

Vandmiljøplanens
Overvågningsprogram 1994

Land- overvågnings- oplande

Faglig rapport fra DMU, nr. 141

Ruth Grant

Gitte Blicher-Mathiesen

Hans Estrup Andersen

Peter Berg

Pia Grewy Jensen

Anker Rode Laubel

Afdeling for Ferskvandsøkologi

Per Rasmussen

Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse

Datablad

- Titel:** Landovervågningsoplände
- Undertitel:** Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1994
- Forfattere:** R. Grant, G. Blicher-Mathiesen, H.E. Andersen, P. Berg, P.G. Jensen og A.R. Laubel, Afdeling for Ferskvandsøkologi
P. Rasmussen, Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse
- Serietittel og nummer:** Faglig rapport fra DMU nr. 141
- Udgiver:** Miljø- og Energiministeriet,
Danmarks Miljøundersøgelser ©
- Udgivelsesår:** 1995
- Tegninger:** Kathe Møgelvang & Juana Jacobsen
ETB: Hanne T. Stephensen
- Bedes citeret:** Grant, R., Blicher-Mathisen, G., Andersen, H.E., Berg, P., Jensen, P.G. og Laubel, A.R. (1995): Landovervågningsoplände. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1994. Danmarks Miljøundersøgelser. 142 sider. - Faglig rapport fra DMU nr. 141.

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

- ISBN:** 87-7772-222-1
ISSN: 0905-815X
Papirkvalitet: Cyclus Print
Tryk: Silkeborg Bogtryk
Oplag: 300
Sideantal: 142
Pris: kr. 125,00 (incl. 25% moms, excl. forsendelse)

- Købes hos:**
- | | |
|--------------------------------|--------------------------------|
| Danmarks Miljøundersøgelse | Miljøbutikken |
| Afdeling for Ferskvandsøkologi | Information & Bøger |
| Vejlsøvej 25 | Læderstræde 1 |
| DK-8600 Silkeborg | 1201 København K |
| Tlf. 89 20 14 00 | Tlf. 33 92 76 92 (information) |
| Fax 89 20 14 14 | 33 93 92 92 (bøger) |

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 næringsstofkoncentrationer 20
- 5 **Landbrugspraksis 23**
 - 5.1 Landbrugspraksis i landovervågningsoplandene 23
 - 5.2 Gødningsforbruget for hele landet fra 1985 til 1994 34
 - 5.3 Samlet vurdering af udviklingen i landbrugspraksis i landovervågningsoplandene og for hele landet 37
- 6 **Nedbørs og temperaturforhold i oplandene 39**
- 7 **Næringsstofudvaskning fra rodzonen - målinger og beregninger på stationsmarker 41**
 - 7.1 Beskrivelse af stationsmarker 41
 - 7.2 Jordvandsmålinger 43
 - 7.3 Drænvandsmålinger 49
 - 7.4 Sammenfatning 53
- 8 **Modelberegning af kvælstofudvaskning fra rodzonen 55**
 - 8.1 Beskrivelse af modellen 55
 - 8.2 Kvælstofudvaskning fra stationsmarker - modelberegninger 57
 - 8.3 Beregning af udvaskning ved normal- og aktuelt klima 58
 - 8.4 Modelberegnete scenarier 61
 - 8.5 Sammenfatning 63
- 9 **Grundvand 65**
 - 9.1 Indledning 65
 - 9.2 Nitrat i grundvandet 65
 - 9.3 Gødningstype og nitratindhold 68
 - 9.4 Ammonium og organisk kvælstof i grundvandet 71
 - 9.5 Det øvre grundvands indhold af fosfor 71

- 9.6 Det øvre grundvands indhold af sulfat, kalium og klorid 73
- 9.7 Pesticider 75
- 9.8 Sammenfatning 79

10 Afstrømning, koncentration og transport af næringsstoffer i vandløb 81

- 10.1 Afstrømning 82
- 10.2 Koncentration af kvælstof og fosfor 84
- 10.3 Transport af kvælstof og fosfor 87
- 10.4 Sammenfatning 88

11 Sammenstilling og konklusion - Landbrugets indflydelse på næringsstof-cirkulationen i landovervågningsoplandene 91

- 11.1 Beskrivelse af kvælstoftransporterne i oplandene 91
- 11.2 Landbrugets indflydelse på udvaskning til vandmiljøet 96

12 Konklusion - udvikling i landbrugets næringsstofbelastning af vandområderne 99

- 12.1 Vandmiljøhandlingsplaner 99
- 12.2 Udviklingen i landbruget 99
- 12.3 Udvikling i kvælstofudvaskning 101
- 12.4 Supplerende tiltag til reduktion af kvælstofudvaskning 102

Sammenfatning af Danmarks Miljøundersøgelses nationale rapporter vedrørende resultaterne af Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1994 105

Referencer 111

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 afgrødegupper i perioden fra 1990 til 1994.
- Bilag 5.2 Datagrundlag for opgørelse af tildelte kvælstofmængde i forhold til anbefalede kvælstofmængder for fire husdyrtæthedsgrupper og fire bedriftstyper i 1994.
- Bilag 5.3 Kvælstofstrømme for hele landet, kvælstofgødning, DE, nyttevirkning samt N behov for hele landet fra 1985 til 1994.
- Bilag 5.4 Total kvælstof input og høstet kvælstof samt delparametre til opgørelse af disse og udbragt husdyrgødning for hele landet fra 1985 til 1994.
- Bilag 6.1 Månedsnedbør for LOOP 1 - LOOP 6 for perioden 1989 - 1994
- Bilag 7.1 Husdyrgødningsanalyser på ejendomme med stationsmærker

Bilag 7.2 Afstrømning, N-udvaskning og vandføringsvægtede N ($\text{NO}_3+\text{NH}_4\text{-N}$) koncentrationer som gennemsnit for stationer i oplandene.

