	406,2	384,1	372,1 ²	370,2 ²	332,3 ²	352,8	372,4
Fraført														
Høstet	369,7	360,1	339,9	357,6	369,4	407,7	380,4	307,7	357,1	341,4	359,7	343,6	361,31	365,77
Balance	379,9	371,2	379,9	343,2	337,9	324,9	352,84	404,9	330,43	328,08	295,7	292,16	249,61	245,03
Udskilt N	309,5	307,2	295,3	291,6	289,2	289,7	292,8	299,3	306,3	303,8	300,7	301,8	270,6	276,8
NH ₃ -fordampning ⁴	49,3	48,9	47,0	46,5	46,1	46,2	46,6	47,7	48,8	48,4	47,9	48,1	43,1	46,2
Husdyrg. lager	260,2	258,3	248,3	245,1	243,1	243,5	246,2	251,6	257,5	255,4	252,8	253,7	227,5	230,6
Dyrket areal (1000ha)	2847	2830	2814	2800	2786	2798	2776	2760	2750	2706	2744	2716	2688	2672

¹ Handelsgødningsforbruget (*Danmarks Statistik*) er fratrukket 5,8 mio. kg N, som er forbrugt til golfbaner, kommunale anlæg m.v.

² Kvælstofbehovet for 1994-1996 er opgjort efter Plantedirektoratets normer; for 1994 og 1995 er kvælstofbehovet henholdsvis 370,8 og 387,1 mio. kg N opgjort efter *Hansen (1990)*.

³ Kvælstofindholdet i husdyrgødningen er fra og med 1997 beregnet ud fra *Poulsen og Kristensen (1997)*.

⁴ Fra og med 1998 bliver ammoniakfordampningen beregnet efter *Andersen et al. (1999)*.

Bilag 3.2

Markbalancer for kvælstof i kg N/ha for hele landet fra 1985 til 1998.

Markbalancer for kvælstof i kg N/ha for hele landet fra 1985 til 1998														
	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Tilført														
Handelsgødning	137,8	133,0	133,4	129,0	133,2	141,0	140,2	131,8	118,9	118,3	113,0	104,9	104,8	103,8
Husdyrgødning	91,4	91,3	88,2	87,6	87,3	87,0	88,7	91,2	93,6	94,4	92,1	93,5	84,6	86,3
Slam	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	2,6	3,5	1,7	1,9	1,7	1,5	1,5
Affald fra industri												1,6	3,9	3,9
N-fixering	13,1	13,2	13,1	12,7	12,4	12,7	12,1	11,7	12,9	12,1	10,8	11,2	11,4	12,0
Deposition	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0	21,0
Ialt	263,3	258,4	255,8	250,3	253,9	261,8	264,1	258,2	249,9	247,5	238,9	233,9	227,3	228,6
Fraført														
Høstet	129,9	127,3	120,8	127,7	132,6	145,7	137,0	111,5	129,8	126,2	131,1	126,51	134,42	136,89
Balance	133,5	131,2	135,0	122,6	121,3	116,1	127,1	146,8	120,1	121,3	107,8	107,36	92,86	91,70

Bilag 3.3

Markbalance for fosfor i 1000 tons for hele landet fra 1980 til 1998

Markbalance for fosfor i 1000 tons P for hele landet fra 1980 til 1998																				
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	
Tilført																				
Handelsgødning	57,1	47,4	44,9	48,5	50,8	47,6	45,1	45,8	40,7	39,2	40,4	37,7	32,2	27,1	22,9	21,4	20,5	22,3	20,7	20,7
Husdyrgødning	50,3	49,6	49,2	49,8	48,1	48,1	48,3	46,8	46,7	46,5	46,2	46,8	48,4	49,5	49,4	48,9	49,1	54,4	55,9	55,9
Slam												3,4	4,6	5,8	3,2	3,8	3,4	2,77	2,77	2,77
Affald fra industri																	2,3	3,88	3,88	3,88
I alt i 1000 tons P	107,4	97,0	94,1	98,3	98,9	95,7	93,4	92,6	87,4	85,7	86,6	87,9	85,2	82,4	75,5	74,1	75,3	83,4	83,3	83,3
Fraført																				
Høstet	48,8	51,6	54,7	44,5	60,9	53,7	53,0	48,4	54,1	54,5	62,6	59,2	46,9	53,6	51,1	55,4	53,1	53,6	54,2	54,2
Balance i 1000 tons P	58,6	45,4	39,4	53,8	38,0	42,0	40,4	44,3	33,3	31,2	24,0	28,8	38,3	28,8	24,3	18,7	22,3	24,3	29,05	29,05
Dyrket areal (1000ha)	2896	2890	2879	2832	2844	2847	2830	2814	2800	2786	2798	2776	2760	2750	2706	2744	2716	2688	2672	2672

Handelsgødningsforbruget er fratrukket 1 mio. kg P, som er forbrugt til golfbaner offentlige anlæg.
Fosforindholdet i husdyrgødning er fra og med 1997 beregnet ud fra DJF Beretning 736 , Poulsen og Kristensen (1997).

Bilag 3.4

Markbalance for fosfor i kg P/ha for hele landet fra 1980 til 1998

Markbalance for P 1980-1998																					
	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998		
Tilført																					
Handelsgødning	19,7	16,4	15,6	17,1	17,8	16,7	15,9	16,3	14,5	14,1	14,4	13,6	11,7	9,9	8,5	7,8	7,6	8,3	7,7	7,7	
Husdyrgødning	17,4	17,2	17,1	17,6	16,9	16,9	17,1	16,6	16,7	16,7	16,5	16,9	17,5	18,0	18,3	17,8	18,1	20,2	20,9	20,9	
Slam												1,2	1,6	2,1	1,2	1,4	1,3	1,0	1,0	1,0	
Affald fra industri																	0,9	1,4	1,5	1,5	
I alt	37,1	33,6	32,7	34,7	34,8	33,6	33,0	32,9	31,2	30,8	31,0	31,7	30,9	30,0	27,9	27,0	27,7	31,0	31,2	31,2	
Fraført																					
Høstet	16,9	17,8	19,0	15,7	21,4	18,9	18,7	17,1	19,3	19,5	22,4	21,3	17,0	19,5	18,9	20,2	19,5	19,9	20,3	20,3	
Balance i kg P/ha	20,2	15,7	13,7	19,0	13,4	14,8	14,3	15,7	11,9	11,2	8,6	10,4	13,9	10,5	9,0	6,8	8,2	11,1	10,9	10,9	
Dyrket areal (1000 ha)	2896	2892	2879	2832	2844	2847	2830	2814	2800	2786	2798	2776	2760	2750	2706	2744	2716	2688	2672	2672	

Bilag 4.1

Data til beskrivelse af udviklingstendensen i gødningspraksis til alle afgrødegrupper med et gødningsbehov i perioden 1990 og 1994 til 1998.

	1990	1994	1995	1996	1997	1998 LOOP 1-6	1998 LOOP 1-7
Handelsgødning (kg N ha ⁻¹)	142	121	113	103	104	101	107
Husdyrgødning (kg N ha ⁻¹)	82	100	101	92	85	83	72
Udbinding (kg N ha ⁻¹)	11	22	21	25	23	18	15
Effektiv N i husdyrgødning (kg N ha ⁻¹)	28	54	43	38	38	38	33
Total tildelt (kg N ha ⁻¹)	235	243	235	220	212	202	194
Effektiv tildelt, i alt (kg N ha ⁻¹)	170	175	156	141	142	139	140
Anbefalet (kg N ha ⁻¹)	171	167	170	150	160	165	166
Nyttevirkning (%)	34	54	42	41	44	46	46
Udnyttelsesgraden af husdyrgød. (%)	35	46	56	51	66	77	82

Bilag 4.2

Datagrundlag for opgørelse af tildelte kvælstofmængde i forhold til de anbefalede kvælstofmængder for afgrøder med et gødningsbehov opdelt på fem husdyrtæthedsgrupper og fire bedrifttyper i LOOP1-7 i 1998 . Opgørelsen er foretaget i henhold til gældende lovgivning.

	Husdyrtæthed					Bedrifter			
	0 DE ha ⁻¹	0-1 DE ha ⁻¹	0-1.7 DE ha ⁻¹	1.7-2.3 DE ha ⁻¹	>2.3 DE ha ⁻¹	Plante- brug	Blandede brug	Kvæg- brug	Svine- brug
Areal (ha)	1707	1754	1498	474	306	1707	510	2118	1402
Antal brug	71	42	34	12	9	70	21	46	31
Dyreenheder	8	917	2625	1465	985	0	657	3285	2058
Handelsgødning (kg N ha ⁻¹)	139	97	85	115	81	139	68	98	95
Husdyrgødning (kg N ha ⁻¹)	18	61	108	134	155	18	87	99	91
Udbinding (kg N ha ⁻¹)	0	11	29	35	27	0	10	38	1
Effektiv husdyrgødning (kg N ha ⁻¹)	10	29	47	65	67	10	35	41	48
Anbefalet behov (kg N ha ⁻¹)	163	156	173	199	156	163	161	182	147
Eff. tildelt gødning - anbf. (kg N ha ⁻¹)	-14	-30	-41	-19	-8	-14	-58	-43	-4
Udnyttelse af Husdyrgødning (%)	100	97	81	63	48	100	100	85	57

Bilag 5.1

Afstrømning, N-udvaskning og vandføringsvægtede N (NO₃-N) koncentrationer som gennemsnit for stationer i oplandene.

Opgørelse på hydrologiske år.

	Afstrømning (mm år ⁻¹)								
	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	97/98
Lerjorde									
LOOP 1	90	316	219	121	466	333	0	92	294
LOOP 4	247	369	351	327	597	609	5	247	398
LOOP 3	298	496	429	437	723	680	130	311	438
Sandjorde									
LOOP 2	273	322	290	262	393	523	135	296	413
LOOP 5	515	582	646	660	635	672	220	220	-
LOOP 6	292	592	519	574	737	816	172	172	691
	N udvaskning (kg N ha ⁻¹ år ⁻¹)								
	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	97/98
Lerjorde									
LOOP 1	21	52	40	46	32	67	0	11	55
LOOP 4	53	50	63	85	92	75	2	56	78
LOOP 3	139	129	109	134	169	137	15	66	78
Sandjorde									
LOOP 2	104	105	148	126	113	102	47	92	152
LOOP 5	112	123	187	153	103	139	69	109	-
LOOP 6	96	94	189	208	194	135	35	126	120
	N koncentration (mg N l ⁻¹)								
	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	97/98
Lerjorde									
LOOP 1	24	17	18	35	7	21	-	12	19
LOOP 4	22	14	18	26	15	12	-	23	20
LOOP 3	45	26	27	30	23	20	12	22	18
Sandjorde									
LOOP 2	39	32	51	48	29	19	36	32	37
LOOP 5	22	21	28	23	16	18	31	22	-
LOOP 6	34	16	36	36	26	17	20	29	17

Bilag 5.2

Ejendoms- og markoplysning for stationsmarkerne

HA = handelgødning, HU = husdyrgødning + udbinding, N-fix = kvælstoffixering

DE ha⁻¹: baseret på areal med gødningsbehov; dvs. bark undtagen non-food afgrøder fraregnet

År: henviser til driftår

LOOP 1

St.	Jb nr	År	Brugs-type	DE ha ⁻¹	Afgrøde	N-tilf. (kg ha ⁻¹)		P-tilf. (kg ha ⁻¹)		N-fjernet (kg ha ⁻¹)	N-fix (kg ha ⁻¹)
						Ha	Hu	Ha	Hu		
101	6	1990	plante	.	Fabriksroer	128.3	.	35.5	.	134.4	2.0
101	6	1991	plante	.	Vårbyg, foderkorn	110.1	.	0.0	.	159.3	2.0
101	6	1992	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	201.7	.	23.8	.	183.0	2.0
101	6	1993	plante	.	Fabriksroer	131.2	.	32.8	.	137.3	2.0
102	7	1990	plante	.	Fabriksroer	120.0	.	37.5	.	104.0	2.0
102	7	1991	plante	.	Vårbyg, foderkorn	123.0	.	14.5	.	107.6	2.0
102	7	1992	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	159.9	.	18.9	.	106.3	2.0
102	7	1993	plante	.	Fabriksroer	100.8	.	25.2	.	104.0	2.0
102	7	1994	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	178.9	.	17.4	.	115.3	2.0
102	7	1995	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	172.2	.	20.3	.	139.7	2.0
102	7	1996	plante	.	Fabriksroer	96.0	.	12.0	.	83.2	2.0
102	7	1997	plante	.	Vårbyg, malt	90.4	.	0.0	.	127.6	2.0
102	7	1998	plante	.	Vinterhvede	235.0	.	22.0	.	173.0	2.0
103	6	1990	plante	.	Vårbyg, foderkorn	176.5	.	13.1	.	105.8	2.0
103	6	1991	plante	.	Vårbyg, foderkorn	118.1	.	12.5	.	104.0	2.0
103	6	1992	plante	.	Vårbyg, foderkorn	110.1	.	13.6	.	72.2	2.0
103	6	1993	plante	.	Vårbyg, foderkorn	94.5	.	0.0	.	114.9	2.0
103	6	1994	plante	.	Fabriksært	0.0	.	12.0	.	175.2	233.8
103	6	1995	plante	.	Vinterhvede, brød	190.9	.	18.6	.	183.0	2.0
103	6	1996	plante	.	Fabriksroer	113.5	.	33.0	.	101.9	2.0
103	6	1997	plante	.	Vårbyg, malt	98.6	.	0.0	.	110.2	2.0
103	6	1998	plante	.	Vinterhvede, brød	199.0	.	14.0	.	160.0	2.0
104	5	1990	svin	0.2	Vinterhvede, foderkorn	292.0	57.8	40.5	4.1	177.1	2.0
104	5	1991	svin	0.1	Markært	0.0	.	0.0	.	205.5	266.0
104	5	1992	svin	0.2	Vinterhvede, foderkorn	172.2	.	20.3	.	186.4	2.0
104	5	1993	svin	0.2	Fabriksroer	130.0	.	39.0	.	129.8	2.0
104	5	1994	svin	0.2	Vårbyg, foderkorn	103.0	.	13.0	.	125.4	2.0
104	5	1995	svin	0.2	Vinterhvede, brød	186.8	.	18.1	.	190.9	2.0
104	5	1996	plante	0.1	Fabriksroer	119.0	.	34.2	.	109.4	2.0
104	5	1997	plante	.	Vårbyg, malt	92.7	.	11.7	.	155.1	2.0
104	5	1998	plante	.	Vinterhvede, brød	197.0	.	14.0	.	160.0	2.0
105	6	1990	plante	.	Fabriksroer	99.9	.	28.5	.	105.2	2.0
105	6	1991	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	207.8	.	0.0	.	165.3	2.0
105	6	1992	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	190.7	.	26.0	.	137.8	2.0
105	6	1993	plante	.	Fabriksroer	105.3	.	36.0	.	124.4	2.0
105	6	1994	plante	.	Vårbyg, foderkorn	86.4	.	0.0	.	106.6	2.0
105	6	1995	plante	.	Vinterhvede, brød	178.2	.	14.0	.	195.1	2.0
105	6	1996	plante	.	Fabriksroer	110.5	.	28.0	.	97.8	2.0
105	6	1997	plante	.	Vårbyg, malt	81.6	.	0.0	.	125.9	2.0
105	6	1998	plante	.	Vinterhvede	201.0	.	14.0	.	157.0	2.0
106	6	1990	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	202.5	.	19.0	.	226.3	2.0
106	6	1991	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	189.0	.	34.2	.	191.1	2.0
106	6	1992	plante	.	Fabriksroer	127.2	.	46.1	.	85.7	2.0
106	6	1993	plante	.	Vårbyg, foderkorn	94.5	.	0.0	.	114.9	2.0
106	6	1994	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	186.9	.	18.2	.	168.4	2.0
106	6	1995	plante	.	Vårbyg, malt	106.9	.	0.0	.	124.0	2.0
106	6	1996	plante	.	Vårbyg, malt	82.2	.	12.0	.	122.2	2.0
106	6	1997	plante	.	Vinterhvede, brød	191.6	.	285.9	.	183.2	2.0
106	6	1998	plante	.	Vårbyg	102.0	.	0.0	.	129.0	2.0
107	7	1993	plante	.	Vårbyg, foderkorn	86.1	.	10.2	.	102.1	2.0
107	7	1994	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	177.6	.	17.3	.	175.6	2.0

