

Vandmiljøplanens
Overvågningsprogram 1995

Land- overvågnings- oplande

Faglig rapport fra DMU, nr. 175

Ruth Grant

Pia Grewy Jensen

Hans Estrup Andersen

Anker Rode Laubel

Christian Deibjerg

Henrik Rasmussen

Afdeling for Vandløbsøkologi

Per Rasmussen

Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelser

Miljø- og Energiministeriet
Danmarks Miljøundersøgelser
December, 1996

Datablad

- Titel: Landovervågningsoplande
- Undertitel: Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1995
- Forfattere: R. Grant¹, P.G. Jensen¹, H.E. Andersen¹, A.R. Laubel¹, C. Deibjerg¹, H. Rasmussen¹, P. Rasmussen²
- Afdelinger: ¹Afdeling for Vandløbsøkologi
² Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse
- Serietitel og nummer: Faglig rapport fra DMU nr. 175
- Udgiver: Miljø- og Energiministeriet
Danmarks Miljøundersøgelser ©
- Udgivelsesår: November 1996
- Tegninger: Kathe Møgelvang & Juana Jacobsen
ETB: Hanne Kjellerup Hansen & Anne-Dorthe Matharu
- Bedes citeret: Grant, R., Jensen, P.G., Andersen, H.E., Laubel, A.R., Deibjerg, C., Rasmussen, H. & Rasmussen, P. (1996): Landovervågningsoplande. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1995. Danmarks Miljøundersøgelser. 150 s. - Faglig rapport fra DMU nr. 175
- Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.
- Emneord: Landovervågningsoplande, miljøtilstand, overvågning, Vandmiljøplanen
- ISBN: 87-7772-293-0
ISSN: 0905-815X
Papirkvalitet: Cyclus Print
Tryk: Silkeborg Bogtryk
Oplag: 300
Sideantal: 150
- Pris: kr. 125,- (inkl. 25% moms, ekskl. forsendelse)
- Købes hos: Danmarks Miljøundersøgelser Miljøbutikken
Vejlsøvej 25 Information & Bøger
Postboks 314 Læderstræde 1
DK-8600 Silkeborg DK-1201 København K
Tlf. 8920 1400 Tlf. 3392 7692 (bøger)
Fax 8920 1414 3337 9292 (information)

Indhold

Forord 7

- 1 Resume 9**
- 2 Indledning 15**
- 3 Beskrivelse af oplandene 17**
- 4 Beskrivelse af undersøgelsesprogram 19**
 - 4.1 Kortlægning af oplandene 19
 - 4.2 Interviewundersøgelsen 19
 - 4.3 Måleprogram for vandafstrømning og næringsstofkoncentration 20
- 5 Landbrugspraksis 23**
 - 5.1 Interviewundersøgelsen i landovervågningsoplandene 23
 - 5.2 Afgrøder og husdyrhold i landovervågningsoplandene 25
 - 5.3 Forbrug og udnyttelse af kvælstofgødning til afgrøderne i landovervågningsoplandene 28
 - 5.4 Kvælstofbalancer for landbrugsarealet i landovervågningsoplandene 35
 - 5.5 Fosforbalancer for landbrugsarealet i landovervågningsoplandene 36
 - 5.6 Dyrkningspraksis og arealanvendelse i 46 oplande 37
 - 5.7 Gødningsforbruget for hele landet fra 1985 til 1995 40
 - 5.8 Samlet vurdering af udviklingen i landbrugspraksis i landovervågningsoplandene og for hele landet 46
- 6 Nedbørs- og temperaturforhold i oplandene 49**
- 7 Næringsstofudvaskning fra rodzonen - målinger på stations marker 51**
 - 7.1 Beskrivelse af stationsmarker 51
 - 7.2 Jordvandsmålinger 53
 - 7.3 Drænvandsmålinger 59
 - 7.4 Sammenfatning 62
- 8 Modelberegning af kvælstofudvaskning fra rodzonen 63**
 - 8.1 Beskrivelse af modellen 63
 - 8.2 Sammenligning mellem målt og modelberegnet kvælstofudvaskning 65

- 8.3 Beregning af udvaskning ved normal- og aktuelt klima 66
- 8.4 Modelberegneede scenarier 69
- 8.5 Sammenfatning 71

- 9 Grundvand 73**
 - 9.1 Indledning 73
 - 9.2 Grundvandsspejlets variation 73
 - 9.3 Udviklingen i grundvandets nitratindhold 73
 - 9.4 Fosfor 77
 - 9.5 Grundvandets hovedkomponenter 77
 - 9.6 Pesticidanvendelsen og pesticidfund i grundvandet 78
 - 9.7 Sammenfatning 81

- 10 Afstrømning, koncentration og transport af næringsstoffer i vandløb 83**
 - 10.1 Afstrømning 83
 - 10.2 Koncentration af kvælstof og fosfor 86
 - 10.3 Transport af kvælstof og fosfor 88
 - 10.4 Sammenfatning 91

- 11 Sammenstilling - Landbrugets indflydelse på næringsstofcirkulationen i landovervågningsoplandene 93**
 - 11.1 Beskrivelse af kvælstoftransporterne i oplandene 93
 - 11.2 Landbrugets indflydelse på kvælstofudvaskningen til vandmiljøet 98
 - 11.3 Fosforgødsning og vandmiljø 99

- 12 Konklusion - udvikling i landbrugets næringsstofbelastning af vandområderne 103**
 - 12.1 Vandmiljøhandlingsplaner 103
 - 12.2 Udviklingen i landbrugets kvælstofanvendelse 104
 - 12.3 Udvikling i kvælstofudvaskning 105
 - 12.4 Supplerende tiltag til reduktion af kvælstofudvaskning 107
 - 12.5 Udvikling i landbrugets anvendelse af fosforgødning 108

Sammenfatning af Danmarks Miljøundersøgelses nationale rapporter vedrørende resultaterne af Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1995 109

Referencer 115

Bilag

- Bilag 4.1 Oversigt over analyseparametre for jordvand, drænvand, grundvand og vandløbsvand

- Bilag 5.1 Data til beskrivelse af udviklingstendensen i gødningspraksis til fem afgrødegrupper i perioden fra 1990 til 1995.
- Bilag 5.2 Datagrundlag for opgørelse af tildelte kvælstofmængde i forhold til anbefalede kvælstofmængder for fem husdyrtæthedsgrupper og fire bedrifttyper i 1995.
- Bilag 5.3 Kvælstofstrømme for hele landet, kvælstofgødning, DE, nyttevirkning samt N behov for hele landet fra 1985 til 1995.
- Bilag 5.4 Total kvælstof input og høstet kvælstof samt delparametre til opgørelse af disse og udbragt husdyrgødning for hele landet fra 1985 til 1995.
- Bilag 5.5 Fosforinput og høstet fosfor for hele landet samt opgjort pr. arealenhed dyrkningsjord, 1985 - 1995.
- Bilag 6.1 Månedsnedbør for LOOP 1 - LOOP 6 for perioden 1989 - 1995
- Bilag 7.1 Husdyrgødningsanalyser på ejendomme med stationsmarker
- Bilag 7.2 Afstrømning, N-udvaskning og vandføringsvægtede N ($\text{NO}_3\text{-N}$) koncentrationer som gennemsnit for stationer i oplandene.
- Bilag 7.3 Ejendoms- og markoplysninger for stationsmarkerne
- Bilag 7.4 Nedbør, vanding, afstrømning samt N ($\text{NO}_3\text{-N}$) og P ($\text{PO}_4\text{-P}$) udvaskning fra rodzonen for 1989/90-1994/95. Opgørelse på hydrologiske år.
- Bilag 8.1 Anbefalet tildeling af kvælstof, gødningsforbrug, normaludvaskning, nyttevirkning af husdyrgødning samt braklagt areal for landovervågningsoplandene for driftsårene 1990/91 - 1995/96.
- Bilag 9.1 Gennemsnitlige koncentrationer af de enkelte hovedkomponenter for hvert LOOP for hele overvågningsperioden.
- Bilag 10.1 Hydrografopsplitning
- Bilag 10.2 Overfladenært kvælstoftab til vandløb

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 Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Overvågningsprogrammet blev iværksat efteråret 1988.

Hensigten med Vandmiljøplanens overvågningsprogram er 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 den ændrede belastning af vandmiljøet med næringsalte.

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 amtskommunerne og Københavns og Frederiksberg kommuner og de statslige myndigheder.

Rapporterne "Ferske vandområder - vandløb og kilder" og "Ferske vandområder - søer" er således baseret på amtskommunale data og rapporter af overvågningen af de ferske vande.

Rapporten "Marine områder - fjorde, kyster og åbent hav" er baseret på amtskommunale data og rapporter af overvågningen af fjorde og kystvande samt Danmarks Miljøundersøgelsers overvågning af de åbne havområder.

Rapporten "Landovervågningsoplande" er baseret på data indberettet af amtskommunerne fra 6 overvågningsoplande, og er udarbejdet i samarbejde med Danmarks Geologiske Undersøgelse.

Endelig er rapporten "Atmosfærisk deposition af kvælstof" baseret på Danmarks Miljøundersøgelsers overvågningsindsats. Til denne rapport foreligger tillige en bilagsrapport samt en appendixrapport.

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

1 Resume

Landovervågning

Landovervågningsprogrammet

I Vandmiljøplanens Landovervågningsprogram undersøges næringsstofudvaskningen fra landbrugsarealer til vandmiljøet. Overvågningsprogrammet blev startet i 1988/89 i 6 små landbrugsdominerede vandløbsoplande, hvert på 5-15 km².

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. Den væsentligste forskel er et højere husdyrtryk i oplandene på 1,14 DE ha⁻¹ i forhold til landsgennemsnittet på 0,96 DE ha⁻¹ i 1995 (baseret på det dyrkede areal minus arealer med brak), og at oplandene har større andel af grovsandede jordtyper end hele landet. 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 1989-1995, samt en modelberegning af udvaskningen fra rodzonen i de 6 oplande. Rapporten indeholder endvidere en foreløbig vurdering af næringsstofcirkulationen i oplandene, samt landbrugets indflydelse herpå. I konklusionen vurderes udviklingen i landbrugets næringsstof-

belastning af vandområderne. Sidste måleår, som beskrives i rapporten er 1994/95, effekten af det tørre år 1995/96 indgår således ikke i vurderingen.

Udviklingen i landbrugspraksis i landovervågningsoplandene og for hele landet

Analyse af landbrugspraksis

Formålet med analysen af landbrugspraksis er at beskrive virkningerne af tiltag fra Vandmiljøplanen og senere handlingsplaner på landbrugets gødningsforbrug og udnyttelsesgrad af husdyrgødning. Dette gøres dels ved at beskrive udviklingen i landbrugspraksis i landovervågningsoplandene fra 1990 til 1995 og dels ved at beskrive udviklingen i gødningsforbruget for hele landet i perioden fra 1985 til 1995.

Udvikling i landbrugspraksis i landovervågningsoplandene 1990 - 1995

Grønne marker udgør 85% af det dyrkede areal. Heraf udgør græs, vinterraps og efterafgrøder ca en trediedel, vinterkorn en trediedel og rodfrugter, majs, halmnedmuldning og brak en trediedel. Kun førstnævnte gruppe samt rodfrugter (roer) kan forventes at optage betydelige kvælstofmængder i efterårs- og vintermånederne. Af husdyrbrugene havde ca. 68% en opbevaringskapacitet på 9 måneder eller derover. Disse brug dækkede tilsammen 82 % af dyreenhederne. Forårs/sommer-udbringningen steg fra 54% i 1990 til 80% i 1994, mens der ikke er sket nogen yderligere stigning i 1995. Fra 1990 til 1995 blev handelsgødningsforbruget reduceret, således at udnyttelsen af husdyrgødningen steg 16%-point. Husdyrgødningen fordeles bedre i 1994 og 1995 end tidligere; der er ikke set yderligere forbedring fra 1994 til 1995. Der overgødes i 1995 stadig på ca. 30% af arealet. 37-47% af ejendommene, som anvendte husdyrgødning i 1995, opfyldte ikke minimuskrauet til udnyttelse af husdyrgødning; disse havde et jordliggende på 23-35% af det dyrkede areal. For en bedre udnyttelse af husdyrgødningen skal handelsgødningsforbruget sænkes yderligere.

Udvikling i kvælstofforbrug og gødskningspraksis for hele landet 1985 - 1995

For hele landet udgjorde handelsgødningsforbruget 310 mio. kg N i 1995, hvilket er et fald på 10 mio. kg N i forhold til 1994. Antallet af husdyr steg med 0,3 % fra 1994 til 2.418.000 dyreenheder i 1995, hvorved den udbragte mængde af husdyrgødning steg med 1,5 mio. kg N. Afgrødernes kvælstofbehov er i samme periode faldet med 3,5 mio. kg N primært på grund af at eftervirkning af sidste års husdyrgødningstilførsel indregnes. Set i forhold til afgrødernes kvælstofbehov har gødningspraksis således været svagt forbedret fra 1994 til 1995.

På landsplan er den samlede tilførsel af handelsgødning faldet fra 392 mio. kg N i 1985 til 310 mio. kg N i 1995. Tilførsel af husdyrgødning var omtrent uændret i perioden. Derved er den samlede kvælstoftilførsel til de dyrkede arealer faldet med 13% fra 602 mio. kg N i 1985 til 521 mio. kg N i 1995. I samme periode faldt afgrødernes kvælstofbehov med 37 mio. kg N, hvorved den reelle nedgang i tildelt kvælstof, set i forhold til afgrødernes behov er 44 mio. kg N, svarende til en nedgang på 7%.

Kvælstofbalancer for landbrugsjord i Danmark, 1985 - 95

Total kvælstofinput (handelsgødning, husdyrgødning samt kvælstof tilført ved bælplanters fiksering og atmosfærisk deposition) til dyrkningsjord i Danmark er faldet fra 261 kg N ha⁻¹ i 1985 til 237 kg N ha⁻¹ i 1995. Kvælstof fjernet med afgrøderne har varieret mellem 111 og 145 kg N ha⁻¹ år⁻¹. Nettotilførsel af kvælstof udgjorde således 133 kg N ha⁻¹ i 1985 og 106 kg N ha⁻¹ i 1995. Set over hele perioden udgjorde faldet i nettotilførsel af kvælstof 13%.

Fosforbalancer for landbrugsjord i Danmark, 1985 - 95

Tilførsel af fosfor med handelsgødning pr arealenhed dyrkningsjord i Danmark faldt fra 16,7 kg P ha⁻¹ i 1985 til 7,8 kg P ha⁻¹ i 1995, mens tilførsel med husdyrgødning steg fra 16,8 kg P ha⁻¹ til 17,8 kg P ha⁻¹ i samme periode. Fosfor fjernet med afgrøderne har varieret mellem 16 og 22 kg P ha⁻¹. Nettotilførsel af fosfor til landbrugsjord er således faldet fra ca 15 til 6 kg P ha⁻¹ i perioden 1985 til 1995.

I landovervågningsoplandene i 1995 er det vist at den laveste nettotilførsel af fosfor forekommer på planteavlsbrugene (1,1 kg P ha⁻¹), mens nettotilførselen på kvægbrugene udgjorde 8,1 kg P ha⁻¹ og på svinebrug og blandede kvæg- og svinebrug henholdsvis 15,0 og 34,2 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 22 stationsmarker i 3 sandjordsoplande. Undersøgelsen dækker seks hydrologiske år, 1989/90-1994/95.

N og P udvaskning fra rodzonen

Udvaskningen af kvælstof fra rodzonen udgjorde i gennemsnit 83 kg N ha⁻¹ år⁻¹ for lerjordsoplandene og 135 kg N ha⁻¹ år⁻¹ for sandjordsoplandene.

Der blev ved stationsmarkerne beregnet den mindste udvaskning fra planteavlsbrugene, og for husdyrbrugene steg udvaskningen med stigende husdyrtæthed. Der er sammenhæng mellem udvaskningens størrelse og mængden af nettotilført kvælstofgødning inden for grupper med ensartet husdyrtæthed.

Udvaskning af fosfor fra rodzonen har været lav ved 28 stationer, gennemsnitlig 0,054 kg P ha⁻¹ år⁻¹ i den seksårige måleperiode. Ved tre stationer har udvaskningen derimod været høj, 0,278 - 0,950 kg P ha⁻¹ år⁻¹.

N og P udvaskning gennem dræn

Drænvandsundersøgelser i to lerjordsoplande har vist, at nitratudvaskningen gennem dræn udgjorde ca. 48% af udvaskningen fra rodzonen.

Fosfortab gennem 6 dræn har ligget på gennemsnitlig 0,063 kg P ha⁻¹ år⁻¹, og heraf har partikulært P udgjort 47,3%. Fra ét dræn har P tabet været væsentlig højere, gennemsnitlig 0,203 kg P ha⁻¹ år⁻¹, hvoraf partikulært P har udgjort 7%. En drænvandsundersøgelse udført i oplandet på Fyn har vist, at fosfortabet gennem dræn i 1993/94 og 1994/95 blev underestimeret med 54% ved den prøvetagningsteknik,

som anvendes i overvågningen (ugentlige punktprøver) sammenlignet med kontinuert (time) prøvetagning.

*Beregnet 14% reduktion
i N udvaskning fra
1989/90 til 1994/95*

Modelberegning af kvælstofudvaskningen fra rodzonen

Med en empirisk model er der gennemført beregninger af udvaskningen fra rodzonen i de 6 oplande. I en sammenligning med målt udvaskning på stationsmarkerne, ligger den beregnede udvaskning gennemsnitligt 39% 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 1994/1995 viser en reduktion i udvaskningen på 14 %.

Scenarieberegning

En scenarieberegning, hvori kravene i Handlingsplanen for Bæredygtigt landbrug vedrørende udnyttelsesgrader af husdyrgødning er opfyldt, og hvor husdyrgødningen inden for de enkelte ejendomme er fordelt optimalt, viser en gennemsnitlig reduktion i udvaskningen på 32% i forhold til udvaskningen ved aktuel gødningspraksis i 1989/1990. Scenarieberegninger indeholdende en forøgelse af anvendelsen af græsudlæg og efterafgrøder, samt en 20 %'s reduktion i gødskningsnormerne peger på yderligere tiltag, der kan bringe udvaskningen ned på niveau med målet i Vandmiljøplanen

Nitrat

Grundvand

Nitratindholdet i det øvre grundvand i landovervågningsoplande er fortsat højt og tydeligt påvirket af landbrugsdriften. Den gennemsnitlige nitratkoncentration var i 1995 i lerområderne 6,4 mg NO₃-N/l og i sandområderne 12,6 mg NO₃-N/l. Der er foretaget en analyse af udviklingstendenserne i det øvre grundvands nitratindhold i 111 boringer. Analysen viser, at i 75 boringer ses ingen udviklingstendens, 11 udviser en stigende tendens i nitratindholdet i overvågningsperioden og 25 en faldende tendens, af sidstnævnte er halvdelen fra ét opland, Barslund Bæk (LOOP 5).

Pesticider

I 1995 er der i 4 landovervågningsoplande gennemført et udvidet analyseprogram for pesticider i det øvre grundvand. Såvel de anvendte pesticider som nedbrydningsprodukter er målt i koncentrationer over grænseværdien for drikkevand på 0,1 µg/l. De gennemførte interview om pesticidanvendelsen viser at selv med udvidede analysepakker, hvor der analyseres for op til 44 forskellige pesticider og nedbrydningsprodukter, dækkes variationen i den landbrugsmæssige anvendelse af pesticider langt fra.

Afstrømning

Stoftransport i vandløb

Afstrømningen har været speciel stor i de to hydrologiske år, 1993/94 og 1994/95. Den har varieret meget mere mellem våde og tørre år i de lerede oplande end i de sandede oplande.

Hydrografopsplitning

En opsplittning af vandløbshydrograferne for de 6 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. Den årlige overfladenære andel af afstrømningen til vandløbene udgjorde i måleperioden 40-45% for

vandløb i lerjordsoplandene og 6-23% for vandløb i sandjordsoplandene. For transporten af totalkvælstof i vandløbene betyder dette, at der er tydeligt højere koncentrationsniveau i vandløbene, der afvander lerede oplande.

N tab til vandløb

Den totale kvælstofudvaskning til vandløbene fra dyrkede arealer har i undersøgelsesperioden ligget på gennemsnitlig 30,3 kg N ha⁻¹ år⁻¹ i lerjordsoplandene, og på gennemsnitlig 13,6 kg N ha⁻¹ år⁻¹ i sandjordsoplandene. Til sammenligning anføres at udvaskningen fra naturarealer i undersøgelsesperioden lå på 1,4-4,3 kg N ha⁻¹ år⁻¹.

P tab til vandløb

Det totale tab af fosfor fra dyrkede arealer til vandløb, beregnet på baggrund af normal prøvetagning, har i måleperioden ligget på gennemsnitligt 0,37 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 0,06-0,12 kg P ha⁻¹ år⁻¹.

P tab undervurderet

I fire af hovedvandløbene i landovervågningsoplandene er fosfortabet til vandløb siden 1993 tillige beregnet på baggrund af intensiv prøvetagning. I gennemsnit er fosfortabet her 37% større, end når det beregnes på baggrund af normal prøvetagning. Fosfortabet beregnet på baggrund af den normale prøvetagning er derfor med stor sandsynlighed undervurderet i alle 7 hovedvandløb i overvågningsoplandene. Der er behov for intensiv prøvetagning i alle 7 hovedvandløb.

Kvælstoftransport i oplandene

Landbrugets indflydelse på næringsstoftransporten i oplandene

På baggrund af måleresultater og beregnede størrelser er opstillet en vurdering af kvælstoftransporten i oplandene for de 6 hydrologiske år 1989/90 - 1994/1995. I opstillingen er ikke medtaget kvantificering af kvælstofmineralisering/immobilisering, denitrifikation eller ammoniakfordampning.

I lerjordsoplandene er årligt tilført ca. 122 kg N ha⁻¹ med handelsgødning, 69 kg N ha⁻¹ med husdyrgødning og 31 kg N ha⁻¹ ved kvælstoffixering og atmosfærisk deposition, i alt ca. 222 kg N ha⁻¹. Med afgrøderne er årligt fjernet ca. 123 kg N ha⁻¹. Der er således netto tilført jorden ca. 99 kg N ha⁻¹. Udvasningen fra rodzonen er målt til ca. 83 kg N ha⁻¹; af denne udvaskning er ca. 36% nået ud til vandløbene.

I sandjordsoplandene er årligt tilført ca. 117 kg N ha⁻¹ med handelsgødning, 112 kg N ha⁻¹ med husdyrgødning og ca. 45 kg N ha⁻¹ ved kvælstoffixering og atmosfærisk deposition, i alt ca. 274 kg N ha⁻¹. Afgrøderne har årligt fjernet ca. 125 kg N ha⁻¹; således er der netto tilført jorden ca. 149 kg N ha⁻¹. Udvasningen fra rodzonen er målt til ca. 135 kg N ha⁻¹; af denne udvaskning er ca. 10% nået ud til vandløbene.

Reduktion i kvælstofudledning fra landbrugsarealet 14%

Modelberegninger udført med udvaskningsfunktioner ved normalklima har vist et fald i kvælstofudvaskning fra rodzonen fra 1989/90 til 1994/95 (ca. 14%).

Supplement af vandmiljøplanen og senere handlingsplaner

Vandmiljøplanens reduktionsmål for kvælstofudledning på 50% vil næppe kunne opnåes med de iværksatte initiativer. Supplerende initiativer kan være:

- revurdering af gødningsnormer med henblik på evt. nedsættelse af disse
- øget kontrol med gødningsanvendelsen på husdyrbrug
- vintergrønne marker skal i højere grad bestå af afgrøder med stor kvælstofoptagelse
- braklægning kan udnyttes i form af våde enge og bræmmer
- etablering af grundvandsbeskyttelseszoner.

Fosfor input og jorders fosforstatus

Den konstante nettotilførsel af fosfor til landbrugsjordene har forårsaget stigende fosforstatus af disse. I landbruget måles fosforstatus ved fosfortallet (Pt). For optimal planteproduktion bør Pt værdien ligge på 2,0 - 3,5/4,0. I gennemsnit for danske jorder ligger Pt værdien på 4,5, og ca. 50% af jorderne har Pt værdier højere end 4,0. Danske jorde har således overvejende høj fosforstatus, hvilket kan have indflydelse på det diffuse fosfortab til omgivelserne. Der er behov for at nedbringe fosforinput til jorderne.

2 Indledning

Landbrugets næringsstofudledning

Inden for landbrugserhvervet er der gennem de sidste 35 år sket en strukturændring, der har medført større koncentration af husdyr på færre brug. Dette betyder, at større mængder husdyrgødning spredes på mindre arealer. Handelgødningforbruget er samtidig steget fra ca. 40 kg N ha⁻¹ i 1960 til ca. 113 kg N ha⁻¹ i 1995. Endvidere er afgrødevalget ændret radikalt. Således er græsarealet omtrent halveret siden 1960 og udgør i dag ca. 1/5 af det dyrkede areal. Disse ændringer i landbruget har medført et øget tab af næringsstoffer fra landbrugsjorde. I overvågningsperioden 1989-95 har landbrugets bidrag udgjort ca. 80% af den totale kvælstofbelastning af vandmiljøet.

Overvågning af landbrugsoplande, grundvand og vandløb

Med vedtagelsen af Vandmiljøplanen i 1987 indførtes en række tiltag overfor landbruget med det formål at begrænse næringsstofudledningen. For at følge op på effekten heraf iværksattes Landovervågningsprogrammet. 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.

Landovervågningen udføres i 6 små veldefinerede landbrugsoplande (5-15 km²). Udvælgelsen 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.

Normalrapportering

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 6 oplande. Opgørelser over gødningspraksis og arealanvendelse er sammenlignet med de forrige års resultater. Næringsstofudvaskningen fra rodzonen på stationsmærkerne, 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 sammenkobles hovedresultaterne til en beskrivelse af næringsstofcirkulationen i landbrugsøkosystemer, og udviklingen i landbrugets næringsstofbelastning af vandområderne vurderes. Rapporten beskriver endvidere resultater vedrørende pesticidfund i det øvre grundvand samt brug af pesticider i relation hertil.

Temarapportering

Det gennemgående tema i rapporteringen af Vandmiljøplanens Overvågningsprogram i 1996 er "fjorde". Landovervågningen deltager ikke heri.

Rapportens udarbejdelse

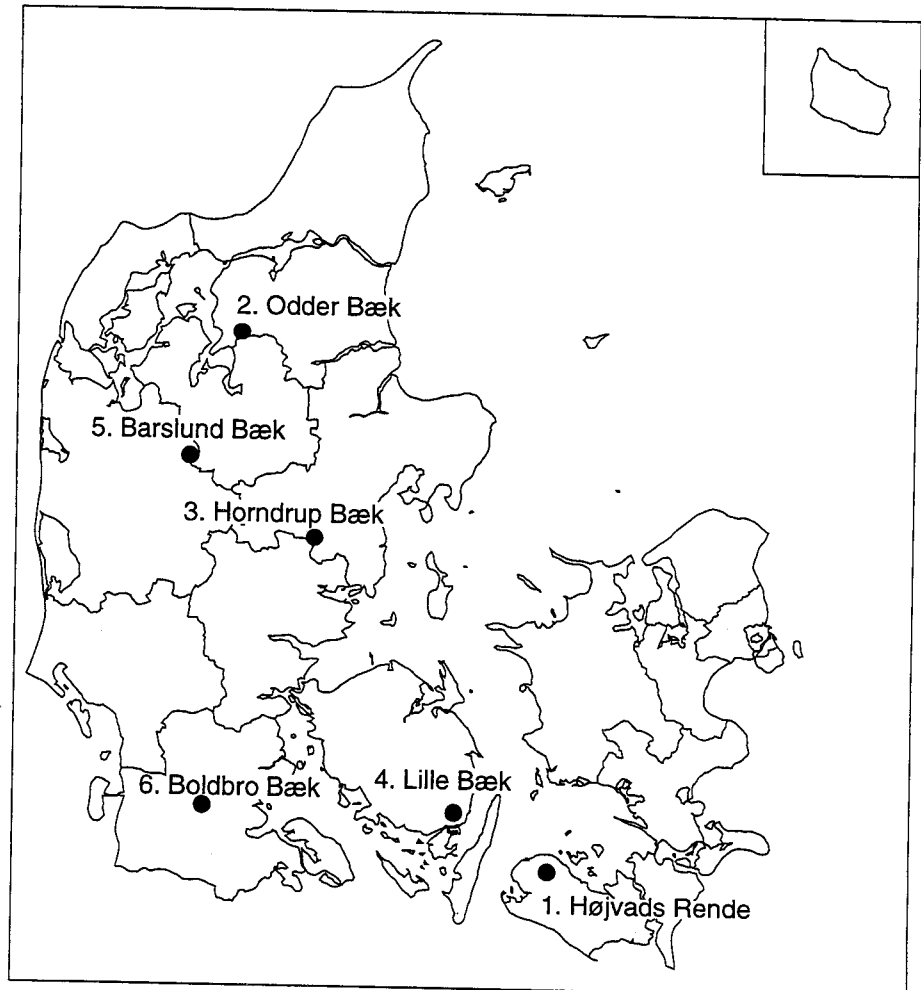
Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Vandløbsøkologi er ansvarlig for rodzone- og vandløbsprogrammet, mens Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse er ansvarlig for grund-

vandsprogrammet. Rapporten er koordineret af Danmarks Miljøundersøgelser.

3 Beskrivelse af oplandene

Beliggenheden af de 6 overvågningsoplande (LOOP 1-6) er vist i Figur 3.1. Nedenfor er givet en kortfattet beskrivelse af oplandene.

Figur 3.1 Oversigt over land-overvågningsoplandenes placering



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, Oddebæk (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 findes 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 skråner 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.

4 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*) og Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS) (*Rasmussen & Gosk, 1990*). Med hensyn til etableringen henvises til etableringsrapporter fra GEUS (*DGU, 1989 a-f*) og Hedeselskabet (*Hedeselskabet, 1989 a-d*). 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

4.1 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 henhøre hver enkelt mark i oplandene til en beskrevet jordtype.

4.2 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.

Interviewprogram

Oplysningerne i interviewprogrammet omfatter:

Ejendomsniveau - Størrelse, arealudnyttelse og dræning, punktkilder, husdyrhold, produktion af husdyr-

- gødning samt opbevaringskapacitet for husdyrgødning.
- Markniveau - Afgrøder, efterafgrøder, udbytter, anvendelse af afgrøderester, tildeling af handelsgødning og husdyrgødning, udbinding af husdyr samt tidspunkter for alle markoperationer.
- Pesticidforbrug - For marker beliggende i infiltrationsområdet til de grundvandsfiltre, hvorfra der udtages prøver til pesticidanalyse indsamles desuden oplysninger om forbruget af pesticider, herunder anvendt middel, dosering og sprøjtedato.

I LOOP 1, 2, 4 og 6 udføres undersøgelsen af lokale planteavls-konsulenter, 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 overensstemmelse med normtallene. Undersøgelsen afsluttes 1. januar 1996.

4.3 Måleprogram for vandafstrømning og næringsstofkoncentrationer

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

Nedbørsstationer og klimadata

Måling og beregning

Klimadata for oplandene er indhentet og bearbejdet af Statens Planteavlsforsøg, Afdeling for Jordbrugsmeteorologi. De indhentede data omfatter nedbør, temperatur, potentiel fordampning og global stråling. Oplysningerne er baseret på Statens Planteavlsforsøgs ordinære net af klimastationer i forbindelse med kvadratnetsundersøgelsen, samt på 1-2 nedbørsstationer opstillet i hvert opland i forbindelse med etableringen af LOOP-programmet.

Jordvandsundersøgelser

Formål

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

Jordvandsstationer

6-8 jordvandsstationer er etableret i hvert opland. En jordvandsstation 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. Sugecellerne er af teflontypen; i LOOP 5, Ringkøbing/Viborg dog af keramik. Oversigt over analyseparametre er givet i bilag 4.1.

<i>Modelberegning af afstrømning</i>	Vandafstrømningen (perkolationen) fra rodzonen på stationsmarkerne modelberegnes for LOOP 2, 3, 5 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.
<i>Formål</i>	<p>Drænvandsanalyser</p> <p>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 drænoplanet dårligt afgrænset; her kan imidlertid foretages en kvalitativ vurdering af næringsstofkoncentrationerne i drænvandet.</p>
<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. Oversigt over analyseparametre er givet i bilag 4.1.</p>
<i>Formål</i>	<p>Grundvandsundersøgelser</p> <p>Formålet med grundvandsprogrammet er dels at overvåge næringsstofudvaskningen til de øvre, sekundære grundvandsforekomster og eventuelle ændringer i grundvandskvaliteten gennem tiden, og dels at belyse udvaskningen af pesticider til grundvandet.</p>
<i>Grundvandsreder</i>	I hvert opland er etableret 20-25 grundvandsreder. Der er placeret 2 grundvandsreder ved hver jordvandsstation, mens de øvrige grundvandsreder er fordelt i oplandet. En grundvandsrede består af 2-3 filtre placeret i 1,5 - 5,0 meter's dybde. Der udtages prøver til kemisk analyse (grundvandets hovedbestanddele) op til 10 gange årligt og til pesticidanalyse 1-2 gange årligt. Oversigt over analyseparametre er givet i bilag 4.1.
<i>Dybere boringer</i>	<p>Endvidere foretages kemisk analyse på grundvand fra markvandsboringer (LOOP 2, 5, 6) og dybere boringer (LOOP 1, 2, 4, 6). Dybden for disse boringer varierer mellem 2 og 109 m.</p> <p>LOOP 1, 2 og 6 er placeret sammen med grundvandsovervågningsområder (GRUMO).</p>

Pejleboringer

Ved jordvandsstationer og enkeltliggende grundvandsreder er etableret pejleboringer i de sekundære grundvandsforekomster. Størstedelen af pejleboringerne er 5 - 7 m dybe, i LOOP 2 dog ned til 20 m dybe.

Formål

Vandløbsundersøgelser

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.

Vandløbsstationer

I hvert opland er der etableret 1-4 vandløbsstationer. Afstrømningen af vand og tabet af næringsstoffer fra hele oplandet via vandløb måles som hovedregel ved en nedstrøms placeret station. I Barslund Bæk (LOOP 5) er der etableret to nedstrøms stationer som til sammen dækker hele oplandet. De øvrige vandløbsstationer er placeret opstrøms for hovedstationen og repræsenterer herved deloplande, typisk oplande til selvstændige vandløbsgrene. Ved hovedstationen(erne) foretages der manuelle målinger af vandføring (Q) og en kontinuerlig registrering af vandstanden til brug for beregning af døgnmiddelvandføringen. Ved de fleste andre stationer i oplandet måles vandføringen kun manuelt og døgnmiddelvandføringen beregnes ved Q-Q korrelation mellem stationen og en eller flere referencestationer. Ved alle stationer udtages vandprøver til kemisk analyse, som hovedregel en gang ugentligt i vinterperioden og hver anden uge i sommerperioden. En oversigt over analysevariable er givet i bilag 4.1.

Beregning af tab fra det åbne, dyrkede land

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 (rensningsanlæg, 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.

5 Landbrugspraksis

Grundlag for gødskningsplanlægning

I dette afsnit beskrives udviklingen i landbrugspraksis frem til 1. januar 1996.

Fra driftåret 1993/94 blev der indført nye regler for gødningsplanlægning. Med disse regler blev indført faste kvælstofnormer for de enkelte afgrøder, kvælstofnormerne justeres hvert år efter indstilling fra Landbrugets Rådgivningscenter. Kvælstofnormerne udbyttekorrigeres; og for korn og forårssæede afgrøder skal der endvidere korrigeres for geografisk afvigende behov samt for den årlige kvælstofprognose. Som noget nyt for driftåret 1994/95 skal N-behovene i gennemsnit for bedriften reduceres med 10% af den kvælstofmængde, der blev givet med husdyrgødning det foregående driftår. Endelig stilles der et minimumskrav til udnyttelsen af kvælstof i husdyrgødningen.

Lovgrundlaget for ovennævnte regler findes i Bekendtgørelse fra Plantedirektoratet nr 655 af 13. august 1993 og nr 662 af 12. juli 1994 om behov for tilførsel af kvælstof og indhold af kvælstof i husdyrgødning, Bekendtgørelse fra Plantedirektoratet nr 228 af 29. marts 1994 og nr 238 af 5. april 1995 om kvælstofprognosen for henholdsvis 1994 og 1995 samt Bekendtgørelse fra Landbrugsministeriet nr 101 af 4. februar 1994 om grønne marker, sædskifte- og gødningsplaner samt gødningsregnskaber i jordbruget.

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

5.1 Interviewundersøgelsen i landovervågningsoplandene

Landmændene i de seks landovervågningsoplande bliver en gang om året interviewet om afgrødesammensætning, gødningsforbrug og husdyrhold. Interviewundersøgelsen er gennemført i syv år, således at det er muligt at gøre rede for seks driftsår fra 1989/90 til 1994/95. I dette kapitel referes til driftsårene som hele årstal.

Oplandenes repræsentativitet

Landovervågningsprogrammet omfatter tre sandjords- og tre lerjordsoplande. Grovsandede jorde er repræsenteret med en større andel i de seks oplande end i Danmark som helhed (51% i oplandene mod 24% i Danmark); finsandede og lerblandede sandjorde er repræsenteret med en tilsvarende mindre andel (13% i oplandene mod 38% i Danmark). De øvrige jordtyper er repræsentative.

Tre sandjords- og tre lerjordsoplande

Fordeling af bedriftstyper svarer til landsfordelingen

Andelen af kvægbrug, svinebrug, blandede brug og rene planteavlbrug i oplandene er som gennemsnit repræsentativ for landet. Også størrelsesfordelingen af ejendommene i oplandene svarer til landsgennemsnittet.

Husdyrtætheden i oplandene er større end for landet som helhed. I oplandene ligger den gennemsnitlige husdyrtæthed på 1,14 DE ha⁻¹ i 1995, mens landsgennemsnittet ligger på 0,96 DE ha⁻¹ opgjort for det dyrkede areal med et gødningsbehov, det vil sige at brakarealet undtagen non-food afgrøder er fraregnet.

Interviewundersøgelsens omfang

På grundlag af interviewundersøgelsen fra 1989 til 1995 er der foretaget en opgørelse af landbrugspraksis for driftsårene 1989/90 til 1994/95. Opgørelsen er foretaget for alle marker, der er omfattet af interviewundersøgelsen. Det vil sige marker, der ligger såvel indenfor som udenfor de respektive oplande. Der kan således indgå et forskelligt antal marker i de forskellige opgørelser, da manglende data eller normtal kan hindre beregninger for enkeltmarker. Antallet af ejendomme og størrelserne af de arealer, der har fuldstændige oplysninger om gødningstilførsler og udbytter for driftsårene er vist i tabel 5.1.

Tabel 5.1 Omfanget af interviewundersøgelsen fra 1989 til 1995

	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995
Ejendomme	166	162	157	147	145	140	139
Areal (ha)		3937	4274	4722	5087	4763	5039
Husdyr (DE)	5556	5655	5877	5775	5967	6098	6041

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. Som nævnt er husdyrtætheden større i oplandene end i landet som helhed. 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.

Opgørelsesmetoder

Landbrugets gødskningspraksis kan vurderes på flere måder:

i) Til beskrivelse af udviklingen er anvendt en konservativ synsvinkel, dvs. der er anvendt samme normtal og opgørelsesmetoder for alle seks driftsår. Anbefalede mængder er efter Hansen (1990a). Den anbefalede kvælstofmængde til vår- og vinterraps var derfor henholdsvis 170 og 230 kg N ha⁻¹ i alle seks driftsår, selvom anbefalingerne til landbruget blev ændret til henholdsvis 140 og 200 kg N ha⁻¹ i 1992 (*Håndbog for Plantedyrkning, 1992*).

ii) Til vurdering af aktuell landbrugspraksis i forhold til gældende regler er der anvendt kvælstofnormer efter Plantedirektoratets bekendtgørelser (*Håndbog for Plantedyrkning, 1995*).

I alle opgørelser, hvor der ikke er angivet andet, er der anvendt nyttevirkningstal for 1991 (*Håndbog for Plantedyrkning, 1991*). N-prognosens anbefalinger er fulgt hvert år.

Til definition af husdyrbrugstyper er anvendt følgende:

Et husdyrbrug defineres som kvægbrug når mere end 2/3 af dyrene er kvæg, som svinebrug når mere end 2/3 af dyrene er svin og som blandet kvæg- og svinebrug når hverken kvæg eller svin udgør mere end 2/3 af dyrene.

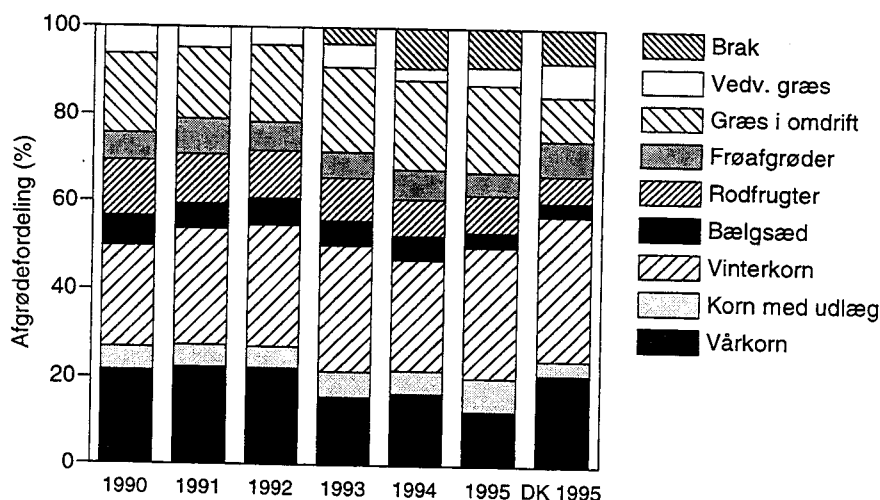
5.2 Afgrøder og husdyrhold i landovervågningsoplandene

Afgrødefordeling og grønne marker.

Afgrødefordelingen i de seks oplande og for hele landet er vist i figur 5.1. Afgrødefordelingen i oplandene i 1995 er omtrent uændret i forhold til 1994, dog er der et lille fald i arealet med vårkorn og bælgssæd og en tilsvarende stigning i arealet med vinterkorn og korn m. udlæg. I forhold til landet som helhed udgør det samlede kornareal i oplandene en mindre andel og arealet med græs i omdrift en tilsvarende større andel.

Afgrødefordeling

Figur 5.1 Afgrødefordeling for de seks landovervågningsoplande fra 1990 til 1995 og for hele landet i 1995.



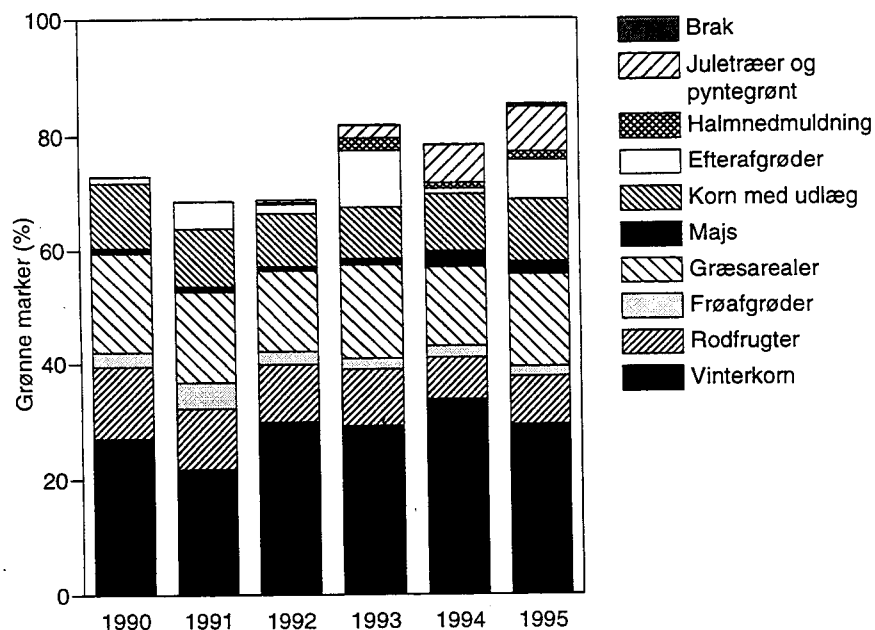
Regler for grønne marker

Ifølge bekendtgørelsen om grønne marker er det et lovkrav, at 65% af det dyrkede areal på landbrugsbedrifter over 10 ha skal være plantedækket i perioden fra høst til 20. oktober. Afgrøder, der kan indgå i grønne marker, omfatter vinterkorn, fodermajs, rodfrugter, frøgræs, vinterraps, 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.

85% grønne marker i oplandene i 1995

I de seks landovervågningsoplande udgør grønne marker 85% af arealet i 1995, figur 5.2. Oplandene opfylder dermed kravet om, at 65% af det dyrkede areal skal være plantedækket om efteråret. Af de grønne marker udgør græs, vinterraps og efterafgrøder 34%, vinterkorn 34% og rodfrugter, majs, halmnedmuldning, juletræer og brak 32%. Kun føstnævnte gruppe samt rodfrugter (roer) kan forventes at optage betydelige kvælstof mængder i efterårs- og vintermånedene. Andelen af de grønne marker er steget fra 73% i 1990 til 85% i 1995.

Figur 5.2 Arealet af grønne marker i procent og fordelt på afgrødetyper fra 1990 til 1995.



Tabel 5.2 Husdyrtæthed i de seks landovervågningsoplände og for Danmark i 1995

	DE ha ⁻¹
Inden for opland	
Storstrøm	0,26
Fyn	0,77
Vejle/Århus	0,99
Nordjylland	1,94
Ringk./Viborg	0,49
Sønderjylland	1,22
LOOP 1-6	1,14
Samtlige arealer i LOOP interview	
LOOP 1-6	1,25
Danmark	0,96

Husdyrhold

I 1995 lå den gennemsnitlige husdyrtæthed på 1,14 DE ha⁻¹ for arealerne inden for oplandene og på 1,25 DE ha⁻¹ for det totale areal i interviewundersøgelsen. Dette er noget højere end landsgennemsnittet på 0,96 DE ha⁻¹ (tabel 5.2). Beregningerne er baseret på arealer med et gødningsbehov; dvs. arealer med brak undtagen non-food afgrøder er fraregnet.

I 1995 blev der i gennemsnit for oplandene tilført 103 kg N ha⁻¹ med husdyrgødning og 24 kg N ha⁻¹ ved udbinding til arealer med gødningsbehov; ialt 127 kg N ha⁻¹. Denne mængde er i overensstemmelse med den producerede mængde på 130 kg N ha⁻¹ beregnet ud fra husdyrtætheden på 1,25 DE ha⁻¹ og forudsat at en dyreenhed har en gennemsnitlig produktion på 104 kg N ab lager (Danmarks Statistik, 1993).

Harmonikrav

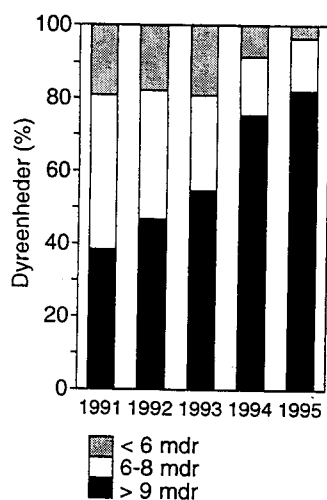
Ifølge husdyrbekendtgørelsen, bekendtgørelse nr 1121 af 15. december 1992 stilles krav om harmoni mellem antallet af husdyr og arealtilliggende. For kvægbrugsbedrifter er grænsen 2,3 DE ha⁻¹, for svinebrug 1,7 DE ha⁻¹ og for blandede husdyrbrug 2,0 DE ha⁻¹. Overstiger husdyrholdet disse grænser skal overskydende husdyrgødning afsættes til anden side.