Bilag 7.3 Ejendoms- og markoplysninger for stationsmarkerne

Bilag 7.4 Nedbør, afstrømning samt N ($\text{NO}_3+\text{NH}_4\text{-N}$) og P ($\text{PO}_4\text{-P}$) udvaskning fra rodzonen for 1989 - 1994. Opgørelse på kalenderår.

Bilag 8.1 Anbefalet tildeling af kvælstof, gødningsforbrug, udvaskning, nyttevirkning af husdyrgødning samt braklagt areal for landovervågningsoplandene for driftsårene 1989/90 - 1993/94.

Bilag 9.1 Trend i grundvandets nitratindhold

Bilag 9.2 Hyppigt anvendte pesticider i udvalgt grundvandsoplande i LOOP 1-6 i 1994.

Danmarks Miljøundersøgelser 141

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 og Grønlands Geologiske Undersøgelser.

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

Bagerst 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 1,21 DE ha⁻¹ i forhold til landsgennemsnittet på 1,03 DE ha⁻¹ i 1994 (baseret på det dyrkede areal minus arealer med brak og bælgsgødning), 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. 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 1989-1994, 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 denne vurdering perspektiveres til landsniveau. Grund-

vandsafsnittet er udvidet i år, da dette emne er udvalgt som tema i nærværende rapport.

- Vandmiljøplanens tiltag* **Landbrugspraksis i landovervågningsoplandene**
Med Vandmiljøplanens vedtagelse i 1987 blev der stillet krav til, at landmændene udarbejdede sædskifte- og gødningsplaner, at 65 % af det dyrkede areal skulle være plantedækket om efteråret, og at opbevaringskapaciteten til husdyrgødning skulle øges.
- Analyse af landbrugspraksis* Formålet med dette års analyse af landbrugspraksis er at beskrive virkningerne af Vandmiljøplanens tiltag på landbrugets gødningsforbrug og udnyttelsesgrad af husdyrgødning. Dette gøres dels ved at beskrive udviklingen i landbrugspraksis i landovervågningsoplandene fra 1990 til 1994 og dels ved at beskrive udviklingen i gødningsforbruget for hele landet i perioden fra 1985 til 1994.
- Udvikling i landovervågningsoplandene* Grønne marker udgør i 1994 81% af det dyrkede areal, heraf udgør halvdelen vinterkorn, som ikke kan forventes at optage store kvælstofmængder i efterårs- og vintermånedene. Af husdyrbrugene havde ca. 65% en opbevaringskapacitet på 9 måneder eller derover. Disse brug dækkede tilsammen 82 % af husdyrgødningskvælstoffet. Forårs/sommerudbringningen steg fra 54% i 1990 til 80% i 1994. I samme periode blev handelsgødningsforbruget reduceret, således at udnyttelsen af husdyrgødningen steg 15%. Husdyrgødningen fordeles bedre i 1994 end tidligere; der er dog stadig overgødsning på ca. 30% af arealet. For en bedre udnyttelse af husdyrgødningen skal handelsgødningsforbruget sænkes yderligere.
- Udvikling for hele landet* For hele landet udgjorde handelsgødningsforbruget 320 mio. kg N i 1994, hvilket er et fald på 7 mio. kg N i forhold til 1993. Det mindre handelsgødningsforbrug skal ses i sammenhæng med, at afgrødernes kvælstofbehov i samme periode faldt med 16 mio. kg N primært på grund af en øget braklægnings. Antallet af husdyr er faldet med 5 % til 2.411.000 dyreenheder, hvorved den udbragte mængde af husdyrgødning faldt med 5 mio. kg N. Set i forhold til afgrødernes kvælstofbehov er der altså ikke sket en forbedring af gødningspraksis fra 1993 til 1994.
- På landsplan er den samlede tilførsel af handelsgødning faldet fra 392 mio. kg N i 1985 til 320 mio. kg N i 1994. Tilførsel af husdyrgødning var omtrent uændret i perioden. Derved er det samlede kvælstofinput til de dyrkede arealer faldet fra 745 mio. kg N i 1985 til 660 mio. kg N i 1994. I samme periode faldt afgrødernes kvælstof behov med 31 mio. kg N, hvorved den reelle nedgang i tildelt kvælstof, set i forhold til afgrødernes behov, er 62 mio. kg N svarende til 7 %.
- I 1994 er 16 % af husdyrbrugene disharmoniske, og hovedparten af disse er svinebrug.
- 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 fem hydrologiske år, 1989/90-1993/94.