St.	Jb nr	År	Brugs- type	DE ha ⁻¹	Afgrøde	N-tilf. (kg ha ⁻¹)		P-tilf. (kg ha ⁻¹)		N- fjernet (kg ha ⁻¹)	N-fix (kg ha ⁻¹)
						Ha	Hu	Ha	Hu		
107	7	1995	plante	.	Fabriksroer	126.4	.	29.2	.	92.8	2.0
107	7	1996	plante	.	Vårbyg, malt	74.0	.	0.0	.	134.0	2.0
107	7	1997	plante	.	Vinterhvede, brød	178.4	.	13.0	.	210.8	2.0
107	7	1998	plante	.	Fabriksroer	115.0	.	35.0	.	91.0	2.0

LOOP 2

St.	Jb nr	År	Brugs-type	DE ha ⁻¹	Afgrøde	N-tilf. (kg ha ⁻¹)		P-tilf. (kg ha ⁻¹)		N-fjernet (kg ha ⁻¹)	N-fix (kg ha ⁻¹)
						Ha	Hu	Ha	Hu		
201	4	1990	kvæg	1.8	Foderroer	108.0	340.4	0.0	54.2	158.4	2.0
201	4	1991	kvæg	2.0	Vårbyg + udlæg, foderkorn	74.0	155.9	0.0	29.4	176.2	4.7
201	4	1992	kvæg	1.9	Vårbyg, foderkorn	74.0	203.6	0.0	39.5	47.4	2.0
201	4	1993	kvæg	1.9	Vårbyg + udlæg, foderkorn	65.8	299.9	0.0	52.4	93.0	4.5
201	4	1994	kvæg	2.2	Foderroer	24.3	461.5	0.0	75.6	134.0	2.0
201	4	1995	kvæg	2.3	Vårbyg + udlæg, foderkorn	87.6	319.4	0.0	52.8	135.2	4.0
201	4	1996	kvæg	3.3	Majs	36.0	379.2	40.0	65.0	207.7	2.0
201	4	1997	kvæg	1.6	Markært	0.0	.	8.8	.	0.0	79.0
201	4	1998	kvæg	1.6	Vinterhvede	62.0	221.5	0.0	39.5	172.0	2.0
202	1	1990	kvæg	1.8	Vårbyg + udlæg, foderkorn	82.2	168.5	0.0	30.5	165.6	4.9
202	1	1991	kvæg	2.0	Vårbyg + udlæg, foderkorn	90.4	153.7	0.0	29.2	176.2	4.7
202	1	1992	kvæg	1.9	Anden rodfrugt	54.0	352.0	0.0	66.6	169.8	2.0
202	1	1993	kvæg	1.9	Vårbyg + udlæg, foderkorn	65.8	261.0	0.0	49.0	72.0	5.1
202	1	1994	kvæg	2.2	Markært	0.0	108.6	0.0	17.8	151.6	226.0
202	1	1995	kvæg	2.3	Vinterhvede, foderkorn	86.4	217.4	0.0	36.9	170.6	2.0
202	1	1996	kvæg	3.3	Vårbyg, ærtehelsæd	0.0	92.3	0.0	14.5	118.7	62.1
202	1	1997	kvæg	1.6	Vinterhvede, foderkorn	57.6	104.5	0.0	15.2	149.0	2.0
202	1	1998	kvæg	1.6	Vinterrug	98.0	120.7	0.0	22.5	100.0	2.0
203	1	1990	svin	1.0	Vårbyg, foderkorn	74.0	.	0.0	.	129.0	2.0
203	1	1991	svin	1.1	Vårrops, industri	123.3	.	0.0	.	67.6	2.0
203	1	1992	svin	1.0	Vinterhvede, foderkorn	162.0	139.5	0.0	23.7	106.5	2.0
203	1	1993	svin	1.1	Vårbyg + udlæg, foderkorn	74.3	252.5	0.0	43.6	87.9	4.6
203	1	1994	svin	2.2	Helsæd	67.5	81.4	0.0	13.0	140.5	5.1
203	1	1995	svin	1.5	Markært	0.0	.	14.0	.	121.3	195.5
203	1	1996	svin	1.9	Vinterhvede, foderkorn	78.0	406.8	0.0	99.8	126.5	2.0
203	1	1997	svin	1.6	Vinterhvede, foderkorn	49.4	210.9	0.0	45.6	77.0	2.0
203	1	1998	svin	1.4	Vårbyg	48.0	106.4	0.0	26.3	87.0	2.0
204	1	1990	kvæg	2.3	Vårbyg + udlæg, foderkorn	90.4	131.8	0.0	23.7	145.6	4.7
204	1	1991	kvæg	2.2	Kløvergræs	191.6	248.3	6.0	40.6	177.6	53.6
204	1	1992	kvæg	1.6	Kløvergræs	251.1	229.1	13.2	33.3	159.8	51.6
204	1	1993	kvæg	1.6	Vårbyg + udlæg, foderkorn	89.8	144.1	0.0	17.3	81.1	4.9
204	1	1994	kvæg	2.7	Foderroer	54.0	181.6	0.0	26.5	256.8	2.0
204	1	1995	kvæg	2.1	Vårbyg + udlæg, foderkorn	113.8	155.5	0.0	30.6	97.3	4.0
204	1	1996	kvæg	2.8	Vårbyg + udlæg, foderkorn	65.8	78.1	0.0	15.7	134.0	2.0
204	1	1997	kvæg	1.5	Græs til afgræsning+slet, 0-10	160.2	203.0	4.4	14.4	283.5	2.0
204	1	1998	kvæg	1.4	Kløvergræs	147.0	167.7	0.0	23.2	207.0	135.0
205	3	1990	kvæg	1.3	Græs til slet	402.3	218.7	10.4	28.0	435.2	83.4
205	3	1991	kvæg	1.3	Foderroer	94.5	385.8	0.0	63.5	172.4	2.0
205	3	1992	kvæg	1.1	Markært	0.0	.	12.0	.	104.4	174.6
205	3	1993	kvæg	1.1	Vinterhvede, foderkorn	148.5	97.7	0.0	13.5	170.9	2.0
205	3	1994	kvæg	1.1	Vårbyg + udlæg, foderkorn	161.2	104.8	10.0	13.0	142.4	5.1
205	3	1995	kvæg	1.1	Foderroer	122.4	295.9	4.4	41.3	115.7	2.0
205	3	1996	kvæg	1.6	Markært	0.0	.	16.0	.	117.9	175.7
205	3	1997	kvæg	1.2	Vinterhvede, foderkorn	120.0	96.3	0.0	14.8	154.8	2.0
205	3	1998	kvæg	1.0	Vårbyg	74.0	105.0	0.0	18.8	124.0	4.0
206	1	1990	kvæg	1.7	Vinterhvede, foderkorn	183.6	.	5.6	.	111.9	2.0
206	1	1991	kvæg	1.6	Vårrops, industri	121.5	121.0	0.0	15.4	63.9	2.0
206	1	1992	kvæg	1.6	Vårbyg, foderkorn	47.3	108.0	0.0	15.2	38.3	2.0
206	1	1993	kvæg	1.6	Markært	0.0	134.0	0.0	19.5	134.8	205.1
206	1	1994	kvæg	1.9	Udyrket Brak	0.0	.	0.0	.	0.0	2.0
206	1	1995	kvæg	1.4	Vinterhvede, foderkorn	113.0	134.0	14.5	20.0	165.0	2.0
206	1	1996	kvæg	2.4	Vårbyg, ærtehelsæd	96.0	105.2	0.0	16.4	152.9	64.4
206	1	1997	kvæg	1.4	Vårbyg + udlæg, helsæd	144.0	320.7	0.0	48.2	194.5	4.0
206	1	1998	kvæg	1.5	Helsæd, vårbyg	142.0	115.3	8.0	21.5	199.0	4.0

LOOP 3

St.	Jb nr	År	Brugs-type	DE ha ⁻¹	Afgrøde	N-tilf. (kg ha ⁻¹)		P-tilf. (kg ha ⁻¹)		N-fjernet (kg ha ⁻¹)	N-fix (kg ha ⁻¹)
						Ha	Hu	Ha	Hu		
301	6	1990	kvæg	0.5	Vinterhvede, foderkorn	163.5	.	0.0	.	191.9	2.0
301	6	1991	kvæg	1.3	Vinterbyg + udlæg, foderkorn	135.0	145.7	0.0	18.2	201.0	4.5
301	6	1992	kvæg	1.3	Græs til afgræsning	183.6	199.2	24.0	25.3	229.4	60.4
301	6	1993	kvæg	1.4	Vinterhvede, foderkorn	119.0	.	0.0	.	206.8	2.0
301	6	1994	kvæg	1.5	Vinterbyg + udlæg, foderkorn	141.8	128.1	0.0	17.6	150.0	2.0
301	6	1995	kvæg	1.3	Græs til afgræsning+slet, 0-10	138.0	100.8	0.0	12.7	220.5	76.3
301	6	1996	kvæg	1.3	Vinterhvede, foderkorn	114.8	93.0	0.0	33.5	167.3	2.0
301	6	1997	kvæg	1.1	Vinterbyg + udlæg, foderkorn	121.5	145.0	0.0	19.4	175.2	4.0
301	6	1998	kvæg	1.0	Græs	171.0	150.5	20.0	24.7	186.0	2.0
302	6	1990	kvæg	1.3	Vårbyg + udlæg, foderkorn	98.6	.	0.0	.	192.1	4.6
302	6	1991	kvæg	1.7	Kløvergræs	216.0	173.8	0.0	9.1	266.4	63.4
302	6	1992	kvæg	1.2	Kløvergræs	189.0	187.6	0.0	12.0	230.9	59.5
302	6	1993	kvæg	1.2	Græs til afgræsning+slet, 0-10	140.4	237.1	14.3	10.5	0.0	61.5
302	6	1994	kvæg	1.2	Vinterhvede, foderkorn	190.1	.	19.4	.	149.0	2.0
302	6	1995	kvæg	1.2	Vinterbyg, foderkorn	164.8	.	20.8	.	139.2	2.0
302	6	1996	kvæg	1.2	Vårbyg, foderkorn	87.6	.	11.0	.	130.1	2.0
302	6	1997	kvæg	1.0	Vinterbyg, foderkorn	119.4	.	0.0	.	132.9	2.0
302	6	1998	kvæg	0.8	Vinterhvede	165.0	.	0.0	.	147.0	2.0
303	6	1990	svin	0.5	Vinterhvede, foderkorn	184.5	.	21.8	.	133.8	2.0
303	6	1991	svin	0.5	Vinterbyg, foderkorn	168.0	.	31.2	.	135.0	2.0
303	6	1992	svin	0.7	Vårbyg + udlæg, foderkorn	84.0	.	15.6	.	67.4	2.0
303	6	1993	svin	1.2	Frøgræs	121.5	327.6	0.0	78.0	63.6	35.7
303	6	1994	svin	1.4	Rent græs	0.0	.	0.0	.	0.0	34.0
303	6	1995	svin	1.5	Vårbyg, malt	92.0	.	0.0	.	145.1	2.0
303	6	1995	svin	1.5	Vårbyg, malt	92.0	.	0.0	.	145.1	2.0
303	6	1996	svin	1.4	Vårbyg, foderkorn	78.0	.	0.0	.	110.4	2.0
303	6	1997	Svin	1.4	Vinterhvede, foderkorn	121.5	138.8	0.0	30.0	133.8	2.0
303	6	1998	svin	1.3	Vinterhvede	96.0	112.1	0.0	28.4	149.0	2.0
304	7	1990	plante	.	Vinterraps, industri	206.1	.	23.2	.	150.3	2.0
304	7	1991	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	178.5	.	33.2	.	157.4	2.0
304	7	1992	plante	.	Vårbyg, foderkorn	126.9	.	25.7	.	42.1	2.0
304	7	1993	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	169.1	.	27.5	.	103.4	2.0
304	7	1994	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	205.9	.	30.1	.	103.4	2.0
304	7	1995	plante	.	Vinterbyg, foderkorn	141.9	.	19.4	.	73.0	2.0
304	7	1996	plante	.	Vinterbyg, foderkorn	129.8	.	16.4	.	82.1	2.0
304	7	1997	plante	.	Vinterbyg, foderkorn	129.4	.	16.3	.	67.5	2.0
304	7	1997	plante	.	Vinterbyg, foderkorn	129.4	.	16.3	.	67.5	2.0
304	7	1998	plante	.	Vinterraps	152.0	.	19.0	.	60.0	2.0
305	6	1990	kvæg+svin	1.1	Vinterhvede, foderkorn	0.0	69.3	0.0	16.5	84.6	2.0
305	6	1991	kvæg+svin	2.3	Udyrket Brak	0.0	36.5	0.0	12.0	0.0	2.0
305	6	1991	kvæg+svin	2.3	Udyrket Brak	0.0	36.5	0.0	12.0	0.0	2.0
305	6	1992	kvæg+svin	1.0	Vårbyg, foderkorn	0.0	.	0.0	.	16.4	2.0
305	6	1993	kvæg	0.4	Spildkorn	0.0	.	0.0	.	0.0	2.0
305	6	1994	kvæg	0.4	Frilandsgrønsager	0.0	100.8	0.0	24.0	0.0	2.0
305	6	1994	kvæg	0.4	Frilandsgrønsager	0.0	100.8	0.0	24.0	0.0	2.0
305	6	1995	kvæg	0.5	Frilandsgrønsager	0.0	.	0.0	.	0.0	2.0
305	6	1996	kvæg	1.0	Vårhvede, brød	0.0	81.8	0.0	29.5	63.2	2.0
305	6	1996	kvæg	1.0	Vårhvede, brød	0.0	81.8	0.0	29.5	63.2	2.0
305	6	1997	kvæg	0.7	Græs til afgræsning+slet, 11-3	0.0	166.4	0.0	42.3	189.0	71.4
305	6	1998	andet	0.6	Kløvergræs	0.0	209.4	0.0	39.4	119.0	162.0
306	6				Skov						