19% af husdyrbrugene disharmoniske

I 1995 var 19% af husdyrbrugene i landovervågningsopländene disharmoniske, med 36% af dyreenhederne tilhørende disse brug. For at harmonikravene kunne opfyldes måtte 8% af den samlede gødningsmængde i oplandene omfordeles.

På landsplan udgjorde de disharmoniske brug 16% af husdyrbrugene (afsnit 5.2).

82% af dyreenhederne på ejendomme med mindst 9 måneders opbevaringskapacitet



Figur 5.3 Opbevaringskapaciteten til gylle og ajle opgjort i procent af dyreenhederne fra 1991 til 1995.

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

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

I de seks landovervågningsoplande i 1995 stod 82% af dyreenhederne på ejendomme med opbevaringskapacitet til flydende husdyrgødning på 9 måneder eller derover, mens 96% 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 1995 med ialt 44%-point (figur 5.3). Den største stigning fandt imidlertid sted fra 1993 til 1994, idet lovkravet om tilstrækkelig opbevaringskapacitet skulle være opfyldt med udgangen af 1994. På landsbasis i efteråret 1995 hørte 72% af dyreenhederne til ejendomme med 9 måneders opbevaringskapacitet eller derover, mens 97% af dyreenhederne tilhørte ejendomme med 6 måneders opbevaringskapacitet eller derover (Danske Landboforeninger, 1996).

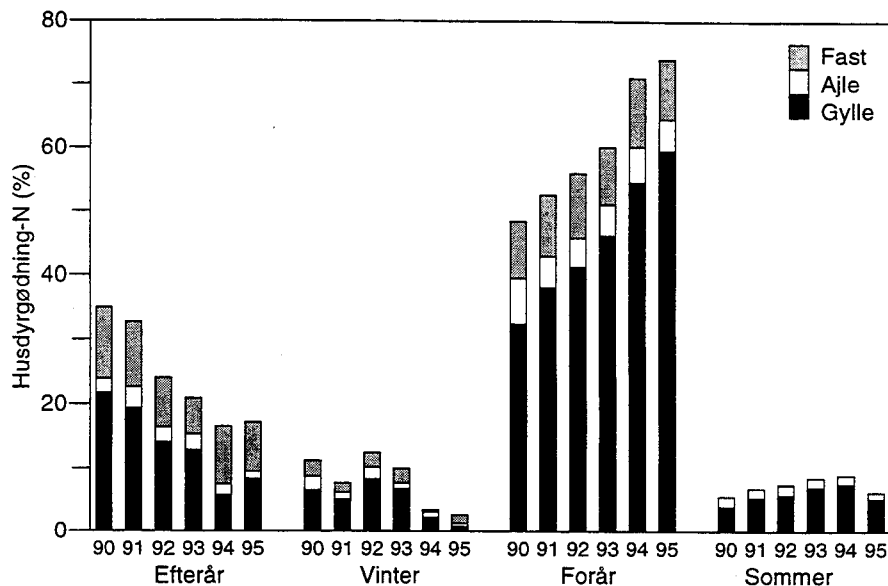
Tabel 5.3 Procentvis fordeling af opbevaringskapacitet til flydende husdyrgødning for de seks landovervågningsoplande i 1995.

	Opbevaringskapacitet		
	<6 mdr.	6-8 mdr.	≥9 mdr.
Ejendomme (%)	10,6	21,2	68,2
Dyreenheder (%)	3,5	14,4	82,1
N-husdyrgød. (%)	1,7	12,0	86,3

Antal ejendomme = 76.

Udbringningstidspunkterne for husdyrgødning er vist i figur 5.4 for årene 1990-1995. Opgørelsen registrerer den udbragte husdyrgødning eksklusiv den mængde, der efterlades på marken ved afgræsning. Det ses at den største husdyrgødningsmængde udbringes om foråret. I 1995 blev 80% af den samlede husdyrgødningsmængde udbragt om foråret og sommeren; dette var samme andel som i 1994. Andelen af forårs/sommerudbragt husdyrgødning steg fra 1990 til 1995 med ialt 26%-point. Stigningen er sket i takt med udbygningen af opbevaringskapacitet. Følgelig var stigningen også størst fra 1993 til 1994 (11%-point). Med virkning fra efteråret 1993 blev det forbudt at sprede flydende husdyrgødning fra høst til 1. februar, med undtagelse af udbringning til vinterraps og overvintrende græs. I driftåret 1994/95 i landovervågningsoplandene blev 7% af den flydende husdyrgødning udbragt i perioden fra høst og indtil 1. februar, 6% blev udbragt i februar måned og 87% blev udbragt i tiden fra 1. marts og indtil høst.

Figur 5.4 Udbringningstid for husdyrgødning fra 1990 til 1995.



5.3 Forbrug og udnyttelse af kvælstofgødning til afgrøderne i landovervågningsoplandene

Gødningstildeling til afgrøderne i 1995

Gødningstildelingen til marker med et gødningsbehov i de seks landovervågningsoplande udgjorde i 1995 gennemsnitlig 114 kg N ha⁻¹ med handelsgødning, 103 kg N ha⁻¹ med husdyrgødning og 24 kg N ha⁻¹ med udbinding. Kvælstoftildelingen til de enkelte afgrøder er vist i tabel 5.4.

Fem afgrødegrupper

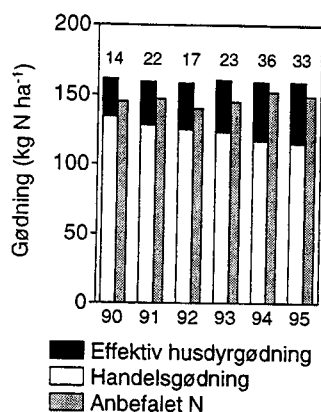
Udviklingstendenser i tildelte og anbefalede kvælstofmængder

Opgørelser over udviklingstendenser i tildelte kvælstofmængder er udarbejdet for fem afgrødegrupper, nemlig vårkorn, vårkorn med udlæg, vinterkorn, rodfrugter og frøafgrøder. Grunden til at græsafgrøder ikke er med i denne opgørelse er, at gødningstildelinger og anbefalede kvælstofmængder til disse afgrøder er vanskelige at definere.

Tabel 5.4 Oversigt over gødningsanvendelse til afgrødegrupper i de seks landovervågningsoplande, 1995.

		Vårkorn	Vårkorn + udlæg	Vinterkorn	Rodfrugt	Frøafgrøder	Græs omd.	Vedv. græs
Handelsgødning	(kg N ha ⁻¹)	93	92	130	100	121	121	105
Husdyrgødning	(kg N ha ⁻¹)	63	126	96	150	157	118	11
Udbinding	(kg N ha ⁻¹)	0	12	0	0	0	70	102
Anbefalet mængde	(kg N ha ⁻¹)	111	131	164	134	165	199	-
Nyttevirkning af husdyrgødning	(kg N ha ⁻¹)	27	47	43	64	56	50	4,3
Effektivt tildelt N	(kg N ha ⁻¹)	118	139	174	164	178	171	109
Udnyttelse af husdyrg.	(%)	30	31	36	23	42	66	-
Total tildelt	(kg N ha ⁻¹)	156	229	226	250	278	309	218
Høstet	(kg N ha ⁻¹)	103	109	147	108	73	183	150
Høstet/tildelt x 100	(%)	66	48	65	43	26	59	69
Tildelt - høstet	(kg N ha ⁻¹)	53	120	79	142	205	126	68

Anbefalet kvælstof er efter Hansen (1990a), dog er anbefalet kvælstof for vår- og vinterraps henholdsvis 140 og 200 kg N/ha. Nyttevirkningstal er fra Håndbog for Plantedyrkning (1991)



Figur 5.5 Udviklingen i gødningspraksis for vårkorn, vårkorn med udlæg, vinterkorn, rodfrugter og frøafgrøder. Udnyttelsen af husdyrgødning er angivet i procent over søjlerne.

Op til en fjerdedel af græsmarkerne i omdrift anvendes til såvel slæt som til afgræsning. Da nogle arealer kun afgræsses i korte perioder og nogle vedvarende græsarealer ligger hen som delvise reservearealer til år med mangel på foder, kan der være tvivl om de anbefalede mængder. De fem afgrødegrupper udgjorde dog til sammen 72% af landbrugsarealet i oplandene i 1990-93 og 62% af landbrugsarealet i 1994-95.

Udviklingen i forbrug og anbefalede kvælstofmængder for perioden 1990-95 er vist i figur 5.5; datamaterialet er desuden vist i bilag 5.1. For de fem afgrødegrupper faldt handelsgødningsforbruget fra 133 til 114 kg N ha⁻¹ i perioden 1990-95, mens tilførsel af effektiv husdyrgødningskvælstof steg fra 27 til 44 kg N ha⁻¹ i samme periode. Total effektiv kvælstoftilførsel er således faldet fra 160 kg N ha⁻¹ i 1990 til 158 kg N ha⁻¹ i 1994-95. Anbefalet kvælstof har i 1990-93 ligget på 143 kg N ha⁻¹ og i 1994-95 på 150 kg N ha. For de seks år er der altså et lille fald i forbruget af kvælstofgødning set i forhold til den anbefalede mængde.

Udnyttelse af husdyrgødningens kvælstof

"Udnyttelsen af husdyrgødning" udtrykker hvor stor en procentdel af husdyrgødningskvælstoffet, som den anbefalede kvælstofmængde udgør, når handelsgødningskvælstoffet (og andet) er fratrukket. Udnyttelsen beregnes på følgende måde:

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

Bekendtgørelsens krav til udnyttelse af husdyrgødning på ejendomsniveau er pr. 1. august 1994: 45% for svinegyde; 40% for kvæggylle; 15% for dybstrøelse og 35% for anden husdyrgødning. Fra 1997 vil kravet være: 50% for svinegyde, 45% for kvæggylle, 15% for dybstrøelse og 40% for anden husdyrgødning.

Udnyttelsen af husdyrgødning opgjort for marker steg 16%-point fra 1990 til 1995

Den gennemsnitlige udnyttelse af husdyrgødningen opgjort for marker med de fem afgrøder vårkorn, vårkorn med udlæg, vinterkorn, frøafgrøder og rodfrugt er steget markant i perioden 1990-95 (figur 5.5). I 1990-93 lå udnyttelsesprocenten af husdyrgødning på gennemsnitlig 19% og i 1994-95 på gennemsnitlig 35%; dvs. der er en stigning på 16%-point igennem perioden. Til denne opgørelse over udvikling i udnyttelse af husdyrgødning er anvendt anbefalede normer efter Hansen (1990a).

53-63% af ejendommene opfyldte minimumkrav til udnyttelse af husdyrgødning i 1995

Den gennemsnitlige udnyttelse af husdyrgødning for ejendommene i henhold til gældende lovgivning er vist i tabel 5.5 for 1995. I opgørelsen er medtaget ejendomme, som anvender husdyrgødning, og som er større end 10 ha; anbefalede mængder er efter Plantedirektoratet (Håndbog for Plantedyrkning, 1995). Kvælstofnormerne er udbyttekorrikeret, endvidere er korrigeret for eftervirkning af husdyrgødning samt for kvælstofprognosen. Som gennemsnitlig udnyttelse er anvendt et simpelt gennemsnit for at vise det typiske for ejendommene. Ejendommene, som indgår i denne opgørelse udgør 78% af det totale areal i

Tabel 5.5 Udnyttelse af husdyrgødning i henhold til gældende lovgivning på ejendomme i landovervågningsoplandene større end 10 ha og med anvendelse af husdyrgødning. Opdeling på brugstyper, 1995.

	Antal brug	Opnået udnyttelse (%)	Krav til udnyttelse (%)	Antal brug som opfylder krav	Areal ha	Husdyrgødning t N
Kvægbrug	45	46,3	37,0	25	2133	250,2
Svinebrug	22	39,8	39,4	12	1177	130,2
Kvæg+svin	5	46,7	39,3	2	400	63,3
Planteavl	9	32,9	39,0	4	212	14,0
Alle brug	81	43,1	38,0	43	3921	457,6

interviewundersøgelsen. Som gennemsnit for ejendommene var kravet til minimumudnyttelse 38,0%, mens opnået udnyttelse var på 43,1%; altså en udnyttelse der var ca 5% over kravet. Dette forhold var gældende for alle brugstyper (tabel 5.5). Gennemsnitstallene dækker dog over store variationer. Af tabel 5.6 fremgår det, at 53% af ejendommene havde opnået en udnyttelsesprocent, der var større end minimumkravet; 10% havde en udnyttelse, der var mellem kravet og 5%-point under kravet, mens 37% havde en udnyttelse, der var mindre end 5%-point under kravet. Sidstnævnte gruppe anvendte 35% af husdyrgødningen og udgjorde 30% af arealet i opgørelsen (eller 23% af arealet i interviewundersøgelsen).

Opnået udnyttelsesgrad af husdyrgødning i andre undersøgelser

Ved en gennemgang af 301 kontrolrapporter for 1993/94 fandt *Plantedirektoratet (1995)* en gennemsnitlig udnyttelsesprocent for kvælstoffet i husdyrgødningen på 45%, hvilket var 8%-point over minimumkravet. 79% af ejendommene havde opfyldt kravet. Det blev imidlertid vist, at der i landmændenes opgørelser var en overvurdering af de forventede udbytter i forhold til aktuelle udbytter, samt en undervurdering af kvælstofindholdet i husdyrgødningen. Hvis der tages højde herfor ville de nævnte ejendomme have en udnyttelsesprocent af husdyrgødningen på 30-35%.

Tabel 5.6 Udnyttelse af husdyrgødning i henhold til gældende lovgivning på ejendomme i landovervågningsoplandene større end 10 ha og med anvendelse af husdyrgødning. Opdeling i grupper med forskellig udnyttelsesprocent, 1995.

	Ejendomme	Opnået udnyttelse	Krav til udnyttelse	Areal ¹⁾	Husdyrgødning
	Antal			ha	t N
	81			3921	457,6
	%	%	%	%	%
Udnyt% ≥ krav	53	64,8	37,7	52	50
Udnyt% < krav men ≥ krav - 5%	10	36,8	38,1	18	16
Udnyt% < krav - 5%	37	12,8	39,6	30	35

¹⁾ Angiver areal i opgørelsen; dyrket areal i hele interviewundersøgelsen er 6041 ha.

Tilsvarende resultat blev fundet i en opgørelse over landbrugspraksis fra 1993/94 for 46 typeoplade (beskrevet i afsnit 5.6). Gennemsnitlig opnået udnyttelsesgrad var 48%, hvilket var 14%-point højere end

minimumskravet på 35%; 74% af ejendommene opfyldte minimumskravet til udnyttelse af husdyrgødningen

Det må konkluderes at ca. 20-40% af ejendommene, som anvendte husdyrgødning i 1993/94 og 1994/95, ikke opfyldte minimumskravet til udnyttelse af husdyrgødning. Endvidere er det klargjort, at der er behov for at stramme op på reglerne for opgørelse af udnyttelsesprocenten; en sådan stramning er indført for driftåret 1995/96 (se afsnit 12).

Nyttevirkning af kvælstof i husdyrgødningen

Nyttevirkning af kvælstof i husdyrgødning

Nyttevirkningen 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 udbringning. Resten af det uorganiske kvælstof er i princippet tilgængeligt for afgrøderne; denne del er også umiddelbar udvaskelig under ugunstige forhold.

Nyttevirkningen steg 9%-point fra 1990 til 1995

I landovervågningsoplandene er den gennemsnitlige nyttevirkning af udbragt husdyrgødning til de fem afgrødegrupper steget fra 33% i 1990 til 42% i 1994 og 1995; beregningen er baseret på nyttevirkningsstal fra 1991 (bilag 5.1). Fra 1990 til 1994 ses således en stigning på 9%-point, som afspejler, at en stadig stigende del af husdyrgødningen blev udbragt om foråret og sommeren i perioden 1990-94. Stigningen i forår-/sommerudbringningen var 26 %-point i denne periode. Nyttevirkningen er imidlertid ikke steget yderligere fra 1994 til 1995, ligesom der heller ikke er sket nogen ændring i mængden af forår-/sommerudbringning af husdyrgødning. Handelsgødningsforbruget til de fem afgrødegrupper faldt fra 133 kg N ha⁻¹ i 1990 til 114 kg N ha⁻¹ i 1995. Således udgør handelsgødningen nu en mindre andel af den anbefalede mængde, ca. 77% i 1995 mod 92% i 1990.

Nyttevirkning er 44% i 1995 med Plantedirektoratets normtal

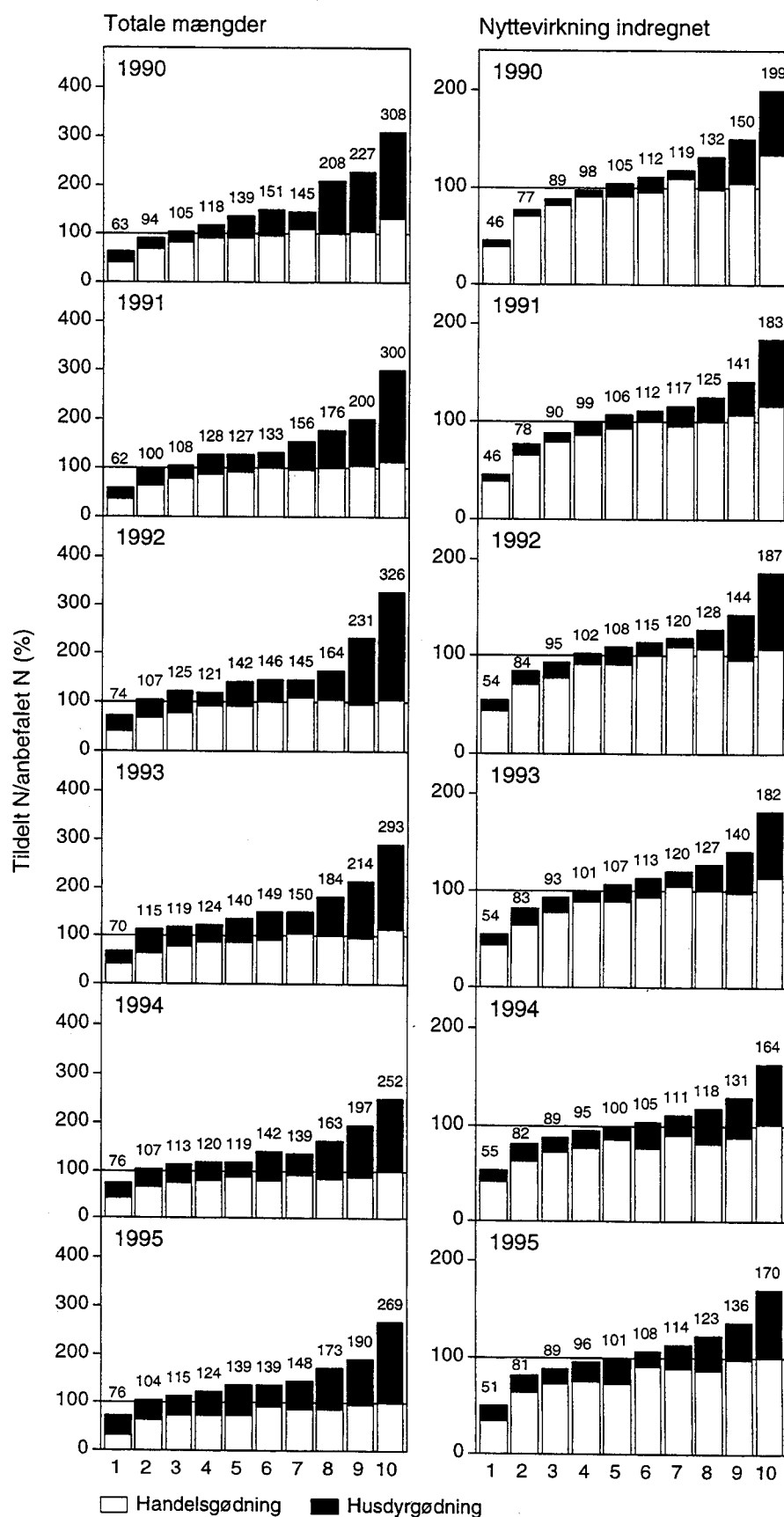
Den gennemsnitlige nyttevirkning af udbragt husdyrgødning er 44% for 1995 udregnet efter nugældende normtal for nyttevirkning (*Håndbog for plantedyrking, 1995*). Ændringerne i nyttevirkningsstal i forhold til 1991 er størst for svinegylle, hvor normtallene er øget med 20% fra 1991 til 1992 ved forårstildeling.

Overgødsning

Overgødsning til afgrøderne

Effektiv tildelt kvælstof set i forhold til anbefalet kvælstof til afgrøderne er et udtryk for overgødsningens størrelse. Ved effektiv tildeling forstås kvælstof i handelsgødning plus husdyrgødning med indregnet nyttevirkning. Denne opgørelse er foretaget for alle marker med de fem afgrødegrupper vårkorn, vårkorn med udlæg, vinterkorn, frøafgrøder og rodfrugter i oplandene. Arealerne er herefter inddelt i 10%-fraktiler med stigende forhold af 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 10-20% af den anbefalede værdi for at være indenfor godt landmandsskab.

Figur 5.6 Tildelte kvælstofmængder i forhold til anbefalede kvælstofmængder for afgrødegrupperne vårkorn, vårkorn med udlæg, vinterkorn, rodfrugt og frøafgrøder - fordelt på 10% arealfraktiler efter stigende kvælstoftildeling. Opgørelsen viser udviklingstendensen fra 1990 til 1995. Anbefalet N er efter Hansen (1990a) og nyttevirkningstal efter Håndbog for plantedyrking 1991.



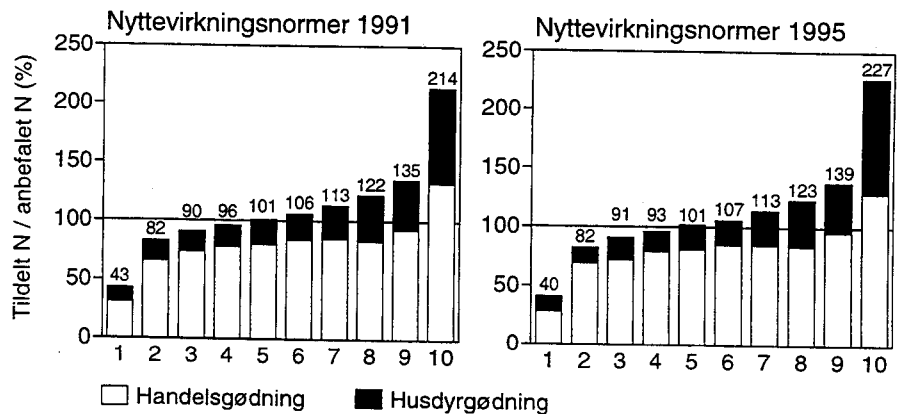
Der overgødes på ca. 30% af arealet

Ovennævnte opgørelsen er foretaget for årene 1990 til 1995; til vurdering af udviklingstendenser er anvendt anbefalede normer efter Hansen (1990a) (figur 5.6 - højre side). Det ses, at ca 30% af arealet har været overgødet i hele perioden. Overgødskningens størrelse er imidlertid aftaget fra 32-99% i 1990 til ca 20-67% i 1994 og 1995; der ses ikke noget fald fra 1994 til 1995.

Venstre side af figur 5.6 viser total tildelt kvælstof i forhold til anbefalede kvælstofnormer (efter Hansen 1990a); en sådan opgørelse kan ikke anvendes til bedømmelse af overgødskning; denne er alene af beskrivende karakter.

Stigende overgødskning ved indregning af eftervirkning af husdyrgødning

I figur 5.7 er foretaget opgørelse af tildelt effektiv kvælstof i forhold til anbefalet kvælstof for 1995 efter gældende lovgivning (Plantedirektoratets normer); opgørelsen er foretaget med nyttevirkningstal for såvel 1991 som 1995 (Håndbog for Plantedyrkning, 1991 og 1995). Der er beregnet en lille stigning i overgødskning på grund af ændring i nyttevirkningstal fra 1991 til 1995. Langt større betydning har imidlertid de anbefalede normer; ved anvendelse af normer efter Hansen (1990a) er overgødskningens størrelse på 23-70% (figur 5.6) og ved anvendelse af Plantedirektoratets normer er overgødskningens størrelse på 23-127% (figur 5.7). Den store forskel skyldes først og fremmest, at eftervirkning af husdyrgødning givet året før er indregnet i Plantedirektoratets normer. Da det er Plantedirektoratets normer (med indregning af eftervirkning af husdyrgødning) og nyttevirkningstal fra 1995, der er gældende lov, er der altså tale om ret grove overtrædelser på ca. 10% af arealet.



Figur 5.7 Tildelte kvælstof mængder i forhold til anbefalede kvælstofmængder for afgrødegrupperne vårkorn, vårkorn med udlæg, vinterkorn, rodfrugt og frøafgrøder - fordelt på 10% arealfraktiler efter stigende kvælstoftildeling. Data for landbrugspraksis er fra 1995. Nyttvirkningen af den tilførte gødning er opgjort med normtal for henholdsvis 1991 og 1995, og anbefalede kvælstofmængder er fra Plantedirektoratet for 1995.

Overgødskning og udnyttelse af husdyrgødning

Figurene 5.6 og 5.7 viser, at på en del af landbrugsarealet i opgørelsen opfyldes den anbefalede kvælstofmængde alene med handelsgødning. På den måde bliver husdyrgødningens kvælstof stort set ikke sat til nogen værdi og er dermed i overskud. Dette viser sig også ved en meget lav udnyttelsegrad (12,8%) af kvælstof i husdyrgødningen ved 37% af de ejendomme, som anvender husdyrgødning (tabel 5.6). For

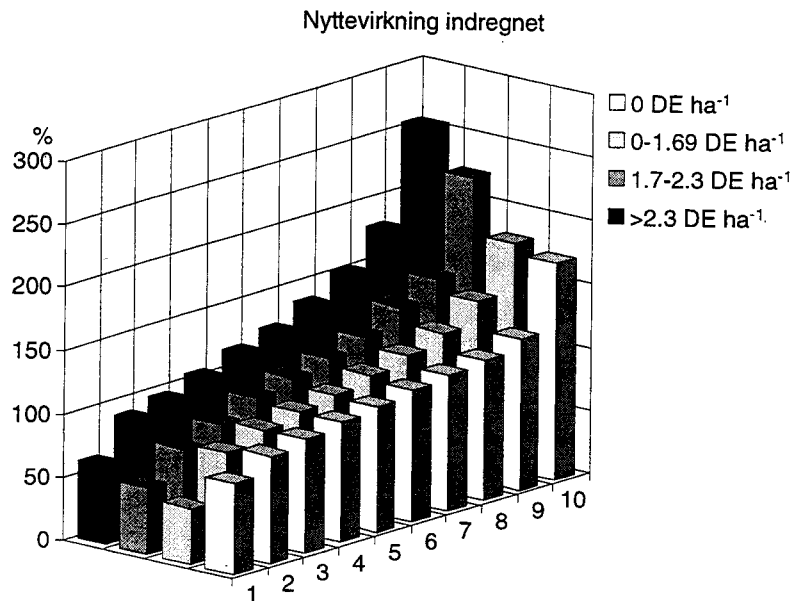
at ændre på dette forhold skal husdyrgødningens nytteværdi tages alvorligt og følges af en sænkning af tildelt kvælstof i handelsgødning.

Stigende overgødskning med stigende husdyrtæthed

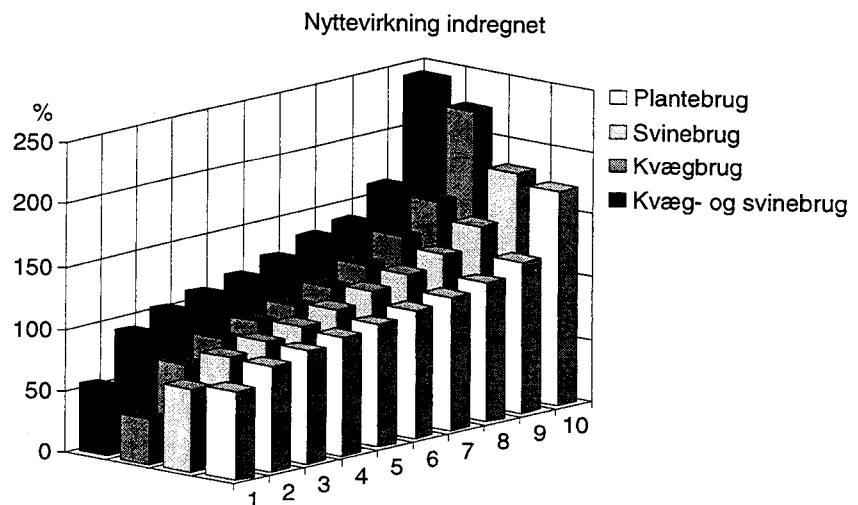
Overgødskning i relation til husdyrhold og brugstyper

For at beskrive overgødskningens størrelse i relation til husdyrtætheden er de tildelte kvælstofmængder for de fem afgrødegrupper opgjort i forhold til de anbefalede kvælstofmængder (Plantedirektoratets normer) grupperet på ejendomme efter stigende husdyrtæthed. Opgørelsen ses i figur 5.8 for 1995. Her ses stigende overgødskning på brug med stigende husdyrtæthed. Ejendomme med mere end 1,7 DE ha⁻¹ overgøder på op til 40% af deres areal, og overgøder med 125-150% på 10% af arealet. Datamaterialet til figuren er vist i bilag 5.2.

Figur 5.8 Tildelte kvælstofmængder i forhold til anbefalede kvælstofmængder for afgrødegrupperne vårkorn, vårkorn med udlæg, vinterkorn, rodfrugt og frøafgrøder indenfor fire ejendomsgrupper med stigende husdyrtætheder for 1995. Anbefalede kvælstofmængder er fra Plantedirektoratet for 1995 og nyttevirkning af husdyrgødning er opgjort med normtal for 1995.



Figur 5.9 Tildelte kvælstofmængder i forhold til anbefalede kvælstofmængder for afgrødegrupperne vårkorn, vårkorn med udlæg, vinterkorn, rodfrugt og frøafgrøder indenfor fire bedriftstyper for 1995. Anbefalede kvælstofmængder er fra Plantedirektoratet for 1995 og nyttevirkning af husdyrgødning er opgjort med for 1995.



Brugstyper og overgødskning

For at beskrive overgødskningens størrelse på brugstyper er de tildelte kvælstofmængder for de fem afgrødegrupper opgjort i forhold til de anbefalede kvælstofmængder (Plantedirektoratets normer) grupperet efter brugstyper. Figur 5.9 viser, at der i 1995 på planteavlsbrugene

overgødes på 10-20% af arealet, mens der på husdyrbrugene overgødes på 30-40% af arealet. Overgødskningen er størst på kvægbrugene og på de blandede kvæg- og svinebrug; her overgødes med 125-150% på 10% af arealet. Datamaterialet til figuren er vist i bilag 5.2.

5.4 Kvælstofbalancer for landbrugsarealet i land-overvågningsoplandene

Opgørelsesmetode

For at belyse tabspotentialt for kvælstof i forbindelse med dyrkning af landbrugsjorden 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 beregnet efter *Kyllingsbæk, 1995*. Output i form af fjernet kvælstof er opgjort på basis af høstudbyttet og normal for afgrødernes kvælstofindhold (*Vilhelm og Nielsen, 1990; Landsudvalget for kvæg, 1993*). 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 tabspotentialt; kvælstof kan tabes ved udvaskning, men også ved ammoniakfordampning og denitrifikation eller der kan ske en ophobning i jorden.

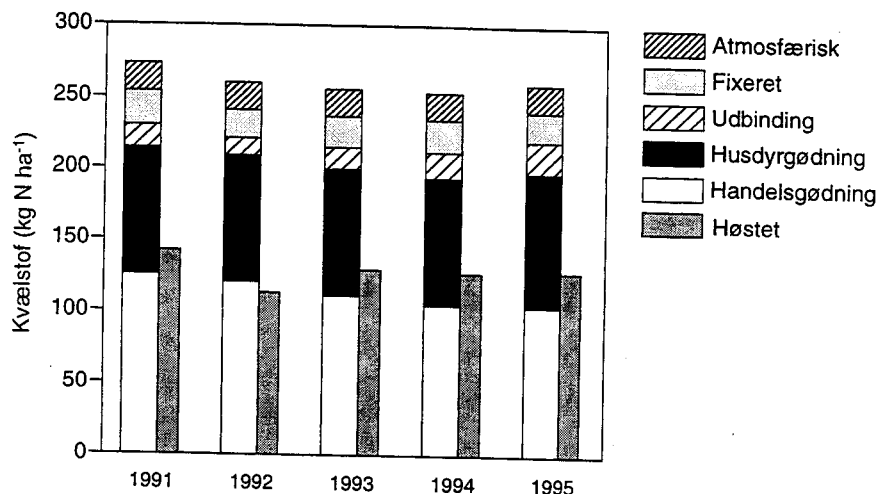
Udvikling i tabspotentiale

Udviklingen i kvælstofbalancerne for landbrugsarealet i perioden 1991-95 er vist i figur 5.10. Tilførslen af handelsgødningskvælstof er faldet fra 125 kg N ha⁻¹ i 1991 til 104 kg N ha⁻¹ i 1995, mens tilførsel af husdyrgødningskvælstof er steget fra ca 105 til 113 kg N ha⁻¹ i samme periode. Den totale tilførsel til landbrugsarealet er faldet med ca 6% fra 1991 til 1994-95. Kvælstof fjernet med afgrøderne har varieret mellem 113 og 142 kg N ha⁻¹, med de laveste værdier i 1992. De årlige variationer i høstudbyttet har overskygget tendensen i faldende gødningstilførsel, således ses ingen tydelig tendens i nettotilførsel (tabspotentiale) af kvælstof.

Nettotilførsel af kvælstof stiger med stigende husdyrtæthed

Nettotilførslen af kvælstof til markerne er ligesom overgødskningens størrelse stigende med stigende husdyrtæthed. Således var overskuddet i 1995 for planteavlbrug, husdyrbrug med 0-1,7 DE ha⁻¹ og husdyrbrug med mere end 1,7 DE ha⁻¹ henholdsvis 58 kg, 124 kg og 187 kg N ha⁻¹.

Figur 5.10 Kvælstofinput og kvælstofbalance for landbrugsjord i landovervågningsoplandene, 1991-95. (Brakarealerne er indregnet i denne opgørelse).



5.5 Fosforbalancer for landbrugsarealet i landovervågningsoplandene

Baggrund

Med hensyn til fosforgødskning forefindes vejledende normer for de enkelte afgrøder (*Håndbog for Plantedyrkning, 1995*); disse er ikke bestemt af Plantedirektoratets bekendtgørelse om behov for tilførsel af kvælstof og indhold af kvælstof i husdyrgødning. Endvidere gælder normtallene kun for jorde med middelhøj fosfortilstand, 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. Dette betyder at nogle husdyrgødede marker kan få tilført meget store mængder fosfor, uafhængigt af jordens fosforindhold iøvrigt. I nogle europæiske lande, f.eks. Holland og Belgien reguleres husdyrgødningstilførslen desuden på basis af fosforindholdet i denne.

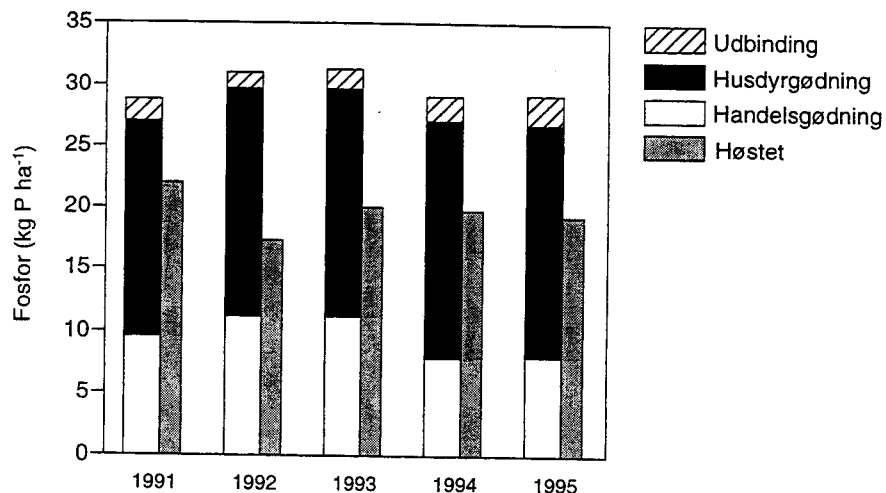
Udvikling i fosfor input

Udviklingen i fosforbalancerne for landbrugsarealet i perioden 1991-95 er vist i figur 5.11. Tilførsel af handelsgødningsfosfor faldt fra ca 10,5 kg P ha⁻¹ i 1991-92 til ca 8,0 kg P ha⁻¹ i 1994-95, mens tilførslen af husdyrgødningsfosfor steg fra ca 19,6 til ca 21,2 kg P ha⁻¹ i samme periode. Den totale tilførsel til landbrugsarealet er således faldet med ca 2% fra 1991 til 1994-95. En analyse af fosforinput på de enkelte brugstyper viste ingen tydeligere udviklingstendens for nogen af brugene. For landet som helhed var der et fald i fosfor input til landbrugsjorden på 15% i samme periode (afsnit 5.7). Det mindre fald i landovervågningsoplandene skyldes sandsynligvis den større husdyrtæthed, hvor fosfor i husdyrgødningen nødvendigvis skal fordeles.

Fosfor fjernet med afgrøder

Fosfor fjernet med afgrøderne er opgjort på basis af høstudbytte og normal for afgrødernes kvælstofindhold (*Vilhelm og Nielsen, 1990; Landsudvalget for kvæg, 1993*). Opgørelsen er behæftet med samme usikkerhed som beskrevet for høstet kvælstof (afsnit 5.4). Det ses af figuren at høstet fosfor har varieret mellem 17,5 og 21,9 kg P ha⁻¹ i årene 1991-1995 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 ca 9,6 kg P ha⁻¹ i 1994-95.

Figur 5.11 Fosforinput og fosforbalance for landbrugsjord i landovervågningsoplandene, 1991-1995. (Brakarealerne er indregnet i denne opgørelse).



Nettotilførsel af fosfor størst for svinebrug og blandene brug

I tabel 5.7 er fosforbalancerne for 1995 opgjort for henholdsvis brugstyper og dyretæthedsgrupper. Tilførsel af fosfor til markerne på planteavlsbrugene udgjorde 15,4 kg P ha⁻¹ med handelsgødning og 3,6 kg P ha⁻¹ med husdyrgødning, mens husdyrbrugene forbrugte gennemsnitlig 5,7 kg P ha⁻¹ med handelsgødning og 26,7 kg P ha⁻¹ med husdyrgødning. Nettotilførslen af fosfor var hermed lavest for planteavlsbrugene (1,1 kg P ha⁻¹), mens kvægbrugene havde en nettotilførsel på 8,1 kg P ha⁻¹ og svinebrugene og de blandede kvæg- og svinebrug en nettotilførsel på henholdsvis 15,0 og 34,2 kg P ha⁻¹. Det bemærkes, at sidstnævnte gruppe - de blandede kvæg- og svinebrug - kun udgør en mindre del af arealet (7%).

Nettotilførsel af fosfor stiger med stigende husdyrtæthed

Af tabellen ses endvidere, at nettotilførslen steg med stigende husdyrtæthed; for grupperne 0, 0-1,7 og større end 1,7 DE ha⁻¹ udgjorde nettotilførslen således henholdsvis 1,0, 7,5 og 17,7 kg P ha⁻¹.

Jord og vandmiljø

Effekten af nettotilførsel på jord og vandmiljøet er omtalt i afsnit 11.3.

Tabel 5.7 Fosforbalancer for landbrugsjord på ejendomme med forskellig brugstyper og dyretæthed, 1995.

		Brugstyper				Dyretæthed			
		Plante	Kvæg	Svin	Blandet	0	0-1,7	1,7-2,0	> 2,0
Areal	(ha)	1168	2201	1176	360	1129	1869	969	920
Handelsgødning	(kg ha ⁻¹)	15,4	6,1	6,0	2,3	15,7	8,3	3,9	2,4
Husdyrgødning. ¹⁾	(kg ha ⁻¹)	3,6	22,2	27,7	51,1	3,5	15,1	35,4	34,7
Høstet P	(kg ha ⁻¹)	17,9	20,5	18,7	19,2	18,2	18,9	20,7	20,4
Total tilf.-høstet	(kg ha ⁻¹)	1,1	8,1	15,0	34,2	1,0	7,5	18,6	16,7

¹⁾ Husdyrgødning incl. udbinding.

5.6 Dyrkningspraksis og arealanvendelse i 46 oplande

Baggrund

Ved revisionen af Vandmiljøplanens Overvågningsprogram i 1992 blev det besluttet at iværksætte en undersøgelse af dyrkningspraksis og arealanvendelse i de dyrkede typeoplande uden større punktkilder, som indgår i programmet for vandløb og kilder.

Undersøgelsen og nogle få resultater herfra vil kort blive gennemgået i det følgende.

Formålet med undersøgelsen var at forbedre muligheden for at tolke på eventuelle ændringer i de økologiske forhold i vandløb og søer, idet ændringer i dyrkningspraksis og gødningsforbrug må forventes at få konsekvenser for bl.a. næringsstofftilførslen til overfladevandet. Desuden var det ønsket at udvide kendskabet til dyrkningspraksis og arealanvendelse på grundlag af et større antal oplande end de 6 landovervågningsoplande.

Metode

Dataindsamlingen er forestået af Danmarks Miljøundersøgelser. Danmarks Miljøundersøgelser indgik en samarbejdsaftale med Landbrugets Rådgivningscenter om at gennemføre indsamlingen ved hjælp af de lokale planteavlskonsulenter, som både har lokalkendskab og faglig indsigt. Dataindsamlingen blev baseret på eksisterende EDB-gødningsplanlægningsystemer, som en stor del af de berørte landbrug allerede var indlagt i. På ejendomme, hvor gødningsplaner og sædskifteskemaer ikke allerede fandtes indlagt på EDB, blev driftslederen interviewet af en landbrugskonsulent, og data indtastet på EDB. Landbrugets EDB-Center udarbejdede programmer til udtræk af data på det ønskede format. Qua den valgte indsamlingsmetode blev det muligt for omtrent samtlige ejendomme at skaffe data vedr. afgrøder, gødskning, høst mv. på markniveau, samt for alle næringsstofferne N, P og K. Desuden er der indsamlet oplysninger om husdyrhold. Det blev gennem instruktion af planteavlskonsulenterne sikret, at der er tale om faktiske gødskninger, udbytter mv. fremfor planlagte eller forventede do.

Data omfatter dyrkningsåret 1993/1994

Data er indsamlet i løbet af 1995 og omfatter dyrkningsåret 1993/1994; dvs. fra høst i 1993 til og med høst i 1994. Efterafgrøder i 1994 er medtaget i det omfang, der er udbytte af efterafgrøden.

Omfang

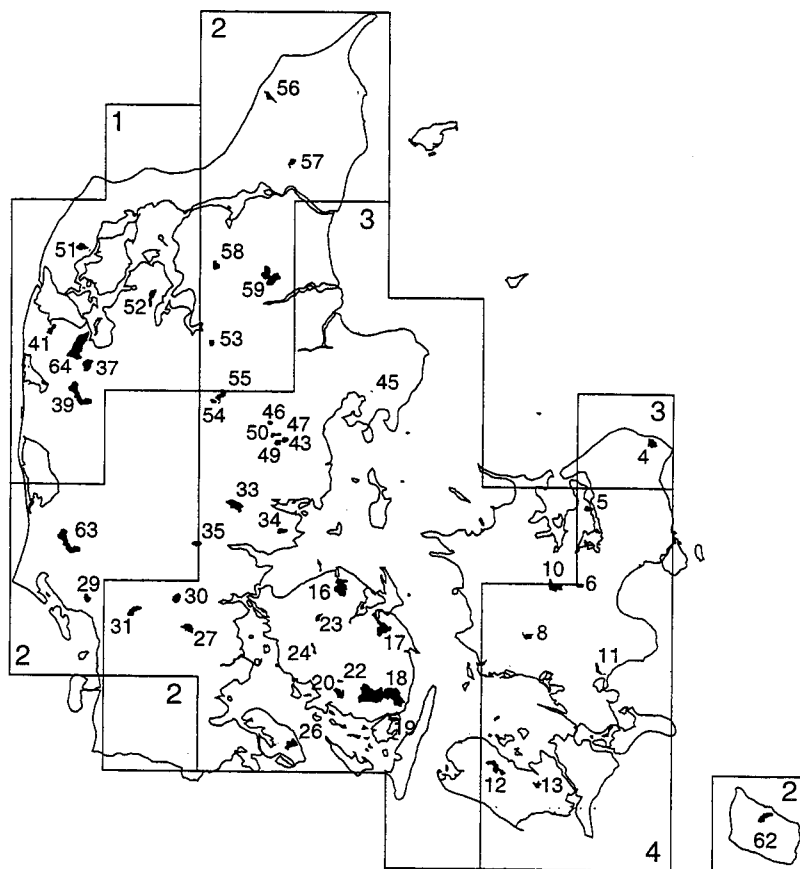
Undersøgelsen har omfattet 46 oplande med 808 ejendomme og ca. 8400 marker dækkende ialt knap 33.000 ha (330 km²). De 46 oplandes samlede areal inkl. byer, skov mv. udgør ca. 515 km² (figur 5.12).

Vurdering af data

Kvaliteten af de indsamlede data vurderes gennemgående som værende tilfredsstillende. Det indberettede indhold af kvælstof i husdyrgødningen giver dog anledning til bemærkninger: Næringsstofindholdet i husdyrgødningen er fastlagt via normtal. Landbrugskonsulenten eller landmanden har dog mulighed for at ændre på disse normer i EDB-systemet på grundlag af analysetal eller oplysning om fortynding af husdyrgødningen med f.eks. vaskevand eller ensilagesaft. Kvælstofindholdet i husdyrgødning antages i gennemsnit at udgøre ca. 104 kg N/DE ab lager (*Danmarks Statistik, 1993*). Tages der i det samlede datasæt højde for omfanget af udegående husdyr, når man frem til, at der er indberettet ca. 91 kg N/DE ab lager. Der er altså tale om enten manglende oplysninger om husdyrgødningstildelinger eller en undervurdering af N-indholdet i husdyrgødningen. En undersøgelse gennemført af Plantedirektoratet i 1995 af 301 brug viste en helt tilsvarende forskel mellem normlagt og faktisk indberettet antal kg N/DE. I de 6 landovervågningsoplande opnåes der derimod ca. 104 kg N/DE. Forskellen mellem på den ene side den foreliggende under-

søgelse og Plantedirektoratets undersøgelse og på den anden side undersøgelsen i landovervågningsoplandene er, at i sidstnævnte beregnes næringsstofindholdet i husdyrgødningen udelukkende ud fra normtallene.

Figur 5.12 Oversigt over oplandenes placering. Desuden er regiongrænserne indregnet.



Datasammenstillinger

En række sammenstillinger af data er udført og overdraget til amterne til brug i den amtslige overvågning. Desuden er der i Danmarks Miljøundersøgelses rapport over overvågning af vandløb og kilder (Windolf et al., 1996) opstillet en statistisk model på de 46 oplande, der forklarer den målte vandløbstransport af kvælstof i et opland som funktion af dyrkningspraksis og arealanvendelse.