N og P udvaskning fra rodzonen

Udvaskningen af kvælstof fra rodzonen udgjorde i gennemsnit 75 kg N ha⁻¹ år⁻¹ for lerjordsoplandene og 137 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 0,047 kg P ha⁻¹ år⁻¹. Ved tre stationer har udvaskningerne derimod været høje, 0,319-0,945 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 0,054 kg P ha⁻¹ år⁻¹, og heraf har partikulært P udgjort 50,3%. Fra ét dræn har P tabet været væsentlig højere, gennemsnitlig 0,167 kg P ha⁻¹ år⁻¹, hvoraf partikulært P har udgjort 6%. En drænvandsundersøgelse udført i oplandet på Fyn har vist, at fosfortabet gennem dræn i 1993/94 blev underestimeret med 46% ved den prøvetagningsteknik, som anvendes i overvågningen (ugentlige punktprøver) sammenlignet med kontinuert (time) prøvetagning.

Beregnet 14% reduktion i N udvaskning fra 1989/90 til 1993/94

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 målte udvaskninger på stationsmarkerne, ligger udvaskningerne beregnet med modellen 40% under. Modellen vurderes dog reelt at afspejle forskelle mellem ler- og sandjorde samt forskelle i landbrugspraksis. En beregning for alle markerne i oplandene gennem 5 driftsår ved normal klima giver i gennemsnit en udvaskning på 78 kg N ha⁻¹ år⁻¹ for sandjordene og 45 kg N ha⁻¹ år⁻¹ på lerjordene. Beregningerne viser endvidere en reduktion af udvaskningen på ca. 14% fra 1989/90 til 1993/94.

Scenarieregning

En scenarieregning, hvor kravene i Handlingsplanen for Bæredygtigt landbrug vedr. udnyttelsesgrader er opfyldt og hvor husdyrgødningen inden for de enkelte ejendomme er fordelt optimalt, viser en gennemsnitlig reduktion i udvaskningen på 20% i forhold til udvaskningen ved aktuel gødningspraksis i 1993/94. Yderligere beregninger viser, at der kan opnåes en betydelig reduktion i udvaskningen, hvis der stilles krav om, at afgrøderne korn og bælg-sæd følges af en efter- eller vinterafgrøde.

Hydrografopsplitning

Stoftransport i vandløb

En opsplittning af vandløbshydrograferne for de 6 oplande viser, at en stor del af overskuds-nedbøren 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 39-43% for vandløb i

lerjordsoplandene og 5-23% 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 28,7 kg N ha⁻¹ år⁻¹ i lerjordsoplandene, og på gennemsnitlig 12,6 kg N ha⁻¹ år⁻¹ i sandjordsoplandene. Til sammenligning anføres at udvaskningen fra naturarealer i undersøgelsesperioden lå på 1,6-4,3 kg N ha⁻¹ år⁻¹.

P tab til vandløb

Det totale tab af fosfor fra dyrkede arealer til vandløb har i måleperioden ligget på gennemsnitligt 0,35 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 ca. 0,08 kg P ha⁻¹ år⁻¹.

Grundvand

Nitrat

Det øvre grundvand i landovervågningsoplandene er tydeligt påvirket af landbrugsdriften. Det *gennemsnitlige* nitratindhold i det øvre grundvand 1½-5 meter under terræn varierer mellem 5,6 og 18,1 mg NO₃-N l⁻¹ (25 og 80 mg NO₃ l⁻¹) i de 6 oplande.

Der er foretaget en trend-analyse af 267 nitrat-tidsserier. For hovedparten af filtrene (84%) ses ingen signifikant ændring i nitratindholdet i overvågningsperioden. Andelen af filtre hvor der ses et fald eller en stigning i nitratindholdet er af samme størrelsesorden, henholdsvis 9% og 7%.

I LOOP 4 og 5 er nitratindholdet under husdyrgødede arealer signifikant større end under handelsgødede, i LOOP 1 forholder det sig omvendt. LOOP 1 er karakteriseret ved den laveste dyretæthed og husdyrgødningstildeling af de 6 oplande. Sandoplandene er kendetegnet ved høje nitratkoncentrationer under husdyrgødede arealer. Under 'skov/natur' arealer er nitratindholdet lavt.

Orthofosfat

Det øvre grundvands indhold af orthofosfat er lavt. I over 50% af de analyserede grundvandsprøver har indholdet af orthofosfat-P været under den krævede detektionsgrænse på 0,01 mg l⁻¹.

Pesticider

Der er i 1993 og 1994 foretaget 137 pesticidanalyser og gjort 12 pesticidfund. Disse fund er gjort i 8 af 55 undersøgte filtre (14,5%). 5 af de 8 analyse-pesticider er fundet i det øvre grundvand 1½-5 meter under terræn i LOOP 1, 4 og 6. I LOOP 2, 3 og 5 er der ikke fundet pesticider i det øvre grundvand, selvom der er kendskab til at især fenoxysyrerne har været anvendt i disse oplande.

Af de 12 pesticidfund i landovervågningsprogrammet er der én måling på 0,121 µg l⁻¹, som overskrider drikkevandskravet på 0,1 µg l⁻¹. Den gennemsnitlige koncentration for de 10 pesticidfund over detektionsgrænsen er 0,04 µg l⁻¹.