LOOP 4

St.	Jb nr	År	Brugs-type	DE ha ⁻¹	Afgrøde	N-tilf. (kg ha ⁻¹)		P-tilf. (kg ha ⁻¹)		N-fjernet (kg ha ⁻¹)	N-fix (kg ha ⁻¹)
						Ha	Hu	Ha	Hu		
401	7	1990	plante	.	Foderroer	122.4	.	33.3	.	254.6	2.0
401	7	1991	plante	.	Fodermajs	180.9	.	31.7	.	242.8	2.0
401	7	1992	plante	.	Fodermajs	181.4	.	53.8	.	225.5	2.0
401	7	1993	plante	.	Fodermajs	189.6	.	53.0	.	161.8	2.0
401	7	1994	plante	.	Majs	170.0	.	71.9	.	202.3	2.0
401	7	1995	plante	.	Vårbyg, malt	106.9	.	0.0	.	118.6	2.0
401	7	1996	plante	.	Majs	66.0	209.6	22.7	36.4	234.7	2.0
401	7	1997	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	107.5	174.3	0.0	24.8	199.0	2.0
401	7	1998	svin	1.6	Vårbyg til malt	74.0	80.8	0.0	20.4	96.0	2.0
402	6	1990	svin	0.7	Vinterhvede, foderkorn	172.2	.	18.2	.	177.1	2.0
402	6	1991	svin	0.7	Vårbyg + udlæg, foderkorn	108.0	.	17.6	.	97.3	2.0
402	6	1992	svin	0.6	Kløverfrø	0.0	.	0.0	.	0.0	202.0
402	6	1993	svin	0.6	Vinterhvede, brød	181.9	.	11.9	.	162.5	2.0
402	6	1994	svin	0.9	Vårbyg + udlæg, foderkorn	82.6	.	25.8	.	91.2	2.0
402	6	1995	svin	0.8	Markært	0.0	.	27.1	.	158.3	225.7
402	6	1996	svin	0.9	Vinterhvede, foderkorn	57.8	98.8	0.0	19.0	169.2	2.0
402	6	1997	svin	0.9	Vinterbyg, malt	137.1	.	21.5	.	131.3	2.0
402	6	1998	svin	0.9	Vinterraps	155.0	185.3	0.0	58.4	134.0	2.0
403	6	1990	svin	0.7	Vinterhvede, foderkorn	159.2	182.5	6.5	62.5	206.8	2.0
403	6	1991	svin	0.7	Vårbyg, foderkorn	101.3	.	0.0	.	82.1	2.0
403	6	1992	svin	0.6	Vinterraps, industri	164.8	.	19.4	.	146.6	2.0
403	6	1993	svin	0.6	Vinterhvede, brød	135.0	170.1	0.0	40.5	210.8	2.0
403	6	1994	svin	0.9	Vinterbyg, foderkorn	170.4	.	23.2	.	114.8	2.0
403	6	1995	svin	0.8	Vinterraps, industri	174.6	204.3	9.5	51.0	120.3	2.0
403	6	1996	svin	0.9	Vinterhvede, foderkorn	59.5	368.8	0.0	106.0	159.4	2.0
403	6	1997	svin	0.9	Vinterhvede, foderkorn	123.0	114.0	0.0	93.6	177.1	2.0
403	6	1997	svin	0.9	Vinterhvede	100.0	206.0	0.0	64.5	147.0	2.0
404	6	1990	plante	.	Vårraps, industri	164.4	.	28.2	.	104.5	2.0
404	6	1991	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	166.1	.	17.5	.	155.5	2.0
404	6	1992	plante	.	Vårbyg, foderkorn	106.9	.	0.0	.	78.2	2.0
404	6	1993	plante	.	Vinterbyg, foderkorn	162.4	88.2	19.1	21.0	127.8	2.0
404	6	1994	plante	.	Vinterraps, industri	163.7	.	8.0	.	109.0	2.0
404	6	1995	plante	.	Vinterhvede, brød	168.0	.	16.0	.	195.6	2.0
404	6	1996	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	158.4	.	13.2	.	119.9	2.0
404	6	1997	plante
404	6	1998	plante	.	Vinterbyg	204.0	.	25.0	.	119.0	2.0
405	6	1990	plante	.	Vårbyg, foderkorn	106.9	.	25.1	.	154.2	2.0
405	6	1991	plante	.	Markært	0.0	.	33.0	.	117.9	187.6
405	6	1992	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	174.3	.	32.4	.	229.6	2.0
405	6	1993	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	186.9	.	34.7	.	190.6	2.0
405	6	1994	plante	.	Fabriksroer	162.2	.	36.9	.	208.9	2.0
405	6	1995	plante	.	Vårbyg, foderkorn	116.7	.	21.5	.	122.1	2.0
405	6	1996	plante	.	Vårraps, biobrændsel	134.3	.	45.1	.	248.0	2.0
405	6	1997	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	166.6	.	16.3	.	186.9	2.0
405	6	1998	plante	.	Vinterhvede, brød	122.0	.	12.0	.	177.0	2.0
406	6	1990	kvæg	1.4	Fodermajs	94.5	249.6	8.8	31.2	310.2	2.0
406	6	1991	kvæg	1.6	Fodermajs	122.5	222.2	27.7	30.1	310.2	2.0
406	6	1992	kvæg	1.5	Fodermajs	69.9	312.0	17.0	39.0	256.2	2.0
406	6	1993	kvæg	1.2	Vinterhvede, brød	134.2	192.0	0.0	24.0	196.8	2.0
406	6	1994	kvæg	1.4	Vinterhvede, foderkorn	159.3	120.0	0.0	15.0	214.3	2.0
406	6	1995	kvæg	1.5	Vinterhvede, foderkorn	135.0	52.8	0.0	6.6	196.8	2.0
406	6	1996	kvæg	1.2	Vinterhvede, foderkorn	117.5	99.4	0.0	12.4	154.8	2.0
406	6	1997	kvæg	1.3	Vinterhvede, foderkorn	133.8	89.5	0.0	11.2	175.7	2.0
406	6	1998	kvæg	1.1	Fabriksroer	27.0	179.0	0.0	33.5	93.0	2.0

LOOP 5

St.	Jb nr	År	Brugs-type	DE ha ⁻¹	Afgrøde	N-tilf. (kg ha ⁻¹)		P-tilf. (kg ha ⁻¹)		N-fjernet (kg ha ⁻¹)	N-fix (kg ha ⁻¹)
						Ha	Hu	Ha	Hu		
501	1	1990	kvæg	0.8	Vinterhvede, foderkorn	136.5	.	26.0	.	124.0	2.0
501	1	1991	kvæg	0.7	Kartofler, spise	168.8	132.6	0.0	30.8	105.9	2.0
501	1	1992	kvæg	0.8	Vårbyg + udlæg, foderkorn	131.5	86.6	16.0	3.8	93.3	4.4
501	1	1993	kvæg	0.8	Markært	0.0	145.2	18.0	18.2	33.7	106.9
501	1	1994	kvæg	0.8	Korn, ærter modenhed	148.9	89.6	14.4	11.0	216.2	90.7
501	1	1994	kvæg	0.8	Korn, ærter modenhed	148.9	89.6	14.4	11.0	216.2	90.7
501	1	1995	kvæg	0.8	Græs til afgræsning, 11-30 pct	174.2	140.5	14.3	17.8	238.3	76.3
501	1	1996	kvæg	0.7	Græs til afgræsning, 0-10 pct.	164.7	215.8	9.9	22.2	159.0	2.0
501	1	1997	kvæg	0.7	Græs til afgræsning, 0-10 pct.	164.7	223.5	9.9	23.0	159.0	2.0
502	1	1990	kvæg	0.8	Markært	0.0	.	20.0	.	134.8	189.8
502	1	1991	kvæg	0.7	Vinterrug	147.0	.	28.0	.	71.6	2.0
502	1	1992	kvæg	0.8	Anden rodfrugt	183.4	348.3	0.0	68.1	121.8	2.0
502	1	1993	kvæg	0.8	Markært	0.0	.	18.0	.	67.4	136.8
502	1	1994	kvæg	0.8	Majs	106.8	203.9	20.0	33.3	258.9	2.0
502	1	1994	kvæg	0.8	Majs	106.8	203.9	20.0	33.3	258.9	2.0
502	1	1995	kvæg	0.8	Vårbyg, foderkorn	119.2	175.9	8.0	22.8	106.2	2.0
502	1	1996	kvæg	0.7	Vårbyg, ærtehelsød	189.0	108.4	8.0	15.8	121.2	61.2
502	1	1996	kvæg	0.7	Vårbyg, ærtehelsød	189.0	108.4	8.0	15.8	121.2	61.2
502	1	1997	kvæg	0.7	Majs	135.5	85.6	20.0	12.5	242.8	2.0
502	1	1997	kvæg	0.7	Majs	135.5	85.6	20.0	12.5	242.8	2.0
503	1	1990	kvæg	0.6	Kartofler, spise	118.9	.	29.0	.	45.9	2.0
503	1	1991	kvæg	0.7	Vårbyg + udlæg, foderkorn	158.4	.	14.4	.	27.4	4.0
503	1	1992	kvæg	0.7	Kartofler, spise	148.0	144.6	40.0	20.4	127.1	2.0
503	1	1993	kvæg	0.8	Vårbyg + udlæg, foderkorn	118.4	.	21.6	.	97.3	2.0
503	1	1994	kvæg	0.5	Kartofler, spise	166.0	142.7	126.0	20.0	127.1	2.0
503	1	1995	kvæg	0.6	Vårbyg, foderkorn	133.2	.	0.0	.	102.4	2.0
504	1	1990	kvæg	1.8	Anden rodfrugt	175.5	309.2	0.0	53.7	134.0	2.0
504	1	1991	kvæg	1.9	Helsød	225.7	85.3	28.0	0.8	244.1	6.7
504	1	1992	kvæg	2.2	Kartofler, spise	251.3	.	40.0	.	151.8	2.0
504	1	1993	kvæg	1.4	Vårbyg + udlæg, foderkorn	111.0	127.2	0.0	10.2	111.9	2.0
504	1	1994	kvæg	1.3	Korn, ærter modenhed	236.5	209.0	13.2	14.8	145.7	79.8
504	1	1995	plante	.	Kartofler, spise	139.7	.	40.0	.	121.8	2.0
504	1	1996	plante	.	Vårbyg, foderkorn	106.9	173.3	0.0	27.9	110.3	2.0
504	1	1997	plante	.	Vårbyg, foderkorn	65.8	148.5	0.0	14.4	111.7	2.0
505	1	1990	plante	0.1	Markært	0.0	.	21.8	.	67.4	133.4
505	1	1991	kvæg	0.1	Vinterbyg, foderkorn	160.7	.	30.6	.	49.2	2.0
505	1	1992	kvæg	0.3	Kartofler, spise	164.4	.	36.0	.	88.2	2.0
505	1	1993	kvæg	0.4	Vinterbyg, foderkorn	194.4	.	19.8	.	97.3	2.0
505	1	1994	kvæg	0.4	Vårbyg, foderkorn	154.4	.	17.3	.	98.4	2.0
505	1	1995	kvæg	0.5	Kartofler, spise	166.7	.	32.2	.	111.2	2.0
505	1	1996	kvæg	0.4	Vårbyg, foderkorn	124.7	.	17.8	.	97.3	2.0
505	1	1997	kvæg	0.4	Kartofler, industri	210.2	.	38.1	.	114.4	2.0
506	1	1990	plante	.	Vårbyg + udlæg, foderkorn	138.8	.	28.8	.	105.8	2.0
506	1	1991	plante	.	Kartofler, spise	207.5	.	40.0	.	139.8	2.0
506	1	1992	plante	.	Markært	0.0	.	20.0	.	121.3	190.4
506	1	1993	plante	.	Vinterhvede, foderkorn	218.0	.	140.0	.	206.8	2.0
506	1	1994	plante	.	Vårbyg, foderkorn	131.5	.	0.0	.	119.4	2.0
506	1	1995	plante	.	Kartofler, spise	188.5	.	0.0	.	158.8	2.0
506	1	1996	plante	.	Vårbyg, malt	124.9	.	16.0	.	98.5	2.0
506	1	1997	plante	.	Kartofler, industri	226.7	.	22.5	.	176.5	2.0
507	1	1990	plante	.	Vårbyg, foderkorn	145.6	.	27.2	.	52.9	2.0
507	1	1991	plante	.	Vårbyg, foderkorn	170.3	.	13.8	.	40.1	2.0
507	1	1992	plante	.	Vårbyg, foderkorn	142.5	.	16.0	.	75.5	2.0
507	1	1993	plante	.	Vårbyg, malt	149.7	.	69.9	.	108.6	2.0
507	1	1994	plante	.	Kartofler, spise	229.6	.	0.0	.	158.8	2.0
507	1	1995	plante	.	Vårbyg, malt	133.2	.	0.0	.	82.1	2.0
507	1	1996	plante	.	Vårbyg, malt	124.9	.	16.0	.	91.2	2.0
507	1	1997	plante	.	Kartofler, spise	139.7	.	24.0	.	130.6	2.0

St.	Jb nr	År	Brugs-type	DE ha ⁻¹	Afgrøde	N-tilf. (kg ha ⁻¹)		P-tilf. (kg ha ⁻¹)		N-fjernet (kg ha ⁻¹)	N-fix (kg ha ⁻¹)
						Ha	Hu	Ha	Hu		
508	1	1990	plante	.	Vårbyg, foderkorn	149.2	.	27.0	.	69.3	2.0
508	1	1991	plante	.	Vårbyg, foderkorn	141.0	.	27.0	.	52.9	2.0
508	1	1992	plante	.	Kartofler, spise	176.0	.	40.0	.	43.1	2.0
508	1	1993	plante	.	Udyrket Brak	0.0	.	0.0	.	0.0	2.0
508	1	1994	plante	.	Vinterbyg, foderkorn	163.0	.	25.0	.	45.0	2.0
508	1	1995	plante	.	Udyrket Brak	0.0	.	0.0	.	0.0	2.0
508	1	1996	plante	.	Kartofler, industri	156.2	.	21.0	.	52.9	2.0
508	1	1997	plante	.	Kartofler, spise	143.5	.	30.0	.	88.2	2.0