N- og P-balancer

Nedenfor vises opgørelser af kvælstof- og fosforbalancer på data fra oplandene. Opgørelserne er dels foretaget for alle oplande samlet, dels for oplandene opdelt regionsvis. Som regionsinddeling er valgt den inddeling, der anvendes i udmeldingen af den årlige kvælstofprognose, og som er baseret på forholdet mellem vintervedbør og årsnormalen. Opgørelserne omfatter både hoved- og efterafgrøder for at sikre, at de omfatter et helt års balance. Samtlige input er søgt kvantificeret; dvs. atmosfærisk kvælstofdeposition og kvælstoffiksering er estimeret. Kvælstoffiksering omfatter bælgplanters symbiotiske binding af kvælstof og kvælstoffiksering fra fritlevende mikroorganismer i jorden. Begge bidrag er beregnet efter Kyllingsbæk (1995). Atmosfærisk kvælstofdeposition er heri sat til 19 kg N/ha i gennemsnit for landbrugsarealet. Forskellen mellem tilført næringsstof og fjernet næringsstof udgør det potentielle tab til omgivelserne. Akkumulering i jorden og - for kvælstofs vedkommende - tab ved denitrifikation er også indeholdt i differencen.

Tabel 5.8 Kvælstofbalance dels på regionsniveau, dels for alle oplandene samlet.

		Region 1	Region 2	Region 3	Region 4	Alle regioner
Areal	ha	5349,8	6637,9	15603,3	2809,8	30400,8
N-norm	kg N ha ⁻¹	147,4	151,0	141,2	145,5	144,8
Handelsgødning	kg N ha ⁻¹	109,9	110,5	108,9	122,0	110,7
Husdyrgødning	kg N ha ⁻¹	98,3	89,2	89,1	31,3	85,4
Udbinding	kg N ha ⁻¹	14,7	24,3	14,3	1,3	15,3
Anden org. gødning	kg N ha ⁻¹	9,1	3,4	0,8	6,2	3,3
N-fiksering	kg N ha ⁻¹	18,2	29,0	13,9	7,1	17,3
Atm.N-deposition	kg N ha ⁻¹	18,3	18,2	18,6	19,0	18,5
Nyttevirkning af husdyrgødning	kg N ha ⁻¹	39,3	39,8	41,3	41,3	40,5
Eff. tildelt gødning	kg N ha ⁻¹	152,2	147,3	145,7	137,7	146,5
Total tilf. næringsst.	kg N ha ⁻¹	270,0	176,3	246,4	186,8	251,6
Høstet	kg N ha ⁻¹	142,9	144,3	138,3	123,5	139,0
Høstet/tot.tilført, %	%	52,9	52,2	56,1	66,1	55,3
Tilført - høstet	kg N ha ⁻¹	127,1	132,0	108,1	63,3	112,5

Tabel 5.9 Fosforbalance dels på regionsniveau, dels for alle oplandene samlet.

		Region 1	Region 2	Region 3	Region 4	Alle regioner
Areal	ha	5349,8	6637,9	15603,3	2809,8	30400,8
Handelsgødning	kg P ha ⁻¹	4,8	7,4	6,6	11,7	6,9
Husdyrgødning	kg P ha ⁻¹	22,1	16,7	19,2	7,8	18,1
Udbinding	kg P ha ⁻¹	1,5	2,5	1,5	0,1	1,6
Anden org.gødning	kg P ha ⁻¹	2,9	1,4	0,4	4,1	1,4
Total tilf. næringsst.	kg P ha ⁻¹	31,4	28,0	27,6	23,7	28,0
Høstet	kg P ha ⁻¹	22,6	21,6	22,3	21,0	22,1
Høstet/tot.tilført, %	%	72,1	77,4	80,9	88,5	79,0
Tilført - høstet	kg P ha ⁻¹	8,8	6,3	5,3	2,7	5,9

Fra tabellerne ses der at være et gennemsnitligt årligt overskud af kvælstof på 112,5 kg N ha⁻¹ og 5,9 kg P ha⁻¹. Gennemsnittene dækker over meget store regionale forskelle. I de 6 Landovervågningsoplande er der i driftsåret 1993/1994 beregnet balancer på hhv. 127 kg N ha⁻¹ og 9,3 kg P ha⁻¹. På landsniveau er balancerne for 1993/1994 hhv. 121 kg N ha⁻¹ og 8,5 kg P ha⁻¹ (afsnit 5.7). På landsniveau og i landovervågningsoplandene gælder at mængder af husdyrgødning og næringsstofindholdet i denne er beregnet med normtal på baggrund af husdyrholdet. I undersøgelsen i de 46 oplande er indholdet af næringsstoffer i husdyrgødningen indberettet af landmanden selv. Som nævnt ovenfor tyder datamaterialet på en undervurdering af næringsstofindholdet i husdyrgødningen i denne undersøgelse.

5.7 Gødningsforbruget for hele landet fra 1985 til 1995

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 på landsplan. Første afsnit omhandler udviklingen i landbrugets forbrug af kvælstofgødning set i forhold til afgrødernes behov. Denne udvikling belyser, hvorvidt administrative tiltag og øget rådgivning har ændret gødskningspraksis i landbruget. Dernæst beskrives tilførslen af kvælstofgødning set i forhold til den kvælstofmængde, der fjernes med de høstede afgrøder, hvilket 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. Til slut beskrives udviklingen i forbrug af fosforgødning set i forhold til, hvad der fjernes med afgrøderne.

Opgørelsesmetoder

Opgørelser vedr. kvælstof- og fosforstrømme for landbrugsarealer i hele landet følger kalenderåret. Dog er handelsgødningsforbruget opgjort for perioden 1. juli til 30 juni. Da det største forbrug af handelsgødning foregår i forårsmånederne har den skæve opgørelsesperiode kun ringe indvirkning på massebalancerne fra kalenderår til kalenderår.

Det dyrkede areal omfatter her 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.

Udskilt kvælstof og fosfor i husdyrgødning i 1994 og 1995 er beregnet af Danmarks Statistik (pers. komm.) ud fra de nugældende normer for husdyrgødningsproduktion og næringsstofindhold i husdyrgødning (Laursen, 1994). Udskilt kvælstof og fosfor i husdyrgødning for 1993 og tidligere er beregnet af Danmarks Statistik på baggrund af fastlagte faktorer for forskellige husdyrkatégorier (Danmarks Statistik, 1993).

Kvælstofbehov er opgjort efter metode af Hansen (1990a) for hele perioden 1985-95. I 1994 trådte der som nævnt i indledningen til dette afsnit en ny bekendtgørelse vedrørende kvælstofgødsning i kraft. Miljøstyrelsen har i samarbejde med DMU, Statens Planteavlsvforsøg 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 også opgjort efter sidstnævnte metode for årene 1994 og 1995.

Ved opgørelse af kvælstofbehov efter metoden af Hansen (1990a) er der ikke korrigeret for kvælstofprognosen. Med de nye regler for fastsættelse af kvælstofbehov skal der imidlertid korrigeres for kvælstofprognosen, hvorfor denne er indregnet i opgørelsen efter Miljøstyrelsen (1996).

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

Forbrug af kvælstofgødning for hele landet

I 1995 udgjorde handelsgødningsforbruget 310 mio. kg N, hvilket er et fald på 10 mio. kg N i forhold til 1994. Antallet af husdyr er steget svagt med 0,3% til 2.418.000 dyreenheder, hvormed den udbragte

N forbrug og behov i 1995

mængde husdyrgødning steg med 1,5 mio. kg N. Afgrødernes kvælstofbehov er i samme periode faldet med 3,5 mio. kg N. Årsagen til nedgang i kvælstofbehovet må først og fremmest henføres til, at der i 1995 er indregnet 10% eftervirkning af husdyrgødningen givet året før; kvælstofprognosen var ens for de to år. Set i forhold til afgrødernes kvælstofbehov er gødskningspraksis således svagt forbedret fra 1994 til 1995 (tabel 5.10).

Tabel 5.10 Gødningsforbrug, dyreenheder og anbefalet kvælstofbehov for hele landet i 1985, 1994 og 1995 (sammendrag af bilag 5.3 og 5.4)

	1985	1994	1995
Handelsgødningskvælstof i mio. kg N	392	320	310
Udbragt husdyrgødningskvælstof i mio. kg N	210	209	211
Effektiv gødning i mio. kg N	447	408	399
DE i 1000	2507	2411	2418
Total kvælstofinput ¹⁾	745	660	650
Anbefalet behov mio kg N ²⁾	409	375	372

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

2) For 1985 er N behovet opgjort efter Hansen (1990a). For 1994 og 1995 er N behovet opgjort efter nugældene regler (Miljøstyrelsen, 1996). Opgjort efter metode af Hansen (1990a) er N behovene for 1994 og 1995 henholdsvis 371 og 384 mio. kg N.

Udvikling i kvælstofforbrug 1985 - 1995

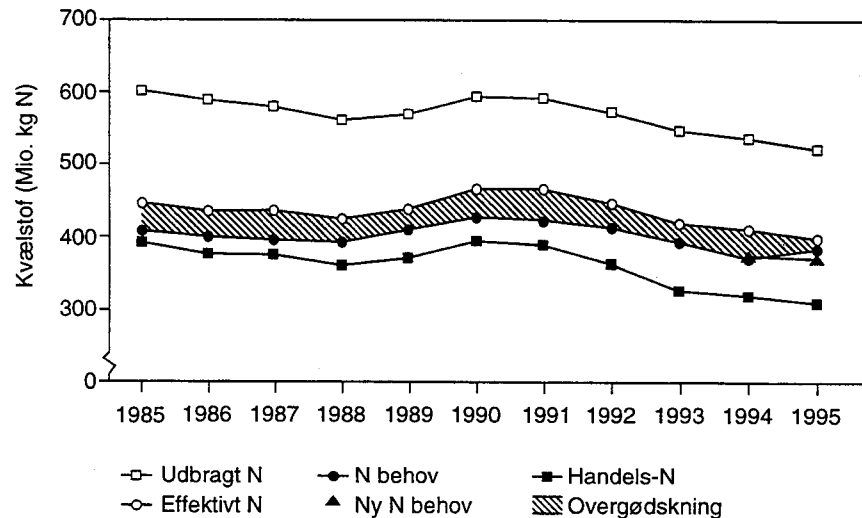
På landsplan er den samlede tilførsel af handelsgødning faldet fra 392 mio. kg N i 1985 til 310 mio. kg N i 1995. Mængden af husdyrgødning var omtrent uændret i perioden. Herved er den samlede kvælstoftilførsel til de dyrkede arealer faldet fra 602 mio. kg N i 1985 til 521 mio. kg N i 1995; faldet udgør 13%. I samme periode faldt afgrødernes kvælstof behov med 37 mio. kg N, hvorved nedgang i tildelt kvælstof, set i forhold til afgrødernes behov, er 44 mio. kg N; nedgangen udgør 7%. 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 ændredes gradvist frem til 1995, hvor handelsgødningen udgjorde 83% af afgrødernes behov (bilag 5.3).

Overgødsning

Den kvælstofmængde, der er tilgængelig for afgrøderne angives som effektiv N og består dels af kvælstof fra handelsgødningen, dels af den kvælstof i husdyrgødningen, der kan udnyttes af planterne. I opgørelsen af effektiv N er nyttevirkningen 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 underbyggelse 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; der er på baggrund af opgørelserne i Landovervågningen (bilag 5.1) og i de 46 oplande (tabel 5.8) ikke basis for at antage at nyttevirkningen er steget yderligere siden.

Den totale udbragte kvælstofmængde, den effektive kvælstofmængde, afgrødernes kvælstofbehov og kvælstof i handelsgødning vises i figur 5.13. Overgødskningsen vises ved det skraverede felt som forskellen mellem tilført effektiv kvælstof og afgrødernes behov. Overgødskningsen svinger mellem 26 og 42 mio. kg N i hele perioden med en lille tendens til at blive mindre i 1990'erne.

Figur 5.13 Udviklingen i totalt tildelt kvælstof, tildelt effektivt kvælstof, kvælstofbehov og tildelt handelsgødningskvælstof for hele landet i perioden fra 1985 til 1995. (Der er indregnet 2% stigning i nyttevirkningen af husdyrgødningskvælstof pr år fra 1985 til 1993; herefter er nyttevirkningen fastholdt på 42%).



Nettotilførsel for hele landet

Tildelt og høstet kvælstof fra det dyrkede areal

Udviklingen i det totale kvælstofinput i forhold til det høstede kvælstof er vist i figur 5.14. Det totale kvælstofinput består af handelsgødningsforbruget, kvæstoffikseringen, depositionen og kvælstof udskilt fra husdyrene fratrukket ammoniakfordampningen fra stald og lager. Forskellen mellem total input og høstet kvælstof er reduceret fra 379 mio. kg N i 1985 til 290 mio. kg N i 1995. Set over hele perioden udgør reduktionen 17% (beregnet ved lineær regression).

Nettotilførsel pr arealenhed dyrkningsjord i Danmark

En opgørelse af kvælstofbalancerne pr arealenhed dyrkningsjord findes i tabel 5.11. Det fremgår, at total kvælstofinput er faldet fra 261 kg N ha⁻¹ i 1985 til 237 kg N ha⁻¹ i 1995. Kvælstof fjernet med afgrøderne har varieret mellem 111 og 145 kg N ha⁻¹ i samme periode. Nettotilførsel af kvælstof til dyrkningsjorden er således faldet fra 133 til 106 kg N ha⁻¹ fra 1985 til 1995. Set over hele perioden udgør faldet i nettotilførsel af kvælstof pr arealenhed dyrkningsjord 13% (beregnet ved linieær regression).

Tabel 5.11 Kvælstofbalance opgjort pr arealenhed dyrkningsjord i Danmark, 1985, 1994 og 1995 (udledt af bilag 5.3 og 5.4).

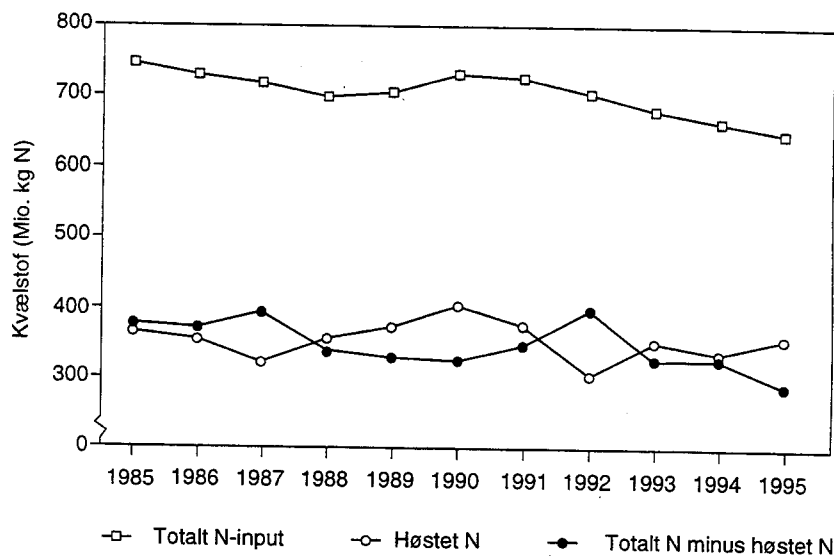
		1985	1994	1995
Handelsgødning,	kg N ha ⁻¹	138	118	113
Udbr. husdyrgødning,	kg N ha ⁻¹	74	80	77
Total input,	kg N ha ⁻¹	261	246	237
Høstet kvælstof,	kg N ha ⁻¹	129	125	131
Tilført - høstet kvælstof,	kg N ha ⁻¹	133	121	106

Kvælstofoverskud i landbruget for Danmark

Kyllingsbæk (1995) har beregnet kvælstofoverskuddet i landbruget for perioden 1979/80 til 1993/94. Overskuddet er beregnet som forskellen mellem tilført kvælstof til landbruget og fraført med animalske pro-

dukter og planteprodukter. Ved denne opgørelse faldt det totale overskud fra 534 mio. kg N i 1979/80 til 469 mio. kg N i 1993/94, hvilket svarer til et fald på 12 %. Det tilsvarende fald fra 1986/87 til 1993/94 er 8%. Opgøres overskuddet i kg ha⁻¹ er der imidlertid ingen forskel i overskuddet i nævnte periode.

Figur 5.14 Udviklingen i tildelt kvælstof og høstet kvælstof for hele landet i perioden 1985 til 1995.



Husdyrtætheden i 1995

Husdyrtæthed og harmonikrav

Antallet af dyreenheder steg med 0,3 % fra 1994 til 1995, hvorved den gennemsnitlige husdyrtæthed i 1995 er på 0,96 DE ha⁻¹ opgjort for det dyrkede areal med et gødningsbehov, det vil sige, at brakarealet ikke er med i opgørelsen.

Disharmoni

I 1994 var 16 % af husdyrbrugene disharmoniske. Hovedparten af de disharmoniske brug er svinebrug. Næsten halvdelen af alle svinebrug i landet har så stor en husdyrtæthed, at en stor del af deres husdyrgødning skal udbringes på andre bedrifiers jorder (*Danmarks Statistik, 1995*).

Der er stor spredning i antallet af husdyr i forhold til arealtilliggendet. Således produceres 56 % af husdyrgødningen på bedrifter med et arealtilliggende, der svarer til 24 % af det dyrkede areal. Dette svarer til en gødningsproduktion på 242 kg N ha⁻¹. 21 % af husdyrgødningen produceres på bedrifter med et arealtilliggende, der svarer til 5 % af det dyrkede areal. Hvis denne husdyrgødning skulle udbringes på disse bedrifiers areal ville gennemsnitstildelingen blive 411 kg N ha⁻¹. Krav om overførsel af husdyrgødning skal sikre, at disse meget store husdyrgødningsmængder spredes på arealer, hvor der ikke i forvejen overgødes.

Forbrug af fosforgødning til landbrugsjorden

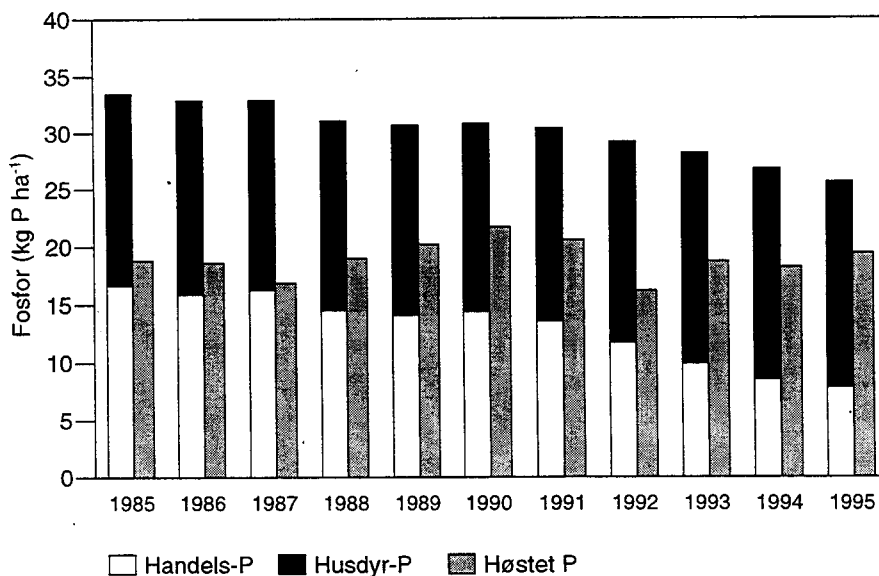
I dette afsnit er foretaget en opgørelse af forbrug af fosforgødning samt høstet fosfor pr arealenhed dyrkningsjord (figur 5.15). I bilag 5.5 er opgørelsen vist dels for hele landet, dels pr arealenhed dyrkningsjord.

Forbrug og fraførsel

Tilførsel af fosfor med handelsgødning udgjorde i 1985 16,7 kg ha⁻¹ og i 1995 7,8 kg ha⁻¹, hvilket betyder ca en halvering af forbruget i nævnte

periode. Med hensyn til udskilt fosfor i husdyrgødning har der været en lille stigning fra ca 16,8 kg ha⁻¹ i 1985 til 17,8 kg ha⁻¹ i 1995. Fosfor i husdyrgødning udgør idag således den største andel, ca 70% af det totale forbrug. Fosfor fjernet med afgrøderne har varieret mellem ca 16 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, denne er dog mindsket betydeligt fra ca 15 kg ha⁻¹ i 1985 til 6 kg ha⁻¹ i 1995.

Figur 5.15 Udviklingen i tildelt fosfor med handelsgødning og husdyrgødning til landbrugsjorden og høstet fosfor for perioden 1985 til 1995.



Usikkerhed omkring fosfor i husdyrgødning

I denne opgørelse er fosfor tilført med husdyrgødning beregnet på baggrund af normtal for gødningsproduktion og næringsstofindhold i husdyrgødningen (Laurson, 1987, 1994). Sibbesen beregner fosfor i husdyrgødning ud fra to andre principper: For perioden 1980/81 - 1987/88 beregnes fosfor i husdyrgødning ved en balanceopgørelse (fosfor i alt foder og strøelse fratrukket fosfor i animalske produkter) (Sibbesen, 1990). Fra 1987/88 og fremover beregnes fosfor i husdyrgødning ud fra produktionen af animalske produkter (baseret på normtal for fosfor i animalske produkter samt kendskab til udnyttelsen af fosfor ved produktion af animalske produkter) (Sibbesen, 1995). Sibbesen opnår herved en væsentlig højere fosformængde i husdyrgødning; 5-6 kg P ha⁻¹ år⁻¹ højere end i vores undersøgelse. Dette medfører en betydelig forøgelse af nettotilførslen af fosfor til landbrugsjorden i forhold til vores opgørelse.

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 markant. En videre omtale heraf findes i afsnit 11.3.

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

Udvikling i landbrugspraksis i landovervågningsoplandene 1990 - 1995

Grønne marker udgør 85% af det dyrkede areal. Heraf udgør græs, vinterraps og efterafgrøder ca en trediedel, vinterkorn en trediedel og rodfrugter, majs, halmnedmuldning og brak en trediedel. Kun førstnævnte gruppe samt rodfrugter (roer) kan forventes at optage betydelige kvælstofmængder i efterårs- og vintermånederne. Af husdyrbrugene havde ca. 68% en opbevaringskapacitet på 9 måneder eller derover. Disse brug dækkede tilsammen 82 % af dyreenhederne. Forårs/sommer-udbringningen steg fra 54% i 1990 til 80% i 1994, mens der ikke er sket nogen yderligere stigning i 1995. Fra 1990 til 1995 blev handelsgødningsforbruget reduceret, således at udnyttelsen af husdyrgødningen steg 16%-point. Husdyrgødningen fordeles bedre i 1994 og 1995 end tidligere; der er ikke set yderligere forbedring fra 1994 til 1995. Der overgødes i 1995 stadig på ca. 30% af arealet. 37-47% af ejendommene, som anvendte husdyrgødning i 1995, opfyldte ikke minimuskrauet til udnyttelse af husdyrgødning; disse havde et jordliggende på 23-35% af det dyrkede areal. For en bedre udnyttelse af husdyrgødningen skal handelsgødningsforbruget sænkes yderligere.

Udvikling i kvælstofforbrug og gødningspraksis for hele landet 1985 - 1995

For hele landet udgjorde handelsgødningsforbruget 310 mio. kg N i 1995, hvilket er et fald på 10 mio. kg N i forhold til 1994. Antallet af husdyr steg med 0,3 % fra 1994 til 2.418.000 dyreenheder i 1995, hvorved den udbragte mængde af husdyrgødning steg med 1,5 mio. kg N. Afgrødernes kvælstofbehov er i samme periode faldet med 3,5 mio. kg N primært på grund af at eftervirkning af sidste års husdyrgødningstilførsel indregnes. Set i forhold til afgrødernes kvælstofbehov har gødningspraksis således været svagt forbedret fra 1994 til 1995.

På landsplan er den samlede tilførsel af handelsgødning faldet fra 392 mio. kg N i 1985 til 310 mio. kg N i 1995. Tilførsel af husdyrgødning var omtrent uændret i perioden. Derved er den samlede kvælstoftilførsel til de dyrkede arealer faldet med 13% fra 602 mio. kg N i 1985 til 521 mio. kg N i 1995. I samme periode faldt afgrødernes kvælstofbehov med 37 mio. kg N, hvorved den reelle nedgang i tildelt kvælstof, set i forhold til afgrødernes behov er 44 mio. kg N, svarende til en nedgang på 7%.

Kvælstofbalancer for landbrugsjord i Danmark, 1985 - 95

Total kvælstofinput (handelsgødning, husdyrgødning samt kvælstof tilført ved bælgeplanters fiksering og atmosfærisk deposition) til dyrkningsjord i Danmark er faldet fra 261 kg N ha⁻¹ i 1985 til 237 kg N ha⁻¹ i 1995. Kvælstof fjernet med afgrøderne har varieret mellem 111 og 145 kg N ha⁻¹ år⁻¹. Nettotilførsel af kvælstof udgjorde således 133 kg N ha⁻¹ i 1985 og 106 kg N ha⁻¹ i 1995. Set over hele perioden udgjorde faldet i nettotilførsel af kvælstof 13%.

Fosforbalancer for landbrugsjord i Danmark, 1985 - 95

Tilførsel af fosfor med handelsgødning pr arealenhed dyrkningsjord i Danmark faldt fra 16,7 kg P ha⁻¹ i 1985 til 7,8 kg P ha⁻¹ i 1995, mens tilførsel med husdyrgødning steg fra 16,8 kg P ha⁻¹ til 17,8 kg P ha⁻¹ i samme periode. Fosfor fjernet med afgrøderne har varieret mellem 16

og 22 kg P ha⁻¹. Nettotilførsel af fosfor til landbrugsjord er således faldet fra ca 15 til 6 kg P ha⁻¹ i perioden 1985 til 1995.

I landovervågningsoplandene i 1995 er det vist at den laveste nettotilførsel af fosfor forekommer på planteavlsbrugene (1,1 kg P ha⁻¹), mens nettotilførselen på kvægbrugene udgjorde 8,1 kg P ha⁻¹ og på svinebrug og blandede kvæg- og svinebrug henholdsvis 15,0 og 34,2 kg P ha⁻¹. På husdyrbrugene steg nettotilførslen med stigende husdyrtæthed.

6 Nedbørs- og temperaturforhold i oplandene

En opgørelse over nedbørsforholdene på årsbasis er vist i tabel 6.1. Månedsnedbøren for de respektive LOOPs for perioden 1989-1995 er vist som histogrammer i bilag 6.

Nedbørsmængder og -fordeling 1989-1995

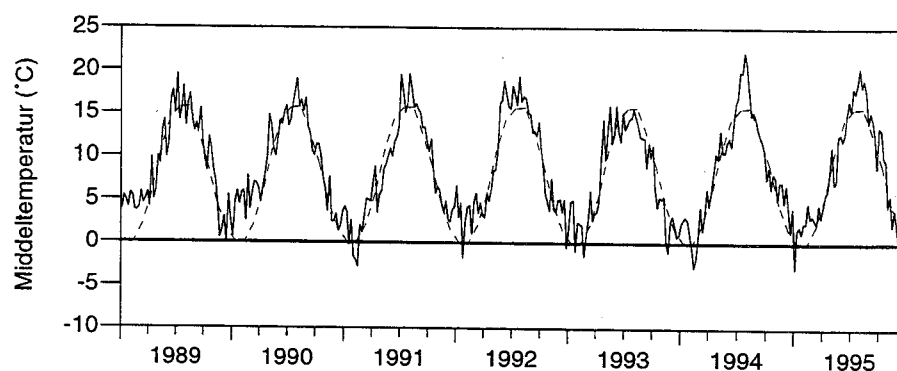
Som gennemsnit for de seks oplande var nedbørsmængderne i 1989/90, 1991/92 og 1992/93 lavere end normalt, henholdsvis 90,95 og 86% af normal årsnedbøren. I 1990/91 var nedbøren højere end normalt, 106% af normal årsnedbøren; mens 1993/94 og 1994/95 var særdeles nedbørsrige, henholdsvis 120 og 133% af normal årsnedbøren.

I 1994/95 faldt de store nedbørsmængder specielt i august-september og december 1994 samt i januar-februar og april 1995.

Temperatur

Temperaturforholdene i undersøgelsesperioden er vist i figur 6.1, der er en sammenstilling af middeltemperaturen for landet i perioden 1989-1995 og temperaturnormalen for perioden 1961-1990. Flere vintre i undersøgelsesperioden har været usædvanlig milde; dette gælder således 1988/89, 1989/90, 1991/92, 1992/93 og 1994/95. Også temperaturen i sommermånederne juli-august 1994 og 1995 var usædvanlig høje. Således havde juli 1994 den højeste middeltemperatur, der nogensinde er registreret i Danmark (siden 1874).

Figur 6.1 Middeltemperaturen for landet beregnet på ugebasis. Normalen repræsenterer månedsgennemsnit af perioden 1961 - 1990



Tabel 6.1 Årsnedbør for landovervågningsoplandene 1989/90 - 1994/95, samt normal årsnedbøren (givet som gennemsnit for perioden 1961-90). Nedbørsmængderne er korrigeret til jordoverfladen.

LOOP	Normal årsnedbør ¹⁾ mm	Nedbør (mm)					
		89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95
1. Storstrøm	614	598	799	656	553	953	971
4. Fyn	704	711	857	789	718	1078	1103
3. Vejle/Århus	875	740	945	804	788	1105	1144
2. Nordjylland	794	640	711	671	533	757	1020
5. Ringkøbing/Viborg	969	923	928	907	828	896	1124
6. Sønderjylland	993	821	994	855	854	1100	1225

¹⁾ Olesen (1990)

7 Næringsstofudvaskning fra rodzonen - målinger på stationsmarker

I dette afsnit gives en beskrivelse af stationsmarkerne mht. jordbundsforhold, arealanvendelse og husdyrhold. Resultater fra jordvandsmålinger præsenteres, og næringsstofudvaskningens størrelse igennem måleperioden og i relation til arealanvendelsen beskrives. Til slut omtales næringsstofudledningen med drænvand.

Udvaskningsdata er givet for hydrologiske år og er præsenteret som gennemsnit for oplandene; enkeltstationer vil kun blive omtalt i det omfang, de bidrager med værdier væsentlig forskellig fra gennemsnittet. Data for de enkelte stationer findes i bilag 7.4.

Det skal understreges at det sidste hydrologiske år, der er beskrevet i dette afsnit er 1994/95. Effekten af den meget lave nedbør i 1995/96 på rodzoneudvaskninger indgår altså ikke i beskrivelsen.

7.1 Beskrivelse af stationsmarker

Jordbundsforhold

Jordbundskemiske og fysiske parametre for stationsmarkerne i de 6 oplande 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 Ringkøbing/Viborg
 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 sandjordsoplandene er 19 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. Jordene i LOOP 5 er karakteriseret ved at have et noget højere indhold af grovsand end jordene i LOOP 6 og LOOP 2.

Grundvandsniveau

Stationsmarkerne er karakteriseret ved at have et højtliggende grundvandsspejl; i gennemsnit over forsøgsperioden har dette ligget i ca 1.0-

5.0 m's dybde; ved enkelte stationer dog dybere. I LOOP 1 (Storstrøm), LOOP 4 (Fyn) og LOOP 6 (Sønderjylland) har grundvandet ved nogle stationer dog ligget væsentlig højere i længere perioder, dvs. grundvandet har i disse perioder stået over rodzonedybde og dermed også over sugecellerne. Prøver fra jordvandsstationerne har i disse perioder således bestået af det øvre grundvand.

Landbrugsmæssig drift

Landbrugsmæssige forhold vedrørende de enkelte stationsmarker findes i bilag 7.3. Til vurdering af stationsmarkernes repræsentativitet i oplandene er der i tabel 7.1 og 7.2 vist de gennemsnitlige dyretætheder og afgrødefordelinger i overvågningsperioden for såvel stationsmarker som for oplandene.

Tabel 7.1 Gennemsnitlig husdyrhold (DE/ha) på ejendomme med stationsmarker samt i de 6 oplande, 1990-95.

	Lerjordsoplande			Sandjordsoplande		
	LOOP 1	LOOP 4	LOOP 3	LOOP 2	LOOP 5	LOOP 6
Stationsmarker (DE ha ⁻¹)	0,04	0,5	0,9	1,8	0,5	1,5
Oplande (DE ha ⁻¹)	0,4	0,7	1,0	1,8	0,5	1,4

Tabel 7.2 Afgrødefordeling (%) på stationsmarkerne samt i oplandene, 1990-95

	39 marker	LOOP 1-6
Vårkorn	17,4	18,5
Vårkorn m/udlæg	9,4	6,5
Vinterkorn	25,4	26,8
Frøafgrøder (raps)	4,9	6,6
Bælgsæd (ærter)	6,3	5,5
Rodfrugter	13,4	10,2
Græs+grøntfoder i omdrift	20,1	18,8
Vedv. græs	-	4,5
Brak + andet	3,1	3,5

Sammenfattende kan anføres, at den gennemsnitlige husdyrtæthed på ejendomme med stationsmarker svarer til tætheden i oplandene; en undtagelse er dog LOOP 1, hvor husdyrtætheden på ejendomme med stationsmarker er lavere end i oplandet. Ligeledes svarer afgrødefordelingen på stationsmarkerne nogenlunde til fordelingen i oplandene; dog udgør vårkorn m. udlæg og rodfrugter en større andel på stationsmarkerne, mens vedvarende græs ikke indgår i afgrødefordelingen på stationsmarkerne.

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

Husdyrgødningsanalyser

På marker med jordvandsstationer har der været udtaget prøver af den flydende husdyrgødning i 1993-95 med det formål at vurdere, hvor god overensstemmelse der er mellem de beregnede og faktiske næringsstofforsler med husdyrgødning til markerne. Resultaterne er beskrevet i bilag 7.1. Det har vist sig, at der er så store problemer

med at udtage repræsentative prøver, at gødningsanalyserne med den anvendte prøvetagningsteknik ikke vil medvirke til at forbedre beskrivelsen af næringsstofflørslerne til markerne.

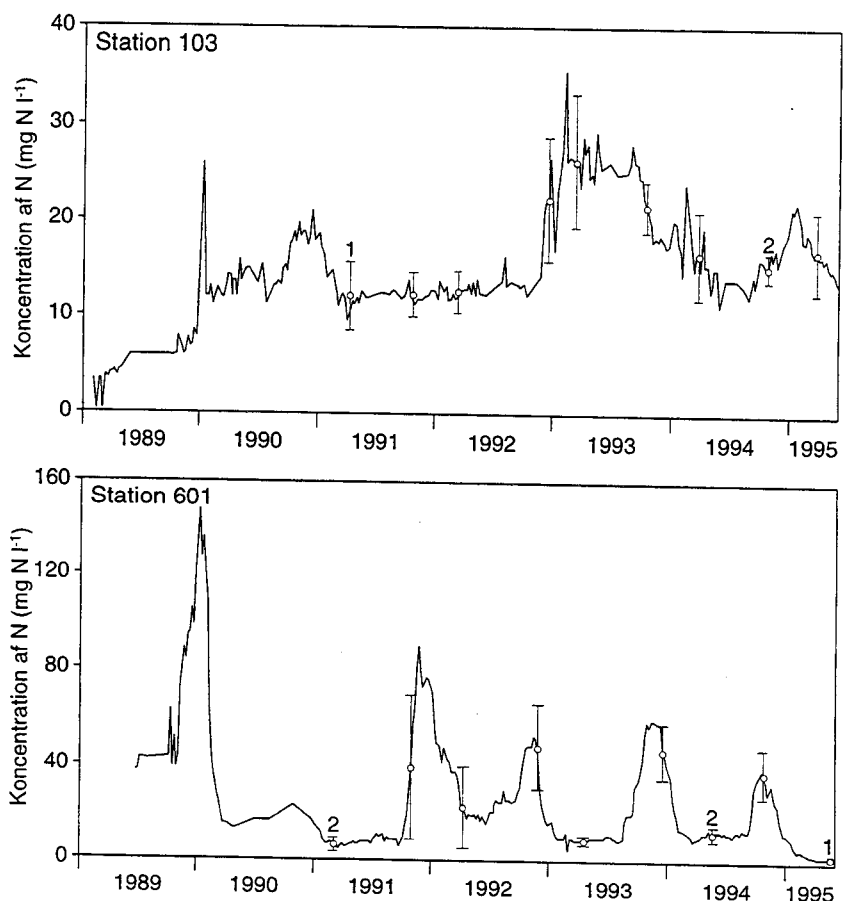
7.2 Jordvandsmålinger

Vurdering af jordvandsanalyserne - enkeltcelleanalyser

På jordvandsstationerne er der ud over de puljede analyser udtaget prøver fra hver af de ti sugeceller mindst to gange om året. Prøverne er analyseret for $\text{NO}_3\text{-N}$.

På figur 7.1 ses to tidsserier af puljede analyser for station 103 og station 601, sammen med standardafvigelser beregnet ud fra enkeltcelleanalyserne. Det ses tydelig, især på station 601, at standardafvigelsen er størst i perioder hvor koncentrationerne varierer mest. Dette karakteristiske træk, der er konstateret på langt de fleste jordvandsstationer, vurderes at skyldes heterogenitet i jorden. Herved vil en front med et højere eller lavere koncentrationniveau nå sugecellerne på forskellige tidspunkter. Antages enkeltcelleanalyserne at følge en normalfordeling vil 68% af eventuelle supplerende målinger ligge inden for de viste standardafvigelser.

Figur 7.1 Koncentrationer af nitrat N i jordvand fra puljede analyser samt standardafvigelser beregnet ud fra enkeltcelleanalyser (1: n=8, 2: n=9, øvrige n=10).



Ens standardafvigelser i alle oplande

I tabel 7.3 ses middelantallet opgjort på de enkelte oplande, af sugeceller i funktion under samtlige enkeltcelleanalyser i hele måleperioden. Endvidere ses antallet af prøvetagninger i procent, hvor syv sugeceller eller mere har været i funktion. Et jordvandsfelt er

defineret som funktionsdygtigt, når mindst syv sugeceller giver vand. Endelig ses et gennemsnit af normerede standardafvigelser (standardafvigelser for de enkelte prøvetagninger divideret med de tilhørende middelværdier). Denne størrelse muliggør en sammenligning af standardafvigelser for stationer med høje og lave koncentrationniveauer. Som det fremgår af tabellen, ses der ikke nogen tydelig forskel mellem værdierne for ler- og sandjorde. Den mest ustabile funktion af sugecellerne ses klart i LOOP 5, hvor kun 6,4 celler i gennemsnit har været i drift og hvor kun 59 % af prøvetagningerne har haft syv eller flere celler i drift. Sugecellerne i LOOP 1 og især i LOOP 6 synes at være de mest pålidelige. Det meget høje antal prøvetagninger hvor syv celler eller mere har været i funktion i LOOP 6 bør bemærkes. Dette kan til dels forklares med, at grundvandsspejlet ligger relativt højt på jordvands-stationerne i LOOP 6. Der ses ikke nogen stor niveauforskel mellem de normerede standardafvigelser. På grundlag af de viste størrelser vurderes usikkerheden på sugecellemålingerne at ligge på nogenlunde samme niveau i alle seks oplande.

Tabel 7.3 Resultater fra enkeltcelleanalyser: Antal sugeceller i funktion, prøvetagninger i %, hvor syv celler eller flere har været i funktion og normeret standardafvigelse. Gennemsnit for årene 1990-1995

	Nmid	N _{≥7} (%)	Normeret standardafv.
Lerjorde			
LOOP 1	9,0	87	0,50
LOOP 4	7,7	85	0,39
LOOP 3	8,1	86	0,60
Sandjorde			
LOOP 2	7,8	77	0,51
LOOP 5	6,4	59	0,42
LOOP 6	9,0	99	0,52

I en analyse på stationsniveau er middelværdier for de enkelte sugeceller sammenstillet over hele prøvetagningsperioden. Kun de prøvetagninger hvor alle ti celler har været i funktion er medregnet. Med undtagelse af nogle få tilfælde ligger koncentrationerne i de enkelte sugeceller indenfor en station på nogenlunde samme niveau. Der er således ikke nogen klar tendens til at høje eller lave koncentrationer konsekvent findes gennem de samme celler.

Kvælstoffer i jordvandet

Nitrat N udgør 86-97% af total N

I 1993 blev måleprogrammet for jordvandsstationerne udvidet så der foruden nitrat og ammonium også bestemmes total N på de ugentlige puljede prøver. Middelværdier af nitrat N og total N er vist for de enkelte oplande i tabel 7.4. 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 hovedsagenligt bestå af organisk bundet kvælstof.

Forskellen mellem koncentration af total N og nitrat N har for de seks oplande varieret mellem 2,9-13,7%. En gennemgang af koncentrations-

kurverne 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 idvaskning.

Tabel 7.4 Gennemsnitlige årskoncentrationer af total N og nitrat N (simple middelværdier af ugentlige målinger) for årene 1993, 1994 og 1995.

	Tot-N mg l ⁻¹	NO ₃ -N mg l ⁻¹	Forskel %
Lerjorde			
LOOP 1	17,5	17,0	2,9
LOOP 4	13,8	13,0	5,8
LOOP 3	18,3	15,8	13,7
Sandjorde			
LOOP 2	25,4	23,3	8,3
LOOP 5	19,6	18,0	8,2
LOOP 6	19,6	18,0	8,2

Afstrømning fra rodzonen

Beregnet årlig vandafstrømning fra stationsmarkerne er vist i figur 7.2 og desuden i bilag 7.2 som gennemsnit for oplandene. Afstrømningerne har varieret betydeligt gennem måleperioden afhængig af nedbør og vækstbetingelser iøvrigt. I 1994/95 var afstrømningerne meget store på grund af de nedbørsrige perioder august-september 1994 og januar-februar 1995. Den gennemsnitlige afstrømning fra stationerne i 1994/95 var således 540 mm for lerjordsoplandene og 587 mm for sandjordsoplandene. Disse afstrømninger var på samme niveau som i 1993/94, men henholdsvis 148% og 160% af de gennemsnitlige afstrømninger de foregående fem år.

Kvælstofudvaskning

De årlige udvaskninger af kvælstof samt de årlige vandføringsvægtede kvælstofkoncentrationer er vist i figur 7.2 og desuden i bilag 7.2 som gennemsnit for oplandene. Koncentrationer og udvaskning er beregnet for nitrat-N.

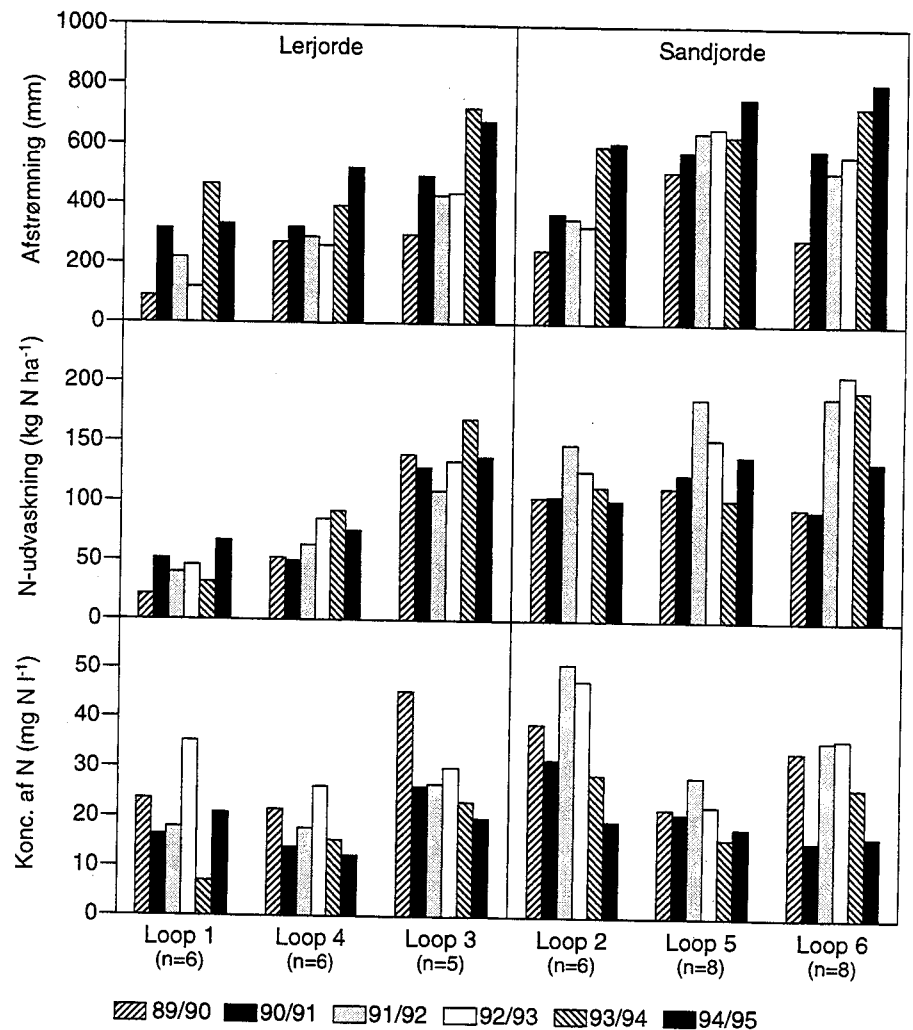
*N koncentrationer for
landbrugsjord*

I jordvandet på landbrugsjord lå de gennemsnitlige koncentrationer af nitrat-N i 1994/95 på 17,7 mg N l⁻¹ for lerjordsoplandene og på 18,1 mg N l⁻¹ for sandjordsoplandene. Disse niveauer er betydelig lavere end hvad der blev målt de foregående fem år, henholdsvis 76% og 59% af gennemsnitskoncentrationerne for perioden 1989/90 - 1993/94. De lave koncentrationer i 1994/95 skyldes dels fortynding på grund af de store afstrømninger i perioden, dels at jordens lettilgængelige puljer sandsynligvis er udtømte efter forrige års ligeledes store afstrømninger. LOOP 1 er dog en undtagelse, da N-koncentrationen er noget højere i 94/95 end året før.

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.

Figur 7.2 Årlig vandafstrømning og N udvaskning fra rodzonen, samt vandførings-vægtede N koncentrationer i jordvandet som gennemsnit for stationerne i de seks oplande for årene 1989/90-1994/95. N er angivet som nitrat N (For LOOP 5 indgår kun 6 stationer i 92/93 og 5 stationer i 93/94 og 94/95). Tallene er desuden præsenteret i bilag 7.2.



N koncentrationer ved skovareal

Årlig N udvaskning

Ved en skovstation i LOOP 3 lå den gennemsnitlige koncentration af nitrat-N på 5,4 mg N l⁻¹ i perioden 1989/90 - 1994/95.

De årlige kvælstofudvaskninger har varieret gennem måleperioden og i nogen grad fulgt variationerne i vandafstrømning. I 1994/95 udgjorde kvælstofudvaskningerne således 93 kg N ha⁻¹ for lerjordsoplandene og 125 kg N ha⁻¹ for sandjordsoplandene. Disse udvaskninger svarer til henholdsvis 115% og 92% af udvaskningerne de foregående fem år. Den større udvaskning i lerjordsoplandene kan henføres til større vandafstrømning end gennemsnitlig for de foregående år. At det samme ikke gør sig gældende for sandjordene kan forklares med, at det årlige kvælstofoverskud i jorden ofte udvaskes i afstrømningsperioden uafhængig af nedbørens størrelse; dels på grund af de generelt større nedbørsmængder i sandjordsoplandene, dels på grund af de sandede jordes større gennemtrængelighed.

Som gennemsnit for hele måleperioden 1989/91-1994/95 udgjorde kvælstofudvaskningerne henholdsvis 83 kg N ha⁻¹ år⁻¹ for lerjordene og 135 kg N ha⁻¹ år⁻¹ for sandjordene.

I en undersøgelse udført af Statens Planteavlsvforsøg 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).

Udvikling i N udvaskning

Der er igennem måleperioden ikke set tendens til reduktion i N-udvaskning. I LOOP 2 har udvaskningen dog konsekvent været faldende igennem de sidste fire måleår. I lerjordsoplandene LOOP 3 og 4 og i sandjordsoplandet LOOP 6 er der endog fundet en stigning i udvaskning i årene 1991/92 til 1993/94, mens udvaskning igen er faldet i 1994/95. I LOOP 6 har den stigende kvælstofudvaskning også vist sig ved stigende kvælstofkoncentrationer i det øvre grundvand (afsnit 9.3). Variationerne igennem måleperioden kan være klimatisk betingede.