Ved en udvidet pesticidundersøgelse i LOOP 6 er der påvist pesticider og nedbrydningsprodukter af pesticider i omkring 75% af de under-

søgte grundvandsfiltre. Der er fundet pesticidtyper som ikke indgår i Vandmiljøplanens analyseprogram.

Kvælstoftransport i oplandene

Landbrugets indflydelse på kvælstoftransporten i oplandene

På baggrund af måleresultater og beregnede størrelser er opstillet en vurdering af kvælstoftransporten i oplandene for de 5 hydrologiske år 1989/90 - 1993/1994. I opstillingen er ikke medtaget den interne kvælstofomsætning (kvælstofmineralisering og denitrifikation).

I lerjordsoplandene er årligt tilført ca. 132 kg N ha⁻¹ med handelsgødning, 72 kg N ha⁻¹ med husdyrgødning og 15 kg N ha⁻¹ ved kvælstoffixering og atmosfærisk deposition, i alt ca. 219 kg N ha⁻¹. Med afgrøderne er årligt fjernet ca. 137 kg N ha⁻¹. Der er således netto tilført jorden ca. 82 kg N ha⁻¹. Udvaskningen fra rodzonen er målt til ca. 75 kg N ha⁻¹; af denne udvaskning er ca. 39% nået ud til vandløbene.

I sandjordsoplande er årligt tilført ca. 133 kg N ha⁻¹ med handelsgødning, 119 kg N ha⁻¹ med husdyrgødning og ca. 19 kg N ha⁻¹ ved kvælstoffixering og atmosfærisk deposition, i alt ca. 271 kg N ha⁻¹. Afgrøderne har årligt fjernet ca. 128 kg N ha⁻¹; således er der netto tilført jorden ca. 143 kg N ha⁻¹. Udvaskningen fra rodzonen er målt til ca. 137 kg N ha⁻¹; af denne udvaskning er ca. 9% nået ud til vandløbene.

Kvælstofbalancen på landsplan

Forskellen mellem det totale kvælstofinput (handelsgødning, husdyrgødning og kvælstof tilført ved atmosfærisk deposition og bælglplanters fiksering) og kvælstof fjernet ved høst af afgrøder har haft en generelt svagt faldende tendens i perioden 1985 til 1994. Differencen er dog fortsat meget stor. Således var forskellen mellem tilført og fjernet kvælstof på landsplan i 1993 på 334 mio. kg N, svarende til et overskud på det dyrkede areal på 123 kg N ha⁻¹.

Der er altså sket forbedringer i gødningsanvendelsen, men forbedringerne er små i forhold til den samlede kvælstofcirkulation i dyrkningssystemet.

Lille reduktion i kvælstofudledning fra landbrugsarealet

Modelberegninger udført med udvaskningsfunktioner ved normalklima har vist et lille fald i kvælstofudvaskning fra rodzonen fra 1989/90 til 1993/94 (ca. 14%). Der er imidlertid ikke konstateret noget entydigt fald i kvælstoftransporten i vandløbene i samme periode.

Supplement af vandmiljøplanen

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
- stramning af harmoniregler
- 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.

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. 120 kg N ha⁻¹ i 1994. 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 1989-94 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). Udvalgelsen af disse oplande er foretaget med den hensigt at få dækket et bredt spektrum af faktorer som jordbundstype, husdyrhold, ejendomsstørrelse, afgrødefordeling og gødningsforbrug. Sammen med klimaforholdene er disse faktorer bestemmende for størrelsen af næringsstofudvaskningen.

Normalrapportering

Amterne har foretaget en vurdering af arealanvendelsen samt næringsstofudvaskningen fra de enkelte målestationer. 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 stationsmarkerne, kvaliteten af det øvre grundvand i oplandene samt næringsstofafstrømningen til vandløbene beskrives. Desuden er der for hvert opland foretaget en modelberegning af den samlede udvaskning. Til slut i rapporten sammenkobles hovedresultaterne til en beskrivelse af næringsstofcirkulationen i landbrugsøkosystemer, og udviklingen i landbrugets næringsstofbelastning af vandområderne vurderes.

Der er i denne rapport især lagt vægt på at beskrive kvælstofcirkulation i landbruget, mens der for fosfor kun omtales udvaskning fra rodzonen og transporten i vandløb.

Temarapportering

Det gennemgående tema i rapporteringen af Vandmiljøplanens Overvågningsprogram i 1995 er "grundvand". Kapitel 9 i denne rapport, grundvand i landovervågningsoplandene, udgør en del af temaet. Kapitlet er derfor væsentligt udvidet i forhold til tidligere år. Det beskriver udviklingen i det øvre grundvands nitratindhold gennem overvågningsperioden samt landbrugets betydning for

nitratindholdet. Endvidere vurderes grundvandets indhold af fosfor, kalium, klorid og sulfat i forhold til jordtype og tidslig udvikling; og pesticidfund i grundvandet beskrives i forhold til pesticidanvendelsen.