LOOP 6

St.	Jb nr	År	Brugs-type	DE ha ⁻¹	Afgrøde	N-tilf. (kg ha ⁻¹)		P-tilf. (kg ha ⁻¹)		N-fjernet (kg ha ⁻¹)	N-fix (kg ha ⁻¹)
						Ha	Hu	Ha	Hu		
601	1	1990	svin	3.3	Vinterbyg, foderkorn	121.5	213.8	0.0	54.0	127.7	2.0
601	1	1991	kvæg+svin	2.8	Markært	0.0	24.2	0.0	3.5	141.5	209.9
601	1	1992	svin	2.9	Vinterhvede, foderkorn	67.5	208.2	0.0	52.5	80.1	2.0
601	1	1993	kvæg+svin	2.4	Vårraps, industri	106.9	176.7	0.0	60.6	82.7	2.0
601	1	1994	kvæg+svin	2.2	Vinterhvede, foderkorn	54.0	261.8	0.0	66.0	188.3	2.0
601	1	1995	kvæg+svin	1.6	Vinterbyg, foderkorn	68.9	238.0	0.0	60.0	128.5	2.0
601	1	1996	kvæg+svin	1.5	Vårbyg, foderkorn	47.5	138.2	0.0	33.8	108.6	2.0
601	1	1997	kvæg+svin	1.4	Vinterraps, industri	62.5	112.2	0.0	27.5	45.1	2.0
601	1	1998	andet	1.6	Vinterhvede	49.0	138.6	0.0	39.2	155.0	2.0
602	5	1990	kvæg	1.3	Kløvergræs-slet	178.4	.	18.8	.	261.9	64.4
602	5	1991	kvæg	1.3	Vårbyg, foderkorn	158.1	.	14.7	.	136.7	2.0
602	5	1992	kvæg	1.3	Vinterhvede, foderkorn	172.5	.	19.0	.	183.5	2.0
602	5	1993	kvæg	1.3	Foderroer	97.2	420.8	9.9	75.1	170.6	2.0
602	5	1994	kvæg	1.8	Fodermajs	79.5	256.8	24.0	50.4	256.2	2.0
602	5	1995	kvæg	1.7	Fodermajs	93.0	162.9	23.0	35.7	269.7	2.0
602	5	1996	kvæg	1.6	Vårbyg, foderkorn	48.0	131.5	0.0	20.3	125.4	2.0
602	5	1997	kvæg	1.4	Vinterhvede, foderkorn	137.5	143.6	0.0	22.3	166.5	2.0
602	5	1998	kvæg	1.3	Fodersukkerroe	123.0	304.3	0.0	80.3	122.0	2.0
603	1	1990	kvæg	1.3	Græs til slet	209.1	.	22.1	.	253.9	62.8
603	1	1991	kvæg	1.3	Kløvergræs,afgr,slet	205.2	175.5	11.2	23.7	173.3	55.6
603	1	1992	kvæg	1.3	Vårbyg, foderkorn	102.7	.	0.0	.	73.0	2.0
603	1	1993	kvæg	1.3	Vinterhvede, foderkorn	121.5	101.2	0.0	12.1	160.7	2.0
603	1	1994	kvæg	1.8	Foderroer	135.0	300.1	0.0	60.8	182.8	2.0
603	1	1995	kvæg	1.7	Korn, ærter modenhed	40.5	213.1	0.0	36.0	209.4	83.3
603	1	1996	kvæg	1.6	Græs til afgræsning, 11-30 pct	223.5	340.2	16.5	35.1	204.2	71.4
603	1	1997	kvæg	1.4	Græs til afgræsning, 11-30 pct	207.4	287.8	16.5	29.7	221.3	73.9
603	1	1998	kvæg	1.3	Kløvergræs	180.0	129.4	6.0	20.3	139.0	109.0
604	1	1990	kvæg	1.4	Vårbyg + udlæg, foderkorn	94.5	.	0.0	.	203.6	4.9
604	1	1991	kvæg	2.0	Vårbyg, foderkorn	81.0	49.0	0.0	0.4	97.3	2.0
604	1	1992	kvæg	1.1	Vårhvede, foderkorn	33.8	113.9	0.0	10.0	78.7	2.0
604	1	1993	kvæg	1.3	Fodermajs	27.0	268.0	0.0	47.3	242.8	2.0
604	1	1994	kvæg	1.3	Fodermajs	57.0	309.9	34.1	67.1	269.7	2.0
604	1	1995	kvæg	1.7	Vårbyg + udlæg, foderkorn	105.1	243.6	0.0	32.1	126.0	4.0
604	1	1996	kvæg	1.3	Græs til afgræsning, 0-10 pct.	145.8	216.6	0.0	22.3	190.8	2.0
604	1	1997	kvæg	1.5	Grønkorn	128.3	243.5	0.0	29.3	198.8	4.0
604	1	1998	kvæg	2.1	Grønkorn, vårbyg	162.0	392.0	0.0	77.6	186.0	4.0
605	1	1990	kvæg	3.1	Helsæd	219.8	120.3	8.7	15.3	142.2	2.0
605	1	1991	kvæg	3.8	Græs til slet	283.5	376.2	0.0	47.9	290.2	66.9
605	1	1992	kvæg	1.7	Græs til slet	294.5	178.6	0.0	22.7	126.9	48.4
605	1	1993	kvæg	1.4	Sletgræs, 0-10 pct. kløver	243.0	188.1	0.0	23.9	216.8	64.3
605	1	1994	kvæg	1.6	Korn, ærter modenhed	119.6	120.5	0.0	15.4	149.2	80.1
605	1	1995	kvæg	1.7	Korn, ærter modenhed	112.2	228.6	0.0	30.4	168.9	75.7
605	1	1996	kvæg	1.3	Vårbyg, helsæd	81.0	65.2	0.0	9.7	141.8	2.0
605	1	1997	kvæg	2.0	Vårbyg + udlæg, helsæd	54.0	69.5	0.0	10.6	130.9	2.0
605	1	1998	kvæg	1.2	Grønkorn, vinterrug	134.0	163.1	0.0	30.4	152.0	4.0
606	1	1990	svin	0.3	Vårbyg, foderkorn	90.4	.	13.3	.	127.7	2.0
606	1	1991	svin	0.3	Vårbyg, foderkorn	82.2	139.6	7.6	34.0	109.3	2.0
606	1	1992	svin	0.3	Vårbyg, foderkorn	90.4	.	14.0	.	51.1	2.0
606	1	1993	svin	0.3	Vårbyg, foderkorn	106.9	.	12.0	.	89.3	2.0
606	1	1994	svin	0.3	Vårraps, industri	52.0	232.3	0.0	37.6	82.7	2.0
606	1	1995	svin	0.3	Vinterhvede, brød	75.6	201.6	0.0	48.0	147.6	2.0
606	1	1996	plante	.	Vinterbyg, foderkorn	75.3	163.8	0.0	26.4	107.5	2.0
606	1	1997	plante	.	Grønkorn	196.4	.	29.5	.	153.1	2.0
606	1	1998	kvæg	1.9	Kløvergræs	174.0	190.8	8.0	30.5	129	2.0

St.	Jb nr	År	Brugs-type	DE ha ⁻¹	Afgrøde	N-tilf. (kg ha ⁻¹)		P-tilf. (kg ha ⁻¹)		N-fjernet (kg ha ⁻¹)	N-fix (kg ha ⁻¹)
						Ha	Hu	Ha	Hu		
607	1	1990	kvæg	1.0	Græs til slet	198.6	.	9.6	.	217.6	58.7
607	1	1991	kvæg+svin	1.3	Rent græs	183.6	130.5	13.6	15.3	176.7	55.3
607	1	1992	kvæg	1.0	Vårbyg, foderkorn	32.4	.	3.3	.	73.4	2.0
607	1	1993	kvæg	1.0	Foderroer	110.1	594.8	2.3	154.6	188.8	2.0
607	1	1994	kvæg	1.3	Vårbyg + udlæg, foderkorn	0.0	195.6	0.0	54.9	113.2	4.8
607	1	1995	kvæg	1.3	Græs til afgræsning, 0-10 pct.	212.7	108.2	10.3	13.7	222.6	2.0
607	1	1996	kvæg	1.3	Græs til afgræsning+slet, 0-10	276.2	184.3	19.1	19.0	157.5	2.0
607	1	1997	kvæg	1.2	Vårbyg, foderkorn	4.0	92.1	15.9	18.8	95.1	2.0
607	1	1998	kvæg	1.9	Rent græs	266.0	212.2	8.0	36.7	212.0	2.0
608	1	1990	kvæg	3.3	Vinterbyg, foderkorn	121.5	213.8	0.0	127.7	253.9	62.8
608	1	1991	kvæg	2.8	Markært	0.0	24.2	0.0	3.5	224.8	61.1
608	1	1992	kvæg	1.3	Vinterhvede, foderkorn	162.0	.	0.0	.	114.1	2.0
608	1	1993	kvæg	1.6	Fodermajs	98.7	196.0	34.1	28.0	202.3	2.0
608	1	1994	kvæg	2.2	Korn, ærter modenhed	118.8	199.6	6.6	25.2	179.1	89.9
608	1	1995	kvæg	1.9	Græs til afgræsning+slet, 0-10	351.0	145.0	0.0	18.4	252.0	81.2
608	1	1996	kvæg	1.9	Græs til afgræsning+slet, 0-10	304.8	129.4	0.0	17.4	220.5	2.0
608	1	1997	kvæg	1.6	Græs til afgræsning+slet, 0-10	204.0	265.1	0.0	34.6	236.3	2.0
608	1	1998	kvæg	1.9	Rent græs	266.0	212.2	8.0	36.7	212.0	2.0

Bilag 5.3

Nedbør, vanding, afstrømning samt N (NO₃-N) og P (PO₄-P) udvaskning fra rodzonen for 1989/90 - 1996/97. Opgørelse på hydrologiske år.

LOOP 1

St.	År	Nedbør mm	Afst. mm	Vand mm	N-udv. kg N/ha	P-udv. kg P/ha
101	9091	799	317	.	61	1.037
101	9192	656	230	.	42	0.758
102	9091	799	312	.	11	0.027
102	9192	656	224	.	17	0.018
102	9293	553	177	.	104	0.013
102	9394	953	518	.	5	0.028
102	9495	971	326	.	79	0.052
102	9596	411	0	.	0	0.000
102	9697	547	104	.	10	0.000
102	9798	655	297	.	73	0.010
103	9091	799	258	.	44	0.022
103	9192	656	217	.	27	0.018
103	9293	553	104	.	32	0.000
103	9394	953	464	.	87	0.017
103	9495	971	308	.	59	0.024
103	9596	411	0	.	0	0.000
103	9697	547	0	.	1	0.000
103	9798	655	277	.	32	0,005
104	9091	799	354	.	65	0.029
104	9192	656	201	.	63	0.016
104	9293	553	100	.	54	0.011
104	9394	953	485	.	6	0.030
104	9495	971	319	.	50	0.039
104	9596	411	0	.	1	0.000
104	9697	547	64	.	6	0.000
104	9798	655	248	.	54	0,015
105	9091	799	345	.	20	0.027
105	9192	656	203	.	18	0.015
105	9293	553	133	.	30	0.016
105	9394	953	443	.	5	0.013
105	9495	971	292	.	60	0.026
105	9596	411	0	.	0	0.000
105	9697	547	184	.	23	0.001
105	9798	655	366	.	68	0,015
106	9091	799	311	.	109	1.482
106	9192	656	242	.	70	1.064
106	9293	553	89	.	9	0.150
106	9394	953	419	.	56	1.504
106	9495	971	270	.	83	1.004
106	9596	411	0	.	0	0.000
106	9697	547	3	.	0	0.001
106	9798	655	277	.	47	1,392
107	9495	971	480	.	71	0.049
107	9596	411	10	.	2	0.000
107	9697	547	200	.	30	0.015
107	9798	655	298	.	59	0,013

LOOP 2

St.	År	Nedbør mm	Afst. mm	Vand mm	N-udv. kg N/ha	P-udv. kg P/ha
201	9091	711	274	.	45	0.038
201	9192	671	250	.	92	0.008
201	9293	533	204	.	79	0.014
201	9394	757	346	.	73	0.017
201	9495	1020	483	.	87	0.026
201	9596	507	82	.	33	0.006
201	9697	704	272	.	188	0.017
201	9798	819	376	.	93	0,073
202	9091	711	320	.	119	0.055
202	9192	671	277	.	172	0.020
202	9293	533	264	.	96	0.072
202	9394	757	386	.	121	0.034
202	9495	1020	530	.	148	0.047
202	9596	507	144	.	94	0.041
202	9697	704	300	.	75	0.045
202	9798	819	417	.	233	0,094
203	9091	711	347	.	204	0.048
203	9192	671	297	.	159	0.013
203	9293	533	272	.	164	0.024
203	9394	757	395	.	143	0.027
203	9495	1020	511	.	109	0.039
203	9596	507	130	.	61	0.028
203	9697	704	295	.	106	0.038
203	9798	819	422	.	247	0,181
204	9091	711	311	.	65	0.040
204	9192	671	287	.	152	0.012
204	9293	533	269	.	128	0.009
204	9394	757	402	.	152	0.016
204	9495	1020	539	.	158	0.021
204	9596	507	140	.	23	0.082
204	9697	704	292	.	70	0.045
204	9798	819	423	.	229	0,069
205	9091	711	337	.	118	0.078
205	9192	671	321	.	141	0.015
205	9293	533	284	160	131	0.010
205	9394	757	421	90	61	0.086
205	9495	1020	547	.	31	0.019
205	9596	507	175	.	25	0.078
205	9697	704	319	.	91	0.028
205	9798	819	432	.	73	0,088
206	9091	711	343	.	76	0.047
206	9192	671	304	.	174	0.011
206	9293	533	279	.	158	0.017
206	9394	757	407	.	127	0.016
206	9495	1020	528	.	76	0.017
206	9596	507	139	.	46	0.011
206	9697	704	300	.	21	0.029
206	9798	819	407	.	35	0,084