N udvaskning i relation til brugstype og gødningsforbrug

Variationen i kvælstofudvaskning mellem marker kan henføres til forskelle i landbrugspraksis som vist i tabel 7.5. Her er stationsmarkerne inddelt i grupper af rene planteavlsbrug og husdyrbrug med stigende husdyrtæthed. Fra planteavlsbrugene er fundet den mindste udvaskning, og for husdyrbrugene stiger udvaskningen med stigende dyretæthed. Det ses af tabellen, at der er sammenhæng mellem kvælstofudvaskningen for de nævnte grupper og nettotilførslen af kvælstofgødning, dvs mængden af tilført kvælstof minus kvælstof fjernet med afgrøder. På et økologisk brug er udvaskningen væsentlig større end nettotilførslen. Dette skyldes særlig stor udvaskning i 1994/95 (335 kg N/ha) (se bilag 7.4, st. 305); årsagen til denne store udvaskning er ikke umiddelbar klar.

Tabel 7.5 Kvælstoftilførsler og -udvaskninger for typeinddelinger af 39 stationsmarker. Gennemsnit for årene 1989/90-1994/95.

		Kvælstofbalancer (kg N ha ⁻¹ år ⁻¹)						
Brugstype	Dyreenhed DE/ha	N-tilførsler			N-udvaskning			n
		Total tilf. ¹⁾	Fjernet afgrøde ²⁾	Netto tilført	gns.	min.	max.	
Planteavl	0	179	145	34	60	27	103	10
Husdyrbrug	0-1	236	124	112	92	41	149	7
	1-2	327	159	168	144	54	225	18
Økologisk	1,0	55	24	31	106	-	-	1

¹⁾ Heri indgår tilførsel med handelsgødning, husdyrgødning, N-fixering samt atmosfærisk deposition (19 kg N ha⁻¹ år⁻¹).

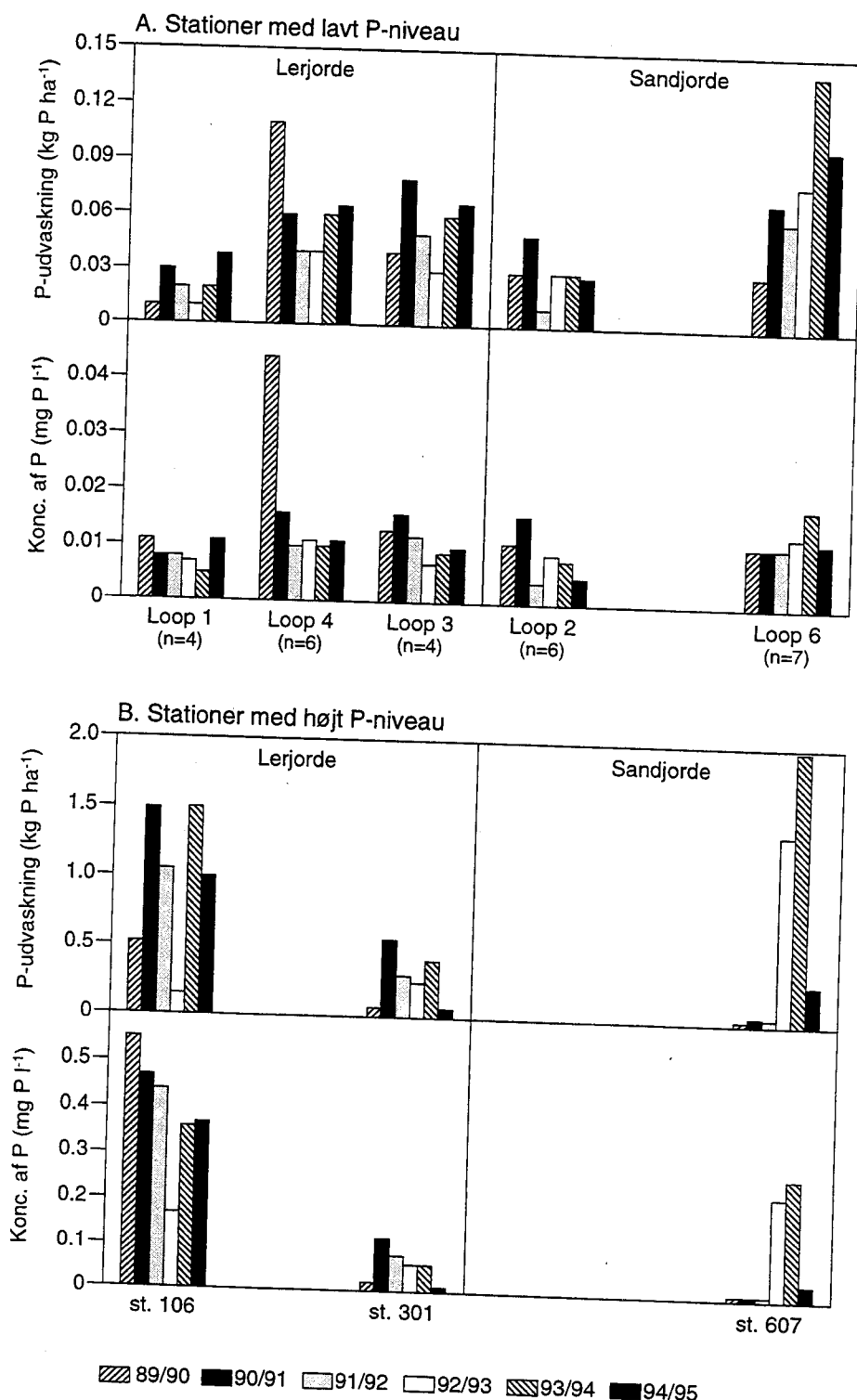
²⁾ Fjernet med høstede afgrøder

Fosforudvaskning

Bestemmelse af orthofostat (PO₄-P) i jordvand ekstraheret med sugeceller kan ikke betragtes som en absolut værdi, men som en værdi defineret af metoden (Hansen et al., 1991).

De årlige udvaskninger af ortho-P samt de årlige vandføringsvægtede koncentrationer af ortho-P er vist i figur 7.3 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 7.4.

Figur 7.3. Årlig udvaskning af ortho-P fra rodzonen samt vandføringsvægtede koncentrationer af ortho-P i jordvandet som gennemsnit for stationerne i fem oplande for årene 1989/90-1994/95. A: stationer med lave P niveauer, B: stationer med højt P niveau.



Lave P koncentrationer og udvaskninger ved de fleste stationer

Høje P koncentrationer og udvaskninger på enkelte stationer

For 28 jordvandsstationer har koncentrationerne af ortho-P været lave i hele måleperioden, henholdsvis 0,012 mg P l⁻¹ for lerjordsoplandene og 0,016 mg P l⁻¹ for sandjordsoplandene. Ligeledes har udvaskningerne været lave, henholdsvis 0,046 kg P ha⁻¹ år⁻¹ for lerjordsoplandene og 0,061 kg P ha⁻¹ år⁻¹ for sandjordsoplandene.

For to stationer i LOOP 1 (Storstrøm) har der været målt konstant høje P koncentrationer i jordvandet. Station 101 har kun eksisteret i 3 målear og skal ikke omtales nærmere her. For station 106 har de vandføringsvægtede koncentrationer som gennemsnit for måleperioden ligget på 0,395 mg P l⁻¹, og udvaskningerne har udgjort 0,950 kg

P ha⁻¹ år⁻¹. Høje fosforværdier på denne lokalitet er også målt for drænvand og grundvand. Det er uvist, om disse høje værdier skyldes jordens naturlige P indhold eller er et resultat af landbrugspraksis.

I LOOP 3 (Vejle/Århus) ved station 301 har de vandføringsvægtede koncentrationer af ortho-P ligget på 0,059 mg P l⁻¹ og udvaskningerne har udgjort 0,278 kg P ha⁻¹ år⁻¹. Ved samme station har udvaskningerne af kvælstof også været større end forventet på baggrund af N tilførslerne (bilag 7.4). De høje udvaskninger af både N og P må skyldes, at der findes et stort indhold af let omsættelig organisk materiale i jorden, f.eks. på grund af tidligere store tilførsler af husdyrgødning.

I LOOP 6 (Sønderjylland) ved station 607 har de vandføringsvægtede koncentrationer i perioden 1989/90 til 1991/92 ligget på 0,011 mg P l⁻¹ som ved de øvrige stationer i oplandet. Herefter steg koncentrationerne voldsomt, og har i årene 1992/93 og 1993/94 ligget på gennemsnitlig 0,251 mg P l⁻¹. Årsagen hertil kan henføres til meget stor P tilførsel med husdyrgødning i efteråret 1992, nemlig 146 kg P ha⁻¹. I 1994/95 faldt koncentrationen dog igen til 0,035 mg P l⁻¹. Udvasningen af ortho-P i de tre måleår efter den store fosfortilførsel udgjorde henholdsvis 1,36, 1,98 og 0,29 kg P ha⁻¹ år⁻¹.

Udvikling i P koncentrationer

På lerjordene har der været tendens til lavere koncentrationer af ortho-P i sidste del af måleperioden for såvel jorde med lavt og som med højt P niveau. Stor afstrømning og fortynding i 1993/94 og 1994/95 kan være en del af forklaringen herpå; men det er også muligt at lavere P tilførsel med handelsgødning gennem de senere år har indflydelse; for landet som helhed blev der i 1980'erne, før Vandmiljøplanens vedtagelse i 1987, tilført gennemsnitlig 17 kg P ha⁻¹ år⁻¹ med handelsgødning, hvorefter handelsgødningstilførslerne er faldet gradvist til ca. 8 kg P ha⁻¹ i 1995 (afsnit 5.7). Fortsatte målinger vil vise om tendensen er reel. I LOOP1 er der i det øvre grundvand også set tendens til faldende fosforkoncentrationer (afsnit 9.4).

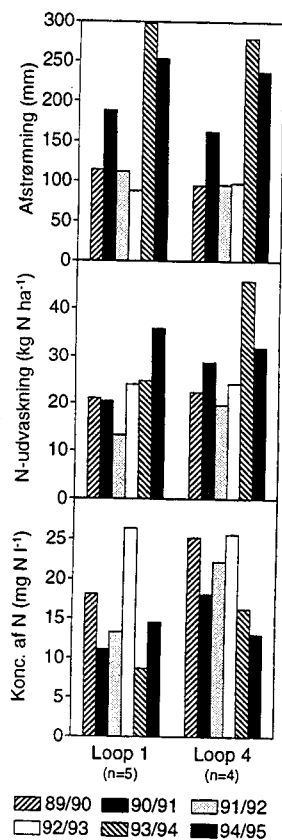
7.3 Drænvandsmålinger

Drænvandsafstrømning fra lerjorde

Den årlige vandafstrømning fra drænene er vist i figur 7.4 som gennemsnit for stationerne i lerjordsoplandene LOOP 1 (Storstrøm) og LOOP 4 (Fyn). Drænvandsafstrømningen har ligesom afstrømningen fra rodzonen varieret betydeligt igennem måleperioden afhængig af de klimatiske forhold. Ligesom ved det foregående år var afstrømningen i 1994/95 meget stor. Gennemsnittet var 160% af afstrømningen de foregående 5 år. For hele måleperioden 1989/90-1994/95 udgjorde drænvandsafstrømningen i gennemsnit 68% af afstrømningen fra rodzonen i LOOP 1 og 39% af afstrømningen i LOOP 4.

Kvælstofudvaskning fra lerjorde

De årlige udvaskninger af kvælstof samt de årlige vandføringsvægtede kvælstofkoncentrationer er vist i figur 7.4 som gennemsnit for



Figur 7.4 Årlig vandafstrømning og N-udvaskning fra dræn, samt vandføringsvægtede N-koncentrationer i drænvandet som gennemsnit for stationerne i to lerjordsoplande for årene 1989/90-1994/95. N er angivet som nitrat N.

P former i drænvand

stationerne i de to oplande. Koncentrationer og udvaskning er givet som nitrat-N.

De gennemsnitlige koncentrationer af nitrat-N har igennem måleperioden meget nøje fulgt variationerne for jordvandet. I 1994/95 lå koncentrationerne i drænvandet fra de to lerjordsoplande på 13,8 mg N l⁻¹ mod gennemsnitlig 18,5 mg N l⁻¹ de foregående 5 år.

For en drænet lerblandet sandjord i LOOP 2 har nitrat-N koncentrationerne i drænvandet ligget på gennemsnitlig 30,0 mg N l⁻¹ i måleperioden. Disse højere koncentrationer svarer til hvad der er fundet for jordvandet på samme lokalitet, nemlig 28,6 mg N l⁻¹.

Sammenholdes koncentrationerne af NO₃-N og total N for de stationer, hvor begge parametre er bestemt, fremgår at NO₃-N udgør 96,3% af total N.

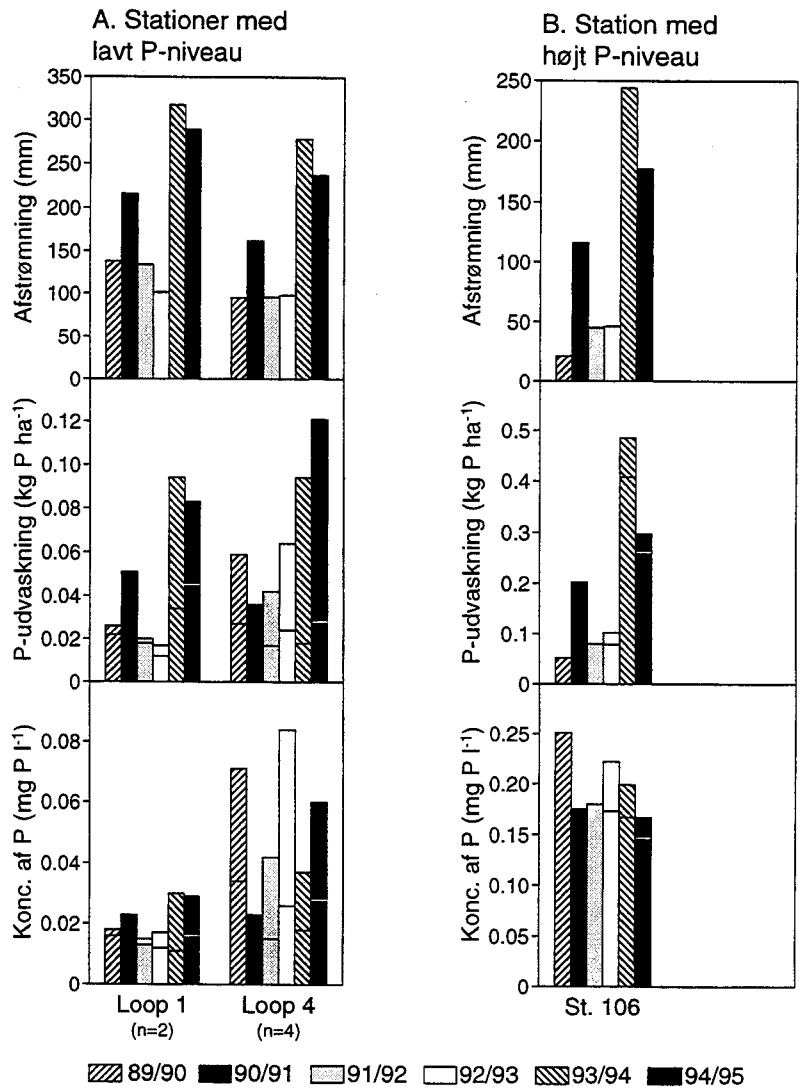
Koncentrationerne af NH₄-N har været lave i drænvandet. Oftest har de ligget på et endnu lavere niveau end ved jordvandsanalyserne. Variationen i kvælstofudvaskning fra drænene i både LOOP 1 og LOOP 4 har fulgt variationen i afstrømningen. N-udvaskningen lå i 1994/95 på 36 kg N ha⁻¹ for LOOP 1 og på 32 kg N ha⁻¹ for LOOP 4, hvilket var henholdsvis 174% og 113% af udvaskningen de foregående fem år. Nitratudvaskningen gennem dræn har i måleperioden udgjort henholdsvis 54% og 41% af udvaskningen fra rodzonen i LOOP 1 og LOOP 4.

Fosforudvaskning fra lerjorde

De årlige udvaskninger af P former samt de årlige vandføringsvægtede koncentrationer af P former er vist i figur 7.5 som gennemsnit for stationerne i de to oplande. Fosforformerne er vist som ortho-P og total P. Forskellen mellem de to P former 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 i de sidste tre måleår, 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.

De vandføringsvægtede koncentrationer af total P i drænvand har i gennemsnit over 6 måleår ligget på 0,025 mg P l⁻¹ ved to stationer i LOOP 1 og 0,050 mg P l⁻¹ ved 4 stationer i LOOP 4; mens udvaskningerne har ligget på 0,040 kg P ha⁻¹ år⁻¹ i LOOP 1 og 0,069 kg P ha⁻¹ år⁻¹ i LOOP 4. Udvasning af ortho-P har udgjort henholdsvis 72% og 40% 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. (1996). Ved station 106 i LOOP 1 har de gennemsnitlige koncentrationer af total P ligget på 0,192 mg P l⁻¹ og udvaskningen har ligget på gennemsnitlig 0,203 kg P ha⁻¹ år⁻¹; heraf har ortho-P udgjort 93%.

Figur 7.5. Årlig vandafstrømning og P tab fra dræn, samt vandførings-vægtede koncentrationer af P i drænvand som gennemsnit for stationerne i to lerjordsoplande for årene 1989/90-1994/95. Søjlerne angiver total P, mens "stregen" indenfor søjlerne markerer ortho-P. A: stationer med lavt P niveau, B: station med højt P niveau.



Udvikling i P koncentrationer

For station 106 med højt P niveau er der tendens til at koncentrationerne især af ortho-P har været aftagende igennem måleperioden, fra 0,25 mg P l⁻¹ i 1989/90 til 0,15 mg P l⁻¹ i 1994/95. Samme udvikling er ikke set ved de øvrige stationer med lavt P niveau i de to lerjordsoplande.

P tab gennem dræn underestimeret

Prøver til drænvandsanalyser udtages som punktprøver én gang ugentlig. Da fosfordrivning i jord og tab gennem dræn sker periodisk i forbindelse med nedbørshændelser vil bestemmelserne blive usikre. I en undersøgelse udført under det Strategiske Miljøforskningsprogram på to dræn i LOOP 4 blev fosforudvaskningen bestemt både ved punktprøvetagning og ved kontinuert (time) prøvetagning. Det viste sig, at udvaskningen i de hydrologiske år 1993/94 og 1994/95 blev underestimeret med gennemsnitlig 54% ved punktprøvetagningen, som er den anvendte teknik i overvågningen. Drænbidraget har altså en større betydning end tidligere antaget.

Drænvandsafstrømning fra lavt liggende sandjordsareal

Næringsstofudvaskning fra et lavtliggende areal på sandjord
 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 904 mm år^{-1} i perioden 1990/91-1994/95, og årsvariationerne har været langt mindre end på lerjordene.

Nitrat koncentrationerne har i samme periode ligget på gennemsnitlig $12,9 \text{ mg N l}^{-1}$, og udvaskningerne har udgjort $116 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$.

Koncentrationerne af total P i drænvandet har i måleperioden ligget på gennemsnitlig $0,096 \text{ mg P l}^{-1}$, og udvaskningerne har udgjort $0,87 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$. Ortho-P har udgjort 29% af den totale P udvaskning, hvilket er en væsentlig mindre andel end fundet for hovedparten af drænene på lerjordene. Den resterende del af udvasket P består formentlig både af partikulært P samt opløst organisk P, idet der er tale om et tidligere engareal.

7.4 Sammenfatning

Undersøgelse af næringsstofudvaskning fra rodzonen er udført på 18 stationsmarker i 3 lerjordsoplande og på 22 stationsmarker i 3 sandjordsoplande. Undersøgelsen dækker seks hydrologiske år, 1989/90-1994/95.

Udvaskningen af kvælstof fra rodzonen udgjorde i gennemsnit $83 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ for lerjordsoplandene og $135 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ for sandjordsoplandene.

Der blev ved stationsmarkerne beregnet den mindste udvaskning fra planteavlsbrugene, og for husdyrbrugene steg udvaskningen med stigende husdyrtæthed. Der er sammenhæng mellem udvaskningens størrelse og mængden af nettotilført kvælstofgødning inden for grupper med ensartet husdyrtæthed.

Udvaskning af fosfor fra rodzonen har været lav ved 28 stationer, gennemsnitlig $0,054 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ i den seksårige måleperiode. Ved tre stationer har udvaskningen derimod været høj, $0,278 - 0,950 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$.

Drænvandsundersøgelser i to lerjordsoplande har vist, at nitratudvaskningen gennem dræn udgjorde ca. 48% af udvaskningen fra rodzonen.

Fosfortab gennem 6 dræn har ligget på gennemsnitlig $0,063 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$, og heraf har partikulært P udgjort 47,3%. Fra ét dræn har P tabet været væsentlig højere, gennemsnitlig $0,203 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$, hvoraf partikulært P har udgjort 7%. En drænvandsundersøgelse udført i oplandet på Fyn har vist, at fosfortabet gennem dræn i 1993/94 og 1994/95 blev underestimeret med 54% ved den prøvetagningsteknik, som anvendes i overvågningen (ugentlige punktprøver) sammenlignet med kontinuert (time) prøvetagning.

8 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 i 1990-1991 (*Simmelsgaard, 1991*). Modellen er blevet modificeret i samråd med Statens Planteavlsvforsøg (*Simmelsgaard, pers. medd. 1993*) og programmeret af Danmarks Miljøundersøgelser. Efter en beskrivelse af den anvendte model præsenteres først beregninger ved fastholdt normal-klima for driftsårene 1989/1990 - 1994/1995. Herved isoleres betydningen af udviklingen i gødningsforbrug og landbrugspraksis fra klimatiske variationer. Derefter præsenteres beregninger - scenarier - med formålet dels at vurdere effekten af de krav, der er stillet i forlængelse af Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug og dels at undersøge potentialet for yderligere reduktion i kvælstofudvaskningen.

8.1 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 normal-klima 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 8.1 viser udvaskningsværdierne for 13 afgrøder ved normal-klima og anbefalet gødskningsnorm (normalgøds-kning). Værdierne repræsenterer gennemsnit for hele landet. Ud-vaskningsværdien reduceres, hvis en efter- eller vinterafgrøde efterfølger hovedafgrøden. ad 2) Modellen er oprindeligt gyldig i intervallet 0 - 1,5 gange normalgøds-kning. Modifikationer udført af Danmarks Miljøundersøgelser har blandt andet muliggjort beregninger for tildelinger af handels- og husdyrgødning udover 1.5 gange normalgøds-kningen. Denne ekstrapolation har været nødvendig for beregningsmæssigt at håndtere tilfælde af kraftig overgøds-kning. ad 3) Afstrømning fra rodzonen beregnes med vandbalancemodellen EVACROP (*Olesen og Heidmann, 1990*) på basis af oplysninger om klima, afgrøde og jordtype.

Modellen er modificeret af Danmarks Miljøundersøgelser

Klimakorrektioner

Udtrykket til korrektion af udvaskning ved normal årsafstrømning til udvaskning ved aktuel årsafstrømning bruges på 2 måder: i) til transformering af lands-normalværdierne vist i tabel 8.1 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 8.1 gældende for bestemte regioner. ii) Desuden anvendes udtrykket til at give et skøn over udvaskningen ved aktuelt klima.

Tabel 8.1 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).

Afgrøde	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
Fodderroer	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-beskrevne faktorer er indeholdt i normaludvask-

ningsværdien. Det har den konsekvens, at den aktuelle variation i kvælstofudvaskningen fra mark til mark ikke er velbeskrevet. Modelens output skal betragtes som en gennemsnitlig værdi for f.eks. alle marker med den samme afgrøde i et område eller som en gennemsnitlig værdi for kvælstof-udvaskningen 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 kg N ha⁻¹ år⁻¹ og 55 kg N ha⁻¹ 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 kg N ha⁻¹ 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 normal- og aktuel afstrømning 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 og ved aktuel årsafstrømning 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).

8.2 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 7. De sammenstillede udvaskninger ses i tabel 8.2. Værdierne er grupperet på de enkelte oplande, idet udvasknings-

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

Tabel 8.2 Sammenligning mellem henholdsvis udvaskning baseret på sugecelle-målinger og udvaskning beregnet med udvaskningsfunktionerne ved aktuelt klima. Data fra stationsmarkerne for de hydrologiske år 1990/91 - 1994/95.

	Målinger	Udv.funkt.	n
Lerjorde			
LOOP1	48	37	27
LOOP3	147	53	21
LOOP4	73	57	29
Sandjorde			
LOOP2	119	91	30
LOOP5	145	98	32
LOOP6	163	91	47
Gns.	116	71	186

Gennemsnitligt er den modelberegne udvaskning 39% lavere end den målte. Der henvises til Landovervågningsrapporten, 1995 (Grant et al., 1995) for en gennemgang af mulige fejlkilder.

Vurdering af model

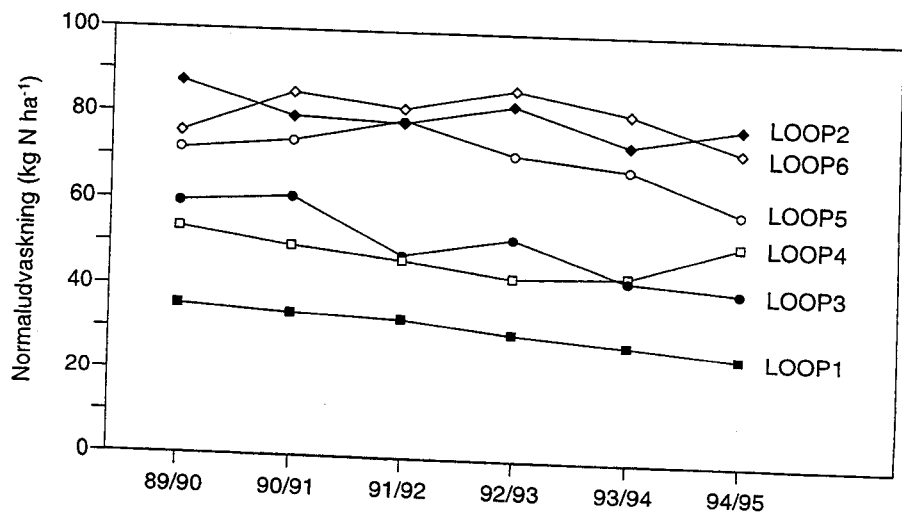
Modellen undervurderer udvaskningen regnet i absolutte størrelser, men den afspejler forskelle mellem ler og sand og forskelle i dyrkningspraksis.

8.3 Beregning af udvaskning ved normal- og aktuelt klima

Modelberegningen er blevet udført for 6 driftsår 1989/1990 - 1994/1995 ved fastholdt normalklima for at tydeliggøre betydningen af afgrødesammensætning, gødningsforbrug og gødningshåndtering.

I figur 8.1 er vist de beregnede værdier for udvaskning ved normal-klima for de 6 landovervågningsoplande for de 6 driftsår. I tabel 8.3 er udvaskningen fra oplandene grupperet efter jordtype.

Figur 8.1 Beregnet udvaskning ved normalklima for de 6 overvågnings-oplande for driftsårene 1989/90 - 1994/95.



Fald i den modelberegnete udvaskning på 14% fra 1989/90 til 1994/95 ved normalklima.

Det ses, at der for både lerjordene og sandjordene er tale om et generelt fald i den modelberegnete normaludvaskning gennem overvågningsperioden. Niveauet ligger for driftsåret 1994/95 ca. 14% lavere for oplandene som helhed i forhold til 1989/90. Af figur 8.1 ses det, at de beregnede gennemsnit for udvaskningen på ler- og sandjorde dækker over betydelige forskelle mellem de enkelte landovervågningsoplande. I bilag 8.1 er vist de værdier, der ligger til grund for gennemsnittene i tabel 8.3.

Tabel 8.3 Beregnet udvaskning ved normal- og aktuelt klima i kg N ha⁻¹ for driftsårene 1989/90 - 1994/95. 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	Lerjord, normal	Lerjord, aktuel
1989/90	78	50	63
1990/91	80	48	52
1991/92	80	43	44
1992/93	81	42	75
1993/94	75	38	64
1994/95	71	39	-

For at inddrage den klimatiske effekt på udvaskningen er der foretaget modelberegninger ved aktuel rodzoneafstrømning. Værdierne ses i tabel 8.3. Der har ikke kunnet beregnes udvaskning for driftsåret 1994/1995, da denne henføres til det hydrologiske år 1995/1996, og klimadata for 1996 har ikke været tilgængelige. På sandjordene er der ikke forskel på udvaskning ved normal og aktuel afstrømning, idet der på de sandjorde, der indgår i den empiriske models datagrundlag i alle de betragtede år har været tilstrækkelig stor afstrømning til at tømme rodzonen for kvælstof. Dette vil også være tilfældet for de 3 sandjords-overvågningsoplande, der alle ligger i nedbørsrige områder, men ikke nødvendigvis for alle sandjorde. For lerjordene ses der at være store år til år variationer i udvaskningen ved aktuel afstrømning med gennemsnitsværdier fra 44 til 75 kg N ha⁻¹. Det fald gennem perioden, der kunne beregnes ved normal afstrømning, kan ikke erkendes ved aktuel afstrømning

I tabel 8.4 er vist nøgletallene for modelberegningen. For begge jordtyper ses et stigende forbrug af husdyrgødning gennem den første del af perioden, men forbedret udbringningspraksis betyder at den teoretiske nyttevirkning af husdyrgødningen stiger. Parallelt hermed ses et fald i det samlede, gennemsnitlige forbrug af handelsgødning. Særligt markant er faldet i driftsåret 1992/1993, hvor hektarstøtteordningen trådte i kraft og en del af markerne braklægges.

Tabel 8.4 Nøgletal fra beregning af udvaskningen for landovervågningsoplandene. Vist som gennemsnit for de to jordtyper. Anbefalet mængde, handels- og husdyrgødning samt udvaskning i gennemsnit for det totale, dyrkede areal (inkl. brak). Nytttevirkning 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			Udvaskning	%	
		Anbefalet mængde	Handels-gødning	Husdyr-gødning		Nytte-virkning	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

Tabel 8.5 Nøgletal vedrørende gødskning og udvaskning i landovervågningsoplandene fordelt på afgrødegrupper. Tal for driftsåret 1994/95.

Afgrødegruppe		kg N ha ⁻¹			Udvaskning	%	
		Handelsgødning	Husdyr-gødning	Anbefalet mængde		Nytte-virkning	Areal-fraktion
Vårkorn	ler	107	19	111	48	40	14
	sand	85	100	121	97	47	12
Korn m. udlæg	ler	110	58	142	25	38	3
	sand	88	138	129	79	38	11
Vinterkorn	ler	153	67	167	44	48	43
	sand	101	136	153	87	44	22
Bælgsæd	ler	0	11	0	43	-	1
	sand	2	17	0	87	-	5
Rodfrugt	ler	110	53	122	23	39	11
	sand	89	262	165	93	46	7
Frøafgrøder	ler	125	141	189	48	44	11
	sand	119	224	216	92	44	2
Græs i omdrift	ler	73	127	208	30	44	5
	sand	128	119	222	69	38	31
Vedvarende græs	ler	49	6	250	10	60	4
	sand	91	11	250	19	59	4
Brak	ler	0	0	0	13	-	8
	sand	14	4	0	30	-	7

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 8.5 er der for en række afgrødegrupper opdelt på sand- og lerjord vist tildelt -, anbefalet - og udvasket kvælstof sammen med afgrødegruppernes arealmæssige vægt og nyttevirkningen af husdyrgødning indenfor afgrødegruppen. Tallene er fra driftåret 1994/1995.

8.4 Modelberegnedede scenarier

For at vurdere effekten af de krav, der er stillet i forlængelse af Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug er der gennemført beregninger, hvor disse krav er påtrykt den aktuelle dyrkningspraksis i driftsåret 1993/1994. Kravene er følgende minimums-udnyttelsesgrader af husdyrgødning:

svinegylle : 50% (gælder fra 1997)
kvæggylle : 45% (gælder fra 1997)
dybstrøelse : 15% (gælder fra 1993)
anden husdyrgødning : 40% (gælder fra 1995)

Endvidere skal der indregnes en eftervirkning af husdyrgødning givet året før som et fradrag i den fastsatte gødskningsnorm. Kravene er her 10%'s eftervirkning af gylle og anden husdyrgødning og 15%'s eftervirkning af dybstrøelse.

Desuden må der ikke gødskes over den fastsatte norm

Input til beregningen af effekten af Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug (Scenarie 1) er dannet på følgende måde:

1. For hver ejendom med et forbrug af husdyrgødning er der ud fra sammensætningen af denne og på grundlag af ovenstående krav beregnet en minimums-udnyttelsesgrad, som ejendommen skal opfylde.
2. Den eksisterende mængde husdyrgødning er fordelt indenfor ejendommen på alle marker, der kan modtage husdyrgødning. Disse marker får herved samme relative mængde husdyrgødning i forhold til den vejledende norm.
3. Der er derefter for hver mark suppleret op med handelsgødning til den vejledende norm under forudsætning af opfyldelse af minimumskravet til udnyttelse af husdyrgødningen. Dog - de marker, der ved den aktuelle dyrkningspraksis i 1993/1994 gødskes under den vejledende norm (f.eks. ekstensivt drevne marker med vedvarende græs og marker på hobby-landbrug) tildeles kun samme mængde effektiv gødning som hidtil. Herved bliver den faktiske udnyttelsesgrad af husdyrgødningen som helhed for oplandene større end minimumskravene.

For at undersøge potentialet for reduktion i udvaskningen udover hvad kan opnåes med kravene i forlængelse af Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug, er der desuden gennemregnet følgende tre scenarier:

Scenarie 2:

Kravene i Handlingsplan for Bæredygtigt Landbrug er opfyldt samtidig med at der efter al korn og bælg­sæd, der ikke i forvejen følges af en vinterafgrøde, etableres en efterafgrøde - for kornmarker i form af græsudlæg. Efterafgrøden eller græsudlægget gødes ikke - det er hensigten, at denne afgrøde skal opfange den kvælstof, der mineraliseres efter høst af hovedafgrøden.

Scenarie 3:

Kravene i Handlingsplan for Bæredygtigt Landbrug er opfyldt samtidig med at gødskningsnormerne er reduceret med 20%.

Scenarie 4:

En kombination af scenarie 2 og 3; dvs. kravene i Handlingsplan for Bæredygtigt Landbrug er opfyldt, samtidig med at der er etableret efterafgrøder/græsudlæg efter al korn og bælg­sæd, og gødskningsnormerne er reduceret med 20%.

Tabel 8.6 Resultater af scenarieberegningerne.

1989/1990: Beregninger på grundlag af den aktuelle situation i 1989/1990

1993/1994: Beregninger på grundlag af den aktuelle situation i 1993/1994

Scenarie 1: Handlingsplan for Bæredygtigt Landbrug + optimal fordeling af husdyrgødning + bevarelse af undergødede marker

Scenarie 2: Scenarie 1 + græsudlæg og efterafgrøder

Scenarie 3: Scenarie 1 + reduktion i gødning­snorm med 20%

Scenarie 4: Scenarie 1 + græsudlæg og efterafgrøder + reduktion i gødning­snorm med 20%

	Gødning­snorm	Handels­gødning	Husdyr­gødning	Udvaskning	Udvaskning
	%	%	%	kg N/ha	%
1989/1990	118	125	90	64.9	100
1993/1994	100	100	100	55.8	86
Scenarie 1	96	72	100	44.3	68
Scenarie 2	96	72	100	38.2	59
Scenarie 3	76	55	100	40.5	62
Scenarie 4	76	55	100	34.9	54

Resultaterne af scenarieberegningerne kan ses i tabel 8.6. Det fremgår, at udvaskningen ved opfyldelse af kravene i Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug kan reduceres med 32% i forhold til niveauet for 1989/1990 eller 21% i forhold til det datamateriale fra 1993/1994, scenarieberegningen er foretaget på. Det fremgår videre, at en forøgelse i anvendelsen af græsudlæg og efterafgrøder har en stor reducerende effekt på udvaskningen (scenarie 2). Udvaskningsniveauet kan bringes helt ned på 59% af niveauet i 1989/1990. Nedsættelse

af gødskningsnormerne med 20% (scenarie 3) har en næsten ligeså stor effekt på udvaskningen. Kombinationen af Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug med alle de her foreslåede ekstra tiltag (scenarie 4) bringer i denne beregning udvaskningen ned på 54% af niveauet i 1989/1990. Disse beregninger peger derfor på en række tiltag, der kan bringe udvaskningen fra rodzonen ned på niveau med målet for Vandmiljøplanen. Beregningerne bør dog tages med alle de forbehold, der ligger i selve modellen og i det relativt begrænsede datamateriale, beregningerne er udført på. Desuden er der tale om idealiserede forventninger til dyrkningspraksis, f.eks. opretholdelse af undergødgede marker og en jævn fordeling af husdyrgødning på alle marker indenfor en ejendommen.

8.5 Sammenfatning

Med en empirisk model er der gennemført beregninger af udvaskningen fra rodzonen i de 6 oplande. I en sammenligning med målt udvaskning på stationsmarkerne, ligger den beregnede udvaskning gennemsnitligt 39% 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 1994/1995 viser en reduktion i udvaskningen på 14%.

En scenarieberegning, hvori kravene i Handlingsplanen for Bæredygtigt landbrug vedrørende udnyttelsesgrader af husdyrgødning er opfyldt, og hvor husdyrgødningen inden for de enkelte ejendomme er fordelt optimalt, viser en gennemsnitlig reduktion i udvaskningen på 32% i forhold til udvaskningen ved aktuel gødningspraksis i 1989/1990. Scenarieberegninger indeholdende en forøgelse af anvendelsen af græsudlæg og efterafgrøder, samt en 20%'s reduktion i gødskningsnormerne peger på yderligere tiltag, der kan bringe udvaskningen ned på niveau med målet i Vandmiljøplanen

9 Grundvand

9.1 Indledning

I modsætning til sidste år er 'grundvand' i år omfattet af normalrapporteringen.

Eventuelle ændringer i det øvre grundvands nitratindhold er i dette afsnit vurderet på grundlag af de 111 længste tidsserier fra de 6 landovervågningsoplande.

Af grundvandets øvrige hovedkomponenter er det på baggrund af amternes rapportering primært udviklingen i grundvandets sulfatindhold som behandles her. Den øgede offentlige opmærksomhed omkring pesticider i grundvand og den igangværende udvikling af analysemetoder for pesticider i grundvand har medført, at der i 1995 er gennemført et mere omfattende analyseprogram i flere af landovervågningsoplandene.

9.2 Grundvandsspejlets variation

Tørt efterår og vinter 1995

I sidste halvår af 1995 har nedbøren været meget beskedent i forhold til de foregående år. Det tørre efterår og vinter ses i et lavere vandspejlsniveau sidst på året sammenlignet med tilsvarende perioder i de foregående år (figur 9.1). Den normale stigning i grundvandsspejlet om efteråret udeblev i 1995.

Grundvandsdannelse og udvaskning i sommerhalvåret

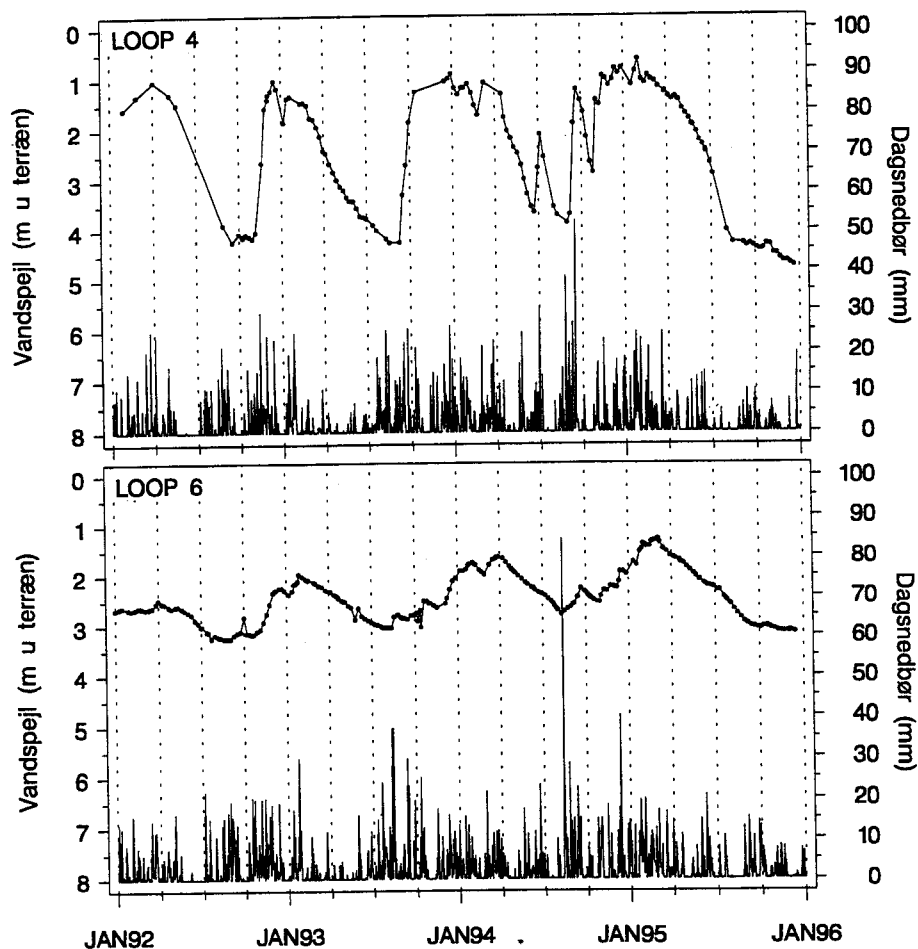
Figur 9.1 viser desuden, at større nedbørsmængder i sommerhalvåret i 2 udvalgte landovervågningsoplande genfindes i vandspejlsfluktuationen som et reduceret fald i grundvandsspejlet. De nedbørsrige sensommer i 1993 og 1994 har givet anledning til grundvandsdannelse fra august måned i sandoplandet Bolbro Bæk, og fra september måned i morænelersoplandet Lillebæk. Sommernedbøren kan dermed, om end kvantitativt begrænset, bidrage til grundvandsdannelsen. Dette forhold kan tænkes at have en vis betydning for udvaskningen af pesticider og til dels nitrat som følge af sprøjtning og gødskning i sommerhalvåret (Henriksen *et al.*, 1996).

9.3 Udviklingen i grundvandets nitratindhold

Forsat højt nitratindhold

Nitratindholdet i det øvre grundvand i landovervågningsoplandene er fortsat højt og tydeligt påvirket af landbrugsdriften. I 1995 er der i lerområderne målt gennemsnitligt 6,4 mg NO₃-N/l (28,3 mg NO₃/l) og i sandområderne 12,6 mg NO₃-N/l (56,0 mg NO₃/l). Disse gennemsnit er baseret på 455 analyser i lerområderne og 595 i sandområderne. Alle nitratanalyser fra områderne er medtaget, således også analyser fra de få naturarealer i LOOP. Her er nitratindholdet normalt under 1 mg NO₃-N/l (5 mg NO₃/l).

Figur 9.1 Grundvandsspejl i en udvalgt pejleboring i henholdsvis LOOP 4 og 6 samt dagsnedbør i de 2 oplande for perioden 1992 - 1995.



Ændringer i landbrugspraksis

Trods en forsat forbedret udnyttelse af husdyrgødningen og et fald i forbruget af handelsgødning, finder der dog forsat overgødskning sted (se kapitel 5). Det er vel at mærke en overgødskning i forhold til det økonomisk optimale og ikke i forhold til f.eks. det drikkevandsmæssigt bæredygtige.

Fyns Amt (1996) viser hvordan gødningstypen og sædskifte har betydning for kvælstofudvaskningen og dermed for grundvandskvaliteten.

Klima og nitratudvaskning til grundvandet

I flere landovervågningsoplande ses et lavere nitratindhold i grundvandet i 1995 i forhold til tidligere år, hvilket begrundes med den meget tørre sommer og efterår med der af følgende ringe grundvandsdannelse og kvælstofudvaskning (bl.a. Nordjyllands Amt og Vejle Amt, 1996). I LOOP 6 (Sønderjyllands Amt, 1996) ses desuden en tydelig sammenhæng mellem den store kvælstofudvaskning i 1992 og et højt nitratindhold i de øverste filtre samme år og senere i de dybere filtre.

Trendanalyse af det øvre grundvand

En ændring i grundvandets nitratindhold som følge af ændret landbrugspraksis må forventes først at kunne konstateres i det øvre grundvand. Der er derfor foretaget en trend-analyse af udviklingen i det øvre grundvands nitratindhold for 111 filtre placeret mellem 1.5 og 7 meter under terræn.

Revisionen af overvågningsprogrammet pr. 1.1.93 medførte en reduktion i antallet af aktive overvågningsfiltre fra omkring 300 til 220 filtre. Udviklingen i grundvandets nitratindhold vurderes på basis af

sammenhængende måleserier, der dækker hele perioden fra overvågningens start og frem til udgangen af 1995, det vil sige for dataserier på mindst 6 år. De udvalgte borerer er desuden alle beliggende nedstrøms landbrugsarealer.

Der anvendes kvartalsgennemsnit af nitratkoncentrationen i den enkelte boring. Der kun medtaget borerer, hvor der er analyseret for nitrat i mindst 20 kvartaler i overvågningsperioden. 111 borerer opfylder disse kriterier og er medtaget i trendanalysen, som er en 'Seasonal Kendall' test (*Colorado State University, 1988*). Testen er foretaget på et 10% signifikansniveau.

Trendanalysen viser, at for hovedparten af borererne er der ikke noget signifikant fald i nitratkoncentrationen i overvågningsperioden (tabel 9.1). Der ses dog en overvægt af borerer med faldende nitratindhold i forhold til borerer med et stigende indhold. Der er ikke på baggrund af interviewundersøgelsen nogen umiddelbar forklaring på, hvorfor der specielt i LOOP 5 er relativt mange borerer med et faldende nitratindhold. Eksempler på typiske nitrat-tidsserier fra det øvre grundvand er vist på figur 9.2.

Den gennemsnitlige trend for borerer med faldende nitratindhold er 1,8 mg NO₃-N/l pr år (8,0 mg NO₃/l pr år), og for borerer med stigende indhold er 2,0 mg NO₃-N/l pr år (8,7 mg NO₃/l pr år).