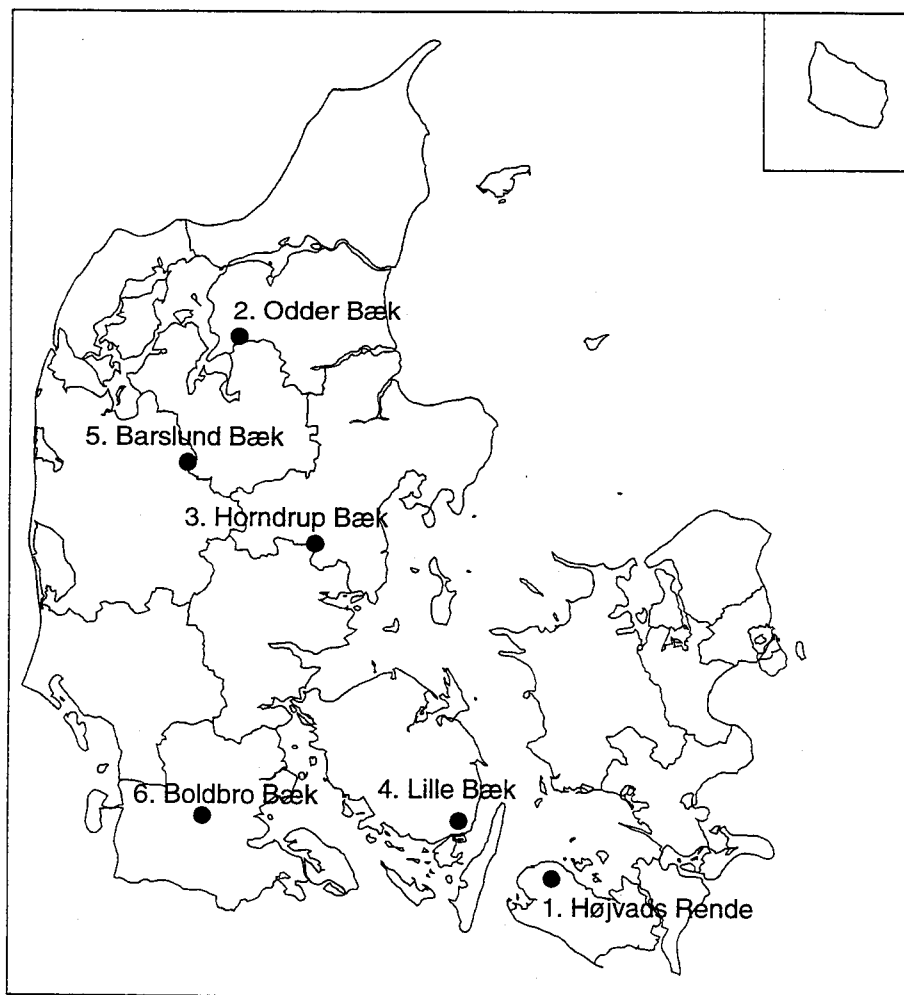
Rapportens udarbejdelse

Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Ferskvandsøkologi er ansvarlig for rodzone- og vandløbsprogrammet, mens Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse er ansvarlig for grundvandsprogrammet. 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, Odderbæk (Nordjyllands Amtskommune).

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

Vejle/Århus

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

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

Fyn

LOOP 4, Lillebæk (Fyns Amtskommune).

Oplandet udgør ca. 470 ha. Det fremtræder som et svagt skrånende terræn ned mod Storebælt. Jordlagene består overvejende af moræneler med indslag af smeltevandssand og ler. I de dybere jordlag 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. I hvert opland er 10-11 jordprofiler detaljeret beskrevet og analyseret; endvidere er der udtaget et stort antal boreprøver. På grundlag heraf er udarbejdet detaljerede jordklassificeringskort. En geologisk jordartskortlægning samt en hydrogeologisk kortlægning blev udført af GEUS i 1988/89. På grundlag af jordklassificerings- og jordartskortene er det muligt at henføre hver enkelt mark i oplandene til en beskrevet jordtype.

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 1993-94 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.

Modelberegning af afstrømning

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 grundvandsspejl.

Udvaskningsberegning

Udvaskningsberegningerne er foretaget på baggrund af de modelberegnete vandafstrømninger og de målte koncentrationer.

Formål

Drænvandsanalyser

Drænvandsprogrammet er iværksat med det formål at bestemme den arealspecifikke næringsstofudledning via drænsystemer. Denne beregning kan foretages, hvor der er tale om veldefinerede drænoplande. Ofte er drænoplandet dårligt afgrænset; her kan imidlertid foretages en kvalitativ vurdering af næringsstofkoncentrationerne i drænvandet.

Drænvandsstationer

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.

I sandjordsoplandet LOOP 2, Nordjylland, er anlagt 2 drænstationer på eksisterende drænsystemer, begge som automatiske stationer.

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.

Formål

Grundvandsundersøgelser

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.

Grundvandsreder

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.

Dybere borer

Endvidere foretages kemisk analyse på grundvand fra mark-van-

dingsboringer (LOOP 2, 5, 6) og dybere boringer (LOOP 1, 2, 4, 6). Dybden for disse boringer varierer mellem 2 og 109 m.

LOOP 1, 2 og 6 er placeret sammen med grundvandsovervågningsområder (GRUMO).

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 næringsstoffetab 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 næringsstoffetab 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

Oversigt

I dette afsnit beskrives udviklingen i landbrugspraksis frem til 1. januar 1995.