LOOP 3

St.	År	Nedbør mm	Afst. mm	Vand mm	N-udv. kg N/ha	P-udv. kg P/ha
301	9091	945	482	.	258	0.562
301	9192	804	380	.	146	0.297
301	9293	788	449	.	245	0.248
301	9394	1105	694	.	248	0.425
301	9495	1144	655	.	104	0.072
301	9596	494	136	.	6	0.036
301	9697	750	286	.	146	0.019
301	9798	807	413	.	124	0,022
302	9091	945	483	.	174	0.116
302	9192	804	405	.	141	0.106
302	9293	788	455	.	246	0.032
302	9394	1105	759	.	377	0.075
302	9495	1144	691	.	155	0.083
302	9596	494	110	.	14	0.014
302	9697	750	329	.	94	0.044
302	9798	807	450	.	160	0,012
303	9091	945	484	.	60	0.075
303	9192	804	414	.	64	0.043
303	9293	788	401	.	24	0.037
303	9394	1105	708	.	23	0.096
303	9495	1144	679	.	11	0.064
303	9596	494	135	.	18	0.006
303	9697	750	328	.	36	0.042
303	9798	807	433	.	59	0,014
304	9091	945	526	.	118	0.080
304	9192	804	403	.	137	0.019
304	9293	788	425	.	106	0.017
304	9394	1105	698	.	99	0.030
304	9495	1144	662	.	82	0.073
304	9596	494	120	.	17	0.008
304	9697	750	314	.	41	0.061
304	9798	807	442	.	42	0,004
305	9091	945	506	.	33	0.044
305	9192	804	544	.	59	0.045
305	9293	788	454	.	47	0.033
305	9394	1105	757	.	99	0.054
305	9495	1144	696	.	323	0.048
305	9596	494	151	.	20	0.046
305	9697	750	299	.	15	0.034
305	9798	807	452	.	3	0,014

LOOP 4

St.	År	Nedbør mm	Afst. mm	Vand mm	N-udv. kg N/ha	P-udv. kg P/ha
401	9091	857	414	.	16	0.166
401	9192	789	387	.	50	0.093
401	9293	718	351	.	57	0.083
401	9394	1078	651	.	110	0.183
401	9495	1103	634	.	68	0.195
401	9596	396	21	.	2	0.005
401	9697	703	277	.	51	0.084
401	9798	781	404	.	38	0,114
402	9091	857	367	.	38	0.045
402	9192	789	343	.	28	0.032
402	9293	718	352	.	74	0.031
402	9394	1078	593	.	97	0.056
402	9495	1103	604	.	39	0.065
402	9596	396	10	.	1	0.000
402	9697	703	251	.	33	0.022
402	9798	781	399	.	33	0,029
403	9091	857	372	.	34	0.047
403	9192	789	332	.	24	0.020
403	9293	718	314	.	52	0.030
403	9293	718	314	.	52	0.030
403	9394	1078	573	.	112	0.039
403	9394	1078	573	.	112	0.039
403	9495	1103	617	.	134	0.033
403	9495	1103	617	.	134	0.033
403	9596	396	0	.	7	0.002
403	9697	703	219	.	37	0.011
403	9798	781	374	.	179	0,017
404	9091	857	322	.	63	0.027
404	9192	789	333	.	46	0.019
404	9192	789	333	.	46	0.019
404	9293	718	305	.	79	0.021
404	9394	1078	546	.	63	0.029
404	9495	1103	603	.	88	0.030
404	9596	396	0	.	0	0.000
404	9697	703	237	.	124	0.033
404	9798	781	396	.	79	0,162
405	9091	857	356	.	64	0.033
405	9192	789	353	.	94	0.026
405	9293	718	321	.	72	0.029
405	9394	1078	620	.	79	0.033
405	9495	1103	610	.	31	0.030
405	9596	396	18	.	3	0.001
405	9697	703	256	.	40	0.011
405	9798	781	407	.	60	0,013
406	9091	857	380	.	85	0.047
406	9192	789	359	.	138	0.027
406	9293	718	320	.	174	0.023
406	9394	1078	599	.	91	0.043
406	9495	1103	588	.	91	0.038
406	9596	396	0	.	0	0.000
406	9697	703	243	.	48	0.012
406	9798	781	408	.	77	0,016

LOOP 5

St.	År	Nedbør mm	Afst. mm	Vand mm	N-udv. kg N/ha	P-udv. kg P/ha
501	9091	928	631	90	133	0.036
501	9192	907	685	150	205	0.050
501	9293	828	603	100	97	0.017
501	9394	896	659	150	142	0.000
501	9495	1124	756	80	231	0.000
501	9495	1124	756	80	231	0.000
501	9596	498	196	198	59	0.000
501	9697	806	537	200	281	0.000
502	9091	928	574	60	137	0.049
502	9192	907	601	90	198	0.022
502	9293	828	637	125	113	0.013
502	9394	896	658	150	145	0.000
502	9495	1124	729	40	108	0.000
502	9495	1124	729	40	108	0.000
502	9596	498	196	110	48	0.000
502	9697	806	187	100	5	0.000
503	9091	928	591	75	221	0.038
503	9192	907	568	45	143	0.026
503	9293	828	711	200	305	0.032
504	9091	928	588	95	223	0.359
504	9192	907	796	325	316	0.074
504	9293	828	747	225	200	0.048
504	9394	896	620	100	61	0.000
504	9495	1124	767	125	147	0.000
504	9596	498	212	125	76	0.000
504	9697	806	491	125	99	0.000
505	9091	928	585	88	80	0.047
505	9192	907	664	75	197	0.025
505	9293	828	653	200	131	0.011
505	9394	896	603	125	93	0.000
505	9495	1124	758	110	95	0.000
505	9596	498	226	176	54	0.000
505	9697	806	493	120	78	0.000
506	9091	928	578	80	74	0.099
506	9192	907	634	120	152	0.092
506	9293	828	610	120	72	0.021
506	9394	896	633	160	72	0.000
506	9495	1124	799	90	113	0.000
506	9596	498	268	220	106	0.000
506	9697	806	517	132	82	0.000
507	9091	928	558	81	61	0.092
507	9192	907	640	120	207	0.032
508	9091	928	549	.	57	0.061
508	9192	907	576	.	79	0.028

LOOP 6

St.	År	Nedbør mm	Afst. mm	Vand mm	N-udv. kg N/ha	P-udv. kg P/ha
601	9091	994	625	.	104	0.063
601	9192	855	503	.	226	0.053
601	9293	854	589	.	181	0.060
601	9394	1100	743	.	214	0.120
601	9495	1225	823	.	115	0.081
601	9596	512	154	.	25	0.020
601	9697	782	489	.	197	0.214
601	9787	998	775	.	120	0,063
602	9091	994	515	25	7	0.089
602	9192	855	516	50	121	0.060
602	9293	854	506	.	197	0.051
602	9394	1100	735	50	171	0.125
602	9495	1225	764	.	182	0.078
602	9596	512	137	.	41	0.047
602	9697	782	392	.	242	0.039
602	9798	998	646	.	200	0,250
603	9091	994	587	30	31	0.059
603	9192	855	521	75	61	0.056
603	9293	854	582	75	193	0.071
603	9394	1100	738	50	145	0.118
603	9495	1225	838	60	154	0.083
603	9596	512	177	90	22	0.021
603	9697	782	429	60	36	0.106
603	9798	998	662	70	31	1,812
604	9091	994	605	30	165	0.060
604	9192	855	510	30	339	0.052
604	9293	854	594	120	287	0.065
604	9394	1100	736	40	194	0.123
604	9495	1225	836	40	236	0.092
604	9596	512	221	30	76	0.043
604	9697	782	448	120	99	0.054
604	9798	998	723	.	127	0,352
605	9091	994	558	.	65	0.065
605	9192	855	473	.	48	0.057
605	9293	854	571	.	184	0.074
605	9394	1100	728	.	236	0.155
605	9495	1225	810	.	51	0.086
605	9596	512	171	.	15	0.045
605	9697	782	456	.	171	0.055
605	9798	998	670	.	65	0,121
606	9091	994	605	.	67	0.060
606	9192	855	510	.	52	0.051
606	9293	854	582	.	77	0.071
606	9394	1100	744	.	88	0.129
606	9495	1225	834	.	46	0.190
606	9596	512	148	.	13	0.031
606	9697	782	435	.	76	0.042
606	9798	998	641	.	29	0,084
607	9091	994	617	70	237	0.063
607	9192	855	546	105	440	0.058
607	9293	854	585	90	296	1.362
607	9394	1100	733	50	133	1.975
607	9495	1225	818	.	87	0.288
607	9596	512	169	80	71	0.194
607	9697	782	436	90	71	0.086
607	9798	998	715	.	223	0,367

St.	År	Nedbør mm	Afst. mm	Vand mm	N-udv. kg N/ha	P-udv. kg P/ha
608	9091	994	626	90	76	0.063
608	9192	855	572	120	224	0.057
608	9293	854	580	60	245	0.131
608	9394	1100	739	90	374	0.172
608	9495	1225	806	90	207	0.087
608	9596	512	199	90	15	0.206
608	9697	782	436	90	71	0.086
608	9798	998	695	.	162	0,104

Bilag 6.1

Anbefalet tildeling af kvælstof, gødningsforbrug, normaludvaskning, nyttevirkning af husdyrgødning samt braklagt areal for landovervågningsoplandene for driftsårene 1989/90 – 1997/98. Udvasningen er relateret til de hydrologiske år 1990/91-1997/98. Anbefalet mængde og gødningstildeling og udvaskning i gennemsnit for alle marker. Nyttevirkning i gennemsnit for marker, der har modtaget husdyrgødning. Brak i % af totalarealet. Non-food indgår ikke i brak.

		kg N ha ⁻¹ år ⁻¹				%	%
		Anbefalet mængde	Handelsgødning	Husdyrgødning	Udvaskning	Nyttevirkning	Brak
1990	LOOP 1	138	151	31	36	31	-
	LOOP 2	196	137	128	87	32	-
	LOOP 3	162	130	69	60	36	-
	LOOP 4	143	119	61	54	35	-
	LOOP 5	127	132	21	72	32	-
	LOOP 6	168	128	85	76	32	-
1991	LOOP 1	134	134	30	34	31	-
	LOOP 2	186	120	124	80	36	-
	LOOP 3	163	121	73	61	38	0
	LOOP 4	147	124	75	50	34	-
	LOOP 5	146	162	24	74	35	-
	LOOP 6	161	114	113	85	35	-
1992	LOOP 1	142	141	26	33	42	-
	LOOP 2	161	106	135	79	41	2
	LOOP 3	157	108	97	48	42	3
	LOOP 4	151	125	59	47	37	-
	LOOP 5	141	158	32	79	42	-
	LOOP 6	159	116	115	82	36	-
1993	LOOP 1	133	118	25	30	42	6
	LOOP 2	171	99	135	83	40	1
	LOOP 3	163	102	109	52	41	7
	LOOP 4	154	126	51	43	42	3
	LOOP 5	137	145	37	72	46	5
	LOOP 6	165	104	122	87	31	3
1994	LOOP 1	126	118	27	28	48	9
	LOOP 2	147	93	120	74	42	9
	LOOP 3	152	96	100	73	45	11
	LOOP 4	140	115	77	44	44	9
	LOOP 5	127	133	26	69	49	8
	LOOP 6	147	108	126	82	38	7
1995	LOOP 1	135	124	20	25	44	9
	LOOP 2	162	93	139	79	40	6
	LOOP 3	153	91	107	41	47	11
	LOOP 4	155	128	74	52	43	3
	LOOP 5	138	118	25	59	41	13
	LOOP 6	152	90	118	73	42	7
1996	LOOP 1	132	119	14	25	43	6
	LOOP 2	160	92	130	77	35	5
	LOOP 3	148	82	90	39	50	11
	LOOP 4	151	108	70	40	40	2
	LOOP 5	137	134	26	71	41	10
	LOOP 6	157	88	107	66	44	7
1997	LOOP 1	121	112	12	26	46	5
	LOOP 2	174	94	115	72	40	4
	LOOP 3	148	94	81	39	52	9
	LOOP 4	162	113	68	39	48	1
	LOOP 5	143	124	24	59	40	7
	LOOP 6	156	77	99	62	46	6

		kg N ha ⁻¹ år ⁻¹				%	%
		Anbefalet mængde	Handelsgødning	Husdyrgødning	Udvaskning	Nyttevirkning	Brak
1998	LOOP 1	132	127	12	29	44	5
	LOOP 2	186	85	94	62	43	5
	LOOP 3	154	91	90	40	51	9
	LOOP 4	156	108	81	41	54	2
	LOOP 6	171	79	104	61	47	4
	LOOP 7	148	116	28	32	50	4

Bilag 7.1

Gennemsnitlige årlige koncentrationer af grundvandets hovedbestanddele for sandoplandene LOOP 2 (Oddebæk, Nordjyllands Amt) og LOOP 6 (Bolbro Bæk, Sønderjyllands Amt).

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Alkalinitet	1,93	2,05	1,86	1,82	1,41	1,75	1,97	1,97	1,54
Calcium	70,97	64,27	73,70	61,34	54,03	52,73	63,56	69,32	57,76
Chlorid	33,19	31,28	33,90	27,96	27,96	24,86	26,65	32,48	33,78
Jern	5,20	1,28	1,38	1,11	0,83	0,68	1,02	0,70	0,44
H ₂ S, feltmåling									
H ₂ S, lab, måling									0,01
Hydrogencarbonat	117,55	125,14	113,43	111,35	86,13	106,80	120,41	119,99	130,56
Kalium	6,41	5,40	6,53	6,02	6,44	5,37	3,99	5,66	5,36
Konduktivitet, feltn.					43,11	34,84	39,93	48,32	53,77
Konduktivitet, lab.m	48,65	43,18	43,37	46,83	47,21	44,66	46,28	48,15	46,79
Magnesium	6,01	5,24	5,82	5,53	5,94	5,00	5,61	6,05	5,56
Natrium	15,19	13,99	15,55	15,09	15,14	14,42	15,15	17,28	13,81
Ammoniak+ammon,	0,84	0,49	0,39	0,47	0,49	0,41	0,35	0,40	0,25
Nitrat	70,54	48,55	67,86	86,28	85,72	59,34	61,77	70,81	65,12
Nitrogen, total *)	18,86	10,90	14,87	20,18	20,78	15,32	14,86	17,31	13,11
Oxygen, feltmåling									
Oxygen, lab, måling									
pH, lab. måling	6,56	6,61	6,53	6,24	6,30	6,64	6,84	7,58	6,22
pH, feltmåling					5,92	5,95		5,79	5,78
Orthophosphat-P	0,02	0,02	0,02	0,02	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03
Phosphor, total-P					0,35				0,06
Sulfat	56,88	46,71	60,63	53,65	38,82	35,87	43,13	49,30	43,17
Sum anioner	5,10	4,69	5,09	4,92	4,23				
Sum kationer	4,91	4,37	4,79	4,30	3,88				

Kursiv: Målinger fra kun et opland.

*) Total-N (x 4,43) kan være mindre end NO₃-indholdet pga. få total-N analyser i forhold til NO₃

Bilag 7.2

Gennemsnitlige årlige koncentrationer af grundvandets hovedbestanddele for leroplandene LOOP 1 (Højvads Rende, Storstrøms Amt), LOOP 3 (Horndrup Bæk, Vejle/Århus amter) og LOOP 4 (Lillebæk, Fyns Amt).