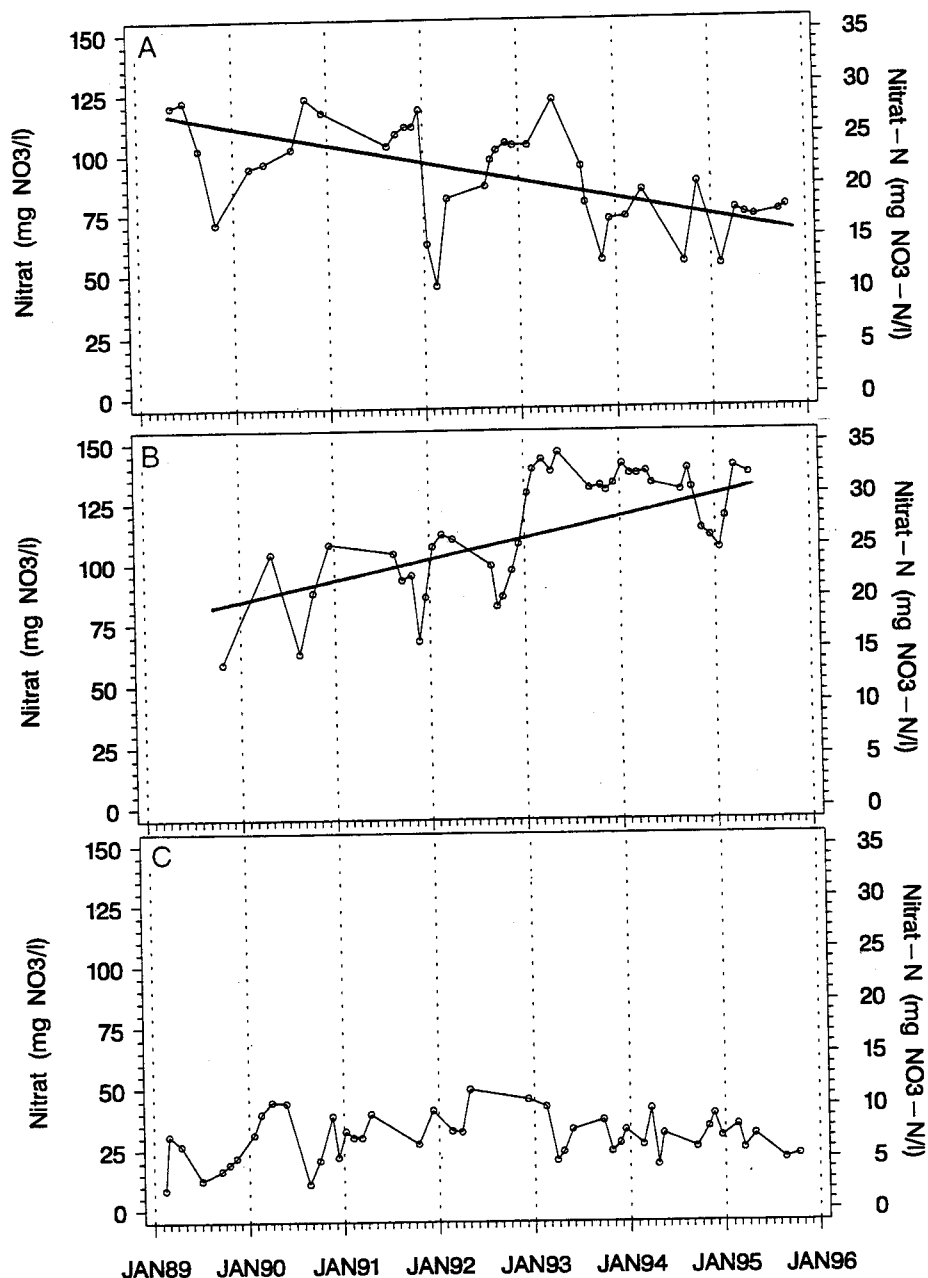
Det gennemsnitlige nitratindhold i de borerer med signifikant trend er 16,8 mg NO₃-N/l (74,4 mg NO₃ / l) og 16,0 mg NO₃-N/l (71,0 mg NO₃ / l) for henholdsvis faldende og stigende nitratindhold. Sammenlignet med det gennemsnitlige nitratindhold i det øvre grundvand 1,5 - 5 meter under terræn er nitratindholdet højt i borerer med signifikant udvikling i nitratindholdet (bilag 9.1).

Det relativt lille antal borerer, der indgår i analysen fra LOOP 3, skyldes at borererne i dette opland oftere tørre ud i perioder, hvorfor der kun eksisterer relativt få sammenhængende tidsserier fra dette landovervågningsopland.

Tabel 9.1 Trend i det øvre grundvands nitratindhold i de 6 landovervågningsoplande. Trend mellem -1 og +1 mg NO₃/l pr. år er klassificeret som 'Ingen trend'.

LOOP nr	Antal filtre i alt	Faldende trend (antal filtre)	Stigende trend (antal filtre)	Ingen trend (antal filtre)
1	17	1	2	14
2	19	3	4	12
3	8	2	1	5
4	17	4	1	12
5	31	12	1	18
6	19	3	2	14
alle LOOP	111	25	11	75

Figur 9.2 Eksempler på typiske nitrat-tidsserier fra det øvre grundvand i land-overvågningsoplandene med hensyn til fald (A), stigning (B) og konstant niveau (C).

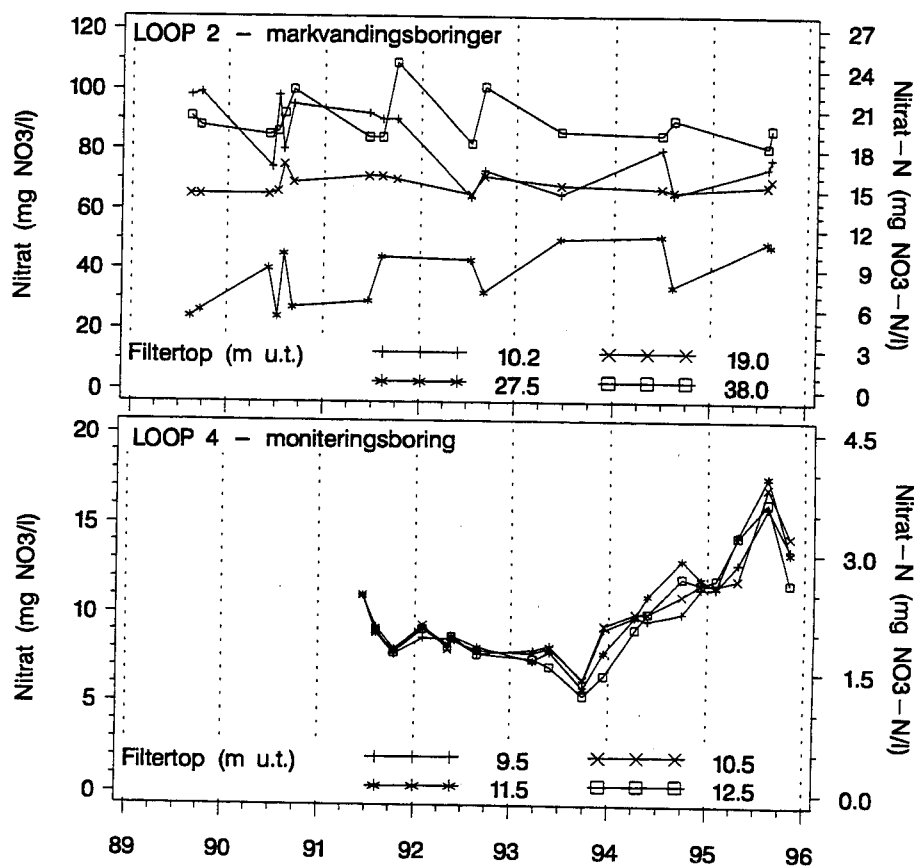


Nitratindholdet i dybere borer

I LOOP 2, 4, 5 (målinger stoppet i 1994) og 6 er der årligt foretaget nitratanalyser af grundvand fra markvandingsboringer. Nitratindholdet i disse borer ligger generelt på et ret konstant niveau i overvågningsperioden. Men indenfor den samme vandingsæson kan nitratindholdet variere betydeligt. Markvandingsboringer er ikke ideelle til overvågning af grundvandets nitratindhold, da prøverne kan være en blanding af grundvand fra flere redoxzoner, eller grundvandprøven kan være udtaget før der er opnået en stabil grundvandskemi (figur 9.3).

I modsætning til markvandingsboringer viser tidsserier fra deciderede dybere overvågningsboringer mere udjævnede og regelmæssige forløb, både i forhold markvandingsboringerne og i forhold til de mere terrænnære overvågningsboringer (figur 9.2 og 9.3). De viste monitoringsfiltre er fra LOOP 4, placeret i et smeltevandssandmagasin med filtertop henholdsvis 9,5, 10,5, 11,5 og 12,5 meter under terræn (figur 9.3). Filtrene er 0,5 meter lange.

Figur 9.3 Nitratindholdet i udvalgte markvandsboringer i LOOP 2 og i udvalgte dybere monitoringsboringer i LOOP 4.



9.4 Fosfor

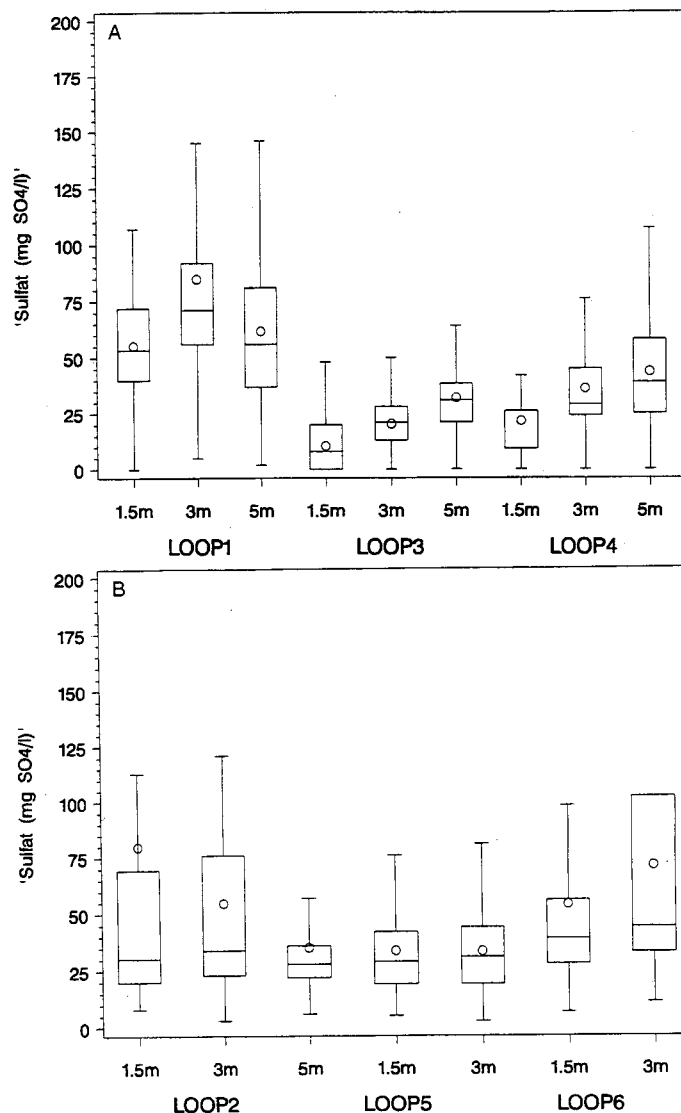
Orthofosfat-indholdet i det øvre grundvand i landovervågningsoplandene er lavt og udgør ikke noget problem for grundvandskvaliteten. Mange analyser er under detektionsgrænsen på 0,01 mg PO₄-P/l (Grant et al., 1995). I LOOP 1 ses en generelt faldende tendens i fosforkoncentrationerne gennem overvågningsperioden (Storstrøms Amt, 1996). I de øvrige LOOP ses ingen udviklingstendenser i det øvre grundvands orthofosfatindhold.

9.5 Grundvandets hovedkomponenter

Sulfat

I LOOP 3, 4 og 6 ses en stigende sulfatkoncentration med dybden, sandsynligvis som følge af en formindsket reduktionskapacitet med svovlholdige forbindelser i det mest terrænnære grundvand (figur 9.4). I LOOP 6 ses sulfatkoncentrationen at følge den store nitratudvaskning, i 1992 i de øvre filter 1,5 meter under terræn og i 1993 i nedre filter 3 meter under terræn (Sønderjyllands Amt, 1996). I LOOP 1 og 3 ses der en tendens til fald i det øvre grundvands sulfatindhold i overvågningsperioden (Storstrøms Amt og Vejle Amt, 1996).

Figur 9.4 Sulfatindholdet i det øvre grundvand i de 6 landovervågningsoplande 1989 - 1995. Boksen angiver indenfor hvilket interval 50% af målingerne ligger, ○ viser gennemsnitsværdien og tværstregen medianværdien; de lodrette streger viser spredningen (98% af data).



Øvrige hovedkomponenter

Der ses variationer i det øvre grundvands øvrige hovedkomponenter som følge af variationer i nedbør, temperatur og arealanvendelse, men generelt spores der ingen udviklingstendenser i de øvrige hovedkomponenter. I bilag 9.1 er vist gennemsnitlige koncentrationer af de enkelte hovedkomponenter for hvert LOOP for hele overvågningsperioden.

9.6 Pesticidanvendelsen og pesticidfund i grundvandet

De aktuelle problemer med pesticider i grundvandet forskellige steder i landet har medført et udvidet omfang af pesticidundersøgelserne fra år til år også i landovervågningsoplandene. Da analyseprogrammet således varierer fra LOOP til LOOP er der i det følgende givet et sammendrag af pesticidundersøgelserne i LOOP i 1995 baseret på amternes rapporter. Analyser er foretaget på grundvandsprøver fra mellem 1,5 og 5 meter under terræn.

LOOP 1

I LOOP 1, hvor der er gennemført interview af alle landmænd i området vedrørende deres pesticidforbrug, er der i perioden fra 1989

til 1995 registreret et fald i den anvendte mængde aktivt stof på omkring 25%. I LOOP 1 er de fleste pesticidfund i grundvandet i 1995 gjort i januar måned, men dog også en del i august. Fenoxysyren MCPA er fundet flest gange. Den højeste pesticidkoncentration var på 0,072 $\mu\text{g}/\text{l}$ (mechlorprop), og således under grænseværdien for drikkevand på 0,1 $\mu\text{g}/\text{l}$. Der er analyseret for 20 forskellige pesticider og nedbrydningsprodukter og gjort fund ved 6% af de 544 foretagne analyser; et relativt lille antal i betragtning af, at der er tale om terrænnært grundvand (*Storstrøms Amt, 1996*).

LOOP 2

I LOOP 2 er der i 1995 fundet 3 pesticider i 2 grundvandsprøver (DIPatrazin, isoproturon og DNOC). Isoproturon er fundet i grundvandet 3 meter under terræn 4 måneder efter det blev anvendt (i oktober måned). I perioden 1993-95 er der analyseret 40 grundvandsprøver for mellem 8 og 44 aktivstoffer og nedbrydningsprodukter. En sammenligning af de anvendte sprøjtemidler på stationsmarkerne og aktivstofferne i analysepakkerne viser, at i LOOP 2 dækker Vandmiløplanens analysepakke med 8 pesticider kun 6% af de anvendte aktivstoffer i 1995. Den udvidede analysepakke (DMU/Miljøstyrelsen) med 44 aktivstoffer dækker 35% af de anvendte pesticider (*Nordjyllands Amt, 1996*). Det kan således langt fra udelukkes, at der kan være pesticidrester i grundvandsprøver, hvor der ikke er gjort fund af aktivstoffer med de eksisterende analysepakker.

LOOP 3

I LOOP 3 er der udelukkende anvendt overvågningsprogrammets analyseprogram med de 8 pesticider atrazin, simazin, dichlorprop, mechlorprop, MCPA, 2,4-D, DNOC og dinoseb. Mechlorprop har været anvendt på én stationsmark. Der er ikke fundet pesticider i de 8 analyserede grundvandsprøver i 1995.

LOOP 4

I LOOP 4 blev der i det hydrologiske år 1994/95 anvendt 14 forskellige pesticider på stationsmarkerne; heriblandt dichlorprop, mechlorprop og MCPA der indgår i overvågningsprogrammets analysepakke. På 22 af 28 adspurgte ejendomme i oplandet blev der anvendt ialt 48 forskellige pesticider (*Fyns Amt, 1996*). Grundvandsprøverne blev analyseret for 20 eller 27 aktivstoffer. Der blev fundet 12 forskellige pesticider og nedbrydningsprodukter, hvoraf de 8 har været brugt på stationsmarkerne i 1994/95. Atrazin, desethylatrazin 2,4-D er fundet i koncentrationer op til 0,13 $\mu\text{g}/\text{l}$, det vil sige 3 af 35 fund var over grænseværdien for drikkevand.

LOOP 5

I LOOP 5 er der kun i begrænset omfang anvendt overvågningsprogrammets 8 analysepesticider. Og der er ikke fundet nogle af disse pesticider i de 8 udtagne vandprøver. Ved en udvidet analyse er der fundet phenol og bromphenoler i én boring. Anvendelsen af disse stoffer kendes ikke fra interviewundersøgelsen.

LOOP 6

I LOOP 6 er der i 1995 udtaget 69 vandprøver til analyse for mellem 8 og 20 pesticider. Der er i alt gjort 61 pesticidfund, hvoraf desisopropylatrazin og desethylatrazin tegner sig for de 28 fund og bentazon for de 20 (*Sønderjyllands Amt, 1996*). 3 fund var over grænseværdien for drikkevand, alle desisopropylatrazin. Der er påvist en god sammenhæng mellem de fundne pesticider og markanvendelsen. Men der er også fundet en del pesticider i grundvandet, hvis anvendelse ikke var

kendt fra interviewundersøgelsen, som således med fordel kunne udvides til at omfatte flere marker.

De gennemførte interview om pesticidanvendelsen i landovervågningsoplandene viser at også med udvidede analysepakker, hvor der analyseres for op til 44 forskellige pesticider og nedbrydningsprodukter, dækkes variationen i pesticidanvendelsen langt fra. Der opnås således ikke et reelt billede af pesticidbelastningen af det overfladenære grundvand, men kun en indikation af potentielle problemer.

Tabel 9.2 Antal boringer med pesticidfund, LOOP-program (detektionsgrænse: 0,1 - 0,01 µg/l).

	1993	1994	1995
Dichlorprop	0	1	2
Mechlorprop	0	3	3
MCPA	1	0	2
2,4-D	0	0	3
Atrazin	1	2	1
Simazin	2	2	0
Dinoseb	0	0	0
DNOC	0	0	2
Antal analyser for enkeltstoffer	59	79	66
Antal boringer analyseret	52	52	45

Tabel 9.3 Antal boringer med pesticidfund, DMU/MSt-program (detektionsgrænse: 0,005 µg/l).

	1993	1994 ¹⁾	1995
Dichlorprop	-	0	4
Mechlorprop	-	1	5
MCPA	-	0	9
2,4-D	-	1	1
Atrazin	-	3	5
Simazin	-	2	4
Dinoseb	-	2	1
DNOC	-	3	1
Antal analyser for enkeltstoffer	-	58	110
Antal boringer analyseret	0	32	67

¹⁾ kun LOOP 6

Trods en beskeden og aftagende anvendelse af de 8 overvågningspesticider i oplandene fremgår det af tabel 9.2 og 9.3, at de fortsat findes i det øvre grundvand, og at antallet af boringer hvori de findes ikke er aftagende. Det er fortsat næsten udelukkende i LOOP 1, 4 og 6 at pesticidfundene gøres. I 1995 er 78% af pesticidanalyserne for de 8 pesticider foretaget i disse 3 oplande.

9.7 Sammenfatning

Nitrat

Nitratindholdet i det øvre grundvand i landovervågningsoplande er fortsat højt og tydeligt påvirket af landbrugsdriften. Den gennemsnitlige nitratkoncentration var i 1995 i lerområderne 6,4 mg NO₃-N/l og i sandområderne 12,6 mg NO₃-N/l. Der er foretaget en analyse af udviklingstendenserne i det øvre grundvands nitratindhold i 111 boringer. Analysen viser, at i 75 boringer ses ingen udviklingstendens, 11 udviser en stigende tendens i nitratindholdet i overvågningsperioden og 25 en faldende tendens, af sidstnævnte er halvdelen fra ét opland, Barslund Bæk (LOOP 5).

Pesticider

I 1995 er der i 4 landovervågningsoplande gennemført et udvidet analyseprogram for pesticider i det øvre grundvand. Såvel de anvendte pesticider som nedbrydningsprodukter er målt i koncentrationer over grænseværdien for drikkevand på 0,1 µg/l. De gennemførte interview om pesticidanvendelsen viser at selv med udvidede analysepakker, hvor der analyseres for op til 44 forskellige pesticider og nedbrydningsprodukter, dækkes variationen i den landbrugsmæssige anvendelse af pesticider langt fra.

Referencer

(6 LOOP-amts-rapporter, 1996)

Colorado State University (1988): WQStat II. A Water Quality Statistics Program. Colorado.

GEUS (1995): Grundvandsovervågning 1995. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse. Særudgivelse. København.

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

Henriksen, H.J., Andersen, G. og Rasmussen, P. (1996): Ekstrem lille grundvandsdannelse i 1995-96. VAND & JORD. Årgang 3, Nr. 4, august 1996. København.

10 Afstrømning, koncentration og transport af næringsstoffer i vandløb

Målinger af næringsstoffer i vandløb afdækker de kulturelle påvirkninger i oplandet

Koncentrationen og transporten af kvælstof og fosfor i vandløbene indenfor overvågningsoplandene afspejler påvirkninger fra de dyrkede afstrømningsområder, der er underlagt forskellige naturgivne betingelser med hensyn til f.eks. klima, geologi og topografi.

Kvælstoftilførslen til vandløb

Udvaskningen af kvælstof fra rodzonen på de dyrkede arealer tilføres enten direkte til vandløb med det tilstrømmende overfladenære vand eller nedsiver til grundvand, hvormed det efter længere eller kortere tid kan tilføres 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 er grundvand, 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 både 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 seks landovervågningsoplande hvad angår afstrømning, samt koncentration og transport af kvælstof og fosfor. Der fokuseres på hydrologiske år, dvs. perioden juni til maj. Grunden hertil er ønsket om at kunne sammenligne kvælstoftabet via vandløb med udvaskningen af kvælstof fra de dyrkede arealer indenfor oplandene. Denne sammenstilling findes i kapitel 11. I de fleste af oplandene findes der målinger fra seks hydrologiske år: fra 1989/90 til 1994/95.

10.1 Afstrømning

Stor geografisk variation i vandafstrømningen

Den gennemsnitlige årlige afstrømning i de 7 hovedvandløb, som afvander overvågningsoplandene varierer betydeligt (tabel 10.1). Afstrømningen er størst fra de vest- og sydjyske oplande, Barslund bæk og Bolbro bæk, hvor nedbørsoverskuddet (nedbør minus fordamp-

ning) også er størst. Den mindste afstrømning er målt fra oplandet på Lolland (Højvadsrende).

Også variationer i vandafstrømningen fra år til år

Desuden er der variationer i afstrømningen indenfor de seks hydrologiske år, der indtil videre er målt under overvågningsprogrammet (tabel 10.1). Den største afstrømning blev målt i de to seneste hydrologiske år, 1993/94 og 1994/95. Også i 1990/91 var afstrømningen dog generelt stor. I de to hydrologiske år 1991/92 og 1992/93 var der i de fleste af vandløbene nogenlunde den samme afstrømning. Eneste undtagelse herfra er vandløbet på Lolland.

Der er en generel forskel i afstrømningen fra de overvejende lerede oplande (Højvads Rende; Lillebæk og Horndrup bæk) og de sandede oplande (Oddebæk, Barslund bæk, Tværmose bæk og Bolbro bæk): Afstrømningen fra de lerede oplande varierer meget mere mellem tørre og våde år, end det er tilfældet for afstrømningen fra de sandede oplande (tabel 10.1). 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 10.1 (*Institute of Hydrology, 1993*).

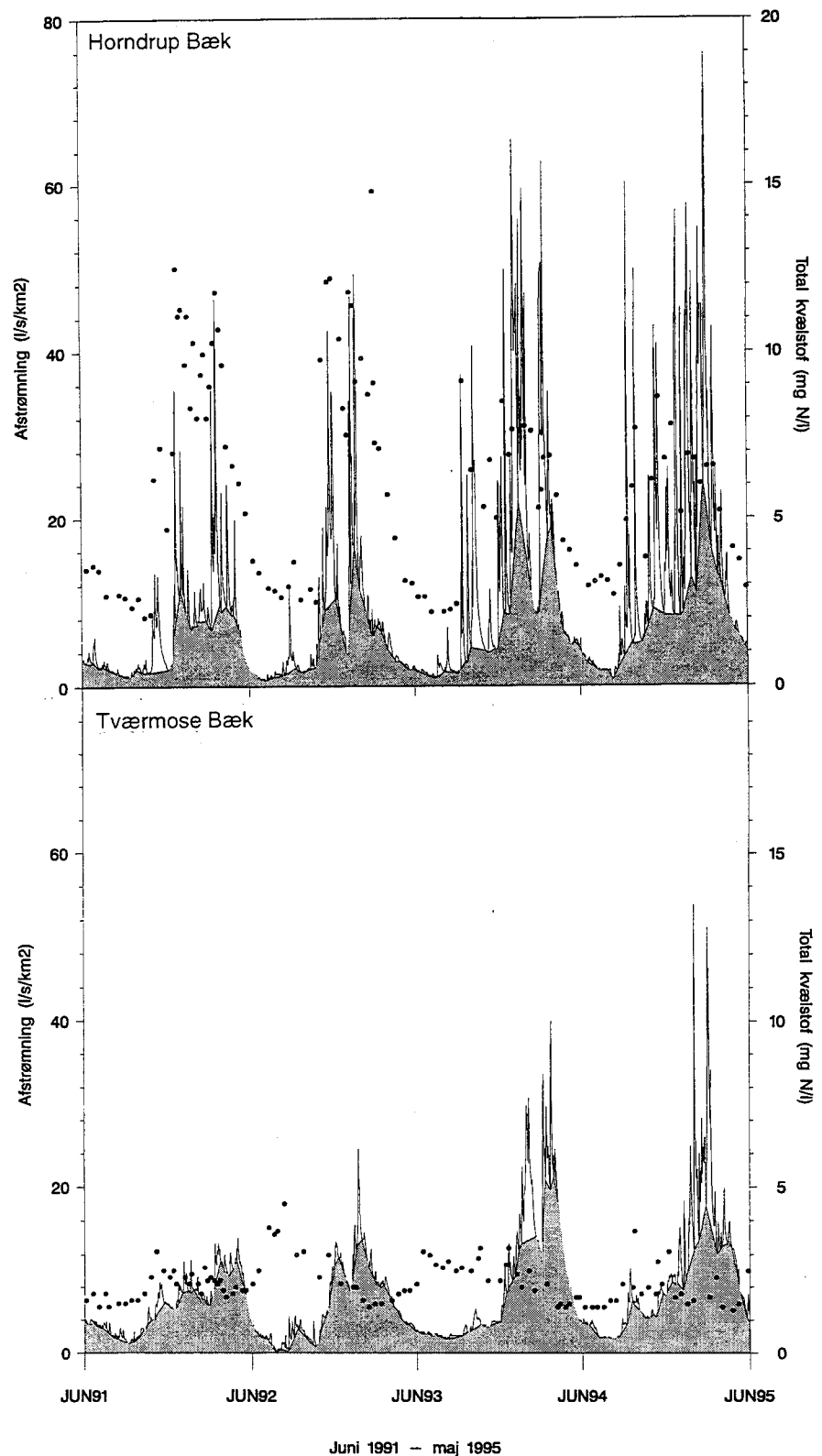
Tabel 10.1 Afstrømning indenfor hydrologiske år i de syv hovedvandløb, som afvander landovervågningsoplandene.

Vandløb	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95	Gennemsnit
	-	-	mm	-	-	-	-
Lerede oplande							
Højvads Rende	102	237	150	119	359	288	209
Lillebæk	153	249	186	186	447	462	281
Horndrup bæk	219	303	206	205	427	447	301
Sandede oplande							
Oddebæk	215	230	182	164	255	299	224
Barslund bæk	350	370	348	383	435	529	403
Tværmose bæk	i.m.	228	186	181	273	295	232
Bolbro bæk	i.m.	490	375	385	623	639	502

Tabel 10.2 Den overfladenære afstrømnings procentvise andel af den totale afstrømning indenfor hydrologiske år i de syv hovedvandløb i landovervågningsoplandene.

Vandløb	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95	Gennemsnit
	-	-	%	-	-	-	-
Lerede oplande							
Højvads Rende	39	56	46	35	40	49	44
Lillebæk	44	46	37	46	42	53	45
Horndrup bæk	46	41	30	29	49	46	40
Sandede oplande							
Oddebæk	21	23	18	19	32	26	23
Barslund bæk	6	6	5	5	5	7	6
Tværmose bæk	i.m.	15	9	10	16	21	14
Bolbro bæk	i.m.	22	16	14	17	16	17

Figur 10.1 Afstrømningen i to vandløb, der afvander hhv. et leret og et sandet opland, opdelt i en grundvandsdel (grå) og mere overfladenær del (hvid). I figuren er desuden vist de målte koncentrationer af total kvælstof.



En stor del af overskuds-
nedbøren 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 overskudsnedbøren hurtigt når frem til vandløb i de lerede oplande (40-45%), mens afstrømningen i de sandede oplande hovedsageligt stammer fra grundvandmagasiner (77-94%) (tabel 10.2). Opdeling af afstrømningen fra to vandløb, som ligger i henholdsvis et leret og et sandet opland, er illustreret i figur 10.1.

10.2 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.

I de tre vandløb, der afvander lerede oplande, samt i Oddebæk, stiger koncentrationen af kvælstof stærkt med stigende afstrømning. Der er dog i de to seneste hydrologiske år en mindre udpræget stigning af kvælstofkoncentration med øget afstrømning end i tidligere hydrologiske år. Det gælder især ved store afstrømninger i vinterperioden hvor koncentrationen af kvælstof stiger relativt mindre end i tidligere hydrologiske år.

I Barslund bæk og Bolbro bæk måles der kun en lille stigning i koncentrationen af total kvælstof med stigende afstrømning. I Tværmose bæk er der i det seneste hydrologiske år derimod ikke fundet en sammenhæng mellem afstrømning og koncentration af kvælstof. Og i de to forudgående hydrologiske år har koncentrationen af kvælstof været faldende med stigende afstrømning på grund af relativt høje koncentrationer af kvælstof om sommeren (figur 10.1).

Den vandføringsvægtede koncentration af total kvælstof er over 4 gange højere i vandløb, der afvander lerede oplande end i vandløb, der afvander sandede oplande

Den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af total kvælstof indenfor hydrologiske år er vist i tabel 10.3. Koncentrationen af kvælstof i Oddebæk afviger betydeligt fra de andre vandløb, som afvander sandede oplande (tabel 10.3). Dette skyldes formentlig, at der i dette opland kun er en mindre andel okkerpotentielle områder, og måske også at en del af oplandet er drænet. For de øvrige vandløb er koncentrationen af total kvælstof som gennemsnit betraget over 4 gange højere i de tre vandløb på lerede jorder, end i de tre vandløb på de sandede jorder.

Fald i kvælstofkoncentration i vandløb, der afvander lerede oplande.

I de tre vandløb, der afvander lerede oplande, er der de to seneste hydrologiske år konstateret lavere vandføringsvægtede årsmiddelkoncentrationer af total kvælstof end i tidligere år (tabel 10.3). Især i vintermånederne var den vandføringsvægtede kvælstofkoncentration lavere end de tidligere år. Det skyldes formentligt den store vinterafstrømning disse to år kombineret med, at jordens pulje af tilgængelig kvælstof er begrænset.

Tabel 10.3 Den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af total kvælstof indenfor hydrologiske år i de syv hovedvandløb, som afvander landovervågningsoplandene.

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

Den lave kvælstofkoncentration i Bolbro bæk, Barslund bæk og Tværmose bæk skyldes omsætning af nitrat-N i grundvandet

I Bolbro bæk kan omsætning af nitrat i våde enge også være af betydning for kvælstofkoncentrationen

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

Ingen klare udviklingstendenser mht. fosforkoncentrationer.

Den forholdsvis lave kvælstofkoncentration i Bolbro bæk, Barslund bæk og Tværmose bæk på trods af en stor kvælstofudvaskning fra rodzonen (se kapitel 7) skyldes omsætning af nitrat i grundvandet. I Barslund bæk og Tværmose bæk er koncentrationen af total jern i vandløbet meget høj (4-5 mg l⁻¹), i Bolbro bæk er den omkring 1,6 mg l⁻¹, mens den er lav i de fire øvrige vandløb (omkring 0,6 mg l⁻¹). Den høje jernkoncentration skyldes iltning af pyrit i jorden og den efterfølgende udvaskning af ferrojern til vandløb. Nitrat-kvælstof, der udvaskes fra rodzonen, vil ved oxidationen af pyrit og organisk stof i jorden blive omsat til frit kvælstof, hvilket formentlig er en del af forklaringen på de lave koncentrationer i disse vandløb (Jacobsen et al., 1990). I Bolbro bæk kan den høje grundvandsstand og en stor andel af organogene lavbundsjord (14%), formentlig også spille en rolle i kvælstoffjernelsen.

Den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af total fosfor er vist i tabel 10.4. 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 10.2). Fosforudledninger fra mindre bysamfund kan også påvirke billedet, og desuden spiller de høje jernkoncentrationer i Barslund bæk, Tværmose bæk og 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 episodicke hændelser i vandløbet.

Herved kommer betydningen af den anvendte prøvetagningsstrategi ind. Ved automatiseret og hyppig prøvetagning har man nemlig større chancer for at ramme sådanne episodicke 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 10.3.

I ingen af de syv vandløb har den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af total fosfor været fortsat faldende gennem de seks hydrologiske år (tabel 10.4). Der er ingen entydig tendens i udviklingen, selv om man frem til 1992/93 ser et fald i den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af total fosfor i tre vandløb. Det markante fald i fosforkoncentrationen i Horndrup bæk fra 1989 til 1990 skyldes afskæring af en punktkilde i 1989.

Table 10.4 Den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af total fosfor indenfor hydrologiske år i de syv hovedvandløb, som afvander landover-vågningsoplandene. Resultaterne er beregnet på baggrund af normal prøvetagning.

Vandløb	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	1994/95	Gns.
	mg P l ⁻¹						
Lerede oplande							
Højvads Rende	0,162	0,138	0,106	0,093	0,108	0,113	0,120
Lillebæk	0,232	0,218	0,207	0,214	0,162	0,159	0,199
Horndrup bæk	0,252	0,133	0,125	0,112	0,117	0,119	0,143
Sandede oplande							
Oddebæk	0,097	0,095	0,101	0,082	0,150	0,135	0,110
Barslund bæk	i.m.	0,068	0,074	0,082	0,065	0,058	0,070
Tværmosse bæk	i.m.	0,074	0,075	0,071	0,072	0,077	0,074
Bolbro bæk	i.m.	0,103	0,084	0,041	0,093	0,065	0,077

Table 10.5 Den gennemsnitlige andel uorganisk kvælstof og opløst uorganisk fosfor af henholdsvis total kvælstof og total fosfor i de syv hovedvandløb, som afvander landovervågningsoplandene. Procenter er udregnet på baggrund af vandføringsvægtede koncentrationer ved normal prøvetagning.

Vandløb	Gennemsnit 1989-95	
	Uorganisk N	Opløst uorganisk P
Lerede oplande		
Højvads Rende	91%	50%
Lillebæk	94%	51%
Horndrup bæk	89%	43%
Sandede oplande		
Oddebæk	90%	42%
Barslund bæk	90%	7%
Tværmosse bæk	78%	20%
Bolbro bæk	73%	9%

Uorganisk kvælstof udgør 90% af total kvælstof i fem af vandløbene, i Bolbro bæk kun 73%

Opløst uorganisk fosfor udgør 7-20 i de okkerbelastede vandløb og 42-51% i de øvrige

Andel uorganisk kvælstof (NO₃-N og NH₄-N) og opløst uorganisk fosfor (PO₄-P) af henholdsvis total kvælstof og total fosfor er vist i tabel 10.5. Uorganisk kvælstof udgør normalt omkring 90% af total kvælstof. I Bolbro bæk er andelen uforholdsmæssig lille (73%), hvilket understøtter ovennævnte hypotese om en større udstrækning af organogene lavbundsarealer i oplandet og kvælstofomsætning i disse. Opløst uorganisk fosfor udgør i de tre okkerpåvirkede vandløb 7-20%, imod 42-51% i de andre fire vandløb (tabel 10.5). Dette er baseret på normal prøvetagning, hvilket oftest medfører en relativ overestimering af den opløste fosforandel (Larsen et al., 1995).

10.3 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 overfladenær afstrømning fra rodzonen og via grundvand. Bilag 10.2 beskriver metoden.

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

I tabel 10.6 er vist hvor stor en andel af arealtabet af kvælstof, der fra rodzonen via overfladenær afstrømning hurtigt når frem til vandløb. I gennemsnit for de seks år er andelen stor fra de lerede oplande (54-57%), mens den er meget mindre fra de sandede oplande (7-44%).

Tabel 10.6 Andelen af total kvælstoftransporten i de syv hovedvandløb i landovervågningsoplandene, som hurtigt med overfladenært vand, tilstrømmer vandløbene indenfor hydrologiske år.

Vandløb	1989/90	1990/91	1991/92 %	1992/93	1993/94	1994/95	Gennemsnit
Lerede oplande							
Højvads Rende	53	67	61	52	48	60	57
Lillebæk	64	55	48	59	47	59	55
Horndrup bæk	69	52	44	44	59	56	54
Sandede oplande							
Oddebæk	43	44	43	44	50	37	44
Barslund bæk	i.m.	9	8	6	5	11	7
Tværrose bæk	i.m.	21	12	12	13	24	16
Bolbro bæk	i.m.	49	19	27	35	33	33

Stort kvælstoftab fra lerede oplande

I tabel 10.7 er tabet af kvælstof fra de dyrkede arealer indenfor landovervågningsoplandene vist for de seks hydrologiske år. Der er meget stor forskel i tabet af kvælstof fra de lerede oplande (25,9-37,5 kg N ha⁻¹ dyrket areal), sammenholdt med tabet fra de sandede oplande (8,8-17,8 kg N ha⁻¹ dyrket areal). Tabet af kvælstof er størst i de to seneste hydrologiske år, hvor afstrømningen ligeledes er stor. I Barslund bæk indgår i beregningerne et ukendt kvælstoftab fra anvendelsen af urea på flyvepladsen i oplandet. Det beregnede tab af kvælstof fra de dyrkede arealer til vandløb kan sammenholdes med tabet af kvælstof fra udyrkede arealer i årene 1989-95, der lå på 1,4-4,3 kg N ha⁻¹ (Windolf et al., 1996).

Fosfortab fra det åbne land

Tabet af fosfor fra det åbne land til vandløb viser ingen entydige forskelle mellem de lerede og de sandede oplande (tabel 10.8). Tabet af fosfor er størst i de to seneste hydrologiske år, hvor afstrømningen ligeledes er stor. I tabet indgår eventuelle fosforudledninger fra spredt bebyggelse, gårde mv. til vandløb. Potentielt kan disse udledninger betyde meget for fosfortabet. Til sammenligning var det årlige tab fra udyrkede arealer 0,06-0,12 kg P/ha i perioden 1989-95 (Windolf et al., 1996).

Tabel 10.7 Tabet af total kvælstof via vandløb fra dyrkede arealer i de seks landovervågningsoplande indenfor hydrologiske år. I tabellen er kvælstoftabet via Barslund bæk og Tværrose bæk lagt sammen og angiver dermed tabet fra hele landovervågningsoplandet.

Vandløb	1989/90	1990/91	1991/92 kg N ha ⁻¹	1992/93	1993/94	1994/95	Gennemsnit
Lerede oplande							
Højvads Rende	14,8	32,0	16,4	24,9	38,3	29,2	25,9
Lillebæk	24,6	35,5	23,8	27,2	60,4	53,5	37,5
Horndrup bæk	25,4	29,8	20,3	21,9	35,1	33,0	27,6
Sandede oplande							
Oddebæk	15,3	18,5	14,6	13,9	22,3	22,4	17,8
Barslund bæk og Tværrose bæk	i.m.	12,8	11,3	12,7	15,7	17,9	14,1
Bolbro bæk	i.m.	8,5	3,8	7,5	12,2	12,2	8,8

Tabel 10.8 Tabet af total fosfor via vandløb fra det åbne land i de seks landovervågningsoplande indenfor hydrologiske år. I tabellen er fosfortabet via Barslund bæk og Tværmose bæk lagt sammen og angiver dermed tabet fra hele landovervågningsoplandet. Resultaterne er beregnet på baggrund af normal prøvetagning.

Vandløb	1989/90	1990/91	1991/92 kg P ha ⁻¹	1992/93	1993/94	1994/95	Gennemsnit
Lerede oplande							
Højvads Rende	0,13	0,37	0,12	0,050	0,46	0,44	0,26
Lillebæk	0,39	0,60	0,43	0,44	0,80	0,82	0,58
Horndrup bæk	0,38	0,48	0,30	0,27	0,59	0,64	0,44
Sandede oplande							
Oddebæk	0,21	0,22	0,19	0,14	0,39	0,41	0,26
Barslund bæk og Tværmose bæk	i.m.	0,28	0,28	0,32	0,31	0,35	0,31
Bolbro bæk	i.m.	0,50	0,31	0,15	0,58	0,42	0,39

Fosfortransporter i vandløb er generelt underestimeret

Koncentrationen af fosfor er fra 1993 målt intensivt i Oddebæk, Horndrup bæk og Højvads Rende, og fra 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 (tabel 10.9).

Tabel 10.9 Tabet af total fosfor beregnet på baggrund af intensiv prøvetagning. Tabet er opgivet som procent af tabet beregnet ud fra normal prøvetagning (for Horndrup Bæk samt Oddebæk i 1995 dog hyppigere analyser specielt under flomme i vandløbet).

Vandløb	1993	1994	1995	Gennemsnit
	% af normal			
Højvads Rende	140	137	95	124
Lillebæk	i.m.	126	136	131
Horndrup Bæk	Ca. 160-170	251	120	179
Oddebæk	124	111	100	112

Så længe der ikke udføres intensiv prøvetagning i alle hovedvandløbene i landovervågningsoplandene, er det naturligvis ikke muligt at sammenligne fosfortransporten oplandene imellem på baggrund af intensive målinger. Der er nemlig meget store variationer fra år til år og fra station til station mht., hvor skævt man rammer ved den normale prøvetagning. Derfor kan det ikke lade sig gøre at korrigere årstransporter beregnet på baggrund af normal prøvetagning.

Årstransporterne af total fosfor, som blev beregnet ud fra intensiv prøvetagning, udgør i gennemsnit for de fire vandløb 137% af fosfortransporter beregnet efter den normale prøvetagning (tabel 10.9). Til sammenligning udgør gennemsnittet ca. 141 %, når man betragter alle 14 vandløb, som er oprettet under overvågningsprogrammet (Windolf et al., 1996). Tabet af fosfor beregnet ud fra normal prøvetagning er derfor med stor sandsynlighed underestimeret i alle 7 hovedvandløb i overvågningsoplandene.

10.4 Sammenfatning

- Afstrømning* Afstrømningen har været speciel stor i de to hydrologiske år, 1993/94 og 1994/95. Den har varieret meget mere mellem våde og tørre år i de lerede oplande end i de sandede oplande.
- Hydrografopsplitning* En opsplittning af vandløbshydrograferne for de 6 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. Den årlige overfladenære andel af afstrømningen til vandløbene udgjorde i måleperioden 40-45% for vandløb i lerjordsoplandene og 6-23% for vandløb i sandjordsoplandene. For transporten af totalkvælstof i vandløbene betyder dette, at der er tydeligt højere koncentrationsniveau i vandløbene, der afvander lerede oplande.
- N tab til vandløb* Den totale kvælstofudvaskning til vandløbene fra dyrkede arealer har i undersøgelsesperioden ligget på gennemsnitlig 30,3 kg N ha⁻¹ år⁻¹ i lerjordsoplandene, og på gennemsnitlig 13,6 kg N ha⁻¹ år⁻¹ i sandjordsoplandene. Til sammenligning anføres at udvaskningen fra naturarealer i undersøgelsesperioden lå på 1,4-4,3 kg N ha⁻¹ år⁻¹.
- P tab til vandløb* Det totale tab af fosfor fra dyrkede arealer til vandløb, beregnet på baggrund af normal prøvetagning, har i måleperioden ligget på gennemsnitligt 0,37 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 0,06-0,12 kg P ha⁻¹ år⁻¹.
- P tab undervurderet* I fire af hovedvandløbene i landovervågningsoplandene er fosfortabet til vandløb siden 1993 tillige beregnet på baggrund af intensiv prøvetagning. I gennemsnit er fosfortabet her 37% større, end når det beregnes på baggrund af normal prøvetagning. Fosfortabet beregnet på baggrund af den normale prøvetagning er derfor med stor sandsynlighed undervurderet i alle 7 hovedvandløb i overvågningsoplandene. Der er behov for intensiv prøvetagning i alle 7 hovedvandløb.

11 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 - 1994/95.

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 våde enge samt ved reduktionsprocesser i grundvandet. Det hydrologiske kredsløb samt kvælstoftransporterne i overvågningsoplandene er beskrevet nedenfor.

Begrænsninger i fortolkningen af fosforkredsløbet

Sammenfatningen påpeger miljøproblemerne i forbindelse med fosforgødsning. Derimod er fosforkredsløbet ikke beskrevet på grund af problemer med fortolkning heraf: Tab af fosfor fra dyrkede arealer til vandløb sker både via udvaskning og erosion; hertil kommer et bidrag fra gårde og spredt bebyggelse. Hvor stor en del, der faktisk når ud til vandløbene er imidlertid ikke kendt. Endvidere har målinger med intensiv prøvetagning under overvågningsprogrammet for vandløb vist, at der med den hidtidige prøvetagningsstrategi sker en betydelig underestimering af fosfortransporten (se endvidere kap. 10).

11.1 Beskrivelse af kvælstoftransporterne i oplandene

Det hydrologiske kredsløb

Det hydrologiske kredsløb i de 6 oplande er beskrevet i tabel 11.1 som gennemsnit for måleperioden 1989/90 til 1994/95. Her er angivet nedbøren, fordampning og vandoptagelse af planterne, samt den nedsvivende mængde (afstrømning fra rodzonen). Afstrømningen til vandløbene er vist dels som en overfladenær komponent (inklusive dræning), dels som en grundvandsafstrømning. Endvidere er størrelsen af nedsivningen til de primære grundvandsmagasiner vist.

Nedsivning gennem rodzonen

Det fremgår, at såvel nedbørmængden 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. 258 mm pr år) og de største mængder i Ringkøbing/Viborg og Sønderjylland (LOOP 5 og 6) (gns 611 mm pr år).

Tabel 11.1 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 - 1994/95 (LOOP 1-4) og 1990/91 - 1994/95 (LOOP 5-6)

Hydrologisk kredsløb:	Lerjordsoplande						Sandjordsoplande					
	Storstrøm LOOP 1		Fyn LOOP 4		Vejle/Århus LOOP 3		Nordjylland LOOP 2		Ringk./Viborg LOOP 5 ¹⁾		Senderjyll LOOP 6	
	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
Nedbør	755	100	876	100	921	100	725	100	1027 ²⁾	100	1000 ³⁾	100
Planteop./fordamp.	497	66	459	52	410	45	381	53	393	38	412	41
Nedsivning	258	34	417	48	511	54	344	47	634	62	588	59
Nedsivning	258	100	417	100	511	100	344	100	634	100	588	100
Overfladenær afstr.	95	37	128	31	127	25	54	16	28	4	86	15
Grundvandsafstr.	114	44	153	37	174	34	170	49	321	51	416	71
Total t.vandløb	209	81	281	67	301	59	224	65	349	55	502	85
Netto til gr.vand	49	19	136	33	210	41	120	35	193 ³⁾	30	61 ³⁾	10

¹⁾ Barslund Bæk + Tværmose Bæk

²⁾ Inklusiv vanding ca. 92 mm i LOOP 5 og 25 mm i LOOP 6

³⁾ Grundvandsdannelse er fratrukket 92 mm i LOOP 5 og 25 mm i LOOP 6 p.g.a. oppumpning til vanding

Afstrømning til vandløbene

I lerjordsoplandene er 25-37% af den nedsivende vandmængde hurtigt strømmet til vandløbene som overfladenær afstrømning; heri indgår drænvandsafstrømning. Yderligere 34-44% er via grundvand strømmet til vandløbene; mens 19-41% er medgået til grundvandsopbygning. I sandjordsoplandene er 4-16% af den nedsivende vandmængde strømmet til vandløbene som overfladenær afstrømning, mens yderligere 49-71% er strømmet til vandløbene via grundvand. Afstrømningen til vandløbene i disse områder sker altså med en langt større forsinkelse. 10-35% af den nedsivende vandmængde er medgået til grundvandsopbygning. Grundvandsdannelsen synes umiddelbar stor.