Den 4. februar 1994 trådte bekendtgørelse nr. 101 om grønne marker, sædskifte- og gødningsplaner samt gødningsregnskaber i kraft med virkning fra d. 15. februar 1994. Som noget nyt bliver gødningsbehovet til landbrugsafgrøderne nu fastlagt i en bekendtgørelse, og der er fastlagte krav til udnyttelsen af husdyrgødningen. Disse administrative tiltag vil i dette afsnit blive beskrevet i forhold til landbrugspraksis i landovervågningsoplandene.

Den 12. juli 1994 trådte bekendtgørelse nr. 662 om behov for tilførsel af kvælstof og indhold af kvælstof i husdyrgødning i kraft. Sidstnævnte indebærer, at eftervirkningen af husdyrgødning skal beregnes som et fradrag i det fastlagte kvælstofbehov svarende til 10% af det samlede kvælstofindhold i den husdyrgødning, der blev tilført i sidste vækstsæson. Da denne bekendtgørelse først har virkning fra d. 1. august 1994 er landbrugspraksis i forhold til denne bekendtgørelser ikke beskrevet i dette kapitel.

5.1 Landbrugspraksis i landovervågningsoplandene

Landmændene i de seks landovervågningsoplande bliver en gang om året interviewet om afgrødesammensætning, gødningsforbrug og husdyrhold. Interviewundersøgelsen er nu gennemført i seks år, således at det nu er muligt at gøre rede for fem driftsår fra 1989/90 til 1993/94. 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); finsandene og lerblandene 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 driftstyper svarer til landsfordelingen

Andelen af kvægbrug, svinebrug, blandede brug og rene planteavlbrug i oplandene er som gennemsnit repræsentativ for landet. Fordelingen har ikke ændret sig væsentligt fra 1990 til 1994. Også størrelsesfordelingen af ejendommene i oplandene svarer til landsgennemsnittet.

Husdyrtætheden i oplandene

Husdyrtætheden i oplandene er større end i landet som helhed. I oplandene ligger den gennemsnitlige husdyrtæthed på 1,21 DE/ha i 1994, mens landsgennemsnittet ligger på 1,03 DE/ha opgjort for det dyrkede areal med et gødningsbehov, det vil sige at brak- og bælge-

sædsarealet ikke er med i opgørelsen (Danmarks Statistik, 1995a; Oversigt over Landsforsøgene, 1994).

Interviewundersøgelsens omfang

På grundlag af interviewundersøgelsen fra 1989 til 1994 er der foretaget en opgørelse af landbrugspraksis for driftsårene 1989/90 til 1993/94. 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 1994

	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Ejendomme	166	181	183	168	162	146
Areal (ha)		3553	4368	4701	4762	4674
Husdyr (DE)	5556	5777	6104	5775	5967	6098

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

Opgørelsesmetoderne til beskrivelse af udviklingen i landbrugspraksis følger generelt beskrivelsen i *Andersen et al. (1992)*. Landbrugets gødningspraksis kan vurderes på flere måder. En måde er i forhold til landbrugets aktuelle anbefalinger. Anbefalingerne ændres imidlertid fra tid til anden, og da ændringerne samtidig er en vis tid om at slå igennem, vil denne måde kun i ringe grad beskrive, hvad der reelt sker i praksis. I stedet er der anvendt en konservativ synsvinkel, hvor de samme normtal og opgørelsesmetoder anvendes på alle fem driftsår.

Anbefalede mængder er efter *Hansen (1990a)*. Den anbefalede kvælstofmængde til vår- og vinterraps var henholdsvis 170 og 230 kg N ha⁻¹ i alle fem driftsår, selvom anbefalingerne til landbruget blev ændret til henholdsvis 140 og 200 kg N ha⁻¹ i 1992 (*Håndbog for plantedyrkning, 1992*). I en enkelt opgørelse blev der anvendt aktuelle normer for anbefalede kvælstof mængder beregnet efter Plantedirektoratets anbefalinger (*Håndbog for plantedyrkning, 1994*). Det gælder opgørelsen for overgødskning vist i figur 5.7. Plantedirektoratets anbefalinger er valgt for at kunne fremstille landbrugets gødskningspraksis ud fra de gældende regler herom. 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.

Handelsgødningsforbruget
123 kg N ha⁻¹ i 1994

Gødningstilførsel i landovervågningsoplandene.

Gødningsforbruget for hver gødningstype samt det gennemsnitlige forbrug for de seks oplande i 1994 er vist i tabel 5.2. Det fremgår, at handelsgødningsforbruget i 1994 i gennemsnit var 123 kg N ha⁻¹ for de seks oplande. I tabellen er handels- og husdyrgødningsforbruget beregnet på grundlag af det samlede dyrkede areal, der har et kvælstofbehov. Det vil sige, at brak- og bælgsådsarealet ikke er medtaget i opgørelsen.