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Alkalinitet	4,79	5,02	3,95	4,37	4,83	4,42	5,05	5,17	4,63
Calcium	107,13	104,70	100,72	95,83	98,21	97,13	94,09	97,98	102,01
Chlorid	33,01	31,47	28,81	30,35	28,43	28,53	31,30	30,94	32,98
Jern	4,37	2,40	1,85	0,69	0,51	0,93	1,04	0,98	0,73
H ₂ S, feltmåling									
H ₂ S, lab, måling									
Hydrogencarbonat	292,88	309,20	240,25	293,17	294,55	290,88	310,43	315,05	216,31
Kalium	3,39	3,50	2,71	3,97	2,80	3,95	3,28	3,23	2,88
Konduktivitet, feltn	57,84	56,28	65,63	64,13	63,34	68,94	53,98	51,27	88,81
Konduktivitet, lab.m	62,20	54,77	54,29	58,20	53,31	60,63	52,61	55,44	64,82
Magnesium	12,00	9,66	8,94	7,87	7,41	8,05	9,06	9,59	8,81
Natrium	22,21	21,60	22,39	17,16	18,54	18,50	19,04	19,89	17,98
Ammoniak+ammon,	1,34	0,67	0,37	0,74	0,42	0,30	0,27	0,33	0,24
Nitrat	30,87	24,16	29,54	32,79	31,93	27,72	25,53	28,02	35,02
Nitrogen, total *)			5,26	9,01	7,89	7,14	6,62	7,31	8,68
Oxygen, feltmåling									
Oxygen, lab. måling									
pH, lab. måling	7,56	7,60	7,58	7,50	7,47	7,58	7,66	7,67	7,65
pH, feltmåling	7,16	7,28	7,55	7,53	7,55		7,78	7,58	7,61
Orthophosphat-P	0,02	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Phosphor, total-P	0,04	0,02	0,02						0,39
Sulfat	49,46	46,48	45,48	47,15	44,26	39,94	41,56	43,38	46,64
Sum anioner	6,13	7,87	6,13	7,25	7,50				
Sum kationer	6,23	7,72	6,81	6,80	7,03				

Kursiv: Målinger fra kun to oplande (for pH, feltmåling, dog kun et opland),

*) Total-N (x 4,43) kan være mindre end NO₃-indholdet pga. få total-N analyser i forhold til NO₃

Bilag 8.1

Hydrografopsplitning

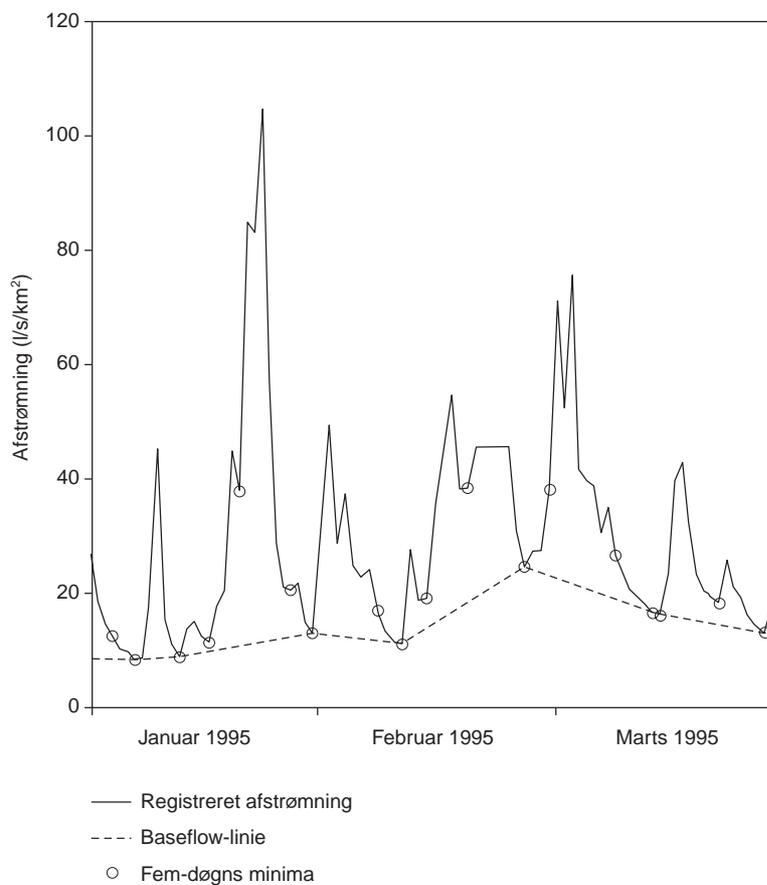
Hydrografopsplitning er foretaget efter en metode beskrevet af *Institute of Hydrology (1993)*. Afstrømningen opdeles for hvert enkelt døgn i en overfladenær og en grundvandsnær afstrømningsdel. Det såkaldte baseflow-indeks angiver for en længere måleperiode, typisk et år, forholdet mellem grundvands-andelen (baseflow) og den totale afstrømning (værdier mellem 0 og 1). Fremfor at angive et baseflow-indeks kan man dog vælge, som det er gjort her i rapporten, at angive den overfladenære afstrømning i procent af den totale afstrømning.

Bestemmelse af baseflow-indekset bygger på en metodisk udpegning af minimums-døgnvandføringer i måleperioden. En efterfølgende lineær interpolation mellem minimums-døgnvandføringer afgrænser den nedre del af hydrografen som den grundvandsnære afstrømning:

1. De daglige døgnmiddelvandføringer grupperes i fortløbende blokke på fem dage, og den mindste døgnmiddelvandføring i hver fem dages blok markeres som et minimum.
2. De minima, som når de multipliceres med 0,9 er mindre end begge de to nærmeste minima, markeres. De har varierende tidsperiode mellem sig. De forbindes med lige linier og danner baseflow-hydrografen. Derved fås daglige baseflow-værdier.
3. De døgn, hvor den udregnede baseflow-afstrømning er større end den totale afstrømning, sættes baseflow lig total-afstrømning.
4. Arealet under baseflow-linien fra det først benyttede til det sidst benyttede minimum udgør periodens samlede grundvandsnære afstrømning. For den tilsvarende periode udgør arealet under den registrerede daglige vandføring periodens samlede afstrømning.
5. Baseflow-indekset beregnes som forholdet mellem den grundvandsnære afstrømning og den samlede registrerede afstrømning, mens størrelsen af den overfladenære afstrømning kan estimeres som forskellen mellem de to. Hvis måleserien er flerårig, angives et baseflow-indeks for hvert enkelt år. I dette tilfælde er det valgt at opdele måleserien i hydrologiske år (1. juni - 31. maj).

Nedenstående figur viser princippet for hydrografopsplitning.

Eksempel på hydrografopsplitning: Horndrup Bæk 1. januar - 31. marts 1995.



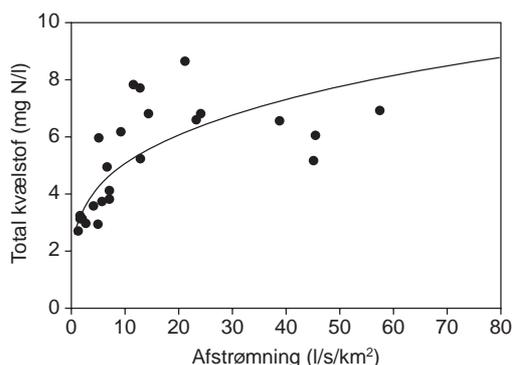
Bilag 8.2

Overfladenært kvælstoftab til vandløb.

Det overfladenære kvælstoftab findes som forskellen mellem det samlede kvælstoftab og det kvælstoftab, der stammer fra grundvandstilstrømning.

Det samlede kvælstoftab findes på baggrund af registrerede døgnmiddelvandføringer samt døgnkoncentrationer af kvælstof, estimeret ved lineær interpolation (*Kronvang og Bruhn, 1990*).

Beregningen af det kvælstoftab, der stammer fra grundvandstilstrømning, bygger dels på estimering af daglige baseflow værdier, fundet ved hydrografopsplitning, dels på estimerede døgnkoncentrationer af kvælstof i det vand, som kommer ved grundvandstilstrømning. Sidstnævnte døgnkoncentrationer findes ved, at der på hydrologiske år for hver enkelt vandløb etableres en sammenhæng mellem registrerede kvælstofkoncentrationer og tilhørende registrerede døgnmiddelfastrømninger. En sådan sammenhæng kan tage sig ud som her (*Horndrup Bæk, 1994/95*):



$$\log N_{\text{konc}} = 0,989 + 0,270 \log Q \quad (R^2=0,64 \quad P<0,001)$$

I tilfældet Horndrup Bæk 1994/95 fås således et samlet årligt kvælstoftab på 27,31 kg ha⁻¹ og et grundvandsnært kvælstoftab på 12,08 kg ha⁻¹. Det overfladenære kvælstoftab til vandløbet udgør altså med denne beregning 56 %.

Man kan alternativt vælge at etablere sammenhængen alene på baggrund af de dage, der domineres af grundvandstilstrømning. Eksempelvis kan registrerede kvælstofkoncentrationer sorteres fra, hvis de er målt på dage, hvor afstrømningen ifølge hydrografopsplitningen består af mere end 10 % overfladenær afstrømning. Estimeringen af kvælstoftab, der strømmer til fra grundvandet, kan eventuelt forbedres på den måde.

Men hvorfor estimere *det samlede kvælstoftab* med lineær interpolationsmetoden fremfor at benytte samme metode ("regressionsmetoden") som er brugt ved estimering af det tab, der stammer fra grundvandstilstrømning? Det hænger sammen med, at lineær interpolationsmetoden tilsyneladende tager bedst højde for forskellige

afstrømningsforhold i hhv. lerede og sandede oplande. Ved regressionsmetoden er der en tendens til en relativ overvurdering af det samlede tab for de tre hovedvandløb, som afvander lerede landovervågningsoplande. I gennemsnit er kvælstoftabet for disse tre vandløb 10 % større ved estimering efter regressionsmetoden sammenlignet med lineær interpolationsmetoden. Problemet skyldes tildels, at der er relativt få målinger af kvælstofkoncentration ved de meget store afstrømninger. Netop ved de store afstrømninger er kvælstofkoncentrationen i vandløb meget varierende og derfor svær at beskrive. Det skyldes komplekse forhold som udtømmning af den uorganiske kvælstofpulje i rodzonen og en eventuel fortynding af det overfladisk afstrømmende vand, fx ved snesmeltning.

I sammenligning med andre metoder til estimering af kvælstoftransporten, herunder regressionsmetoder, er lineær interpolationsmetoden den bedste og betragtes mht. beregningsresultatet som den bedst reproducerbare metode (*Kronvang og Bruhn, 1996*). Lineær interpolationsmetoden tager bedre end de øvrige testede metoder højde for variationer mellem vandløb og mellem år. Metoden er i nævnte undersøgelse i Gjærn Å oplandet fundet at underestimere den årlige N transport med 1-4 %, når man sammenligner med en beregning baseret på meget intensive målinger.

Der er væsentlig usikkerhed forbundet med udregning af det overfladenære kvælstoftab til vandløb. Derfor bør det angivne procentiske tab ikke opfattes som en nøjagtig opgørelse af det overfladenære kvælstoftab, men som et mål, der muliggør en sammenligning af kvælstofbelastninger fra forskellige vandløbsoplande på baggrund af oplandenes forskellige afstrømningsforhold og kvælstofudvaskning fra rodzonen (kapitel 9).

Bilag 8.3.

Opgørelse af kvælstof og fosfor tab

Det samlede tab af hhv. kvælstof og fosfor fra et opland findes på baggrund af målinger i oplandets hovedvandløbet (*oplandstabet*). Døgnmiddelvandføringer registreres, og døgnkoncentrationer estimeres ved lineær interpolation (*Kronvang og Bruhn, 1990*). For fosfors vedkommende kan man alternativt estimere tabet på baggrund af prøver, der tages hyppigere vha. automatisk prøvetager. Døgntransporter kan summeres op på måneder og år, og det samlede tab (kg ha^{-1}) fås ved, at man dividerer transporten med oplandsarealet.

Tabet fra dyrkede arealer i oplandet beregnes her i rapporten på denne måde: Bidrag fra punktkilder, naturarealer, og eventuel deposition direkte på ferskvand trækkes fra den samlede transport, som derpå divideres med oplandsarealet fratrukket naturarealer. I princippet bør man også fratække bidraget fra spredt bebyggelse, når tabet fra dyrkede arealer gøres op. Det er ikke gjort her i rapporten. Der er nemlig væsentlig usikkerhed forbundet med at estimere det faktiske bidrag fra spredt bebyggelse. Specielt i tørre år er det usikkert, hvor stor en andel af det potentielle bidrag fra spredt bebyggelse, der når ud til vandløbet.

For kvælstof udgør bidraget fra spredt bebyggelse kun en meget lille andel, typisk mindre end 2 % af tabet fra dyrkede arealer (jvf. *Windolf et al., 1998*). For fosfors vedkommende betyder bidraget fra spredt bebyggelse derimod mere, ofte ca. 20-30 % af det diffuse fosfortab fra et opland.

Appendiks 1. Beskrivelse af oplandene

Jordtypen kan bestemmes for hver enkelt mark

Kortlægning af alle oplandene

Jordbundsundersøgelsen blev udført af Statens Planteavlsvforsøg, Afdeling for Arealdata og Kortlægning i 1989 (Jensen og Madsen, 1990). I hvert opland er 10-11 jordprofiler detaljeret beskrevet og analyseret; endvidere er der udtaget et stort antal boreprøver. På grundlag heraf er udarbejdet detaljerede jordklassificeringskort. En geologisk jordartskortlægning samt en hydrogeologisk kortlægning blev udført af GEUS i 1988/89. På grundlag af jordklassificerings- og jordartskortene er det muligt at henføre hver enkelt mark i oplandene til en beskrevet jordtype.

Beskrivelse af de enkelte oplande

Storstrøm

LOOP 1, Højvads Rende (Storstrøms Amtskommune).

Oplandet udgør ca. 980 ha. Den nordøstlige del er præget af et bakket terræn med mange lavninger og mosearealer, den vestlige del er svagt bakket, mens den sydlige del er karakteriseret ved et fladt landskab. De øvre jordlag består af moræneler og sandlag, og herunder i 35-45 m's dybde findes skrivekridt. De dominerende jordtyper i oplandet er klassificeret som sandblandet ler (80 %) og lerjorder (14 %). Skov udgør 27 % af oplandsarealet, resten er i landbrugsmæssig drift.

Nordjylland

LOOP 2, Odderbæk (Nordjyllands Amtskommune).

Oplandet udgør ca. 1140 ha. Den nordlige og vestlige del er karakteriseret ved et småbakket terræn, mod øst er landskabet svagt kuperet, og i den sydlige del er terrænet markant fladt. Jordlagene består af vekslende ler og sandlag til stor dybde; i den øverste meter findes overvejende sand. De dominerende jordtyper i oplandet er klassificeret som grovsandet jord (72 %) og finsandet jord (17 %). Skov udgør ca. 2 % af oplandsarealet, omtrent resten er i landbrugsmæssig drift.