Tabel 11.2 Kvælstofkoncentrationer i de forskellige medier af det hydrologiske kredsløb, gennemsnit for de hydrologiske år 1989/90 - 1994/95 (LOOP 1-4) og 1990/91 - 1994/95 (LOOP 5-6). 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		
	LOOP1	LOOP4	LOOP3	LOOP2	LOOP5	LOOP6
	mg N l ⁻¹	mg N l ⁻¹	mg N l ⁻¹	mg N l ⁻¹	mg N l ⁻¹	mg N l ⁻¹
Rodzonevand	20,3	17,9	28,6	36,2	21,4	27,4
Drænvand	15,3	20,1	-	-	-	-
Grundvand 1.5m	13,1	13,2	14,6	24,9	14,4	19,4
Grundvand 3.0m	4,3	7,3	8,6	14,9	13,1	11,6
Grundvand 5.0m	2,5	6,9	7,1	15,4	-	-
Overfl.nær afstr.	12,7	15,5	11,0	15,6	5,9 ¹⁾	3,3
Gr.vandsafstr.	7,3	10,0	6,1	5,8	(2,3)	1,3
Vandløb	9,6	12,4	7,9	7,9	(1,9)	1,7
					(2,0)	

¹⁾ Gælder kun målinger i Barslund Bæk, i parentes er angivet koncentrationer for Tværmose Bæk

Dette kan skyldes, at landovervågningsoplandene udgør den øverste del af vandløbssystemet, hvorfor nedsivende grundvand herfra også kan medgå til grundvandsdannelse og grundvandsafstrømning længere nede i vandløbssystemet. Endvidere skal bemærkes, at vandbalancerne er behæftet med en vis usikkerhed; dels er det vanskeligt at fastlægge oplandsarealerne, dels er nedsivningen kun beregnet for arealet med landbrugsafgrøder. Beregning af evapotranspiration fra landbrugsarealer er usikker. Desuden indgår skov i flere af oplandene med op til en fjerdedel af arealanvendelsen; og da evapotranspirationen fra skov er højere end fra landbrugsafgrøder, kan nedsivningen i oplandene være overestimeret.

Kvælstofkoncentrationer

Koncentrationer af kvælstof i de forskellige vandtyper i det hydrologiske kredsløb er vist i tabel 11.2 som gennemsnit for måleperioden.

Koncentrationsmønster i lerjordsoplandene

I lerjordsoplandene har kvælstofkoncentrationerne i rodzonevandet ligget i intervallet 18-29 mg N l⁻¹. Koncentrationerne i drænvand har som gennemsnitsbetragtning ligget på samme niveau. Fra rodzonen og ned gennem det øvre grundvand er observeret en tydelig nedgang i koncentrationsniveau. Undersøgelser af det øvre grundvand har vist, at der er en meget hurtig respons i årstidsvariationer helt ned til 3-5 m's dybde, hvilket indikerer en hurtig vertikal transport af nitrat gennem de øvre lerede jordlag (Andersen *et al.*, 1994). I vandløbsvandet har kvælstofkoncentrationerne ligget på 8-12 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.

Koncentrationsmønster i sandjordsoplandene

I sandjordsoplandene har kvælstofkoncentrationerne i rodzonevandet ligget på 21-36 mg N l⁻¹. Også her er der set et fald i koncentrationsniveau fra rodzonen og ned gennem det øvre grundvand. I vandløbsvandet har koncentrationerne ligget på 7,9 mg N l⁻¹ i Nordjylland (LOOP 2) og på 1,7-3,5 mg N l⁻¹ i Ringkøbing/Viborg og Sønderjylland (LOOP 5 og 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

I tabel 11.3 er vist de gennemsnitlige kvælstofstrømme for perioden

1989/90 - 1994/95 for de enkelte landovervågningsoplande. I tabellen er vist kvælstoftilførsler i form af handelsgødning, husdyrgødning, estimeret kvæstoffixering samt tilførsel fra atmosfæren. Kvælstoftilførslerne samt kvælstof høstet med afgrøderne er baseret på oplandsdækkende opgørelser for de dyrkede arealer (jævnfør interviewundersøgelsen). Med hensyn til kvælstofudvaskningen fra rodzonen er der tale om gennemsnitsværdier for de 6-8 stationer i hvert opland. Udvasningerne 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. Forsøg med gylle har vist, at udbringningstab er negligibelt, og at tabet efter udbringning ved direkte nedfældning er under 20% af ammoniumindholdet (*Sommer og Christensen, 1990*). Ammonium udgør 55 - 70% af indholdet af totalkvælstof i gylle (*Klausen, 1985*). Ligeledes er kvælstofmineralisering samt opbygning af jordens humuspulje og denitrifikationstab fra rodzonen ikke kvantificeret. Kvælstofafstrømningen til vandløbene er baseret på målinger ved hovedvandløbsstationerne. Transporten i dette punkt afspejler den totale afstrømning frem til vandløbet (*Kronvang og Thyssen, 1987*). 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 11.1 for henholdsvis sandjordsoplande og lerjordsoplande. Den interne kvælstofomsætning (kvælstofmineralisering/humusopbygning og denitrifikation) er ikke medtaget.

Lerjordsoplande

I lerjordsoplandene er årligt tilført ca. 122 kg N ha⁻¹ med handelsgødning, 69 kg N ha⁻¹ med husdyrgødning og 31 kg N ha⁻¹ ved kvæstoffixering og atmosfærisk deposition, ialt ca. 222 kg N ha⁻¹. Med afgrøderne er årligt fjernet ca. 123 kg N ha⁻¹. Der er således netto tilført jorden ca. 99 kg N ha⁻¹. Den målte udvaskning fra rodzonen har i perioden udgjort ca. 83 kg N ha⁻¹ pr. år. Kvælstoftransporten i vandløbene har udgjort ca. 30 kg N ha⁻¹ pr. år; det svarer til at ca. 36% af rodzoneudvaskningen er nået til vandløbene.

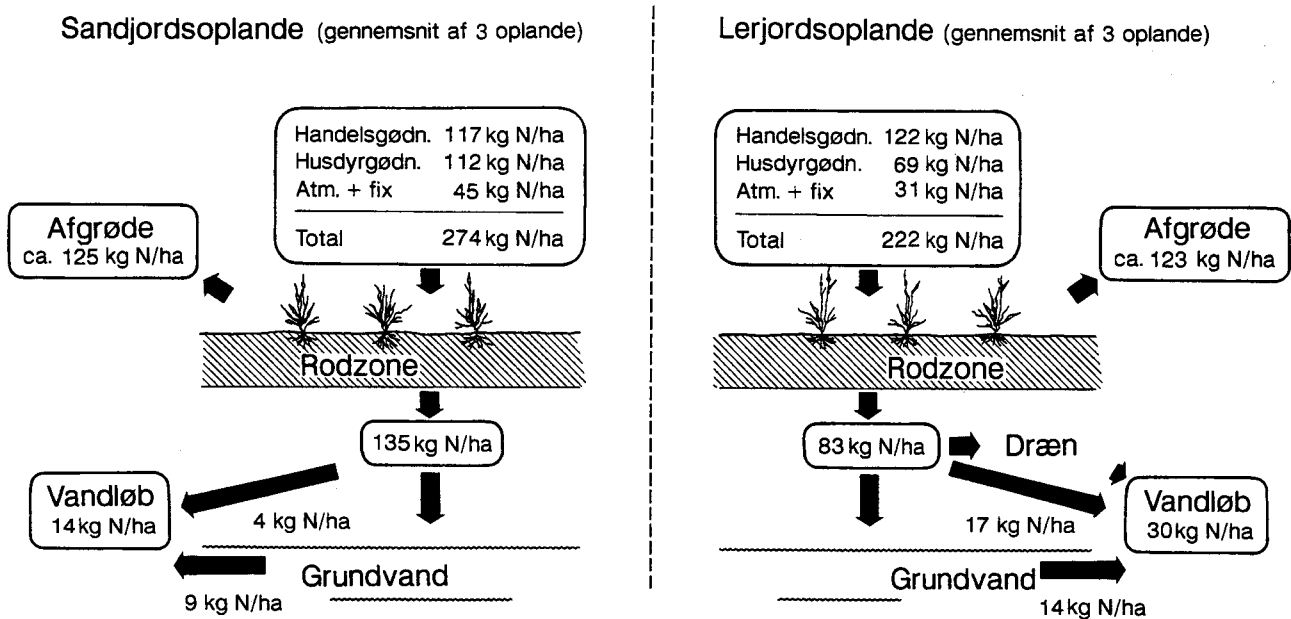
Sandjordsoplande

I sandjordsoplandene er årligt tilført ca. 117 kg N ha⁻¹ med handelsgødning, 112 kg N ha⁻¹ med husdyrgødning og ca. 45 kg N ha⁻¹ ved kvæstoffixering og atmosfærisk deposition, ialt 274 kg N ha⁻¹. Afgrøderne har årligt fjernet ca. 125 kg N ha⁻¹; således er der netto tilført jorden ca. 149 kg N ha⁻¹ pr. år. Udvasningen fra rodzonen er målt til ca. 135 kg N ha⁻¹ pr. år. Kvælstoftransporten i vandløbene har udgjort ca. 14 kg N ha⁻¹ pr. år; det svarer til, at ca. 10 % af rodzoneudvaskningen er nået ud til vandløbene.

Naturoplande

Til sammenligning med ovennævnte kvælstoftab fra dyrkede arealer til vandløb kan anføres, at tabet fra naturarealer i årene 1989-95 lå på 1,4-4,3 kg N ha⁻¹ år⁻¹ (*Windolf et al., 1996*)

Det årlige kvælstofkredsløb (1989/90 - 1994/95)



Figur 11.1 Skematisk af kvælstofkredsløbet for henholdsvis lerjords- og sandjordsoplandene for årene 1989/90 - 1994/95.

Tabel 11.3 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 - 1994/95 (LOOP 1-4) og 1990/91-1994/95 (LOOP 5-6).

Kvælstofstrømme	Årlig kvælstofcirkulation											
	Lerjordsoplande						Sandjordsoplande					
	Storstrøm LOOP1		Fyn LOOP4		Vejle/Århus LOOP3		Nordjylland LOOP2		Ringk./Viborg LOOP5 ²⁾		Sønderjyll. LOOP6	
	kg N ha ⁻¹	%	kg N ha ⁻¹	%	kg N ha ⁻¹	%	kg N ha ⁻¹	%	kg N ha ⁻¹	%	kg N ha ⁻¹	%
Handelsgødning	133		123		109		106		141		104	
Husdyrgødning	30		70		107		158		40		138	
Afm. + fixering ¹⁾	26		34		33		48		37		50	
Total tilført	189		228		249		316		218		294	
Høstet	111		133		124		135		112		129	
Tilført - høstet	78		95		125		181		106		165	
Udvasket												
Rodzonen (Drænvand) ³⁾	43 (16)	100 (37)	70 (14)	100 (21)	136	100	116	100	136	100	153	100
Udv. til vandløb												
Overfladenært	14,7	34	20,4	29	15,1	11	7,8	7	1,6	1	3,0	2
Grundvand	11,2	26	17,1	24	12,5	9	10,0	9	12,5	9	5,8	4
Total	25,9	60	37,5	54	27,6	20	17,8	15	14,1	10	8,8	6

¹⁾ Fra atmosfæren regnes 19 kg kg N ha⁻¹ år⁻¹

²⁾ Barslund og Tværmose Bæk

³⁾ Forudsat 70% dræning af landbrugsareal i LOOP 1 og 50% i LOOP 4; opskalering til oplandsniveau usikker

11.2 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, kvælstoftildelingen 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.

Jordens humuspuljer

Mineraliseringsprocesser har haft stor indflydelse på den kvælstofudvaskning, der er målt i perioden 1989 til 1995. Størrelsen af jordens omsættelige humusfraktion er et resultat af mange års landbrugsproduktion med et højt gødskningsniveau. Den hastighed, hvormed mineraliseringsprocesserne og kvæstoffikseringen 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. Som nævnt ovenfor opbygges med tiden en letomsættelig humuspulje i jorden ved den aktuelle landbrugspraksis. For at opnå en reduktion i kvælstofudvaskningen må størrelsen af netto tilført kvælstof mindskes. Det betyder, at gødningen må udnyttes bedre og tilførslerne følgelig nedsættes. Undersøgelser af landbrugets arealanvendelse og gødningspraksis (kapitel 5) og modelberegninger (kapitel 8) viser, at der er behov for at øge udnyttelsen af husdyrgødning, specielt på bedrifter med høj husdyrtæthed.

Kvælstofafstrømning til vandmiljøet

I den præsenterede 6-årige periode er der målt en årlig gennemsnitlig udvaskning fra rodzonen på 83 kg N ha⁻¹ i lerjordsoplandene og på 135 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 (11-34%) i lerjordsoplandene hurtigt strømmer til vandløbene gennem dræn og overfladenært vand, mens yderligere (9-26%) strømmer via det øvre grundvand til vandløbene. Det vil sige, at 20-60% af det kvælstof, der udvaskes fra rodzonen når frem til vandløbene. Afstrømningsvandet til vandløbene er således stærkt belastet med landbrugets kvælstofudledning. En eventuel ændring i landbrugets gødningspraksis vil derfor hurtigt slå igennem i vandløbskvaliteten. I sandjordsoplandene derimod strømmer kun en ganske lille del af det kvælstof, der forlader rodzonen (1-7%), 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.

En eventuel ændring i landbrugspraksis vil ikke kunne måles i vandløb i sandjordsoplande inden for en kortere årrække.

Det øvre grundvand

Det fremgår af sammenstillingen, at det øvre grundvand i alle land-overvågningsoplandene tydeligt er påvirket af landbrugsdriften med nitratkoncentrationer over 11,3 mg NO₃-N l⁻¹ (50 mg NO₃ l⁻¹). De beskrevne belastningsforhold, strømningsmønsteret samt kvælstofreduktionsprocesserne i jordprofilen har medført, at grundvandet er stærkere belastet i sandjordsoplandene end i lerjordsoplandene. Analyser, der medtager landbrugets gødskningspraksis 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 mg N l⁻¹). En forbedring af grundvandskvaliteten under dyrkede arealer må igen søges i en nedsættelse af total tilført N gødning, hvilket vil medføre en bedre udnyttelse.

11.3 Fosforgødsning og vandmiljø

Nettotilførsel og jorders fosforstatus

Store nettotilførsler af fosfor i Vest Danmark

Fosfortilførsel med handelsgødning og husdyrgødning til markerne samt fjernelser med afgrøderne er beskrevet i afsnit 5.5 for landovervågningsoplandene. I tabel 11.4 er fosforbalancerne vist for de enkelte oplande som gennemsnit for perioden 1990/91-1994/95. I LOOP1 (Storstrøm) er der fjernet lige så meget fosfor med afgrøderne, som der tilførtes med gødninger, i LOOP4 (Fyn) har der været en nettotilførsel på ca 5 kg P ha⁻¹ år⁻¹, mens der ved de øvrige oplande var en nettotilførsel på 13,0-13,6 kg P ha⁻¹ år⁻¹. Ved LOOP3 (Vejle/Århus), LOOP2 (Nordjylland) og LOOP6 (Sønderjylland) er den store nettotilførsel forårsaget af store husdyrgødningsmængder. I LOOP5 (Viborg/Ringkøbing) forekommer der stor tilførsel af uorganisk fosfor bl.a. som kalkslam fra industrien.

Tabel 11.4 Fosforbalance med hensyn til tilførsel og fraførsel fra marker i de seks landovervågningsoplande, samt vandføringsvægtede koncentrationer og transport af total fosfor i vandløb. Gennemsnit for perioden 1990/91 - 1994/95.

	Lerjordsoplande			Sandjordsoplande		
	Storstrøm LOOP1	Fyn LOOP4	Vejle/Århus LOOP3	Nordjyll. LOOP2	Ringk./Viborg LOOP5	Sønderjyll. LOOP6
Handelsgødn. kg P ha ⁻¹ år ⁻¹	15,3	11,3	6,6	5,4	25,6 ¹⁾	5,8
Husdyrgødn. kg P ha ⁻¹ år ⁻¹	5,9	15,6	26,2	26,9	5,9	26,4
Høstet kg P ha ⁻¹ år ⁻¹	20,8	21,9	19,6	18,8	17,8	19,2
Tot. tilf.-høstet kg P ha ⁻¹ år ⁻¹	0,4	4,9	13,3	13,5	13,6	13,0
Vandløb: total P						
Konc. mg P l ⁻¹	0,120	0,199	0,143	0,110	0,072 ²⁾	0,077
Transp. kg P ha ⁻¹ år ⁻¹	0,26	0,58	0,44	0,26	0,31	0,39

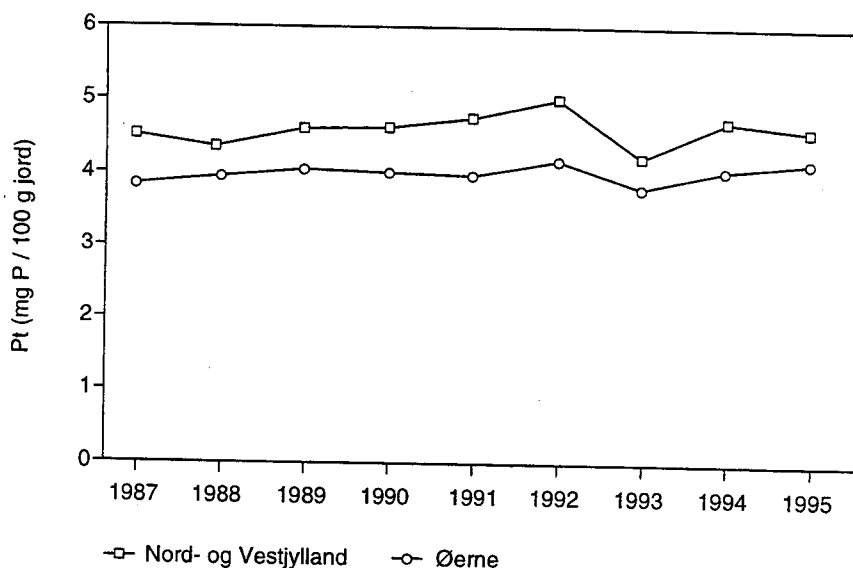
¹⁾ Anvender fosforholdigt kalkslam fra industrien

²⁾ Gennemsnit for Barslund Bæk og Tværmosse Bæk

Stigende fosforstatus i danske jorde

Figur 11.2 Udvikling i fosforstatus (udtrykt ved fosfortallet, Pt) af danske landbrugsjorde, 1987-95 (Sibbesen, 1996).

Den overvejende del af nettotilført fosfor ophobes i topjorden og giver anledning til stigende fosforstatus. I Danmark måles jordens fosfortilstand med Olsens bicarbonat-metode og udtrykkes som fosfortallet (Pt). I en opgørelse af Sibbesen (1996) er det således vist, at fosfortallet for danske jorde er steget fra gennemsnitlig 4,2 i 1987 til 4,5 i 1995 (figur 11.2). Det fremgår også af figuren, at fosforstatus for jordene i Nord- og Vestjylland er betydelig højere end på Øerne på grund af den større husdyrtæthed.



50% af danske jorde har høj fosforstatus

I 1995 lå det gennemsnitlige fosfortal for de danske jorde som nævnt ovenfor på ca 4,5; 2-7% af jordene havde Pt værdier mindre end 2,0, 43-48% af jordene havde Pt værdier på 2,0-4,0, mens 50% havde Pt værdier over 4,0. For optimal planteproduktion anbefales Pt værdier på 2,0-3,5/4,0 (*Oversigt over Landsforsøgene, 1995*). De danske jorde har altså høje fosforindhold.

Fosfortabenes størrelse

Fosfortab til vandmiljøet

Tab af fosfor til vandmiljøet udgør kun en lille del af nettotilførslen. I landovervågningen udgjorde den gennemsnitlige udvaskning af opløst ortho-P således ved 28 jordvandsstationer ca 0,05 kg P ha⁻¹ år⁻¹, mens der ved 3 jordvandsstationer blev udvasket 0,28-0,95 kg P ha⁻¹ år⁻¹. Gennem 6 dræn på lerjorde udgjorde transporten af total P 0,06 kg P ha⁻¹ år⁻¹ og gennem 1 dræn 0,203 kg P ha⁻¹ år⁻¹. Det totale tab af fosfor fra oplandene til vandløbene har ligget på gennemsnitlig 0,37 kg P ha⁻¹ år⁻¹ i 1990-95. Der er ingen tydelig forskel mellem lerjords- og sandjordsoplande. Tabene er sandsynligvis underestimeret på grund af utilstrækkelig prøvetagningsteknik (afsnit 7.3 og 10.3)

Fosfortabene kan forårsage eutrofiering

Tabene er således lave sammenlignet med de fosformængder, der anvendes i landbruget; alligevel kan tabene have betydning for vandmiljøet. Således lå koncentrationen af total fosfor i vandløbene på gennemsnitlig 0,154 mg P l⁻¹ i lerjordsoplandene og på 0,085 mg P l⁻¹ i sandjordsoplandene (tabel 11.4). Disse koncentrationer er for nogle oplande større end tærskelværdien på 0,08-0,10 mg P l⁻¹ for eutrofiering (*Kronvang et al., 1993*).

Høj fosforstatus og tab af partikulært fosfor

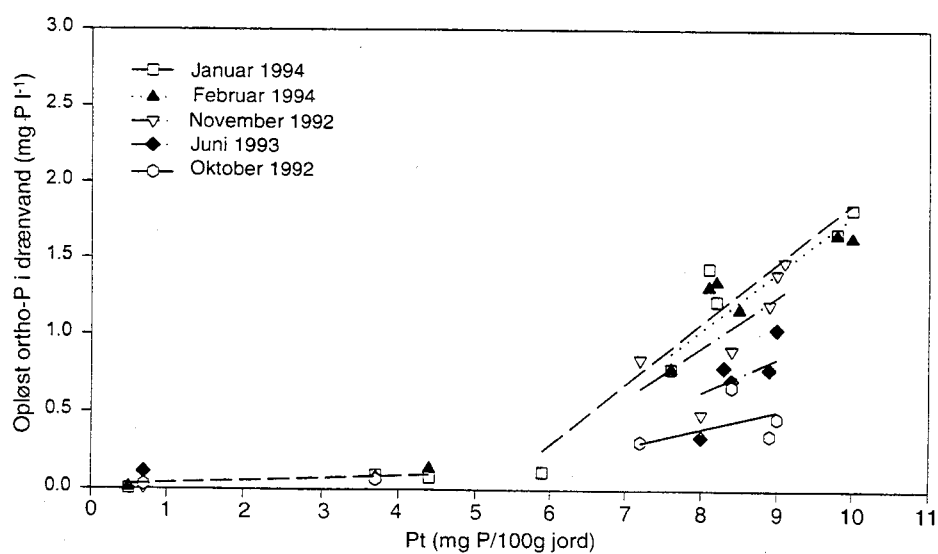
Risiko for udvaskning af fosfor

Jorders fosforindhold og tab til vandmiljøet

Den høje fosforstatus af topjorden på det danske landbrugsareal har betydning for det diffuse tab af fosfor til vandmiljøet. Partikulært materiale, som tilføres vandløbene, har oftest oprindelse i markens topjord, dette gælder såvel materiale tilført ved overflade erosion som ved brinkerosion. Også partikulært materiale i drænvand ser ud til at stamme fra topjord (Grant et al., 1996).

Endvidere har det høje fosforindhold i topjord betydning for udvaskning af fosfor fra rodzonen. Simmelsgård (1996) har således for danske jorde påvist en sammenhæng mellem udvaskning af opløst fosfor gennem dræn og jordenes fosforstatus. Fra de gamle Rothamstedforsøg i England er det endvidere vist, at koncentrationerne af opløst fosfor var lave ved Pt værdier mindre end ca 6,0, mens der ved højere Pt værdier skete en betydelig stigning i koncentrationerne af ortho-P, op til 2,0 mg P l⁻¹; stigningen var proportional med stigningen i Pt (figur 11.3) (Heckrath et al., 1995). I landovervågningen blev målt meget høje koncentrationer af opløst ortho-P (0,059-0,395 mg P l⁻¹) i jordvandet ved 3 stationer. For to af stationerne er det kendt, at disse har fået tilført meget store mængder gødning. Der er således indikation af at egentlig fosforudvaskning kan forekomme. Omfanget heraf er ikke kendt i Danmark. Der er behov for yderligere undersøgelser over jordes fosforstatus i relation til tabsprocesserne.

Figur 11.3 Relationen mellem opløst fosfatfosfor i drænvand og værdier for jordens fosfortal (Pt) fra forskellige Broadbalk plots, Rothamsted, England (efter Heckrath et al., 1995).



12 Konklusion - udvikling i landbrugets næringsstofbelastning af vandområderne

12.1 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.

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 udspredning af husdyrgødningen.

Vandmiljøplanen 1987

Vandmiljøplanen har som målsætning at reducere kvælstof- og fosforudledningen med henholdsvis 50% og 80% inden 1993. De bindende virkemidler 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

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 5).

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.

Opfølgning på Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug

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. Derimod kan landmændene stadig selv værdisætte næringsstofindholdet i husdyrgødningen, på baggrund af analyser af husdyrgødningens næringsstofindhold. Herudover har regeringen til hensigt, at minimumskravet til udnyttelse af husdyrgødning skal øges yderligere efter 1997 i forhold til hvad der er teknisk muligt; Statens Planteavlsvforsøg vurderer, det vil være muligt gradvist at øge udnyttelsen med yderligere 15%-point. Dette initiativ er ikke lovfæstet.

I 1998 skal foretages en status over de opnåede resultater og en evaluering af de hidtil anvendte styringsinstrumenters effektivitet, herunder behovet for iværksættelse af yderligere initiativer.

12.2 Udviklingen i landbrugets kvælstofanvendelse

Det er i landovervågningsoplandene vist, at tiltagene i Vandmiljøplanen og Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug overfor landbrugets udvaskning af kvælstof i vid udstrækning er gennemført:

Lovkrav til grønne marker, opbevaringskapacitet og udbringningstider omtrent opfyldt

Lovkravet om grønne marker er opfyldt, idet de i 1995 udgjorde 85% af det dyrkede areal. Heraf var dog kun lidt over en trediedel afgrøder som græs, vinterraps, efterafgrøder og roer, der kan forventes at optage store kvælstofmængder i efterårs- og vintermånederne.

I 1994/95 stod 82% af dyreenhederne på ejendomme med mindst 9 måneders opbevaringskapacitet til den flydende husdyrgødning. Dette er en forøgelse på 44%-point i forhold til 1991, den største stigning fandt sted fra 1993 til 1994 (21%-point). Samtidig er der sket en betydelig stigning i forårs/sommer udbringning af husdyrgødning. I 1994/95 blev 80% af den samlede kvælstofmængde i husdyrgødning udbragt om foråret/sommeren, hvilket er det samme som i 1994, men en forøgelse på 11%-point i forhold til 1993 og 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 forbudet gældende fra driftsåret 1993/94 mod at sprede flydende husdyrgødning om efteråret og frem til 1. februar.

Overgødskning forekommer stadig på ca 30% af arealet

Udnyttelsen af husdyrgødningen var omtrent ens i 1994 og 1995, ca 33%. Dette var en stigning på 15%-point i forhold til 1990. Der blev dog i 1994 og 1995 stadig overgødet i forhold til kvælstofbehovet på ca 30% af arealet.

Stor andel af disharmoniske brug

I landovervågningsoplandene var 19% af husdyrbrugene disharmoniske i 1995, og for at overholde harmonikravene skulle 8% af den samlede husdyrgødningsmængde omfordeles. På landsplan var 16% af husdyrbrugene i 1994 disharmoniske. En undersøgelse blandt 195 disharmoniske brug i Danmark (Andersen 1994) har vist, at ca halvdelen ikke havde lovpligtige aftaler om afsætning af overskyden-

de husdyrgødning. Dette betyder ikke nødvendigvis, at gødningen ikke flyttes, men det giver dog en indikation af, at der fortsat er en række husdyrbrug, som tildeler husdyrgødningsmængder udover, hvad der er tilladt.

Fald i handelsgødningsforbrug og i overskud af N input

Det totale kvælstofinput (handelsgødning, husdyrgødning samt kvælstof tilført ved bælglplanters fiksering og atmosfærisk deposition) til det danske landbrugsareal er faldet fra 745 mio. kg N i 1985 til 650 mio. kg N i 1995. Handelsgødningsforbruget udgjorde i 1985 96% af afgrødernes optimale kvælstofbehov, mens andelen i 1995 var faldet til 84%. Handelsgødningsforbruget er faldet fra 392 mio. kg N i 1985 til 310 mio. kg N i 1995.

Forskellen mellem det totale kvælstofinput og kvælstof fjernet ved høst med afgrøder har haft en faldende tendens i perioden 1985 til 1995. Således udgjorde kvælstofoverskuddet for det danske landbrugsareal 379 mio kg N ha⁻¹ i 1985 og 290 mio kg N ha⁻¹ i 1995. Set over hele perioden udgjorde reduktionen i kvælstofoverskud 17%.

Der er altså sket betydelige forbedringer mht. gødningsanvendelsen siden Vandmiljøplanens vedtagelse; ændringerne har været særlig markante fra 1993 til 1994, mens der ikke er store ændringer fra 1994 til 1995.

12.3 Udvikling i kvælstofudvaskning

Det er ikke muligt på et statistisk grundlag at vurdere udviklingen i kvælstofudvaskning fra rodzonen på baggrund af de foreliggende 6 års målinger, 1989-95, idet klimatisk betingede variationer overskygger driftbetingede ændringer.

Lille mindskelse i N udvaskning fra rodzonen

Modelberegninger udført med udvaskningsfunktioner ved normal-klima for perioden 1989-95 har vist et generelt fald i udvaskning gennem måleperioden, ca 14% reduktion fra 1989/90 til 1994/95 (tabel 12.1).

Uændret N transport i vandløbene

Landsdækkende målinger i vandløb, der afvander henholdsvis sandede og lerede oplande har ikke udvist et konsistent fald i afstrømningskorrigeret kvælstoftransport igennem perioden 1989/90-1994/95. Således har N-transporterne på sandjordene været omtrent uændret. På lerjordene derimod har der været nogen fluktuationer i transporterne med de laveste værdier i 1991/92 og 1994/95. Da der er tale om afstrømningskorrigerede transport, kan de lave værdier i 1994/95 henføres til fortynding på grund af stor afstrømning (tabel 12.1) (Larsen et al., 1995). Der kan således til og med 1994/95 ikke påvises nogen effekt af de gennemførte tiltag i landbruget på kvælstoftransporten i vandløbene. På sandjordene vil man ikke kunne forvente en effekt inden for en kort årrække; men heller ikke på lerjordene, hvor en stor del af N-udvaskningen fra rodzonen når ud til vandløbet inden for samme år (jvf. afsnit 11) er der set en effekt.

Tabel 12.1 Udvaskning af kvælstof fra rodzonen som gennemsnit for tre sandede og tre lerede landovervågningsoplande, samt i danske vandløb, der afvander dyrkede henholdsvis sandede og lerede jorder for seks år frem til 1994/95.

	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	78	50	17	26
1990/91	80	48	17	30
1991/92	80	43	17	24
1992/93	81	42	19	31
1993/94	75	38	16	27
1994/95	71	39	16	23

¹⁾ Modelberegnet udvaskning ved normal klima

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

50% reduktion i N udvaskning opnåes næppe

De hidtil iværksatte initiativer er primært rettet mod en forbedret udnyttelse af husdyrgødningen. Disse tiltag har medført en reduktion i kvælstofudvaskning; den modelberegneede reduktion er 14%. En scenarie-beregning udført med udvaskningsfunktioner på 1993/94 data, hvor den aktuelt forekommende husdyrgødningsmængde i landovervågningsoplandene anvendes optimalt i henhold til kravene i Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug (minimumskrav til udnyttelse af husdyrgødning for 1997 overholdes; husdyrgødningen fordeles på alle marker indefor ejendommen og handelsgødning suppleres til økonomisk anbefalet mængde; eftervirkning af husdyrgødning indregnes) har vist, at der kan opnåes en reduktion i kvælstofudvaskning på gennemsnitlig 21% i forhold til den aktuelle gødningsanvendelse (afsnit 8). Beregningerne er ikke udført på 1994/95 data, men da gødskningspraksis i 1994/95 er meget lig 1993/94 vil der ikke fremkomme ændringer af betydning. Den samlede reduktion i kvælstofudvaskning i forhold 1989/90 vil således ifølge vore beregninger med udvaskningsfunktioner være 32%. En tilsvarende beregning udført af Statens Planteavlsvforsøg i 1995 viser en mulig reduktion på 38% ved optimale driftforhold (Hansen og Svendsen, 1995). Beregningerne forudsætter, at der ikke sker ændringer i husdyrtæthed.

Det skal påpeges, at beregningerne er usikre; men de giver en indikation af, at Vandmiljøplanens reduktionsmål for kvælstofudledning på 50% ikke kan nås med de iværksatte initiativer. Supplerende initiativer er derfor nødvendige.

12.4 Supplerende tiltag til reduktion af kvælstofudvaskning

Supplerende tiltag til opfyldelse af Vandmiljøplanens reduktionsmål kan være:

Gødningsnormer bør revideres

Afgrødernes kvælstofbehov bør tages op til revision. Statens Planteavlsvforsøg har ved modelberegninger vist, at forbruget af handelsgødning kan sænkes uden væsentligt nedgang i høstet tørstof til følge for de undersøgte marker. Opgørelsen tager hensyn til planternes optag af jordens mineraliserede kvælstof og eftervirkning af husdyrgødningskvælstof, hvorved afgrødernes behov for tilførsel af kvælstof sænkes (*Hansen og Svendsen, 1994*). Forholdet gælder ikke nødvendigvis for alle marker.

Øget kontrol med gødningsanvendelse på husdyrbrug

Braklægning har medført, at arealer hvorpå husdyrgødning må udsprede er mindsket. Herved har brug med stor husdyrtæthed fået vanskeligere ved at afsætte overskydende gødning. Regler for omfordeling af husdyrgødning mellem ejendomme bør strammes. Endvidere bør der være en bedre kontrol med gødningsanvendelsen på husdyrbrugene med det mål at minimere overgødsningen.

Vintergrønne marker med stor kvælstofoptagelse

Grønne marker bør i langt større udstrækning end tidligere bestå af afgrøder, som kan forventes at optage kvælstof af betydning i efterårs- og vintermånederne. Dette medfører, at det store vintersædsareal må reduceres til fordel for vårsæd med udlæg. Endvidere bør der efter bælgsæd etableres en efterafgrøde med stor kvælstofoptagelse. Ved scenarieberegning med udvaskningsfunktioner er det vist, at der kan opnås en betydelig reduktion i udvaskningen, hvis korn og bælgsæd følges af en efter- eller vinterafgrøde (jvf. afsnit 8).

Braklægning som våde enge og bræmmer

En miljørigtig udnyttelse af braklægningen i landbruget i form af genskabelse af våde enge og vådområder i ådalene kan være med til at begrænse tilførslen af kvælstof til vandløb. Undersøgelser af kvælstoffjernelsen i våde enge har vist, at de kan fjerne endog meget store mængder (*Ambus og Hoffmann, 1990; Hoffmann et al., 1993; Fyns Amt, 1992; Kronvang et al., 1994*). Udnyttelsen af våde enge som "kvælstoffiltre" skal dog ske afbalanceret, dels i forhold til, at der nogle steder er risiko for øget udvaskning af fosfor, jern og sulfat dels i forhold til det naturindhold, der måtte være i en oprindelig våd eng. Desuden løser våde enge ikke problemet med forurening af grundvandet.

Endvidere kan braklægning udnyttes ved etablering af permanent plantedækkede sprøjtefri bræmmer langs vandløb og vådområder, dels med henblik på tilbageholdelse af fosfor, der med jorderosion afstrømmer overfladisk fra dyrkede arealer, dels med henblik på at nedsætte risikoen for tilførsel af pesticider til vandmiljøet.

Grundvandsbeskyttelseszoner

Der bør ske beskyttelse af truede grundvandsressourcer mod tilførsel af næringsstoffer og pesticider, ifølge *Redegørelse fra Miljøstyrelsen, 1994*.

12.5 Udvikling i landbrugets anvendelse af fosforgødning

Der forefindes idag ingen lovbundne krav med hensyn til anvendelse af fosforgødning; derimod findes vejledende normer for tilførsel til afgrøderne; disse gælder dog kun for jorder med middelhøj fosforstatus, og endvidere skal behov og tilførsel ses over en flerårig periode.

Nettoinput af fosfor til danske jorder faldet fra 15 til 6 kg P ha⁻¹ år⁻¹ i perioden 1998-1995

Tilførsel af fosfor til det danske landbrugsareal med handelsgødning er faldet fra 16,7 til 7,8 kg P ha⁻¹ år⁻¹ i perioden fra 1985 til 1995; husdyrgødningsforbruget er i samme periode øget fra 16,8 til 17,8 kg P ha⁻¹ år⁻¹. Fosfor fjernet med afgrøderne har ligget på 16-22 kg P ha⁻¹ år⁻¹. Der har således været en nettotilførsel af fosfor gennem hele perioden, denne er dog mindsket betydeligt fra ca 15 til 6 kg P ha⁻¹ år⁻¹ fra 1985 til 1995 (afsnit 5.5).

Danske jorder har høj fosforstatus

Den konstante nettotilførsel har medført stigende fosforstatus for landbrugsjorderne. Fosforstatus angives i landbruget ved fosfortallet, Pt-værdien (afsnit 11.3). For optimal planteproduktion bør Pt-værdien ligge på 2,0-3,5/4,0. Den gennemsnitlige Pt-værdi for de danske jorder ligger på 4,5, og ca 50% har Pt-værdier over 4,0. De danske jorder har altså en høj fosforstatus, og for en stor del er der slet ikke behov for fosforgødsning. Et problem er at nettotilførslen af fosfor er størst og dermed jordernes fosforstatus højst i egne med stor husdyrtæthed, hvor husdyrgødningen nødvendigvis skal udbringes uanset jordens fosforstatus.

Nedbringelse af nettoinput til jorder påkrævet

Jordernes høje fosforstatus har indflydelse på det diffuse fosfortab til vandmiljøet, hvorfor der er behov for at nedbringe fosfortilførslen ved gødsning yderligere. Der bør fokuseres på følgende forhold og initiativer:

- Anvendelse af mindre fosforgødning eller undladelse af fosforgødsning til jorder med høj fosforstatus.
- Undlade tilførsel af fosfor med handelsgødning på arealer, som får tilført tilstrækkeligt fosfor med husdyrgødning.
- Begrænse produktionen af husdyrgødningsfosfor, dels gennem lavere husdyrtæthed, dels gennem nedsat fosforindhold i foderet. Der arbejdes allerede på sidstnævnte forhold. Således har nedsat fosforindhold i svinefoder medført en reduktion (15-20%) i fosforindholdet i svinegylle fra 1994/95 til 1995/96 (*Planteavl-Orientering, 1996*)
- Regulering af husdyrgødnings-tilførsel til marker bør ske på baggrund af gødningens indhold af såvel kvælstof som fosfor.

Debatten omkring fosforgødsningens betydning for det diffuse fosfortab til vandmiljøet er først kommet frem indenfor de seneste år. Der bør sættes på at fremskaffe øget viden på området.

Sammenfatning af Danmarks Miljøundersøgelser nationale rapporter vedrørende resultaterne af Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1995

Overvågningen i 1995 har vist, at der siden Vandmiljøplanen i 1987 er sket en reduktion i kvælstofudvaskningen fra landbruget, men at målsætningen ikke er opfyldt. Landbrugspraksis har været den samme i 1995 som i 1994. Fra maj 1995 til maj 1996 var vandafstrømningen og kvælstoftransporten den lavest målte, især på Sjælland og Fyn. Den biologiske tilstand i vandløbene har ikke ændret sig, medens der i en væsentlig del af søerne er konstateret en forbedret miljøtilstand siden 1989. Fjordenes tilstand er stadig præget af de høje næringsstoffølser. Fosfortilførslerne er dog mindsket markant til en række fjorde, fordi spildevand renses bedre. Som følge heraf er tilstanden bedret i enkelte fjorde. I de åbne farvande afveg tilstanden i 1995 ikke væsentligt fra tidligere år.

Tilførsel af fosfor og kvælstof til vandmiljøet

I 1995 var ferskvandsafstrømningen fra danske landområder til indre danske farvande godt 10% over normalen for perioden 1971-90. Afstrømningen var dog meget atypisk fordelt over året med næsten dobbelt så meget som normalt i 1. kvartal. I sommeren 1995 indledtes til gengæld den tørreste periode, der er registreret i Danmark, med meget ringe nedbør og en ekstremt lille vandafstrømning i vandløbene. Denne periode fortsatte frem til oktober 1996.

De landbaserede danske tilførsler af fosfor til de marine kystafsnit med vandløb og direkte spildevandsudledninger er faldet markant. I midten af 1980'erne var tilførslerne ca. 8.200 tons fosfor, i 1989 ca. 6.800 tons og i 1995 3.320 tons fosfor. Faldet kan alene tilskrives en bedre rensning af spildevandet. Den diffuse fosforafstrømning var 1.510 ton i 1995 og dermed noget højere end gennemsnittet for perioden 1981-88 på 1.100 ton per år.

Den samlede landbaserede kvælstoftilførsel var i 1995 92.900 tons mod 128.000 tons i 1994, hvor vandafstrømningen og dermed kvælstoftransporten i vandløb var specielt stor. Det diffuse bidrag (inkl. belastning fra spredt bebyggelse), der primært består af dyrkningsbetingede tab til vandmiljøet, udgjorde 85% af den samlede tilførsel fra land. På grund af den store vandafstrømning fandt 2/3 af tilførslen sted i 1. kvartal 1995.

Den målte nitrat-transport i 55 vandløb, der afvander dyrkede områder, var i det hydrologiske år 1995/96 (maj-maj) den lavest målte siden 1978. I fynske vandløb var den kun 14% af normalen mod 59% i jyske vandløb. Den meget lille kvælstoftransport i fynske

(og sjællandske vandløb) forklares primært af den ekstremt lille vandføring. Denne var ikke helt så lav i jyske vandløb. Nitrat-transporten korrigeret for klimatisk betingede år- til år- variationer i vandafstrømningen var i 1995 i Jylland og på Bornholm på samme niveau som de to forudgående år. På Sjælland og Fyn var den betydeligt lavere end i tidligere år. Forskellen regionerne imellem er primært relateret til en større andel af lerjorder i Øst-Danmark og dermed en større overfladenær afstrømning til vandløbene. I lerede oplande var der i 1995 således det laveste tab af nitrat til vandløbene siden 1978/79.

De marine områder tilføres også næringsstoffer fra atmosfæren. På baggrund af målinger og modelberegninger er denne tilførsel opgjort til 0,5-1,6 ton N km⁻² år⁻¹. Størst er den til de kystnære områder og den nordlige del af Nordsøen samt den nordvestlige del af Skagerrak. For de to sidstnævnte områder forårsages den høje tilførsel sandsynligvis af de relativt store nedbørsmængder her, og for de kystnære områder af beliggenheden tæt ved ammoniakilder. Der er tendens til et lille fald i den samlede atmosfærebelastning af de danske havområder i perioden 1989 til 1995.

Vandløb og vandløbsoplande

Landbrugspraksis er undersøgt i 6 landovervågningsoplande. I 1995 udgjorde grønne marker 85% af det dyrkede areal, ca. 68% af husdyrbrugene havde en opbevaringskapacitet til husdyrgødningen på 9 måneder eller derover og forårs/sommerudbringningen af husdyrgødningen udgjorde 80%. Minimumskravet til udnyttelse af husdyrgødning blev ikke opfyldt på 37-47% af ejendommene, som anvendte husdyrgødning i 1995, og der blev overgødet på 20-30% af arealet. I perioden 1990-94 er der dog sket forbedringer i landbrugspraksis, mens forholdene i 1995 ikke afveg væsentligt fra 1994. Udnyttelsen af husdyrgødningen er således forbedret med 16%-point, og forårs/sommerudbringningen er øget med 26%-point.

På landsplan er den samlede tilførsel af handelsgødning faldet fra 392 mill. kg N i 1985 til 310 kg mill. kg N i 1995. Tilførsel af husdyrgødning var omtrent uændret i perioden.

Total kvælstoftilførsel (handelsgødning, husdyrgødning samt kvælstof tilført ved bælgeplanter fiksering og atmosfærisk tilførsel) til dyrkningsjord i Danmark er faldet fra 261 kg N ha⁻¹ i 1985 til 237 kg N ha⁻¹ i 1995. Kvælstof fjernet med afgrøderne har varieret mellem 111 og 145 kg N ha⁻¹ år⁻¹. Nettotilførsel af kvælstof udgjorde 133 kg N ha⁻¹ i 1985 og 106 kg N ha⁻¹ i 1995. Set over hele perioden udgjorde faldet i nettotilførsel af kvælstof 13%.

Udvaskningen af kvælstof fra rodzonen i de 6 landovervågningsoplande har siden 1989 i gennemsnit været 83 kg N ha⁻¹ år⁻¹ for lerjordsoplandene og 135 kg N ha⁻¹ år⁻¹ for sandjordsoplandene. Mindst var udvaskningen fra planteavlsbrugene, og for husdyrbrugene steg udvaskningen med stigende husdyrtæthed.

Kvælstofudvaskningen fra rodzonen er yderligere beregnet med en empirisk model. En beregning for alle markerne i oplandene for 6 driftsår og ved normal klima viste en reduktion i udvaskningen på ca. 14% fra 1989/90 til 1995/95.

I en modelberegning af et scenarie, hvor kravene i Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug vedr. udnyttelsesgrader er opfyldt, og hvor husdyrgødningen indenfor de enkelte ejendomme er fordelt optimalt, fås en gennemsnitlig reduktion i udvaskningen på 32% i forhold til udvaskningen ved aktuel gødningspraksis i 1989/90. Scenarieberegninger af en forøget anvendelse af græsudlæg og efterafgrøder, samt en 20%'s reduktion i gødskningsnormerne peger på, at yderligere tiltag kan bringe udvaskningen ned på niveau med målet i Vandmiljøplanen.

Kvælstofkoncentrationerne i vandløb i dyrkede områder har varieret mellem 6,3 og 9,1 mg N l⁻¹ eller 4-5 gange større end i vandløb i naturområder. I 1995 blev der målt de laveste koncentrationer i vandløbene i dyrkede områder hidtil.

Tilførsel af fosfor med handelsgødning til dyrkede arealer i Danmark er faldet fra 16,7 kg P ha⁻¹ i 1985 til 7,8 kg P ha⁻¹ i 1995, mens tilførsel med husdyrgødning er steget fra 16,8 P ha⁻¹ til 17,8 kg P ha⁻¹ i samme periode. Fosfor fjernet med afgrøderne har varieret mellem 16 og 22 kg P ha⁻¹ år⁻¹. Nettotilførsel af fosfor til landbrugsjord er således faldet fra ca. 15 til ca. 6 kg P ha⁻¹ i perioden 1985 til 1995.

De laveste fosforkoncentrationer findes i vandløb i naturoplande og de højeste i spildevandsbelastede vandløb. I vandløb, der modtager spildevand fra punktkilder var den vandføringsvægtede koncentration af fosfor i 1995 0,16 mg P l⁻¹ eller mindre end 30% af niveauet i 1989. I dambrugsbelastede vandløb er koncentrationen ligeledes faldet i overvågningsperioden 1989-95 fra 0,18 mg P l⁻¹ i 1989 til 0,10 mg P l⁻¹ i 1995, som tegn på mindskede fosforudledninger fra dambrugene.

Undersøgelser af vandløbenes biologiske tilstand viste, at tilstanden bedømt ud fra smådyrfaunaens sammensætning i form af Dansk Faunaindeks ikke har ændret sig siden starten af disse undersøgelser i 1992. I 1995 havde 17% af stationerne en DFI på I-I/II og 72% en DFI II-II/III. I de resterende vandløb var tilstanden ringere. Tilstanden var som forventet dårligst i vandløb, der modtager betydelige mængder spildevand, men DFI kunne også relateres til en række fysiske og kemiske forhold. Tilstanden påvirkes således negativt af lave strømhastigheder, organisk stof og stor årstidsvariation i vandføringen.