Tabel 5.2 Gødningstilførsel og husdyrtæthed i de seks landovervågningsoplande i 1994

	Lerjordsoplande			Sandjordsoplande			LOOP 1-6
	Storstrøm	Fyn	Vejle/Århus	Nordjyl.	Ringk./Viborg	Sønderjyl.	
Handelsg. (kg N ha ⁻¹)	135	130	110	105	153	128	123
Husdyrg. (kg N ha ⁻¹)	32	97	116	126	30	140	102
Udbinding (kg N ha ⁻¹)	2	5	14	40	21	28	22
Husdyrtæthed (DE ha ⁻¹)	0,39	0,66	1,01	2,14	0,59	1,44	1,21

Til markerne i de seks oplande er der gennemsnitligt tildelt 102 kg N ha⁻¹ i husdyrgødning og 22 kg N ha⁻¹ i udbinding. Som helhed er dette i rimelig overensstemmelse med den producerede mængde på 126 kg N ha⁻¹ beregnet ud fra husdyrtætheden på henholdsvis 1,21 DE ha⁻¹ for arealet inden for oplandene og 1,30 DE ha⁻¹ for arealerne med gødningsoplysninger, i og med at en dyreenhed har en gennemsnitlig gødningsproduktion på ca. 104 kg N ab lager (Danmarks Statistik, 1993). For enkelte landovervågningsoplande er der dog en lille forskel mellem den producerede husdyrgødning ud fra husdyrtætheden og udbragte mængder, hvilket skal ses i sammenhæng med en vis export og import af gødning samt forskydninger som følge af stigende opbevaringskapaciteter jvf. side 5 i dette afsnit.

Afgrødefordeling og grønne marker.

Afgrødefordeling

Afgrødefordelingen i de seks oplande og for hele landet er vist i figur 5.1. Afgrødefordelingen i 1994 er næsten uændret i forhold til 1993, dog med en lille stigning i arealet med vårkorn og græs i omdrift og et tilsvarende fald i arealet med vinterkorn og rodfrugter.

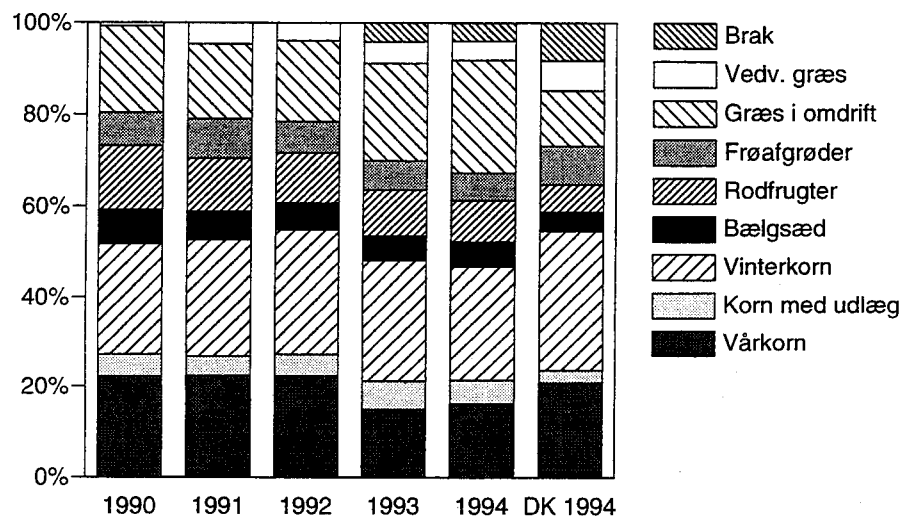
Regler for grønne marker

Det er et lovkrav, at 65% af det dyrkede areal på landbrugsbedrifter over 10 ha skal være plantedækket i perioden fra høst til 20. oktober. Reglerne for hvilke afgrødetyper, der er grønne, er fastsat i Landbrugsministeriets bekendtgørelse nr. 101 af 4. februar 1994. 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.