Vejle/Århus

LOOP 3, Horndrup Bæk (Vejle/Århus Amtskommune).

Oplandet udgør ca. 550 ha. Det er karakteriseret ved et stærkt kuperet terræn med Ejer Baunehøj beliggende i den sydlige del. Jordlagene består overvejende af moræneler med morænesand og -grus i små isolerede områder. Smeltevandssand findes i vandløbsdalene. De dominerende jordtyper i oplandet er klassificeret som sandblandet ler (70 %) og lerblandet sand (24 %). Skov udgør 18 % af oplandsarealet, resten anvendes til landbrugsmæssig drift.

Fyn

LOOP 4, Lillebæk (Fyns Amtskommune).

Oplandet udgør ca. 470 ha. Det fremtræder som et svagt skrånende terræn ned mod Storebælt. Jordlagene består overvejende af moræneler med indslag af smeltevandssand og ler. I de dybere jordlag fin-

des et sammenhængende sandlag. De dominerende jordtyper i oplandet er klassificeret som sandblandet ler (86 %) og lerblandet sand (4 %). Skov udgør 2 % af oplandsarealet, 89 % anvendes til intensiv landbrugsdrift, og 9 % af arealet er veje, byer m.v.

Ringkøbing/Viborg

LOOP 5, Barslund Bæk og Tværmose Bæk (Ringkøbing/Viborg Amtskommune).

Oplandet udgør ca. 1310 ha. Området er en typisk hedeslette med okkerpåvirkninger. Jordtyperne i oplandet er klassificeret som grovsandet jord (90 %) og humusjord (10 %). Flyvestation Karup udgør en del af oplandsarealet (ca. 13 %); skov findes i ca. 22 % af arealet, mens omtrent resten anvendes til landbrugsmæssig drift.

Sønderjylland

LOOP 6, Bolbro Bæk (Sønderjyllands Amtskommune).

Oplandet udgør ca. 820 ha og er karakteriseret ved et fladt terræn, der skrånere svagt fra nordøst mod sydvest. Jordtyperne i oplandet er klassificeret som grovsandet jord (67 %), lerblandet sandjord (18 %) og humusjord (14 %). Mere end 99 % af arealet er i landbrugsdrift; 0,4 % er skov.

Vestsjælland

LOOP 7, Hulebæk (Vestsjællands Amtskommune).

Oplandet udgør ca. 1520 ha. Området er karakteriseret ved et småkuperet morænelandskab. I oplandet er 76 % af landbrugsjorden klassificeret som sandblandet lerjord og 20 % som lerjord. Det dyrkede areal udgør 78 % , 15 % er skov og 7 % bebyggelse. Skovpartierne findes hovedsagelig i den nordlige del af oplandet, mens Fuglebjerg by skærer sydgrænsen. Oplandet i øvrigt er præget af spredt bebyggelse og mange mindre ejendomme.

Appendiks 2. Beskrivelse af undersøgelsesprogram

Oversigt

I dette afsnit gives en kortfattet beskrivelse af undersøgelsesprogrammet; for en mere detaljeret beskrivelse henvises til tidligere overvågningsrapporter fra Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) (Grant *et al.*, 1991). Programmet består af følgende komponenter:

- Kortlægning af oplandene med hensyn til jordtype og geologi
- Interviewundersøgelse blandt landmændene i oplandene
- Måleprogram for vandafstrømning og næringsstofkoncentrationer i samtlige dele af vandkredsløbet; stationsnettet består af:
 - Nedbørsmåler
 - Jordvandsstationer
 - Drænstationer
 - Grundvandsstationer (øvre grundvand)
 - Vandløbsstationer
- Måleprogram for pesticidindhold i det øvre grundvand

Måleprogrammet startede i 1989 og blev revideret i 1998.

Kortlægning af oplandene

Jordtypen kan bestemmes for hver enkelt mark

Jordbundsundersøgelsen blev udført af Statens Planteavlsvforsøg, Afdeling for Arealdata og Kortlægning i 1989 (Jensen og Madsen, 1990). I hvert opland er 10-11 jordprofiler detaljeret beskrevet og analyseret; endvidere er der udtaget et stort antal boreprøver. På grundlag heraf er udarbejdet detaljerede jordklassificeringskort. En geologisk jordartskortlægning samt en hydrogeologisk kortlægning blev udført af GEUS i 1988/89. På grundlag af jordklassificerings- og jordartskortene er det muligt at henføre hver enkelt mark i oplandene til en beskrevet jordtype.

Interviewundersøgelsen

Formål

Interviewundersøgelsen udføres hvert år. Det tilstræbes, at samtlige lodsejere og forpagtere i oplandene deltager. Målet med dette undersøgelsesprogram er at indhente oplysninger, som er nødvendige for modelberegning af næringsstofudvaskningen fra enkeltmarker, samt at fremskaffe et statistisk grundlag for vurdering af næringsstofudvaskningen på oplandsniveau.

Interviewundersøgelsen blev i perioden 1989-97 foretaget i 6 oplande. Fra 1998 blev undersøgelsen udvidet med ét oplande for at opnå større repræsentativitet. Samtidig blev indholdet udvidet til også at omfatte opgørelser af pesticidanvendelse på markniveau i de 5 oplande, hvor der også foretages undersøgelser i vandkredsløbet.

Interviewprogram

Oplysningerne i interviewprogrammet omfatter:

Ejendomsniveau	Størrelse, arealudnyttelse og dræning, punktkilder, husdyrhold, produktion af husdyrgødning samt opbevaringskapacitet for husdyrgødning.
Markniveau	Afgrøder, efterafgrøder, udbytter, anvendelse af afgrøderester, tildeling af handelsgødning og husdyrgødning, udbinding af husdyr, pesticidanvendelse samt tidspunkter for alle markoperationer.

I LOOP 1, 2, 4 og 6 udføres undersøgelsen af lokale planteavlskon-sulenter, i LOOP 3 af amtet og i LOOP 5 af Hedeselskabet.

I 1993-95 er der udtaget prøver af den flydende husdyrgødning fra ejendomme med stationsmarker med det formål at vurdere, i hvor høj grad gødningens faktiske næringsstofindhold er i overensstem-melse med normtallene. Undersøgelsen afsluttedes 1. januar 1996; resultaterne er beskrevet i *Grant et al., 1996*.

Måleprogram for vandafstrømning og nærings-stofkoncentrationer

Der måles løbende på nedbør, vandafstrømning og næringsstofkon-centrationer i samtlige dele af vandkredsløbet. På grundlag heraf foretages beregning over næringsstofudvaskning. Stationsopbygning og måleprogram er kort beskrevet nedenfor.

Måleprogrammet blev udført i 6 oplande i perioden 1989-97. Fra 1998 ophørte målingerne i LOOP 5 på grund af problemer med tolkning af data.

Nedbørsstationer og klimadata

Klimadata for oplandene er for årene 1989-97 indhentet og bearbejdet af Danmarks JordbrugsForskning. De indhentede data omfatter ned-bør, temperatur, potentiel fordampning og global stråling. Oplysnin-gerne er baseret på Statens Planteavlsvforsøgs ordinære net af klima-stationer i forbindelse med kvadratnetsundersøgelsen, samt på 1-2 nedbørsstationer opstillet i hvert opland i forbindelse med etablerin-gen af LOOP-programmet. Fra 1998 hentes data direkte fra DMI's 10*10 og 20*20 km gridnet.

Jordvandsundersøgelser

Målet med jordvandsprogrammet er at beregne næringsstofud-vaskningen fra rodzonen på udvalgte marker. Til dette formål måles næringsstofkoncentrationen i jordvandet, mens vandafstrømningen fra rodzonen modelberegnes.

Måling og beregning

Formål

Jordvandsstationer

6-8 jordvandsstationer er etableret i hvert opland. En jordvands-station består af 10 sugeceller til udtagning af jordvand. Cellerne er placeret i et V-formet mønster inden for et areal på 100 m² i 90-120 cm dybde. Oversigt over analyseparametre er givet i tabel 1.

<i>Modelberegning af afstrømning</i>	Vandafstrømningen (perkolationen) fra rodzonen på stationsmærkerne modelberegnes for LOOP 2, 3 og 6 ved hjælp af vandbalancemodellen EVACROP (Olesen og Heidmann, 1990); mens der for LOOP 1 og 4 anvendes rodzonemodellen DAISY (Hansen et al. 1990), idet denne er bedst egnet på de lerede jorde med højt grundvandspejl.
<i>Udvaskningsberegning</i>	Udvaskningsberegningerne er foretaget på baggrund af de modelberegnete vandafstrømninger og de målte koncentrationer.
	Drænvandsanalyser
<i>Formål</i>	Drænvandsprogrammet er iværksat med det formål at bestemme den arealspecifikke næringsstofudledning via drænsystemer. Denne beregning kan foretages, hvor der er tale om veldefinerede drænoplande. Ofte er drænoplandet dårligt afgrænset; her kan imidlertid foretages en kvalitativ vurdering af næringsstofkoncentrationerne i drænvandet.
<i>Drænvandsstationer</i>	<p>I lerjordsoplandene LOOP 1, Storstrøm, og LOOP 4, Fyn, er det vurderet, at henholdsvis ca. 70 % og 50 % af landbrugsarealet er drænet. I disse oplande er anlagt drænstationer på eksisterende drænsystemer i forbindelse med de 6 jordvandsstationer. Ved 3-4 drænstationer i hvert opland måles vandføringen automatisk; de automatiske stationer er monteret med 30° Thomson overfald og datalogger. Ved de øvrige stationer måles vandføringen manuelt en gang om ugen i perioder, hvor drænene er vandførende; vandføringen bestemmes herefter ved korrelation til de automatiske stationer.</p> <p>I sandjordsoplandet LOOP 2, Nordjylland, er anlagt 2 drænstationer på eksisterende drænsystemer, begge som automatiske stationer.</p> <p>Der udtages drænvandsprøver til kemisk analyse en gang hver uge i perioder, hvor drænene er vandførende (stikprøver). Fra 1998 udtages fra udvalgte stationer desuden tidsproportionale prøver (timeprøver) ved hjælp af en automatisk prøvetager til en forbedret bestemmelse af fosfor og suspenderet stoftransport (intensiv prøver). Oversigt over analyseparametre er givet i tabel 1.</p>
	Grundvandsundersøgelser
<i>Formål</i>	Formålet med grundvandsprogrammet er dels at overvåge næringsstofudvaskningen til de øvre, sekundære grundvandsmagasiner, og dels at belyse udvaskningen af pesticider og disses nedbrydningsprodukter til grundvandet. For at få en bedre forståelse af kvaliteten af de nydannede grundvand gennemføres desuden et begrænset analyseprogram for tungmetaller, uorganiske sporstoffer og visse organiske mikroforureninger.
<i>Grundvandsreder</i>	I hvert opland er etableret omkring 20 terrænnære grundvandsstationer samt enkelte dybere filtre. En grundvandsstation består af 2-3 filtre placeret i 1,5-5 meters dybde. De dybere filtre er etableret med henblik på en forbedret beskrivelse af næringsstof- og pesticidtransporten gennem oplandene. Der analyseres på maksimalt 20 udvalgte filtre pr. opland afhængigt af analyseparametrene. Analysefrekvensen varierer fra 6 gange årligt til 1 gang hvert 3. år afhængigt af stoftypen.

<i>Pejleboringer</i>	Der findes omkring 15 pejleboringer i hvert opland til måling af variationerne i grundvandsstanden i de øvre jordlag. Pejleboringerne er ca. 7 meter dybe. I pejleboringerne placeret ved jordvandsstationerne foretages en ugentlig registrering af grundvandsstanden.
<i>Formål</i>	<p>Vandløbsundersøgelser</p> <p>Vandløbsundersøgelserne omfatter målinger af de vandkemiske forhold og vandføringen med det hovedformål at få en bedre viden om koncentrationen og mængderne af næringsstoffer, der via overfladevand tabes fra landbrugsoplande. Specielt den tidsmæssige udvikling i næringsstoffabet er væsentligt at følge og sammenholde med de øvrige målinger i oplandet af rodzoneudvaskning og tab via drænvand, samt de løbende interviewundersøgelser af ændringer i arealanvendelse og driftsforhold inden for landbruget.</p>
<i>Vandløbsstationer</i>	I hvert opland er der etableret 1 hovedvandløbsstation. Her foretages der manuelle målinger af vandføring (Q) og en kontinuerlig registrering af vandstanden til brug for beregning af døgnmiddelvandføringen. I perioden 1989-97 blev der som hovedregel udtaget vandprøver til kemisk analyse en gang ugentligt i vinterperioden og hver anden uge i sommerperioden (stikprøver). Fra 1998 udtages vandprøver 18-26 gange om året. Herudover udtages flowproportionale prøver ved hjælp af en automatisk prøvetager til en forbedret bestemmelse af fosfor og suspenderet stoftransport (intensiv prøver). En oversigt over analysevariable er givet i tabel 1.
<i>Beregning af tab fra det åbne, dyrkede land</i>	I rapporten er der foretaget en beregning af næringsstoffabet fra det åbne, dyrkede land på følgende måde: Fra den målte totale transport af kvælstof og fosfor er fratrukket eventuelle bidrag fra punktkilder (rensingsanlæg, regnvandsbetingede udløb), samt bidraget fra den del af oplandet, der ikke er dyrket (naturbidraget). I tabet fra det åbne, dyrkede land indgår således landbrugsbidraget, naturbidraget (baggrundsbidraget) på landbrugsarealer samt bidraget fra spredt bebyggelse.

Oversigt over analyseparametre for jordvand, drænvand, grundvand og vandløbsvand.

Analyse- parametre	Jordvand ¹⁾ (Fællesprøve)	Jordvand ²⁾ (Enkeltcelle)	Drænvand ³⁾	Vandløb
pH	x		x	x
Nitrat	x	x	x	x
Ammonium	x		x	x
Total N			(x)	x
Ortho-P, opløst	x		x	x
Total P			(x)	x
Kalium			(x)	
Ledningsevne ⁴⁾			(x)	x
Alkalinitet ⁵⁾			(x)	x
Aciditet ⁵⁾			(x)	
Organisk stof COD ⁶⁾			(x)	x
Na				x
CL				
SO ₄				
Ca				
Mg				
Fe				
Pesticider ⁷⁾				

¹⁾ 1-6 gange årligt er foretaget et udvidet analyseprogram (grundvandsprogram)

²⁾ Udført 2 gange årligt

³⁾ (x) kun udført på automatiske stationer

⁴⁾ Er ikke målt hvis total alkalinitet > 1,5 mmol/l

⁵⁾ Hvis pH er mindre end 4,5 målt aciditet, og hvis pH er større end 4,5 er målt alkalinitet.

⁶⁾ Målt hvor det er relevant

⁷⁾ Der analyseres for atrazin, dichlorprop, dinosep, DNOC, MCPA, mechlorprop, simazin og 2,4-D 4 gange årligt.