Trådalger forekom i 1995 på 80% af de undersøgte vandløbsstationer. I vandløb med svag strøm, ringe variation i vandføringen og høje næringsstofkoncentrationer var trådalgerne talrigt tilstede. Der har ikke kunnet konstateres en udvikling i perioden siden 1993, hvor disse undersøgelser blev igangsat.

Søer

I 19 af de 37 undersøgte søer er der nu konstateret et signifikant fald i fosforkoncentrationen i søvandet siden 1989. Dette forklares især af en reduceret spildevandstilførsel til disse søer.

Faldet i fosforkoncentrationer har ikke været stort nok til at mindske mængden af planktonalger og dermed øge vandets klarhed i alle 19 søer. Således er der kun sket et signifikant fald i mængden af planktonalger (klorofyl) og/eller øgning i sigtdybde i 14 af søerne. Mængden af planktonalger og vandets klarhed styres dog ikke alene af næringsstofferne, men er også reguleret af den biologiske struktur i søerne. Specielt i lavvandede, næringsrige søer spiller fiskebestandens størrelse og sammensætning en betydelig rolle for sammensætningen og mængden af planktonalger og dermed for vandets klarhed.

Den biologiske struktur har også betydning for næringsstoffdynamikken. Således påvirker mængden af undervandsplanter søernes evne til at fjerne kvælstof væsentligt. I søer med mange undervandsplanter fjernes betydeligt mere kvælstof end i søer uden undervandsplanter.

De marine områder

Fjordene

Temaet for rapporteringen af Vandmiljøplanens Overvågningsprogram i 1996 er tilstand og udvikling i de danske fjorde.

Fjordene modtager næringsstoffer fra vandløb, punktkilder, atmosfæren og ved udveksling med tilstødende åbne farvande.

Kvælstof- og fosfortilførslen er særskilt opgjort til 47 fjorde og afgrænsede kystnære vandområder. Koncentrationerne af kvælstof i det tilledte ferskvand og tilførsler med direkte spildevandsudledninger var i 1995 $7,4 \text{ mg N l}^{-1}$ som gennemsnit, eller den mindste i perioden 1989-95. De vandføringsvægtede indløbskoncentrationer af fosfor til disse fjorde faldt fra $0,80 \text{ mg P l}^{-1}$ i 1989 til $0,21 \text{ mg P l}^{-1}$ i 1995.

De landbaserede tilførsler af kvælstof og fosfor medfører forhøjede næringsstofniveauer i fjordene i forhold til de åbne farvandsområder. Specielt i de lavvandede og middeldybe fjorde er koncentrationerne høje, men der er stor variation. Koncentrationen af næringsstoffer i fjordene afspejler størrelsen den landbaserede belastning. På årsbasis kan belastningen forklare henholdsvis 50% og 30% af variationen i den totale kvælstof- og fosforkoncentration. Sammenhængen mellem belastning og næringsstofkoncentration afhænger af vandopholdstiden i fjordområderne, og i sommerhalvåret påvirker de biologiske processer yderligere sammenhængen. Den bedste korrelation mellem belastning og kvælstofkoncentration ses i vin-

terhalvåret. I februar kan belastningen forklare 62% af variationen i kvælstofkoncentrationen og 34% af variationen i fosforkoncentrationen. Generelt indikerer analyserne, at fosforkoncentrationerne i højere grad end kvælstofkoncentrationerne påvirkes af andre faktorer end belastningen. En væsentlig faktor er frigivelse af fosfat fra fjordbunden, hvor der er ophobet fosfor fra de forudgående års fosforbelastning.

Planteplanktonets biomasse målt som klorofyl har stor betydning for fjordenes stofomsætning. Høje koncentrationer af planteplankton nedsætter vandets gennemsigtighed og begrænser derved forekomsten af bundlevende planter. Algernes koncentration aftager med stigende middeldybde af fjordene, øges med stigende kvælstofbelastning og begrænses af algespisende muslinger. Effekten af dybden må tilskrives en kombination af forringede lysforhold og en "fortynding" i et større volumen. Samlet kan disse 3 variable forklare mellem 50 og 70% af den totale variation i algebiomassen i danske fjordområder med middeldybder under 8,5 m. Med baggrund i opstillede regressionsmodeller kan det forudsiges, at en halvering af kvælstofbelastningen af de danske fjorde vil medføre, at algebiomassen i gennemsnit reduceres med 25% om sommeren (maj-september).

Ålegræssets dybdegrænse og dækningsgrad på vanddybder fra 2-10 m reguleres i høj grad af lystilgængeligheden, og vil derfor forøges som følge af bedre lysforhold efter en reduktion i næringssaltbelastningen. Herudover forventes ålegræspopulationerne at blive mere stabile, hvis risikoen for iltsvind mindskes efter en belastningsreduktion. Fra århundredskiftet til i dag er ålegræssets udbredelse kraftigt reduceret først som følge af ålegræssygen i 1930'erne og siden som følge af øget næringssaltbelastning. Inden for de seneste år har den mest markante udvikling i ålegræsbestandene været en række lokale reduktioner i 1992 og 1994 formentlig som følge af en kombination af høje vandtemperaturer og iltsvind med svovlbrinteudslip. Flere steder er en retablering af disse bestande undervejs, og ser ud til at kunne foregå inden for en overskuelig årrække. For makroalgernes vedkommende peger analyserne på, at en belastningsreduktion vil betyde et stigende artsantal, et reduceret antal eutrofieringsbetingede arter og en ændring i arternes indbyrdes dominansforhold. Fjordenes størrelse, saltholdighed og forekomst af stenbund er også vigtige parametre for artsantallet. Generelt vil bedre lysforhold i forbindelse med faldende næringssaltkoncentrationer resultere i, at bundvegetationen får større betydning i forhold til planteplankton. Eksempler på sådanne skift mellem de forskellige plantegrupper er set i Norsminde Fjord og i Seden Strand inderst i Odense Fjord, i forbindelse med en markant reduktion i fosforbelastningen og en mindre reduktion i kvælstofbelastningen.

Mange af de danske fjorde udsættes jævnligt for dårlige iltforhold, som kan skade bunddyr og fisk. Iltforholdene ved bunden er afhængig af iltforbruget, som igen afhænger af stofproduktion og belastningen samt af opblandingsforholdene. I Skive og Roskilde Fjord er iltforholdene vurderet nøjere. Bundvandets iltindhold er

overordnet bestemt af opblandingsforholdene, og i perioder med lagdeling af vandsøjlen kunne iltindholdet beskrives ved varigheden af den lagdelte periode og kvælstofbelastningen. På basis af en regressionsmodel kan effekten af en 50% belastningsreduktion forventes at være ganske betydelig.

I danske fjorde er bundfaunaen (målt som biomasse) stærkt domineret af bløddyr og især af filtrerende muslinger. De kan opfattes som nøgleorganismer for fjordenes tilstand, idet de påvirker mængden af planktonalger. Bunddyrenes biomasse er positivt korreleret til kvælstofbelastning, vanddybde og til vandets opholdstid i fjordene. Disse forhold forklarer ca. 60 % af variationen i biomassen og ca. 70 % af variationen i den beregnede produktion af bunddyr. I begge tilfælde havde kvælstofbelastningen langt den største effekt. Den "positive" sammenhæng mellem kvælstofbelastningen og bunddyrenes biomasse viser, at produktionen i de danske fjorde overordnet er kvælstofbegrænset, og at de indirekte effekter på bundfaunaen af forringede iltforhold generelt er beskedne.

Fjorde betragtes ofte som "filtre" for næringsstoffer på vej fra land til åbent hav. Da langt størstedelen af de danske udledninger af næringsstoffer sker til fjorde, er en kvantificering af denne "filtereffekt" vigtig. I 9 ud af 10 fjorde var der en tilbageholdelse af kvælstof. Tabet i de 10 fjorde udgør i gennemsnit $9 \text{ g N m}^{-2} \text{ år}^{-1}$ og skyldes en kombination af denitrifikation og akkumulering i fjordenes sedimenter. I de fjorde, hvor kvælstof fjernes varierer den procentvise fjernelse mellem 1 og 90% og er positivt korreleret til vandets opholdstid. For fosfor skete der kun i 2 ud af 9 fjorde en tilbageholdelse, mens der netto blev frigivet fosfor fra de øvrige 7. Eksporten af fosfor fra fjordene til de åbne farvande må skyldes frigivelse fra puljer, som er ophobet i sedimenterne fra forudgående år med en højere belastning. Når fosforpuljerne i sedimenterne er udtømte, må man regne med en tilbageholdelse af fosfor i fjordene svarende til $0,2-0,5 \text{ g P/m}^2 \text{ år}^{-1}$.

Åbent hav

I de åbne farvande afveg tilstanden i 1995 ikke markant fra tidligere år. Dog var næringssaltkoncentrationerne i Skagerrak høje i marts-april, hvilket medførte en større planteplanktonmængde og primærproduktion. I Nordsøen ud for Vadehavet var der i maj-juli masseopblomstringer af skumalgen *Phaeocystis*. I Øresunds dybere dele blev der i august og september observeret de laveste iltkoncentrationer i de seneste 5 år. I Nordsøen ud for Ringkjøbing Fjord og i Lillebælt var der iltsvind i sensommeren. I Lillebælt er dette formodentlig en af forklaringerne på, at bundfaunaen er forarmet i dele af området.

Referencer

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

Andersen, H.E., Berg, P., Blicher.Mathiesen, G., Jensen, P.G., Kronvang, B., Schwærter, R.C. og Rasmussen, P. (1994): Landovervågningsoplande. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1993. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU, nr. 120.

Andersen, H.E., Blicher.Mathiesen, G., Grant, R., Bak, J. Berg, P., Kronvang, B., Kjeldsen, K. og Rasmussen, P. (1992): Landovervågningsoplande. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1991. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU, nr. 64.

Andersen M.S. (1994): Overførsel af husdyrgødning fra disharmoniske landbrug. Notat. Center for samfundsvidenskabelig miljøforskning, Århus Universitet.

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).

Colorado State University (1988): WQStat II. A Water Quality Statistics Program. Colorado.

Danmarks Statistik (1993): Brev af 19. maj 1993 vedr. beslutningsreferat angående omregningsfaktorer fra husdyrkatégorier til kg udskilt N, P og K af dyr.

Danmarks Statistik (1995): Statistiske efterretninger, Miljø nr. 4, 1995. Husdyrtætheden i 1994.

De danske Landboforeninger (1996): Opfyldelse af krav til husdyrgødning. Hvem udarbejder landmændenes gødningsplaner? Forsknings- og Udviklingspolitisk Afdeling, Februar 1996.

DGU (1989 a): Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Landovervågningsoplande LOOP 1 Højvads Rende. Etableringsrapport for jordvandsstationer og grundvandsstationer. - Intern Rapport nr. 49, 187 pp + bilag.

DGU (1989 b): Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Landovervågningsoplande LOOP 2 Odder Bæk. Etableringsrapport for jordvandsstationer og grundvandsstationer. - Intern Rapport nr. 50, 185 pp + bilag.

DGU (1989 c): Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Landovervågningsoplande LOOP 3 Horndrup Bæk. Etableringsrapport for jordvandsstationer og grundvandsstationer. - Intern Rapport nr. 51, 201 pp + bilag.

DGU (1989 d): Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Landovervågningsoplande LOOP 4 Lillebæk. Etableringsrapport for jordvandsstationer og grundvandsstationer. - Intern Rapport nr. 52, 172 pp + bilag.

DGU (1989 e): Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Landovervågningsoplande LOOP 5 Barslund Bæk. Etableringsrapport for jordvandsstationer og grundvandsstationer. - Intern Rapport nr. 53, 219 pp + bilag.

DGU (1989 f): Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Landovervågningsoplande LOOP 6 Bolbro Bæk. Etableringsrapport for jordvandsstationer og grundvandsstationer. - Intern Rapport nr. 54, 219 pp + bilag.

Fyns Amt (1992): Kvælstoffjernelse i våde enge. Marginaljordsprojekt 1990-1992. Notat fra Fyns Amt, december 1992.

Fyns Amtskommune (1996): Vandmiljøovervågning - Landovervågning 1995, 69 pp + bilag.

GEUS (1995): Grundvandsovervågning 1995. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse. Særudgivelse. København.

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., Laubel A., Kronvang B., Andersen H.E., Svendsen L.M. & Fulgsang A. (1996): Loss of dissolved and particulate phosphorus from arable catchments by subsurface drainage. Water Research (in press).

Hansen, B. (1986): Tilførsel af kvælstof, fosfor og organisk stof til vandløb fra landbrugsområder: Gjelbæk og Rabis Bæk. Rapport til Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium.

Hansen, B., Djurhuus, J., Christensen, N., Jacobsen, O.S. & Hoffmann C.C. (1991): Analyse af jordvands sammensætning - metodesammenligning. - NPo-forskning fra Miljøstyrelsen nr. A17, 64 pp.

Hansen, E. (1990a): Normtal for økonomisk optimale N-mængder til landbrugsafgrøder. Miljøstyrelsen. 4 sider.

Hansen G.K. & Svendsen H. (1994): Modelberegninger og optimering af N-balancer i sædskifter for svinebrug på lerjord. SP rapport nr. 15, 1994, Statens Planteavlsvforsøg.

Hansen, L. & Pedersen, E.F. (1985): Drænvandsundersøgelser 1971-74. Tidsskrift for Planteavl 79: 670-688.

Hansen, S., Jensen, H.E., Nielsen, N.E. og Svendsen, H. (1990): DAISY - A soil plant system model. - NPO-forskning fra Miljøstyrelsen, nr. A 10. 272 pp.

Heckrath G., Brookes P.C., Poulton P.R. & Goulding K.W.T. (1995): Phosphorus leaching from soils containing different phosphorus concentrations in the Broadbalk experiment. J. Environ. Qual. 24, 904-910.

Hedeselskabet (1989 a): Landovervågningsoplandet Højvads Rende LOOP 1. Afleveringsrapport H.U., Hedeselskabet. 23 pp + bilag.

Hedeselskabet (1989 b): Landovervågningsoplandet Odder Bæk LOOP 2. Afleveringsrapport. H.U., Hedeselskabet. 22 pp + bilag.

Hedeselskabet (1989 c): Landovervågningsoplandet Horndrup Bæk LOOP 3. Afleveringsrapport. H.U., Hedeselskabet. 22 pp + bilag.

Hedeselskabet (1989 d): Landovervågningsoplandet Lillebæk LOOP 4. Afleveringsrapport. H.U. Hedeselskabet. 18 pp + bilag.

Henriksen H.J., Andersen G., & Rasmussen P. (1996): Ekstrem lille grundvandsdannelse i 1995-96. Vand og Jord. Årgang 3, nr. 4. København.

Hoffmann, C.C., Dahl, M., Kamp-Nielsen, L. & Stryhn, H. (1993): Vand- og stofbalance i en natureng. Miljøprojekt nr. 231. Miljøstyrelsen.

Håndborg for plantedyrkning (1991): Landskontoret for planteavl.

Håndborg for plantedyrkning (1992): Landskontoret for planteavl.

Håndborg for plantedyrkning (1995): Landskontoret for planteavl.

Institute of Hydrology (1993): Low flow estimation in the United Kingdom. IH report 108. Institute of Hydrology, Wallingford, United Kingdom.

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. The Danish Institute of Plant and Soil Science (in press).

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 Planteavlsforsøg. Afd. for Arealdata for Kortlægning, 17 pp + bilag.
- Klausen, P. S. (1985):* Næringsstofindhold. Gylle. In: Husdyrgødning og dens anvendelse. Statens Planteavlsforsøg, Beretning nr. S 1809.
- Kronvang, B. & Thyssen, N. (1987):* Transport af kvælstof i vandløb. Vand og Miljø nr. 3: 111-114.
- Kronvang, B. & Bruhn, A.J. (1990):* Overvågningsprogram. Metoder til bestemmelse af stoftransport i vandløb. Miljøministeriet. Danmarks Miljøundersøgelser.
- Kronvang, B., Ærtebjerg, G., Grant, R., Kristensen, P., Hovmand, M. og Kirkegaard, J. (1993):* Nationwide monitoring of nutrients and their ecological effects: State of the Danish aquatic environment. *Ambio* 22: 176-187.
- Kronvang, B., Hoffmann, C.C., Iversen, T.M., Jensen, J.J., Larsen, S.E., Platou, S.W. & Skop, E. (1994):* Kvælstoftilførsel til Limfjorden. 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* (in press).
- Kyllingsbæk, A. (1995):* Kvælstofoverskud i dansk landbrug 1950-1959 og 1979-1994. Statens Planteavlsforsøg, rapport nr. 23.
- Landsudvalget for kvæg (1993):* Fodermiddeltabel 1993. Statens Planteavlsforsøg, rapport nr. 28.
- Landsudvalget for kvæg (1995):* Fodermiddeltabel 1995. Statens Planteavlsforsøg, rapport nr. 52.
- Larsen, S.E., Erfurt, J., Græsbøll, P., Kronvang, B., Mortensen, E., Nielsen, C.A., Ovesen, N.B., Paludan, C., Rebsdorf, Aa., Svendsen, L.M. & Nyegaard, P. (1995):* Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1994. Vandløb og kilder. Danmarks Miljøundersøgelser. -Faglig rapport fra DMU nr.140.
- Laurson, B. (1987):* Normtal for husdyrgødning. Statens Jordbrugsøkonomiske Institut, rapport nr. 28.
- Laurson, B (1994):* Normtal for husdyrgødning. Statens Jordbrugsøkonomiske Institut. Rapport nr. 82.
- Laurson B. (1994):* Normtal for husdyrgødning - revideret udgave af rapport nr. 28. Statens Jordbrugsøkonomiske Institut, rapport nr. 82.
- Miljøstyrelsen (1996):* Beregning af landsdækkende behov for N-gødning. Ferskvand og Landbrugskontoret, Miljøstyrelsen, 16. januar 1996.

Nordjyllands Amtskommune (1996): Vandmiljøovervågning. Landovervågning 1995. Interviewundersøgelse. Udvaskning fra rodzonen. Vandløb og drænvand. 121 pp + bilag.

Olesen, J.E. (1990): Klima til Landovervågningsoplande m.v., Statens Planteavlsforsøg, Afd. for Jordbrugsmeteorologi. 4 pp.

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.

Oversigt over landsforsøgene (1995): Forsøg og undersøgelser i de landøkonomiske foreninger. Landsudvalget for planteavl, 1955. 29 pp.

Planteavlsovervågning (1996): Indholdet af næringsstoffer i gylle 1995 og 1996. Landbrugets Rådgivningscenter, Skejby, 12. juni 1996.

Plantedirektoratet (1995): Redegørelse for udnyttelse af husdyrgødning og udviklingen i landbrugets kvælstofhusholdning. Landbrugs- og Fiskeriministeriet, 15. december 1995.

Rasmussen, P. og Gosk, E. (1990): Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Grundvand i landovervågningsoplandene. Danmarks Geologiske Undersøgelse. Intern rapport nr. 47, 1990. 24 sider + bilag.

Sibbesen E. (1990): Kvælstof, fosfor og kalium i foder, animalsk produktion og husdyrgødning i dansk landbrug i 1980'erne. Statens Planteavlsforsøg. Tidsskrift for Planteavls Specialserie. Beretning nr. S2054.

Sibbesen E. & Runge-Metzger A. (1995): Phosphorus balance in European agriculture - status and policy options. I "Phosphorus in the Global Environment. Transfers, Cycles and Management", SCOPE 54, 43-57. ed. Tiessen H., John Wiley & Sons, Chichester.

Sibbesen E. (1996): Ophobning og tab af fosfor. Jord og Viden, 18 (1996), 6-8.

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.

Simmelsgaard, S.E. (1996): Plantenæringsstoffer i drænvand og jordvand. Statens Planteavlsforsøg, SP rapport nr. 7, 1996.

Sommer, S. G. & Christensen B.T. (1990): NH₃-fordampning fra handels- og husdyrgødning. NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, Nr. A7, 1990.

Storstrøms Amtskommune (1996): Landovervågning. LOOP 1 - Højvands Rende, 1995. 72 pp + bilag.

Sønderjyllands Amtskommune (1996): Vandmiljøovervågning - Landovervågning. Teknisk rapport. 36 pp + bilag.

Vejle/Århus Amtskommune (1996): Landovervågning 1995. Horndrup Bæk (LOOP 3). Landbrugsdrift - Næringsudvaskning - stoftransport. 59 pp + bilag.

Viborg/Ringkøbing Amtskommune (1996): Vandmiljøovervågning. Landovervågning, 1995. 58 pp + bilag.

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

Windolf et al. (1996): Ferske vandområder - Vandløb og kilder. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram, 1995. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU nr. 177.

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

Bilag 4.1

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

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

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.

Bilag 5.1

Data til beskrivelse af udviklingstendensen i gødningspraksis til fem afgrødegrupper i perioden fra 1990 til 1995.

		1990	1991	1992	1993	1994	1995
Handelsgødning	(kg N ha ⁻¹)	133	127	124	122	116	114
Husdyrgødning	(kg N ha ⁻¹)	84	88	90	97	99	105
Total tildelt	(kg N ha ⁻¹)	216	215	214	219	215	219
Effektiv tildelt	(kg N ha ⁻¹)	160	158	157	159	158	158
Anbefalet	(kg N ha ⁻¹)	144	146	139	144	151	148
Nyttetvirkning	(%)	33	36	37	38	42	42
Udnyttelsesgraden af husdyrg.	(%)	14	22	17	23	36	33

Bilag 5.2

Datagrundlag for opgørelse af tildelte kvælstofmængde i forhold til de anbefalede kvælstofmængder for fem afgrødegrupper opdelt på fire husdyrtæthedsgrupper og fire bedriftstyper i 1995. Opgørelsen er foretaget i henhold til gældende lovgivning.

	Husdyrtæthed				Bedrifter			
	0 DE	0-1.69 DE ha ⁻¹	1.69-2.3 DE ha ⁻¹	>2.3 DE ha ⁻¹	Plante- brug	Kvæg + svin	Kvægbrug	Svinebrug
Areal (ha)	957	1599	470	228	967	244	1027	1006
Handelsgødning (kg N ha ⁻¹)	147	107	71	87	147	70	93	109
Husdyrgødning (kg N ha ⁻¹)	21	113	213	171	21	222	135	127
Udbinding (kg N ha ⁻¹)	0	3	4	10	0	9	6	0
Effektiv husdyrgødning (kg N ha ⁻¹)	10	58	104	80	10	113	63	67
Anbefalet behov (kg N ha ⁻¹)	149	149	144	139	149	140	145	151
Eff. tildelt gødning - anbf. (kg N ha ⁻¹)	8	16	30	28	8	43	11	25

Bilag 5.3

Kvælstofstrømme for hele landet, kvælstofgødning, DE, nyttevirkning samt N behov for hele landet fra 1985 til 1995.

År	Handelsgødn.-forbruget ¹ (mio. kg N)	Udskilt N i husdyrg. (mio. kg N)	DE i 1000	Udbragt husdyrg. ² (mio. kg N)	Total udbragt (mio. kg N)	Nytte- virkn. %	Effektiv husdyrg. (mio. kg N)	Total effektiv N (mio. kg N)	Anbef. gødn.behov ³ (mio. kg N)	Handelsg. i % af anbef.
1995	310	301	2418	212	521	42	89	399	384 (372)	80,7 (83,3)
1994	320	304	2411	216	529	42	91	411	371 (376)	86,3 (85,3)
1993	327	310	2531	220	547	42	92	420	393	83,1
1992	364	298	2407	208	572	40	83	447	413	88,0
1991	389	292	2355	203	592	38	77	466	424	91,8
1990	395	289	2336	200	594	36	72	466	428	92,3
1989	371	288	2296	198	570	34	67	439	410	90,5
1988	361	291	2313	200	561	32	64	425	393	91,9
1987	376	395	2371	204	580	30	61	437	396	94,8
1986	376	306	2459	213	589	28	60	436	400	94,0
1985	392	306	2507	210	603	26	55	447	409	96,0

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

² Udbragt husdyrgødning = udskilt N - fordampning fra stald og lager - udbindig

³ Opgjort efter *Hansen (1990)*. I parentes er angivet behovet efter nugældende regler (*Miljøstyrelsen, 1996*)

Bilag 5.4

Total Kvælstof input og høstet kvælstof samt delparametre til opgørelse af disse og udbragt husdyrgødning for hele landet fra 1985 til 1995.

År	Dyrket areal 1000 ha	Total N-input ¹ (mio. kg N)	N-fiksering (mio. kg N)	Deposition (mio. kg N)	Høstet N (mio. kg N)	Input- høstet (mio. kg N)	Græsareal (1000 ha)	Udbinding ² (mio. kg N)	NH ₃ -for- dampning ² (mio. kg N)
1995	2744	649	29	58	359	290	453	41,3	47,9
1994	2706	665	32	57	337	328	440	40,1	47,6
1993	2750	681	35	58	354	328	452	41,7	48,6
1992	2760	704	32	58	305 ³	400	472	43,0	47,0
1991	2776	726	33	58	378	349	469	42,7	46,2
1990	2798	732	35	59	405	326	476	43,4	45,9
1989	2786	706	34	59	375	331	481	43,8	46,1
1988	2800	699	35	59	358	341	481	43,8	46,6
1987	2814	718	36	59	323	395	469	42,7	47,8
1986	2830	729	37	60	356	373	486	44,3	48,7
1985	2847	745	38	60	367	379	508	46,3	49,0

¹ Total N-input er handelsgødningsforbruget + kvælstoffikseringen + depositionen + udskilt husdyrgødning fratrukket ammoniakfordampningen fra stald og lager.

² Skønnet ud fra 1992-niveau

³ Høstudbyttet er meget lav pga. tørke

Bilag 5.5

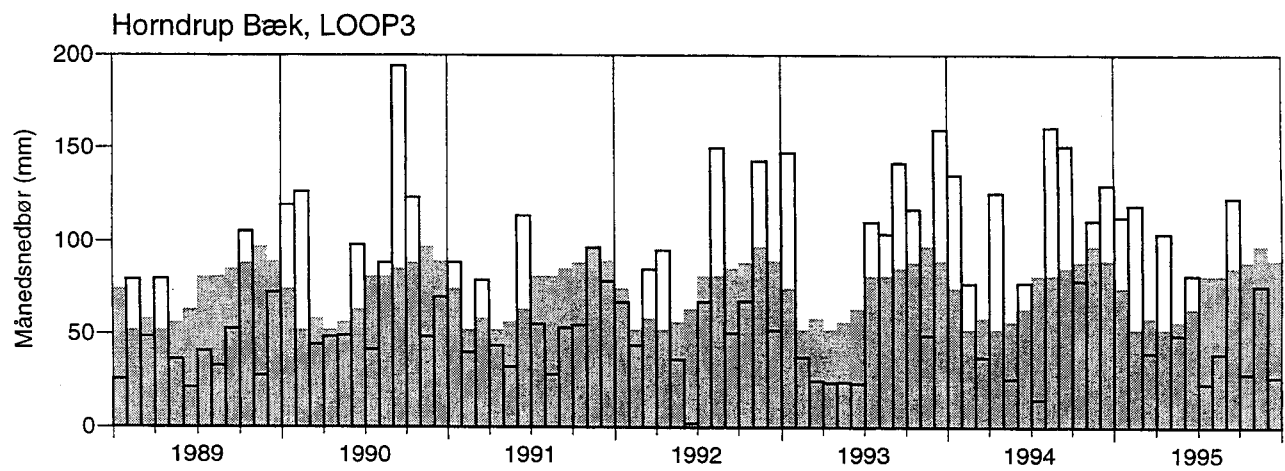
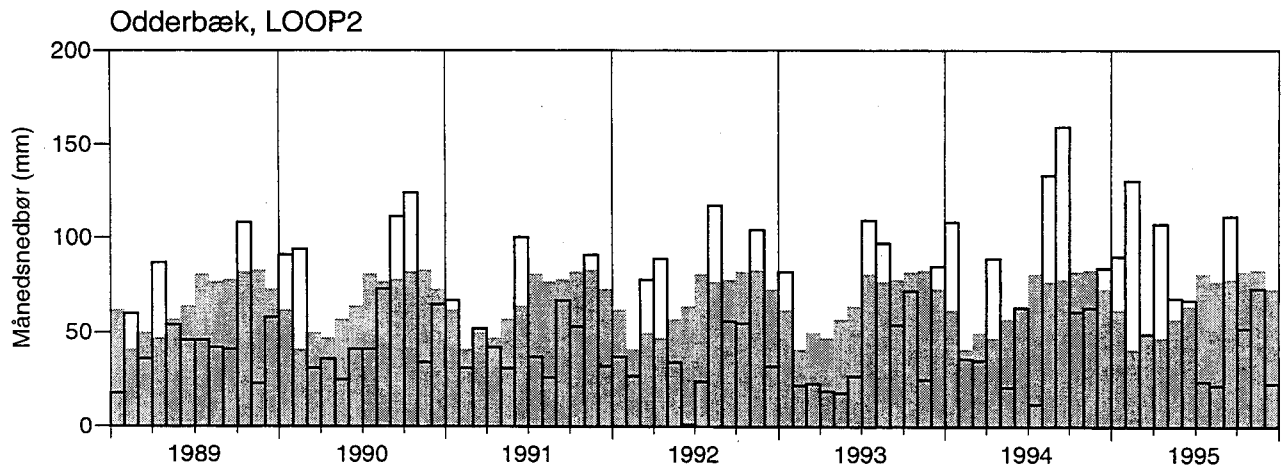
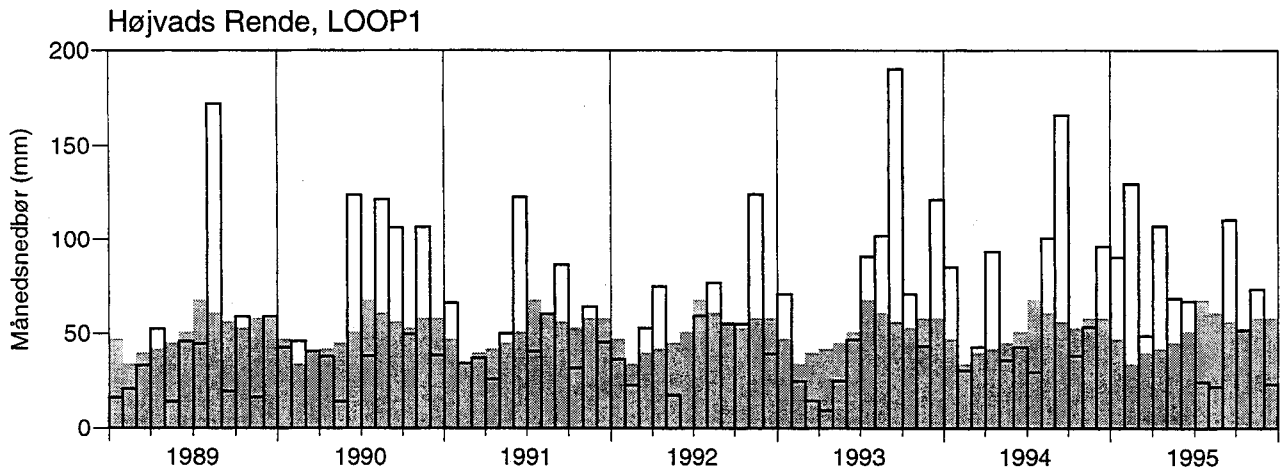
Fosforinput og høstet fosfor for hele landet samt opgjort pr. arealenhed dyrkningsjord, 1985 - 1995.

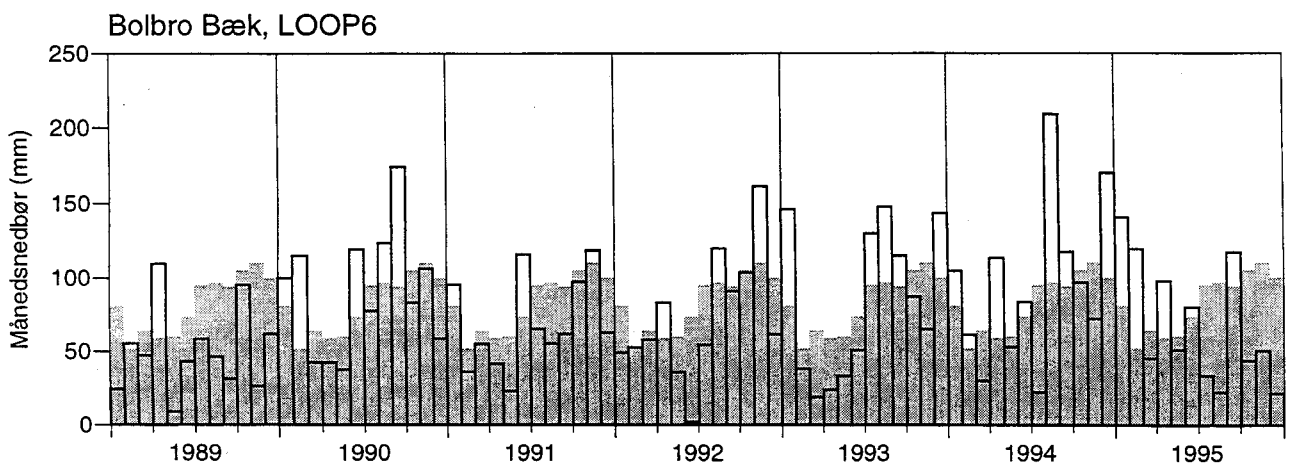
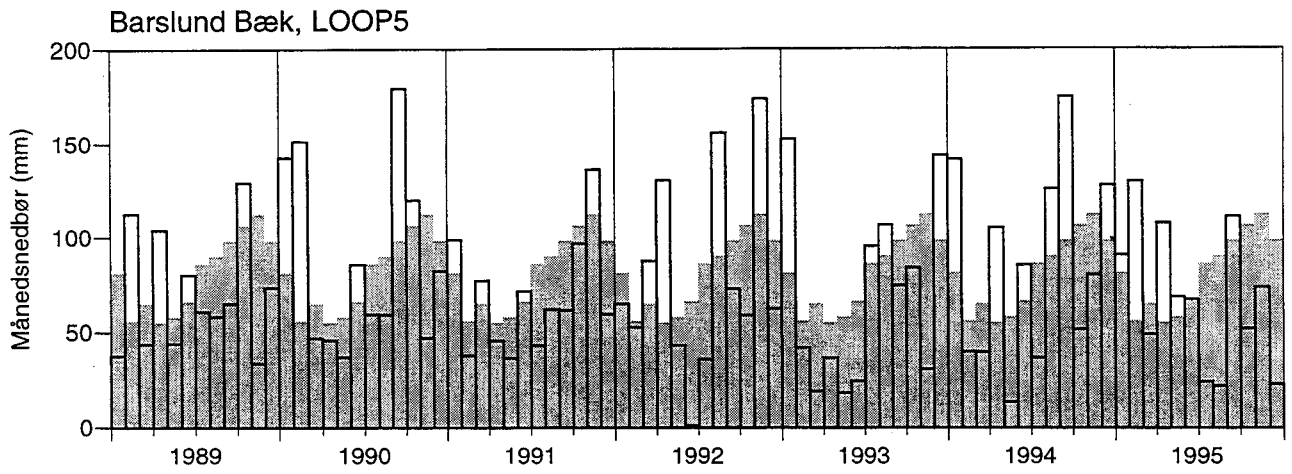
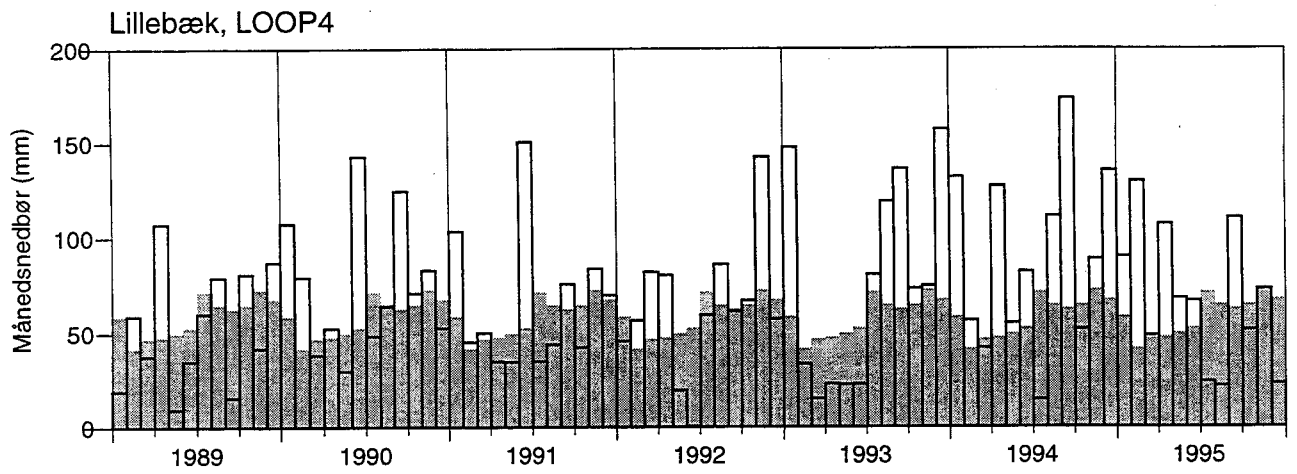
Total forbrug af fosforgødning landet										
År	1000 ha		Hele landet (mio. kg P)				Arealenhed dyrkningsjord (kg P ha ⁻¹)			
	Areal	Areal grøntsager mm.	Handels-gødning	Husdyr-gødning	Total tildelt	Høstet	Handels-gødning	Husdyr-gødning	Total tildelt	Høstet
1995	2744	21	21,4	48,9	70,3	52,7	7,8	17,8	25,6	19,4
1994	2706	21	22,9	49,4	72,3	48,9	8,5	18,3	26,7	18,2
1993	2750	19	27,1	50,2	77,3	51,1	9,9	18,3	28,1	18,7
1992	2760	21	32,2	48,2	80,4	44,4	11,7	17,5	29,1	16,2
1991	2776	19	37,7	46,6	84,3	56,7	13,6	16,8	30,4	20,6
1990	2798	21	40,4	46	86,4	60,2	14,4	16,4	30,9	21,7
1989	2786	22	39,2	46,3	85,5	55,7	14,1	16,6	30,7	20,2
1988	2800	24	40,7	46,5	87,2	52,8	14,5	16,6	31,1	19,0
1987	2814	26	45,8	46,6	92,4	47	16,3	16,6	32,8	16,9
1986	2830	24	45,1	48,1	93,2	52,1	15,9	17,0	32,9	18,6
1985	2847	23	47,6	47,8	95,4	53,1	16,7	16,8	32,5	18,8

Handelsgødningsforbruget (*Danmarks Statistik*) er fratrukket 1 mio. kg P til golfbaner mv.
 Det forudsættes, at der ikke er tab af udskilt P i husdyrgødning.
 Høst er uden grøntsager og andet.

Bilag 6.1

Månedsnedbør for LOOP 1 - LOOP 6 for perioden 1989 - 1995.





Bilag 7.1

Husdyrgødningsanalyser på ejendomme med stationsmarker

Baggrund

Til beregning af næringsstofindhold i husdyrgødning givet til marker i Landovervågningsoplandene, herunder til stationsmarkerne, anvendes normtal ifølge SJI Rapport nr 28. Til beregningen tages udgangspunkt i husdyrhold og staldtype. Da husdyrgødningen på den enkelte ejendom kan være fortyndet i forhold til normværdierne, korrigeres landmandens oplysning om udbragte mængder i forhold til beregnede mængder.

For at belyse overensstemmelsen mellem faktisk næringsstofindhold i den udbragte gødning og de beregnede indhold, er der for ejendomme med jordvandsstationer udtaget prøver af den flydende husdyrgødning i forbindelse med udbringning på stationsmarkerne i 1993-1995.

Resultater

Et sammendrag af resultaterne er givet i dette bilag. På grund af usikkerhed i forbindelse med udtagning af repræsentative prøver er her præsenteret midlede værdier for prøverne fra de enkelte ejendomme: For hver ejendom er der først udregnet et årsgennemsnit af analyserne, såfremt der foreligger flere analyser på et år. Dernæst er der udregnet et gennemsnit af analyserne for de tre år. De målte gennemsnitsværdier for næringsstofindhold i gødningen er sammenlignet med beregnede værdier på baggrund af normtallene.

Det ses, at de målte værdier for tørstofindhold og indhold af næringsstoffer ved de fleste ejendomme er lavere end de beregnede værdier, omend der er stor spredning mellem ejendommene. For gyllen udgør det målte tørstofindhold i gennemsnit 82% af de beregnede værdier, mens indholdet af kvælstof, fosfor og kalium udgør henholdsvis 66% 75% og 76% af de beregnede værdier.

Et lavere målt tørstofindhold kan skyldes dels *fortynding af gødningen*, dels at *prøven ikke er udtaget repræsentativt* (tanken har ikke været tilstrækkeligt omrørt). Det samme vil være gældende for gyllens indhold af fosfor og organisk kvælstof, som fortrinsvis er bundet til tørstoffet. Kalium og ammonium (ca 70% af gyllens total N) forekommer derimod fortrinsvis på opløst form, og er således mere ensartet fordelt i tanken, dvs koncentrationerne af disse stoffer er mindre påvirket af prøvetagningsteknikken. Et lavere målt kalium indhold end beregnet må derfor fortrinsvis kunne tilskrives en fortynding af gødningen.

Der kan imidlertid også være andre kilder til uoverensstemmelse mellem analyserede og beregnede værdier for næringsstofindhold i husdyrgødningen, nemlig reelle forskelle grundet forskel i *fodring, mælkeydelse m.v.*, samt *tekniske problemer ved beregning af næringsstofind-*

hold på baggrund af normal, f.eks. hvis staldtypen i beregningen ikke er i overensstemmelse med de faktiske forhold.

På grund af de nævnte usikkerheder, specielt m.h.t. prøvetagningsteknikken skal resultaterne af gødningsanalyserne ikke diskuteres yderligere.

Konklusion

Det må konkluderes, at der er stor usikkerhed i forbindelse med tolkning af husdyrgødningsanalyserne, således at det ikke er muligt at anvende disse til en evaluering af gødningsnormerne. For at opnå en sikker bestemmelse af husdyrgødningens næringsstofindhold kræves et større antal prøver, samt en grundigere prøvetagningsteknik end muligt under Landovervågningen. Prøvetagning af den flydende husdyrgødning i Landovervågningen ophørte pr 1. januar 1996.

Husdyrgødningsanalyser

Analyserede næringsstofindhold i husdyrgødning samt beregnede værdier på baggrund af normal fra ejendomme med stationsmarkerne. Prøverne er udtaget i 1993-95 og angivet som gennemsnitsværdier for ejendomme.

St. nr.	Art	Antal	Gødn. analyser				Beregn. indhold			
			TS %	N kg/t	P kg/t	K kg/t	TS %	N kg/t	P kg/t	K kg/t
104	Sv.ajle	3	1,0	4,3	0,12	2,5	1,3	3,7	0,7	2,9
406	kv. gylle	4	7,2	4,3	0,9	2,8	8,5	4,8	0,6	4,3
301	kv. gylle	2	-	2,8	0,5	2,4	9,5	5,1	0,7	4,7
302	kv. ajle	3	-	4,4	0,2	5,6	1,8	4,8	0,7	6,8
303	sv.gylle	2	-	5,6	0,9	3,0	8,0	6,3	1,5	3,1
201,202	kv.gylle	3	6,5	2,7	0,6	3,6	10,1	5,4	1,0	3,8
204	kv.gylle+ajle	3	12,2	2,3	0,3	5,9	10,4	5,1	0,8	5,0
205	kv.gylle	5	7,8	2,6	0,6	3,2	10,0	5,4	0,8	5,1
206	kv.gylle	4	6,0	3,2	0,6	4,5	8,5	5,2	0,8	4,7
501, 502	kv.ajle	2	2,3	5,0	0,04	6,6	1,8	4,7	0,12	6,5
504	kv.gylle	2	6,4	3,1	0,4	4,8	7,8	5,5	0,8	5,2
601	sv.gylle	9	3,9	4,2	1,0	2,0	6,4	5,9	1,5	3,0
602, 603	kv.+sv. gylle	3	3,7	4,7	0,7	4,0	7,5	5,4	1,1	4,0
604	kv.gylle	5	5,8	3,1	0,4	2,2	7,0	5,2	0,7	5,3
607	kv.+sv. ajle	6	4,5	2,2	0,4	3,4	1,5	4,0	0,4	4,6
608	kv.gylle	3	14,9	3,1	0,7	3,3	8,3	5,0	0,7	4,6

Afstømning, N-udvaskning og vandføringsvægtede N ($\text{NO}_3\text{-N}$) koncentrationer som gennemsnit for stationer i oplandene.

Opgørelse på hydrologiske år.

	Afstømning (mm år^{-1})					N udvaskning ($\text{kg N ha}^{-1} \text{ år}$)					N koncentration (mg N l^{-1})							
	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95
Lerjorde																		
LOOP 1	90	316	219	121	466	333	21	52	40	46	32	67	24	17	18	35	7	21
LOOP 4	247	369	351	327	597	609	53	50	63	85	92	75	22	14	18	26	15	12
LOOP 3	298	496	429	437	723	680	139	129	109	134	169	137	45	26	27	30	23	20
Sandjorde																		
LOOP 2	273	322	290	262	393	523	104	105	148	126	113	102	39	32	51	48	29	19
LOOP 5	515	582	646	660	635	672	112	123	187	153	103	139	22	21	28	23	16	18
LOOP 6	292	592	519	574	737	816	96	94	189	208	194	135	34	16	36	36	26	17

Bilag 7.2

Bilag 7.3

Ejendoms- og markoplysning for stationsmarkerne

Ha = handelsgødning, Hu = husdyrgødning + udbinding, N-fix = kvælstoffixering
 DE ha⁻¹: baseret på areal med gødningsbehov; dvs. bark undtagen non-food afgrøder er
 fraregnet.

År: henviser til driftår

LOOP 1

St.	Jb nr	År	Brugs- type	DE ha ⁻¹	Agrøde	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
	6	1991	plante	.	Vårbyg	110.1	.	0.0	.	165.0	2.0
	6	1992	plante	.	Vinterhvede	201.7	.	23.8	.	183.0	2.0
	6	1993	plante	.	Fabriksroer	131.2	.	32.8	.	263.3	2.0
102	6	1990	plante	.	Fabriksroer	120.0	.	37.5	.	104.0	2.0
	6	1991	plante	.	Vårbyg	123.0	.	14.5	.	107.6	2.0
	6	1992	plante	.	Vinterhvede	159.9	.	18.9	.	106.3	2.0
	6	1993	plante	.	Fabriksroer	100.8	.	25.2	.	230.0	2.0
	6	1994	plante	.	Vinterhvede	178.9	.	17.4	.	115.3	2.0
	7	1995	plante	.	Vinterhvede	172.2	.	20.3	.	124.0	2.0
103	6	1990	plante	.	Vårbyg	176.5	.	13.1	.	105.8	2.0
	6	1991	plante	.	Vårbyg	118.1	.	12.5	.	104.0	2.0
	6	1992	plante	.	Vårbyg	110.1	.	13.6	.	72.2	2.0
	6	1993	plante	.	Vårbyg	94.5	.	0.0	.	109.4	2.0
	6	1994	plante	.	Fabriksært	0.0	.	12.0	.	175.2	233.8
	5	1995	plante	.	Vinterhvede, brød	190.9	.	18.6	.	201.0	2.0
104	6	1990	svin	0.2	Vinterhvede	292.0	.	40.5	4.1	177.1	2.0
	6	1991	svin	0.1	Markært	.	57.8	.	.	205.5	266.0
	6	1992	svin	0.2	Vinterhvede	172.2	.	20.3	.	186.4	2.0
	6	1993	svin	0.2	Fabriksroer	130.0	.	39.0	.	240.0	2.0
	6	1994	svin	0.2	Vårbyg	103.0	.	13.0	.	125.4	2.0
	5	1995	svin	0.3	vinterhvede, brød	186.8	.	18.1	.	213.3	2.0
105	6	1990	plante ¹	.	Fabriksroer	99.9	.	28.5	.	105.2	2.0
	6	1991	plante	.	Vinterhvede	207.8	.	0.0	.	165.3	2.0
	6	1992	plante	.	Vinterhvede	190.7	.	26.0	.	137.8	2.0
	6	1993	plante	.	Fabriksroer	105.3	.	36.0	.	250.4	2.0
	6	1994	plante	.	Vårbyg	86.4	.	0.0	.	106.6	2.0
	5	1995	plante	.	vinterhvede, brød	178.2	.	14.0	.	177.1	2.0
106	6	1990	plante	.	Vinterhvede	202.5	.	19.0	.	226.3	2.0
	6	1991	plante	.	Vinterhvede	189.0	.	34.2	.	191.1	2.0
	6	1992	plante	.	Fabriksroer	127.2	.	46.1	.	85.7	2.0
	6	1993	plante	.	Vårbyg	94.5	.	0.0	.	109.4	2.0
	6	1994	plante	.	Vinterhvede	186.9	.	18.2	.	168.4	2.0
	5	1995	plante	.	Vårbyg, malt	106.9	.	0.0	.	140.4	2.0
107	6	1993	plante	.	Vårbyg	86.1	.	10.2	.	113.4	2.0
	6	1994	plante	.	Vinterhvede	177.6	.	17.3	.	175.6	2.0
	7	1995	plante	.	Fabriksroer	126.4	.	29.2	.	78.7	2.0

¹⁾ 1982-87 gødet med 30-40 t. Staldgødning (kvæg)

LOOP 2

St.	Jb nr	År	Brugs-type	DE ha ⁻¹	Agrøde	N-tilf. (kg ha ⁻¹)		P-tilf. (kg ha ⁻¹)		N-fjer-net (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
	4	1991	kvæg	2.0	Vårbyg + udlæg	74.0	155.9	0.0	29.4	176.2	41.0
	4	1992	kvæg	2.0	Vårbyg	74.0	203.6	0.0	39.5	47.4	2.0
	4	1993	kvæg	1.9	Vårbyg + udlæg	65.8	299.9	0.0	52.4	58.4	39.7
	4	1994	kvæg	2.3	Foderroer	24.3	461.5	0.0	75.6	134.0	2.0
	2	1995	kvæg	2.3	Vårbyg + udlæg	87.6	319.4	0.0	52.8	85.7	41.0
202	1	1990	kvæg	1.8	Vårbyg + udlæg	82.2	168.5	0.0	30.5	165.6	42.2
	1	1991	kvæg	2.0	Vårbyg + udlæg	90.4	153.7	0.0	29.2	176.2	41.0
	1	1992	kvæg	2.0	Anden rodfrugt	54.0	352.0	0.0	66.6	169.8	2.0
	1	1993	kvæg	1.9	Vårbyg + udlæg	65.8	261.0	0.0	49.0	63.8	43.4
	1	1994	kvæg	2.3	Markært	.	108.6	.	17.8	151.6	226.0
	2	1995	kvæg	2.3	Vinterhvede	86.4	217.4	0.0	36.9	153.5	2.0
203	1	1990	svin	1.0	Vårbyg	74.0	.	0.0	.	129.0	2.0
	1	1991	svin	1.1	Vårbyg	123.3	.	0.0	.	67.6	2.0
	1	1992	svin	1.1	Vinterhvede	162.0	139.5	0.0	23.7	106.5	2.0
	1	1993	svin	1.1	Vårbyg + udlæg	74.3	252.5	0.0	43.6	49.2	39.9
	1	1994	svin	2.5	Italiensk rajgræs	67.5	81.4	0.0	13.0	87.5	43.4
	2	1995	svin	2.0	Markært	0.0	.	14.0	.	121.3	195.5
204	1	1990	kvæg	2.3	Vårbyg + udlæg	90.4	131.8	0.0	23.7	145.6	40.9
	1	1991	kvæg	2.2	Kløvergræs	191.6	248.3	6.0	40.6	177.6	53.6
	1	1992	kvæg	1.6	Kløvergræs	251.1	229.1	13.2	33.3	159.8	51.6
	1	1993	kvæg	1.6	Vårbyg + udlæg	89.8	144.1	0.0	17.3	67.5	41.9
	1	1994	kvæg	2.7	Foderroer	54.0	181.6	0.0	26.5	256.8	2.0
	2	1995	kvæg	2.1	Vårbyg + udlæg	113.8	155.5	0.0	30.6	82.1	45.9
205	3	1990	kvæg	1.3	Græs til slet	402.3	218.7	10.4	28.0	435.2	83.4
	3	1991	kvæg	1.3	Foderroer	94.5	385.8	0.0	63.5	172.4	2.0
	3	1992	kvæg	1.1	Markært	0.0	.	12.0	.	104.4	174.6
	3	1993	kvæg	1.1	Vinterhvede	148.5	97.7	0.0	13.5	157.4	2.0
	3	1994	kvæg	1.2	Vårbyg + udlæg	161.2	104.8	10.0	13.0	89.4	43.4
	2	1995	kvæg	1.2	Foderroer	122.4	295.9	4.4	41.3	115.7	2.0
206	1	1990	kvæg	1.7	Vinterhvede	183.6	.	5.6	.	111.9	2.0
	1	1991	kvæg	1.6	Vårbyg	121.5	121.0	0.0	15.4	63.9	2.0
	1	1992	kvæg	1.6	Vårbyg	47.3	108.0	0.0	15.2	38.3	2.0
	1	1993	kvæg	1.6	Markært	.	134.0	.	19.5	134.8	205.1
	1	1994	kvæg	2.0	Udyrket Brak	.	.	.	.	0.0	2.0
	3	1995	kvæg	1.5	Vinterhvede	113.0	134.0	14.5	20.0	141.7	2.0

LOOP 3

St.	Jb nr	År	Brugs-type	DE ha ⁻¹	Agrøde	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	163.5	.	0.0	.	191.9	2.0
	6	1991	kvæg	1.3	Vinterbyg + udlæg	135.0	145.7	0.0	18.2	201.0	39.8
	6	1992	kvæg	1.3	Græs til afgræsning	183.6	199.2	24.0	25.3	229.4	60.4
	6	1993	kvæg	1.4	Vinterhvede	119.0	.	0.0	.	177.1	2.0
	6	1994	kvæg	1.5	Vinterbyg + udlæg	141.8	128.1	0.0	17.6	150.0	2.0
	6	1995	kvæg	1.3	Græs til afgr.+slet, 0-10% kløver	138.0	100.8	0.0	12.7	220.5	61.5
302	6	1990	kvæg	1.3	Vårbyg + udlæg	98.6	.	0.0	.	192.1	40.1
	6	1991	kvæg	1.7	Kløvergræs	216.0	173.8	0.0	9.1	266.4	63.4
	6	1992	kvæg	1.2	Kløvergræs	189.0	187.6	0.0	12.0	230.9	59.5
	6	1993	kvæg	1.2	Græs til afgr.+slet, 0-10% kløver	140.4	237.1	14.3	10.5	0.0	61.5
	6	1994	kvæg	1.2	Vinterhvede	190.1	.	19.4	.	149.0	2.0
	6	1995	kvæg	1.2	Vinterbyg	164.8	.	20.8	.	118.6	2.0
303	6	1990	svin	0.5	Vinterhvede	184.5	.	21.8	.	133.8	2.0
	6	1991	svin	0.5	Vinterbyg	168.0	.	31.2	.	135.0	2.0
	6	1992	svin	0.7	Vårbyg + udlæg	84.0	.	15.6	.	67.4	2.0
	6	1993	svin	1.4	Frøgræs	121.5	327.6	0.0	78.0	13.7	2.0
	6	1994	svin	1.6	Rent græs	.	.	.	.	0.0	34.0
	6	1995	svin	1.7	Vårbyg, malt	92.0	.	0.0	.	122.2	2.0
304	7	1990	plante	.	Vinterraps	206.1	.	23.2	.	150.3	2.0
	7	1991	plante	.	Vinterhvede	178.5	.	33.2	.	157.4	2.0
	7	1992	plante	.	Vårbyg	126.9	.	25.7	.	42.1	2.0
	7	1993	plante	.	Vinterhvede	169.1	.	27.5	.	88.6	2.0
	7	1994	plante	.	Vinterhvede	205.9	.	30.1	.	103.4	2.0
	4	1995	plante	.	Vinterbyg	141.9	.	19.4	.	85.5	2.0
305	6	1990	kv.+sv.	1.1	Vinterhvede	.	69.3	.	16.5	84.6	2.0
	6	1991	kv.+sv.	2.3	Udyrket Brak	.	36.5	.	12.0	0.0	2.0
	6	1992	kv.+sv.	1.0	Vårbyg	.	.	.	.	16.4	2.0
	6	1993	kvæg	0.4	Spildkorn	.	.	.	.	0.0	2.0
	6	1994	kvæg	0.4	Frilandsgrønsager	.	100.8	.	24.0	0.0	2.0
	6	1995	kvæg	0.5	Frilandsgrønsager	.	.	.	.	0.0	2.0
306	6				Skov						

LOOP 4

St.	Jb nr	År	Brugs-type	DE ha ⁻¹	Agrøde	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	4	1990	kvæg ¹⁾	2.9	Foderroer	122.4	.	33.3	.	254.6	2.0
	4	1991	kvæg	3.5	Fodermajs	180.9	.	31.7	.	242.8	2.0
	4	1992	kvæg	4.0	Fodermajs	181.4	.	53.8	.	225.5	2.0
	4	1993	kvæg	3.9	Fodermajs	189.6	.	53.0	.	161.8	2.0
	4	1994	kvæg	3.9	Majs	170.0	.	71.9	.	202.3	2.0
	5	1995	kvæg	3.7	Vårbyg, malt	106.9	.	0.0	.	98.5	2.0
402	6	1990	svin	0.7	Vinterhvede	172.2	.	18.2	.	177.1	2.0
	6	1991	svin	0.7	Vårbyg + udlæg	108.0	.	17.6	.	97.3	2.0
	6	1992	svin	0.6	Kløverfrø	.	.	.	.	0.0	202.0
	6	1993	svin	0.7	vinterhvede, brød	181.9	.	11.9	.	153.5	2.0
	6	1994	svin	1.1	Vårbyg + udlæg	82.6	.	25.8	.	107.5	204.0
	6	1995	svin	0.8	Markært	0.0	.	27.1	.	158.3	225.7
403	6	1990	svin	0.7	Vinterhvede	159.2	182.5	6.5	62.5	206.8	2.0
	6	1991	svin	0.7	Vårbyg	101.3	.	0.0	.	82.1	2.0
	6	1992	svin	0.6	Vinterraps	164.8	.	19.4	.	146.6	2.0
	6	1993	svin	0.7	vinterhvede, brød	135.0	170.1	0.0	40.5	192.9	2.0
	6	1994	svin	1.1	Vinterbyg	170.4	.	23.2	.	114.8	2.0
	6	1995	svin	0.8	Vinterraps	174.6	204.3	9.5	51.0	120.3	2.0
404	6	1990	plante	.	Våraps	164.4	.	28.2	.	104.5	2.0
	6	1991	plante	.	Vinterhvede	166.1	.	17.5	.	155.5	2.0
	6	1992	plante	.	Vårbyg	106.9	.	0.0	.	78.2	2.0
	6	1993	plante	.	Vinterbyg	162.4	88.2	19.1	21.0	114.2	2.0
	6	1994	plante	.	Vinterraps	163.7	.	8.0	.	109.0	2.0
	5	1995	plante	.	vinterhvede, brød	168.0	.	16.0	.	173.2	2.0
405	6	1990	plante	.	Vårbyg	106.9	.	25.1	.	154.2	2.0
	6	1991	plante	.	Markært	0.0	.	33.0	.	117.9	187.6
	6	1992	plante	.	Vinterhvede	174.3	.	32.4	.	229.6	2.0
	6	1993	plante	.	Vinterhvede	186.9	.	34.7	.	177.1	2.0
	6	1994	plante	.	Fabriksroer	162.2	.	36.9	.	208.9	2.0
	6	1995	plante	.	Vårbyg	116.7	.	21.5	.	105.8	2.0
406	6	1990	kvæg	1.4	Fodermajs	94.5	249.6	8.8	31.2	310.2	2.0
	6	1991	kvæg	1.6	Fodermajs	122.5	222.2	27.7	30.1	310.2	2.0
	6	1992	kvæg	1.5	Fodermajs	69.9	312.0	17.0	39.0	256.2	2.0
	6	1993	kvæg	1.2	vinterhvede, brød	134.2	192.0	0.0	24.0	199.6	2.0
	6	1994	kvæg	1.7	Vinterhvede	159.3	120.0	0.0	15.0	214.3	2.0
	6	1995	kvæg	1.6	Vinterhvede	135.0	52.8	0.0	6.6	181.1	2.0

¹⁾ Ny forpagter fra 1990. Husdyrhold ikke medregnet i gennemsnit for stationsmarkerne.

LOOP 5

St.	Jb nr	År	Brugs-type	DE ha ⁻¹	Agrøde	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	136.5	.	26.0	.	124.0	2.0
	1	1991	kvæg	0.7	Kartofler	168.8	132.6	0.0	30.8	105.9	2.0
	1	1992	kvæg	0.8	Vårbyg + udlæg	131.5	86.6	16.0	3.8	93.3	38.9
	1	1993	kvæg	0.8	Markært	0.0	145.2	18.0	18.2	33.7	106.9
	1	1994	kvæg	0.9	Rent græs	148.9	89.6	14.4	11.0	184.1	126.0
	1	1995	kvæg	1.0	græs til afgr. 11-30% kløver	174.2	140.5	14.3	17.8	238.3	61.5
502	1	1990	kvæg	0.8	Markært	0.0	.	20.0	.	134.8	189.8
	1	1991	kvæg	0.7	Vinterrug	147.0	.	28.0	.	71.6	2.0
	1	1992	kvæg	0.8	Anden rodfrugt	183.4	348.3	0.0	68.1	121.8	2.0
	1	1993	kvæg	0.8	Markært	0.0	.	18.0	.	67.4	136.8
	1	1994	kvæg	0.9	Vinterhvede	168.8	.	6.0	.	122.0	2.0
	1	1995	kvæg	1.0	Vårbyg	119.2	175.9	8.0	22.8	89.4	2.0
503	1	1990	kvæg	0.6	Kartofler	118.9	.	29.0	.	45.9	2.0
	1	1991	kvæg	0.7	Vårbyg + udlæg	158.4	.	14.4	.	27.4	36.0
	1	1992	kvæg	0.7	Kartofler	148.0	144.6	40.0	20.4	127.1	2.0
	1	1993	kvæg	0.8	Vårbyg + udlæg	118.4	.	21.6	.	82.1	2.0
	1	1994	kvæg	0.5	Kartofler	166.0	142.7	126.0	20.0	127.1	2.0
	1	1995	kvæg	0.6	Vårbyg	133.2	.	0.0	.	89.4	2.0
504	1	1990	kvæg	1.8	Anden rodfrugt	175.5	309.2	0.0	53.7	134.0	2.0
	1	1991	kvæg	1.9	Helsæd	225.7	85.3	28.0	0.8	244.1	54.7
	1	1992	kvæg	2.2	Kartofler	251.3	.	40.0	.	151.8	2.0
	1	1993	kvæg	1.4	Udlæg græs	111.0	127.2	0.0	10.2	91.2	36.0
	1	1994	kvæg	1.3	Rent græs	236.5	209.0	13.2	14.8	145.7	119.9
	1	1995	plante	.	Kartofler	139.7	.	40.0	.	121.8	2.0
505	1	1990	plante	0.1	Markært	0.0	.	21.8	.	67.4	133.4
	1	1991	kvæg	0.1	Vinterbyg	160.7	.	30.6	.	49.2	2.0
	1	1992	kvæg	0.3	Kartofler	164.4	.	36.0	.	88.2	2.0
	1	1993	kvæg	0.4	Vinterbyg	194.4	.	19.8	.	82.1	2.0
	1	1994	kvæg	0.4	Vårbyg	154.4	.	17.3	.	98.4	2.0
	1	1995	kvæg	0.5	Kartofler	166.7	.	32.2	.	111.2	2.0
506	1	1990	plante	.	Vårbyg + udlæg	138.8	.	28.8	.	105.8	36.0
	1	1991	plante	.	Kartofler	207.5	.	40.0	.	139.8	2.0
	1	1992	plante	.	Markært	0.0	.	20.0	.	121.3	190.4
	1	1993	plante	.	Vinterhvede	218.0	.	140.0	.	177.1	2.0
	1	1994	plante	.	Vårbyg	131.5	.	0.0	.	119.4	2.0
	1	1995	plante	.	Kartofler	188.5	.	0.0	.	158.8	2.0
507	1	1990	plante	.	Vårbyg	145.6	.	27.2	.	52.9	2.0
	1	1991	plante	.	Vårbyg	170.3	.	13.8	.	40.1	2.0
	1	1992	plante	.	Vårbyg	142.5	.	16.0	.	75.5	2.0
	1	1993	plante	.	Vårbyg, malt	149.7	.	69.9	.	91.2	2.0
	1	1994	plante	.	Kartofler	229.6	.	0.0	.	158.8	2.0
	1	1995	plante	.	Vårbyg, malt	133.2	.	0.0	.	97.3	2.0
508	1	1990	plante	.	Vårbyg	149.2	.	27.0	.	69.3	2.0
	1	1991	plante	.	Vårbyg	141.0	.	27.0	.	52.9	2.0
	1	1992	plante	.	Kartofler	176.0	.	40.0	.	43.1	2.0
	1	1993	plante	.	Udyrket Brak	.	.	.	.	0.0	2.0
	1	1994	plante	.	Vinterbyg	163.0	.	25.0	.	45.0	2.0
	1	1995	plante	.	Udyrket Brak	.	.	.	.	0.0	2.0

LOOP 6

St.	Jb nr	År	Brugs-type	DE ha ⁻¹	Agrøde	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	121.5	213.8	0.0	54.0	127.7	2.0
	1	1991	kv.+sv.	2.8	Markært	.	24.2	.	3.5	141.5	209.9
	1	1992	svin	2.9	Vinterhvede	67.5	208.2	0.0	52.5	80.1	2.0
	1	1993	kv.+sv.	2.4	Vårraps	106.9	176.7	0.0	60.6	82.7	2.0
	1	1994	kv.+sv.	2.2	Vinterhvede	54.0	261.8	0.0	66.0	188.3	2.0
	1	1995	kv.+sv.	1.7	Vinterbyg	68.9	238.0	0.0	60.0	109.4	2.0
602	5	1990	kvæg	1.3	Kløvergræs-slet	178.4	.	18.8	.	261.9	64.4
	5	1991	kvæg	1.3	Vårbyg	90.4	.	7.6	.	136.7	2.0
	5	1992	kvæg	1.3	Vinterhvede	172.5	.	19.0	.	183.5	2.0
	5	1993	kvæg	1.3	Foderroer	97.2	420.8	9.9	75.1	265.1	2.0
	5	1994	kvæg	2.1	Fodermajs	79.5	256.8	24.0	50.4	256.2	2.0
	1	1995	kvæg	1.9	Fodermajs	93.0	162.9	23.0	35.7	269.7	2.0
603	1	1990	kvæg	1.3	Græs til slet	209.1	.	22.1	.	253.9	62.8
	1	1991	kvæg	1.3	Kløvergræs,afgr,slet	205.2	175.5	11.2	23.7	173.3	55.6
	1	1992	kvæg	1.3	Vårbyg	102.7	.	0.0	.	73.0	2.0
	1	1993	kvæg	1.3	Vinterhvede	121.5	101.2	0.0	12.1	137.8	2.0
	1	1994	kvæg	2.1	Foderroer	135.0	300.1	0.0	60.8	182.8	2.0
	1	1995	kvæg	1.9	Græs til afgr., 0-10% kløver	40.5	213.1	0.0	36.0	209.4	120.8
604	1	1990	kvæg	1.4	Vårbyg + udlæg	94.5	.	0.0	.	203.6	42.2
	1	1991	kvæg	2.0	Vårbyg	81.0	49.0	0.0	0.4	97.3	2.0
	1	1992	kvæg	1.1	Vårhvede	33.8	113.9	0.0	10.0	78.7	2.0
	1	1993	kvæg	1.5	Fodermajs	27.0	268.0	0.0	47.3	242.8	2.0
	1	1994	kvæg	1.3	Fodermajs	57.0	309.9	34.1	67.1	269.7	2.0
	1	1995	kvæg	1.9	Græs til afgr., 0-10% kløver	105.1	243.6	0.0	32.1	113.0	38.9
605	1	1990	kvæg	1.5	Helsæd	146.0	120.3	0.0	15.3	142.2	2.0
	1	1991	kvæg	1.8	Græs til slet	283.5	376.2	0.0	47.9	290.2	66.9
	1	1992	kvæg	1.7	Græs til slet	294.5	178.6	0.0	22.7	126.9	48.4
	1	1993	kvæg	1.4	sletgræs, 0-10% kløver	243.0	188.1	0.0	23.9	216.8	64.3
	1	1994	kvæg	1.8	sletgræs, 0-10% kløver	119.6	120.5	0.0	15.4	149.2	115.8
	1	1995	kvæg	1.9	Rent græs	112.2	228.6	0.0	30.4	168.9	111.6
606	1	1990	svin	0.3	Vårbyg	90.4	.	13.3	.	127.7	2.0
	1	1991	svin	0.3	Vårbyg	82.2	139.6	7.6	34.0	109.3	2.0
	1	1992	svin	0.3	Vårbyg	90.4	.	14.0	.	51.1	2.0
	1	1993	svin	0.3	Vårbyg	106.9	.	12.0	.	73.0	2.0
	1	1994	svin	0.4	Vårraps	52.0	232.3	0.0	37.6	82.7	2.0
	1	1995	svin	0.4	Vinterhvede, brød	75.6	201.6	0.0	48.0	167.8	2.0
607	1	1990	kvæg	1.0	Græs til slet	198.6	.	9.6	.	217.6	58.7
	1	1991	kv.+sv.	1.3	Rent græs	183.6	130.5	13.6	15.3	176.7	55.3
	1	1992	kvæg	1.0	Vårbyg	32.4	.	3.3	.	73.4	2.0
	1	1993	kvæg	1.0	Foderroer	110.1	594.8	2.3	154.6	285.0	2.0
	1	1994	kvæg	1.4	græs til afgr, 0-10% kløver	.	195.6	.	54.9	113.2	41.5
	1	1995	kvæg	1.4	græs til afgr., 0-10% kløver	212.7	108.2	10.3	13.7	222.6	59.7
608	1	1990	kvæg	1.4	Græs til slet	135.0	.	11.4	.	253.9	62.8
	1	1991	kvæg	1.5	Rent græs	110.0	360.2	6.0	46.9	224.8	61.1
	1	1992	kvæg	1.3	Vinterhvede	162.0	.	0.0	.	114.1	2.0
	1	1993	kvæg	1.6	Fodermajs	98.7	196.0	34.1	28.0	202.3	2.0
	1	1994	kvæg	2.2	græs til afgr., 0-10% kløver	118.8	199.6	6.6	25.2	179.1	129.7
	1	1995	kvæg	1.9	græs til afgr.+slet, 0-10% kløver	351.0	145.0	0.0	18.4	252.0	65.4

Bilag 7.4

Nedbør, vanding, afstrømning samt N (NO₃-N) og P (PO₄-P) udvaskning fra rodzonen for 1989/90 - 1994/95. Opgørelse på hydrologiske år.

LOOP1

st	år	nedbør mm	afstr. mm	Vand mm	N-udv kg N/ha	P-udv. kg P/ha
101	8990	598	138		44	0,325
	9091	798	317		61	1,036
	9192	655	230		42	0,758
102	8990	598	120		12	0,009
	9091	798	312		11	0,027
	9192	655	224		17	0,018
	9293	553	177		104	0,013
	9394	953	518		5	0,028
	9495	818	326		79	0,052
103	8990	598	48		12	0,003
	9091	798	258		44	0,022
	9192	655	217		27	0,018
	9293	553	104		32	0,017
	9394	953	464		87	0,024
	9495	818	308		59	
104	8990	598	30		8	0,007
	9091	798	354		65	0,029
	9192	655	201		63	0,016
	9293	553	100		54	0,011
	9394	953	485		6	0,03
	9495	818	319		50	0,039
105	8990	598	110		26	0,008
	9091	798	345		20	0,027
	9192	655	203		18	0,015
	9293	553	133		30	0,016
	9394	953	443		5	0,013
	9495	818	292		60	0,026
106	8990	598	94		26	0,523
	9091	798	311		109	1,482
	9192	655	242		70	1,064
	9293	553	89		9	0,15
	9394	953	419		56	1,504
	9495	818	270		83	1,004
107	9495	818	480		71	0,049

LOOP2

st	år	nedbør mm	afstr. mm	Vand mm	N-udv kg N/ha	P-udv. kg P/ha
201	8990	640	180		73	0,018
	9091	711	274		45	0,038
	9192	671	250		92	0,008
	9293	553	204		79	0,014
	9394	757	346		73	0,017
	9495	937	483		87	0,026
202	8990	640	257		94	0,026
	9091	711	320		119	0,055
	9192	671	277		6	0,02
	9293	553	264		96	0,072
	9394	757	386		121	0,034
	9495	937	530		148	0,047
203	8990	640	257		154	0,026
	9091	711	347		204	0,048
	9192	671	297		159	0,013
	9293	553	272		164	0,024
	9394	757	394		143	0,027
	9495	937	511		109	0,039
204	8990	640	267		93	0,027
	9091	711	311		65	0,04
	9192	671	287		152	0,012
	9293	553	269		128	0,009
	9394	757	402		152	0,016
	9495	937	540		158	0,021
205	8990	640	328	70	72	0,055
	9091	711	337	160	118	0,078
	9192	671	321	90	141	0,015
	9293	553	284		131	0,01
	9394	757	421		61	0,086
	9495	937	547		31	0,019
206	8990	640	347		137	0,035
	9091	711	343		76	0,047
	9192	671	304		174	0,011
	9293	553	279		158	0,017
	9394	757	407		127	0,016
	9495	937	528		76	0,017

LOOP3

st	år	nedbør mm	afstr. mm	Vand mm	N-udv kg N/ha	P-udv. kg P/ha
301	8990	740	334		279	0,065
	9091	945	482		258	0,562
	9192	804	380		146	0,297
	9293	788	448		245	0,248
	9394	1104	694		248	0,425
	9495	1144	655		104	0,072
302	8990	740	300		169	0,062
	9091	945	483		174	0,116
	9192	804	405		141	0,106
	9293	788	454		246	0,032
	9394	1104	759		377	0,075
	9495	1144	691		155	0,083
303	8990	740	289		114	0,028
	9091	945	484		60	0,075
	9192	804	414		64	0,043
	9293	788	401		24	0,037
	9394	1104	708		23	0,096
	9495	1144	679		11	0,064
304	8990	740	268		73	0,03
	9091	945	526		118	0,08
	9192	804	403		137	0,019
	9293	788	425		106	0,017
	9394	1104	698		99	0,03
	9495	1144	662		82	0,073
305	8990	740	302		62	0,026
	9091	945	506		33	0,044
	9192	804	544		59	0,045
	9293	788	454		47	0,033
	9394	1104	757		99	0,054
	9495	1144	711		335	0,048

LOOP4

st	år	nedbør mm	afstr. mm	Vand mm	N-udv kg N/ha	P-udv. kg P/ha
401	8990	711	267		32	0,16
	9091	857	414		16	0,166
	9192	789	387		50	0,093
	9293	718	351		57	0,083
	9394	1078	651		110	0,183
	9495	1081	634		68	0,195
402	8990	711	266		27	0,107
	9091	857	367		38	0,045
	9192	789	343		28	0,032
	9293	718	352		74	0,031
	9394	1078	593		97	0,056
	9495	1081	603		39	0,065
403	8990	711	240		127	0,097
	9091	857	372		34	0,047
	9192	789	331		24	0,02
	9293	718	314		52	0,03
	9394	1078	573		112	0,039
	9495	1081	617		134	0,033
404	8990	711	223		42	0,088
	9091	857	322		63	0,027
	9192	789	333		46	0,019
	9293	718	305		79	0,021
	9394	1078	546		63	0,029
	9495	1081	603		88	0,03
405	8990	711	242		32	0,102
	9091	857	356		64	0,033
	9192	789	353		94	0,026
	9293	718	321		72	0,029
	9394	1078	620		79	0,033
	9495	1081	610		31	0,03
406	8990	711	246		54	0,103
	9091	857	380		85	0,047
	9192	789	359		138	0,027
	9293	718	320		174	0,023
	9394	1078	599		91	0,043
	9495	1081	588		91	0,038

LOOP5

st	år	nedbør mm	afstr. mm	Vand mm	N-udv. Kg N/ha
501	8990	923	543		85
	9091	928	631	90	133
	9192	907	685	150	205
	9293	828	603	100	97
	9394	896	659	150	142
	9495	1125	756	80	231
502	8990	923	513		103
	9091	928	574	60	137
	9192	907	601	90	198
	9293	828	637	125	113
	9394	896	658	150	145
	9495	1125	729	80	108
503	8990	923	527		93
	9091	928	591	75	211
	9192	907	569	45	143
	9293	828	711	200	305
504	8990	923	509		152
	9091	928	588	95	223
	9192	907	796	325	316
	9293	828	747	225	200
	9394	896	620	100	61
	9495	1125	767	125	147
505	8990	923	503		114
	9091	928	584	88	80
	9192	907	664	150	197
	9293	828	653	200	131
	9394	896	603	125	93
	9495	1125	758	100	95
506	8990	923	492		58
	9091	928	578	80	74
	9192	907	634	120	152
	9293	828	610	120	72
	9394	896	633	160	72
	9495	1125	799	90	113
507	8990	923	531		77
	9091	928	558	81	61
	9192	907	640	120	207
508	8990	923	499		218
	9091	928	549		57
	9192	907	576		79

LOOP6

st	år	nedbør mm	afstr. mm	Vand mm	N-udv kg N/ha	P-udv. kg P/ha
601	8990	701	264		232	0,026
	9091	994	625		104	0,063
	9192	855	503		226	0,053
	9293	854	589		181	0,06
	9394	1100	743		214	0,12
	9495	1224	823		115	0,081
602	8990	701	246		40	0,025
	9091	994	515	25	7	0,089
	9192	855	516	50	121	0,06
	9293	854	506		197	0,051
	9394	1100	734		171	0,125
	9495	1224	764		182	0,078
603	8990	701	300		63	0,03
	9091	994	587	30	31	0,059
	9192	855	521	75	61	0,056
	9293	854	582	75	193	0,071
	9394	1100	738	50	145	0,118
	9495	1224	838		154	0,083
604	8990	701	310		129	0,031
	9091	994	604	30	165	0,06
	9192	855	510	30	339	0,052
	9293	854	594	120	287	0,065
	9394	1100	736	40	194	0,123
	9495	1224	836		236	0,092
605	8990	701	275		118	0,027
	9091	994	558		65	0,065
	9192	855	473		48	0,057
	9293	854	571		184	0,074
	9394	1100	728		236	0,155
	9495	1224	810		51	0,086
606	8990	701	389		78	0,043
	9091	994	605		67	0,06
	9192	855	510		52	0,051
	9293	854	582		77	0,071
	9394	1100	744		88	0,129
	9495	1224	834		46	0,19
607	8990	701	273		28	0,027
	9091	994	617	70	237	0,063
	9192	855	546	105	440	0,058
	9293	854	585	90	296	1,362
	9394	1100	733	50	133	1,975
	9495	1224	818		87	0,288
608	8990	701	278		79	0,05
	9091	994	626	90	76	0,063
	9192	855	572	120	224	0,057
	9293	854	580	60	245	0,131
	9394	1100	739	90	374	0,172
	9495	1224	806		207	0,087

Bilag 8.1

Anbefalet tildeling af kvælstof, gødningsforbrug, normaludvaskning, nyttevirkning af husdyrgødning samt braklagt areal for de landovervågningsoplande for driftsårene 1989/90 - 1994/95. Udvasningen er relateret til de hydrologiske år 1990/91-1995/96. 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	Udvasning			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

Bilag 9.1

Gennemsnitlige koncentrationer af de enkelte hovedkomponenter for hvert LOOP for hele overvågningsperioden

			LOOP område					
			1	2	3	4	5	6
NO3	(mg/l)	Dybde 1,5	58,21	110,27	65,59	58,49	63,69	85,90
		3	19,06	65,79	37,89	32,50	57,81	51,35
		5	11,1	68,37	31,45	30,59	.	.
NH4	(mg/l)	Dybde 1,5	0,18	0,11	0,29	0,39	0,02	0,04
		3	0,69	0,81	0,26	0,92	0,02	0,08
		5	0,89	0,91	0,42	1,70	.	.
PO4-P	(mg/l)	Dybde 1,5	0,13	0,02	0,08	0,54	0,01	0,03
		3	0,02	0,01	0,06	0,07	0,01	0,03
		5	0,02	0,02	0,05	0,03	.	.
PH		Dybde 1,5	7,69	6,30	7,39	7,50	5,12	6,01
		3	7,48	6,36	7,61	7,49	5,02	6,12
		5	7,50	7,38	7,59	7,49	.	.
Konduktivitet	(mS/l)	Dybde 1,5	73,39	65,05	39,40	59,52	13,17	38,88
		3	73,55	49,15	51,33	56,64	32,19	39,77
		5	67,22	48,39	52,76	58,29	.	.
Alkalinitet	(mg/l)	Dybde 1,5	6,03	1,88	3,02	3,13	0,05	0,63
		3	6,24	2,34	3,91	3,89	0,04	1,04
		5	6,01	2,49	3,84	4,05	.	.
K	(mg/l)	Dybde 1,5	3,13	13,88	2,35	2,66	11,20	9,27
		3	8,09	4,89	1,15	1,38	10,22	7,22
		5	7,31	2,53	1,65	1,43	.	.
CL (mg/l)		Dybde 1,5	46,89	39,23	23,03	22,67	28,48	27,82
		3	42,37	36,40	22,37	30,79	32,48	30,17
		5	45,94	29,12	24,38	25,76	.	.
SO4	(mg/l)	Dybde 1,5	55,29	79,93	20,69	21,69	33,86	54,10
		3	84,88	54,82	25,34	36,27	33,61	71,25
		5	61,92	35,29	36,18	43,76	.	.
CA	(mg/l)	Dybde 1,5	175,21	83,31	63,08	67,00	29,65	56,22
		3	134,83	68,49	82,45	94,53	26,95	59,94
		5	114,68	69,34	90,00	98,70	.	.
MG	(mg/l)	Dybde 1,5	18,95	5,68	8,17	5,03	3,51	4,00
		3	16,84	8,03	5,53	5,88	33,72	4,15
		5	16,01	6,54	5,07	6,50	.	.
NA	(mg/l)	Dybde 1,5	18,91	19,29	12,47	14,46	11,23	12,87
		3	31,11	19,59	13,15	13,97	13,61	13,94
		5	30,79	15,03	12,99	15,54	.	.
Fe	(mg/l)	Dybde 1,5	1,07	0,17	1,31	0,86	0,65	3,62
		3	2,74	2,41	0,31	1,39	1,76	3,77
		5	6,99	1,17	0,33	2,05	.	.

Bilag 10.1

Hydrografopsplitning

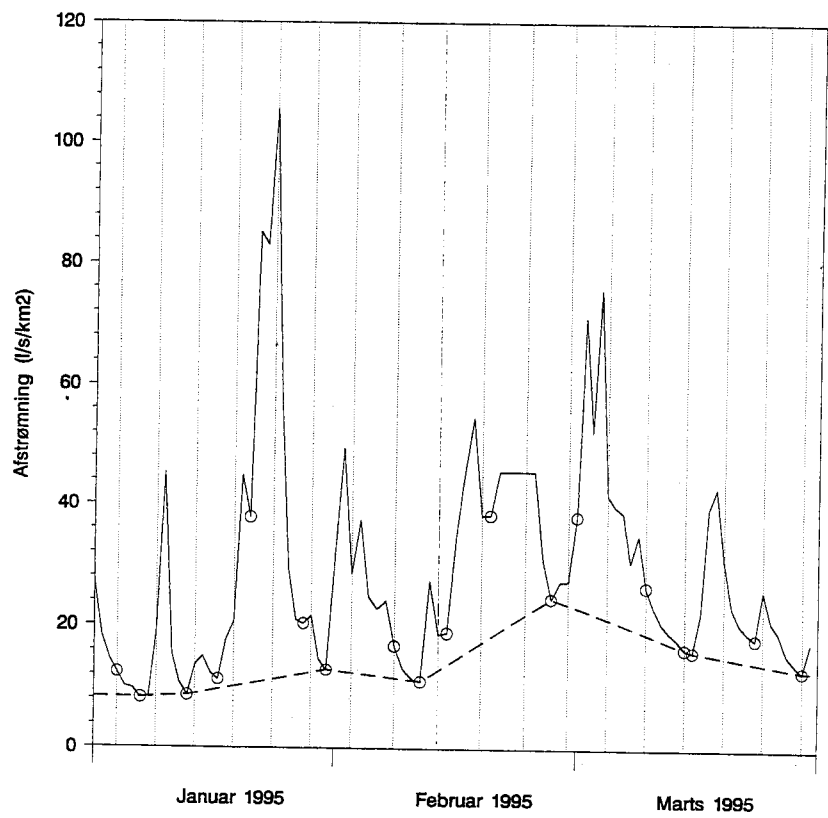
Hydrografopsplitning er foretaget efter en metode beskrevet af Institute of Hydrology (1993). Afstrømningen opdeles for hvert enkelt døgn i en overfladenær og en grundvandsnær afstrømningsdel. Det såkaldte baseflow-indeks angiver for en længere måleperiode, typisk et år, forholdet mellem grundvands-andelen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

Bestemmelse af den grundvandsnære afstrømning 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 variende 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 førstbenyttede 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.



- Registreret afstrømning
- - - Baseflow-linie
- Fem-døgns minima

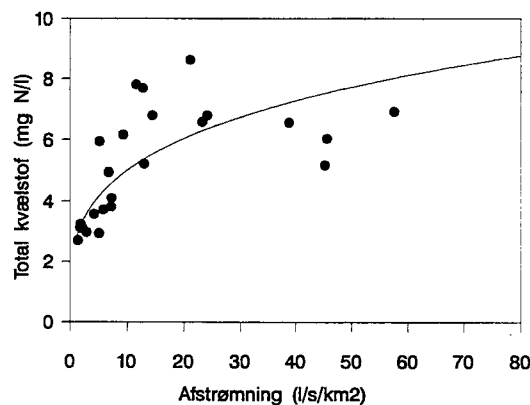
Bilag 10.2

Overfladenært kvælstoftab til vandløb

Det overfladenære kvælstoftab findes som forskellen mellem det samlede kvælstoftab og det grundvandsnære kvælstoftab til vandløbet.

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

Beregningen af det grundvandsnære kvælstoftab bygger dels på estimering af den daglige grundvandsnære afstrømning, fundet ved hydrografopsplitning, dels på estimerede døgnkoncentrationer af kvælstof i det vand, som grundvandsnært tilstrømmer vandløbet. 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*):



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

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

Men hvorfor estimere det samlede kvælstoftab med lineær interpolationsmetoden fremfor at benytte samme metode ("regressionsmetoden") som er brugt ved estimering af det grundvandsnære tab? 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. Proble-

met 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 regressions-metoder, 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 Gjern Å oplandet fundet at underestimere den årlige N transport med 1-4%, når man sammenligner med en beregning baseret på meget intensive målinger.

Vi overvejer med henblik på næste års afrapportering, om estimeringen af det grundvandsnære kvælstoftab kan forbedres. Man kan formode, at estimerede daglige kvælstof-tab med den grundvandsnære afstrømning bliver mere "sande", hvis regressions-sammenhængen etableres alene på baggrund af dage, der domineres af grundvandsnær afstrømning. Eksempelvis kan registrerede kvælstofkoncentrationer i denne henseende sorteres fra, hvis de er målt på dage, hvor afstrømningen ifølge hydrograf-opsplitningen består af mere end 10% overfladenær afstrømning.

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 11).

Danmarks Miljøundersøgelser

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

Henvendelser kan rettes til:

Danmarks Miljøundersøgelser	<i>Direktion og Sekretariat</i>
Postboks 358	<i>Forsknings- og Udviklingssekretariat</i>
Frederiksborgvej 399	<i>Afd. for Atmosfærisk Miljø</i>
4000 Roskilde	<i>Afd. for Havmiljø og Mikrobiologi</i>
	<i>Afd. for Miljøkemi</i>
Tlf. 46 30 12 00	<i>Afd. for Systemanalyse</i>
Fax 46 30 11 14	

Danmarks Miljøundersøgelser	<i>Afd. for Vandløbsøkologi</i>
Postboks 314	<i>Afd. for Sø- og Fjordøkologi</i>
Vejlsøvej 25	<i>Afd. for Terrestrisk Økologi</i>
8600 Silkeborg	

Tlf. 89 20 14 00
Fax 89 20 14 14

Danmarks Miljøundersøgelser	<i>Afd. for Kystzoneøkologi</i>
Grenåvej 12, Kalø	<i>Afd. for Landskabsøkologi</i>
8410 Rønde	

Tlf. 89 20 17 00
Fax 89 20 15 14

Danmarks Miljøundersøgelser	<i>Afd. for Arktisk Miljø</i>
Tagensvej 135, 4.	
2200 København N	

Tlf. 35 82 14 15
Fax 35 82 14 20

Publikationer:

DMU udgiver faglige rapporter, tekniske anvisninger, tema-rapporter, arbejdsrapporter, særtryk af videnskabelige og faglige artikler, samt årsberetninger.

I årsberetningen findes en oversigt over det pågældende års publikationer. Årsberetning samt en opdateret oversigt over årets publikationer fås ved henvendelse til telefon: 46 30 12 00.

Faglige rapporter fra DMU/NERI technical reports

1995

- Nr. 131: Proceedings of the Second CONNECT Workshop on Landscape Ecology, 1993. By Skov, F. et al. 105 p., DKK 85,00.
- Nr. 132: Rastende bestande af vandfugle i forsøgsreservaterne, 1985-1993. Af Madsen, J. et al. 40 s., 40,00 kr.
- Nr. 133: Aromatiske hydrocarboner i drikkevand fra privat vandværk. Af Nyeland, B.A. & Wrang, P. 50 s., 50,00 kr.
- Nr. 134: Arctic Atmospheric Research: Pollution and Climate. By Heidam, N.Z. (ed.). 273 p., DKK 290,00.
- Nr. 135: Undersøgelse af opløselig Ba, Sr og Zr i læbestifter. Af Rastogi, S.C. et al. 27 s., 30,00 kr.
- Nr. 136: Control of pesticides 1994. By Køppen, B. 21 p., DKK 40,00.
- Nr. 137: Vingeindsamling fra jagtsæsonen 1994/1995 i Danmark. Af Clausager, I. 44 s., 35,00 kr.
- Nr. 138: Ferskvandstilstrømning til danske farvande 1994. Af Ovesen, N.B. & Svendsen, L.M. 62 s., 50,00 kr.
- Nr. 139: Ferske vandområder - Søer. Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1994. Af Jensen, J.P. et al. 116 s., 125,00 kr.
- Nr. 140: Ferske vandområder - Vandløb og kilder. Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1994. Af Larsen, S.E. et al. 196 s., 125,00 kr.
- Nr. 141: Landovervågningsoplande. Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1994. Af Grant, R. et al. 142 s., 125,00 kr.
- Nr. 142: Marine Områder - Fjorde, kyster og åbent hav. Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1994. Af Dahl, K. et al. 123 s., 150,00 kr.
- Nr. 143: Investigation of selected fragrance substances in cosmetics based on natural ingredients. By Rastogi, S.C. & Jensen G.H. 38 p., DKK 30,00.
- Nr. 144: Atmosfærisk deposition af kvælstof. Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Af Skov, H. et al. 83 s., 100,00 kr.
- Nr. 145: Waterbird Numbers in the Baltic Sea, Winter 1993. By Pihl, S. et al. 60 p., DKK 50,00.
- Nr. 146: Tungmetaller i tang og muslinger ved Ivittuut 1995. Af Riget, F. et al. 32 s., 40,00 kr.
- Nr. 147: Vindmøllers indvirkning på fugle. Af Clausager, I. & Nøhr, H. 51 s., 45,00 kr.
- Nr. 148: Environmental satellite models for ADAM. By Møller Andersen, F. & Trier, P. 200 p., DKK 100,00.
- Nr. 149: MeMoS: Udvikling af konsekvensmodel for svovldeposition for Sydsandinavien. Af Asman, W.A.H. et al. 57 s., 80,00 kr.

1996

- Nr. 150: The Danish Air Quality Monitoring Programme. Annual report 1994. By Kemp, K. et al. 66 p., DKK 80,00.
- Nr. 151: Vandløbsrestaurering - eksempler og erfaringer fra Danmark. Af Hansen, H.O. (red.). 136 s., 100,00 kr.
- Nr. 152: Rådyrjagten i Danmark 1993/94. Af Asferg, T. & Jeppesen, J.L. 40 s., 50,00 kr.
- Nr. 153: Control of Pesticides 1995. By Køppen, B. 26 p., DKK 40,00.
- Nr. 154: Territoriality, breeding ranges and relationship between the sexes in a Danish wild pheasant (*Phasianus colchicus*) population. By Clausager, I. et al. 44 p., DKK 45,00.
- Nr. 155: Fredningen ved Saltholm og risiko for bird-strikes i Københavns Lufthavn. Af Noer, H. & Christensen, T.K. 44 s., 50,00 kr.
- Nr. 156: Oil Exploration in the Fylla Area. By Mosbech, A. et al. 92 p., DKK 100,00.
- Nr. 157: Monitoring af tungmetaller i danske dyrknings- og naturjorder. Prøvetagning i 1992/1993. Af Larsen, M.M. 78 s., 100,00 kr.
- Nr. 158: Fuglelivet omkring Rønland, Harboør Tange. Af Clausen, P., et al. 48 s., 45,00 kr.
- Nr. 159: Kortlægning af tålegrænser for svovl og kvælstof. Af Bak, J. 110 s., 150,00 kr.
- Nr. 160: Miljøundersøgelser ved Maarmorilik 1995. Af Riget, F. et al. 91 s., 100,00 kr.
- Nr. 161: Ammoniak og naturforvaltning. Af Strandberg, M. 58 s., 100,00 kr.
- Nr. 162: Environmental impacts of shipping to and from Citronen Fjord. By Boertmann, D. 35 p., DKK 40,00.
- Nr. 163: Modellering af bygge- og anlægssektorens materialeforbrug. Af Wier, M. 122s., 75,00 kr.
- Nr. 164: BASIS. En konsekvensanalysemodel for forbrug af byggematerialer. Af Wier, M. 109 s., 75,00 kr.
- Nr. 165: Omkostninger ved reduktion af næringsstofbelastningen af havområderne. Af Paaby, H. et al. 187 s., 150,00 kr.
- Nr. 166: Analyse af dioxin og pentachlorphenol i nye tekstiler. Af Vikelsøe, J. & Johansen, E. 46 s., 40,00 kr.
- Nr. 168: Vingeindsamling fra jagtsæsonen 1995/1996 i Danmark. Af Clausager, I. 41 s., 35,00 kr.
- Nr. 169: Effects of fitting dummy satellite transmitters to geese. A pilot project using radio telemetry on wintering Greenland White-fronted geese. By Glahder, C. et al. 38 p., DKK 40,00.
- Nr. 170: Seabird colonies in western Greenland. By Boertmann, D. et al. 148 p., DKK 100,00.