Appendiks 3. Vandmiljøhandlingsplaner

De gennemførte foranstaltninger til begrænsning af landbrugets forurening af vandmiljøet har taget udgangspunkt i NPO-Handlingsplanen fra 1986, Vandmiljøplanen fra 1987 og Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug fra 1991. Endelig blev Vandmiljøplan II vedtaget i februar 1998.

NPO-Handlingsplanen, 1986

NPO-Handlingsplanen omhandler bl.a. initiativer med henblik på at stoppe gårdbidraget, dvs udledning fra møddingspladser m.v., samt krav til husdyrbrug om harmoni mellem størrelsen af husdyrholdet og det jordtilliggende, som ejendommen har til rådighed for udspreddning af husdyrgødningen.

Vandmiljøplanen, 1987

Vandmiljøplanen har som målsætning at reducere kvælstof- og fosforudledningen med henholdsvis 50% og 80% inden 1993. Den samlede kvælstofudledning fra landbruget til vandmiljøet var beregnet til 260.000 t N midt i 1980'erne. Vandmiljøplanen indebar, at landbrugets udledning skulle reduceres med 127.000 t N, svarende til 49% af den samlede udledning fra landbruget. Der forventedes en reduktion af markbidraget (udvaskning fra rodzonen) på 100.000 t N, mens den øvrige reduktion skulle komme fra gårdbidraget, først og fremmest ved stop af de ulovlige udledninger (*Miljøstyrelsen, 1990*).

De bindende virkemidler i Vandmiljøplanen overfor landbruget omfatter krav om 9 måneders opbevaringskapacitet for husdyrgødning (med dispensationsmulighed ned til 6 måneder), krav om udarbejdelse af sædskifte og gødningsplaner, samt krav om 65% grønne marker.

Handlingsplanen for bæredygtigt landbrug, 1991

De to ovenfor nævnte handlingsplaner har i væsentlig omfang bygget på, at landbruget frivilligt og gennem godt landmandskab skulle nedbringe forureningsproblemerne. Selvom landbruget allerede i slutningen af 80'erne stort set levede op til de bindende krav, har det frem til først i 90'erne ikke i væsentlig grad ændret gødskningspraksis imod en bedre udnyttelse af husdyrgødningen, og et deraf følgende reduceret handelsgødningsforbrug (afsnit 4).

Som følge af de manglende resultater blev der i 1991 udarbejdet Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug. Handlingsplanen omfatter bl.a. forlængelse af frister frem til år 2000 med hensyn til landbrugets opfyldelse af reduktionsmål for kvælstofudledningen. Desuden stilles der krav om gødningsregnskaber, bindende normer for gødningstildeling til afgrøderne, krav til udnyttelsen af husdyrgødningen og skærpede regler for udbringning af husdyrgødningen fra driftåret 1993/94. Disse regler omfatter forbud mod at sprede flydende husdyrgødning om efteråret, dog med undtagelse af udbringning til vinterraps og overvintrende græs. Endvidere er det fra 1995 kun tilladt at udbringe fast gødning i perioden fra høst og indtil 20. oktober på arealer, hvor der skal være afgrøder den følgende vinter.

Opfølgning på Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug, 1996

Som led i opfølgning på Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug har Landbrugs og Fiskeriministeriet den 15. december 1995 på regeringens vegne forelagt "Redegørelse for udnyttelse af husdyrgødning

og udvikling i landbrugets kvælstofhusholdning". Det fremgår heraf, at udbygning af eksisterende regelsæt sammen med iværksættelse af yderligere initiativer på landbrugsområdet er nødvendig for at målene i Handlingsplanen kan nås.

Ved en forespørgselsdebat i Folketinget i marts 1996 fremlagde regeringen sine planer til sikring af at målene nås. Dette har resulteret i, at landmændene ved udarbejdelse af gødningsregnskaber fra 1996 ikke længere frit kan fastlægge forventet udbytte, dette skal baseres på et gennemsnit af tidligere år. Med hensyn til næringsstofindhold i husdyrgødning kan landmændene selv værdisætte dette på baggrund af husdyrgødningsanalyser indtil 1997; fra 1998 skal fastsættelsen af næringsstofindholdet i husdyrgødning ske på baggrund af normværdier med mulighed for korrektion for aktuel fodring. Desuden indebærer planen en gradvis stigning i kravet til udnyttelse af husdyrgødning; fra 1. august 1997 er udnyttelseskravet således øget til 50% for svinegylle, 45% for kvæggylle, 15% for dybstrøelse og 40% for anden husdyrgødning.

Vandmiljøplan II, 1998

I januar 1998 foretog Danmarks Miljøundersøgelser og Danmarks JordbrugsForskning for Folketinget en evaluering af de hidtil iværksatte og aftalte styringsinstrumenters effektivitet. På baggrund heraf vedtog Folketinget i februar 1998 Vandmiljøplan II (VMPII). I planen er landbrugets reduktionskrav fastholdt, og initiativer til opfyldelse heraf skal være iværksat senest 2003. VMPII omfatter en bred vifte af virkemidler som vist nedenfor (tabel 1).

Der forventes en reduktion i kvælstofudvaskningen på 37.100 tons som følge af de aftalte virkemidler. For at nå denne reduktion skal handelsgødningsforbruget reduceres med 87.000 tons N.

Effekten for en del af virkemidlerne bygger på en forventet udvikling i landbrugspraksis, hvorfor Folketinget har vedtaget, at Danmarks Miljøundersøgelser og Danmarks JordbrugsForskning skal foretage en evaluering i 1999/2000 og 2002/2003. Herunder skal bl.a. handelsgødningsforbruget bruges som en indikator for udviklingen. Virkemidlerne vil blive justeret i forhold resultatet af evalueringerne.

Tabel 1. Miljøeffekterne og reduktionen i handelsgødningsforbruget er vurderet af DMU/DJF.

	Effekt i 2003, mindre udvaskning tons/år	Udtagne arealer, hektar	Reduktion i handelsgødningsforbrug, tons
Vådområder	5.600	16.000	1.100
SFL områder	1.900	88.000	10.000
Skovrejsning	1.100	20.000	2.440
Bedre foderudnyttelse	2.400		-13.600
Skærpede harmonikrav 2,3/1,4 ¹	300		26.000
Skærpede krav til udnyttelse af N i husdyrgødning (5+5+X ²)%	10.600		26.000
Økologisk jordbrug	1.700	170.000	17.600
Efterafgrøder på yderligere 6% af arealet	3.000	120.000	3.000
Nedsat N-norm. 10%	10.500		40.000
I alt	37.100	414.000	87.140

¹ Harmonikrav på 1,4 til svinebruget opfyldes i dag af de fleste fedesvinproducenter. For so- og smågriseproducenter vil dette kunne nås gennem, forbedret fodereffektivitet.

² Fem procent i gødningsåret 1999/2000, samt yderligere fem procent i gødningsåret 2001/2002. Ved midtvejsvurderingen for så vidt det er teknisk gennemførligt sættes udnyttelsesprocenten i 2002/2003 yderligere i vejret for at nå udvaskningsreduktionen på 10.600 tons i det omfang det ikke er muligt at nå målet ved blandt andet halmnedmuldning, permanent brak og økologisk jordbrug.

Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser - DMU - er en forskningsinstitution i Miljø- og Energiministeret. DMU's opgaver omfatter forskning, overvågning og faglig rådgivning inden for natur og miljø.

Henvendelse kan rettes til:

URL: <http://www.dmu.dk>

Danmarks Miljøundersøgelser
Frederiksborgvej 399
Postboks 358
4000 Roskilde
Tel: 46 30 12 00
Fax: 46 30 11 14

*Direktion
Personale- og Økonomisekretariat
Forsknings- og Udviklingssektion
Afd. for Systemanalyse
Afd. for Atmosfærisk Miljø
Afd. for Miljøkemi
Afd. for Havmiljø og Mikrobiologi*

Danmarks Miljøundersøgelser
Vejløvej 25
Postboks 314
8600 Silkeborg
Tel: 89 20 14 00
Fax: 89 20 14 14

*Afd. for Terrestrisk Økologi
Afd. for Sø- og Fjordøkologi
Afd. for Vandløbsøkologi*

Danmarks Miljøundersøgelser
Grenåvej 12, Kalø
8410 Rønde
Tel: 89 20 17 00
Fax: 89 20 15 14

*Afd. for Landskabsøkologi
Afd. for Kystzoneøkologi*

Danmarks Miljøundersøgelser
Tagensvej 135, 4.
2200 København N
Tel: 35 82 14 15
Fax: 35 82 14 20

Afd. for Arktisk Miljø

Publikationer:

DMU udgiver temarapporter, faglige rapporter, arbejdsrapporter, tekniske anvisninger, årsberetninger samt et kvartalsvis nyhedsbrev, DMU Nyt. Et katalog over DMU's aktuelle forsknings- og udviklingsprojekter er tilgængeligt via World Wide Web.

I årsberetningen findes en oversigt over årets publikationer. Årsberetning og DMU Nyt fås gratis ved henvendelse på telefon 46 30 12 00.

Faglige rapporter fra DMU/NERI Technical Reports

1999

- Nr. 269: Tålegrænser for luftforurening. Anvendelse i strategisk miljøplanlægning. Integreret MiljøInformationsSystem IMIS-luftforurening. Af Bastrup-Birk, A., Tybirk, K., Wier, M. & Emborg, L. 123 s., 150,00 kr.
- Nr. 270: Produktion og forekomst af svovlbrinte i Mariager Fjord 1998. Af Fossing, H. & Christensen, P.B. 17 s., 40,00 kr.
- Nr. 271: Proceedings of the 12th Task Force Meeting in Silkeborg, Denmark, October 23-25, 1996. Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution. International Cooperative Programme on Assessment and Monitoring of Acidification of Rivers and Lakes. By Larsen, S.E., Friberg, N. & Rebsdorf, Aa. (eds.). 49 pp., 40.00 DKK.
- Nr. 272: Forbrug af økologiske fødevarer. Del 1: Den økologiske forbruger. Af Wier, M. & Calverley, C. 130 s., 120,00 kr.
- Nr. 273: Mink *Mustela vison* og ilder *M. putorius*. Mink- og ilderjagten i Danmark 1996/97 og problemer med de to arter i forhold til små fjerkræhold. Af Hammershøj, M. & Asferg, T. 54 s., 60,00 kr.
- Nr. 274: Modeller til bestemmelse af Naturkvalitet på udvalgte Naturtyper ved anvendelse af Neurale netværk. Af Mark, S. & Strandberg, M. 70 s., 60,00 kr.
- Nr. 275: Indpasning af rekreative aktiviteter i forhold til fugleliv og odder i Skjern Å Naturprojekt - en biologisk udredning. Af Madsen, J., Madsen, J.B. & Petersen, I.K. 38 s., 40,00 kr.
- Nr. 276: Grønlandske gåsebestande - en oversigt. Af Boertmann, D. & Glahder, C. 59 s., 60,00 kr.
- Nr. 277: Miljøundersøgelser ved Maarmorilik 1998. Af Johansen, P., Asmund, G. & Riget, F. 73 s., 100,00 kr.
- Nr. 278: Luftforurening ved en planlagt udvidelse af Billund Lufthavn. Undersøgelse udført af Danmarks Miljøundersøgelser for Billund Lufthavn. Af Berkowicz, R., Fenger, J. & Winther, M. 88 s., 100,00 kr.
- Nr. 279: Pesticider i drikkevand 2. Præstationsprøvning. Af Nyeland, B.A. 261 s., 80,00 kr.
- Nr. 280: Vurdering af effekten af en vindmøllepark ved Overgaard på forekomsten af fugle i EF-fuglebeskyttelsesområde nr. 15. Af Clausen, P. & Larsen, J.K. 31 s., 40,00 kr.
- Nr. 281: Control of Pesticides 1998. Chemical Substances and Chemical Preparations. By Krongaard, T. & Petersen, K.K. 23 pp., 50,00 kr.
- Nr. 282: Vingeindsamling fra jagtsæsonen 1998/99 i Danmark. Wing Survey from te 1998/99 Hunting Season in Denmark. Af Clausager, I. 47 s., 40,00 kr.
- Nr. 283: Krager, husskader og småvildt. En vurdering af prædationens effekt på småvildtbestande og muligheden for at begrænse effekten ved jagt og regulering. Af Asferg, T. 49 s., 60,00 kr.
- Nr. 284: Anskydning af vildt. Status for undersøgelser 1999. Af Noer, H., Hartmann, P., Christensen, T.K., Kanstrup, N. & Hansen, E.B. 61 s., 80,00 kr.
- Nr. 285: Naturkvalitet - kriterier og metodeudvikling. Af Nygaard, B., Mark, S., Baattrup-Pedersen, A., Dahl, K., Ejrnæs, R., Fredshavn, J., Hansen, J., Lawesson, J., Münier, B., Møller, P.F., Risager, M., Rune, F., Skriver, J., Søndergaard, M. 116 s., 130,00 kr.
- Nr. 286: Chlorerede, phosphorholdige og andre pesticider i drikkevand. Metodeafprøvning. Af Nyeland, B. & Kvamm, B.L. 323 s., 150,00 kr.
- Nr. 287: The Danish CORINAIR Inventories. Time Series 1975-1996 of Emissions to the Atmosphere. By Winther, M., Illerup, J.B., Fenham, J. & Kilde, N. 81 pp., 100,00 DDK.
- Nr. 288: Mere og bedre natur i landbrugslandet - dokumenteret grundlag for en ekstra indsats. Reddersen, J., Tybirk, K., Halberg, N. & Jensen, J. (i trykken).
- Nr. 289: Atmosfærisk deposition af kvælstof 1998. NOVA 2003. Af Skov, H., Hertel, O., Ellermann, T., Skjødt, C.A. & Heidam, N.Z. (i trykken)
- Nr. 290: Marine områder - Status over miljøtilstanden i 1998. NOVA 2003. Af Markager, S. et al. (i trykken)
- Nr. 291: Søer 1998. NOVA 2003. Af Jensen, J.P., Søndergaard, M., Jeppesen, E., Lauridsen, T.L. & Sortkjær, L. (i trykken)
- Nr. 292: Vandløb og kilder 1998. NOVA 2003. Af Bøgestrand, J. (red.) (i trykken)
- Nr. 293: Landovervågningsoplande 1998. NOVA 2003. Af Grant, R. et al. (i trykken)
- Nr. 294: Bilparkmodel. Beregning af udvikling og emissioner. ALTRANS. Af Kveiborg, O. (i trykken)
- Nr. 295: Kvalitetsparametre for haglammunition. En undersøgelse af spredning og indtrængningsevne som funktion af haglenes størrelse og form. Af Hartmann, P., Kanstrup, N., Asferg, T. & Fredshavn, J. (i trykken)
- Nr. 296: The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual Report for 1998. By Kemp, K. & Palmgren, F. (in press)