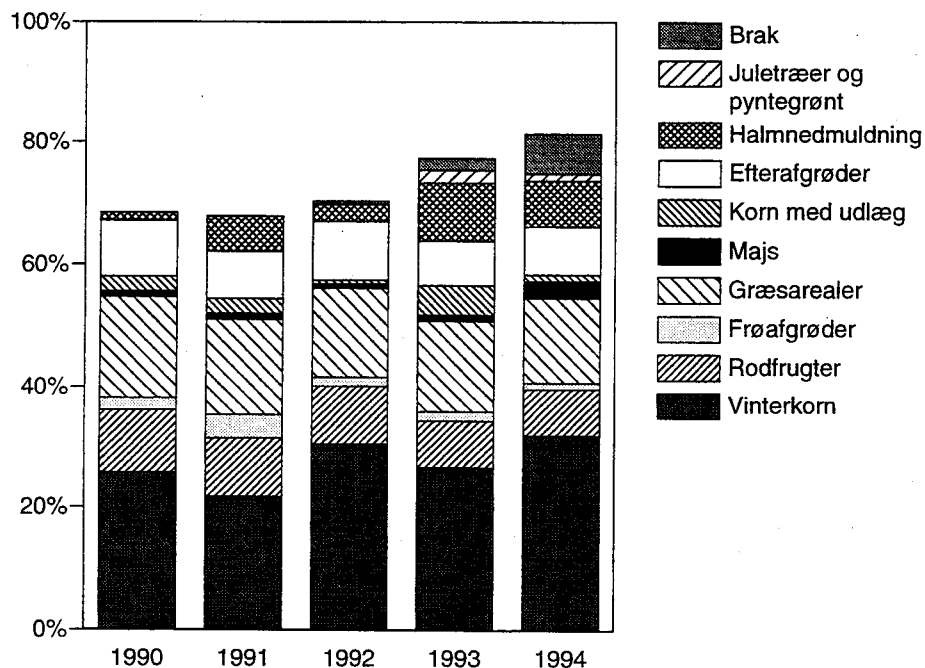
81% grønne marker i oplandene i 1994

I de seks landovervågningsoplande udgør andelen af grønne marker 81% af arealet i 1994, figur 5.2. Oplandene opfylder dermed kravet om, at 65% af det dyrkede areal skal være plantedækket om efteråret. Af de grønne marker udgør ca. halvdelen vinterkorn som ikke kan for-

Figur 5.1 Afgrødefordeling for de seks landovervågningsoplande fra 1990 til 1994 og for hele landet i 1994.



Figur 5.2 Arealet af grønne marker i procent og fordelt på afgrødetyper.



ventes at optage store kvælstof mængder i efterårs- og vintermånedene. Andelen af de grønne marker steg fra 68% i 1990 til 81% i 1994.

Høstudbyttet

Det gennemsnitlige høstudbytte i de seks landovervågningsoplande var på samme niveau i 1994 som i 1993. Hele landets høstudbytte var dog ca 5% lavere i 1994 end i 1993, (*Danmarks Statistik, 1995b*).

Forholdet mellem tilført og høstet kvælstof

For at belyse udvaskningspotentialet for det kvælstof, der opbygges i jorden eller udvaskes ved normal landbrugspraksis, er balancen mellem tilført kvælstof og høstet kvælstof beregnet (tabel 5.3). Tilført kvælstof er i denne sammenhæng kvælstof i handelsgødning plus husdyrgødning inklusiv udbinding. Afgrødernes kvælstofindhold er beregnet efter normtal (*Vilhelm og Nielsen, 1990; Landsudvalget for kvæg, 1993*). Balancen giver ikke umiddelbart et mål for udvaskningen, idet overskydende kvælstof dels tabes ved denitrifikation og dels indbygges i jordens omsætningspuljer. Imidlertid giver balancen et billede af tabspotentialet.

Opgørelse af N-balance

Tabel 5.3 Gødningstildeling til afgrødegrupper i de seks landovervågningsoplande. Anbefalet kvælstofmængde, høstet kvælstof i 1993 samt den procentvise høstede kvælstofmængde i forhold til tilført kvælstof i 1994 og 1993.

		Vårkorn	Vårkorn + udlæg	Vinterkorn	Rodfrugt	Frø- afgrøder	Græs omd.	Vedv. græs
1994								
Handelsgødning	(kg N/ha)	98	125	131	100	135	143	103
Husdyrgødning	(kg N/ha)	63	102	104	150	122	111	36
Udbinding	(kg N/ha)	0	11	0	0	0	68	116
Anbefalet mængde	(kg N/ha)	111	140	166	146	166	192	128
Nyttevirkning af husdyrgødning	(kg N/ha)	29	41	46	73	55	43	17
Effektivt tildelt N	(kg N/ha)	127	166	178	173	190	186	120
Udnyttelse af husdyrg.	(%)	21	15	33	30	21	44	-
Total tildelt	(kg N/ha)	162	238	235	250	257	323	254
Høstet	(kg N/ha)	106	122	138	131	69	187	146
Høstet/tildelt x 100	(%)	65	51	58	52	27	58	58
Tildelt - høstet	(kg N/ha)	56	116	101	119	188	135	108
1993								
Tildelt - høstet	(kg N/ha)	78	121	106	86	-	88	33

Anbefalet kvælstof for vår- og vinterraps er henholdsvis 140 og 200 kg N/ha

Usikkerhed ved udbytteop- gørelser

Opgørelsen er foretaget for arealer med vårkorn, vårkorn med udlæg, vinterkorn, rodfrugt, frøafgrøder samt græs i og udenfor omdrift. Opgørelsen er mest usikker for de afgrøder, der anvendes direkte til foder. Det samme gælder, hvor en afgrøderest eller en eventuel efterafgrøde anvendes til foder. Dette skyldes dels usikkerhed ved indberetningerne med hensyn til brutto- og nettoudbytter. Dels skyldes det usikkerhed, 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.

Balancer for 1994 og 1993

I tabel 5.3 er kvælstofbalancerne detaljeret beskrevet for 1994, mens der for 1993 er vist et sammendrag. For det dyrkede areal uden brak blev der gennemsnitligt tilført 234 kg N ha⁻¹ i 1994, mens der med høstede afgrøder gennemsnitligt blev fjernet 138 kg N ha⁻¹.

Husdyrhold og harmonikrav

I 1994 lå den gennemsnitlige husdyrtæthed i de seks oplande på 1.21 DE ha⁻¹, hvilket var noget større end landsgennemsnittet på 1.03 DE ha⁻¹ (afsnit 5.2). Beregningerne er baseret på arealer inden for oplandet med et gødningsbehov; dvs. arealer med bælgeplanter og brak undtagen non-food afgrøder er fraregnet.

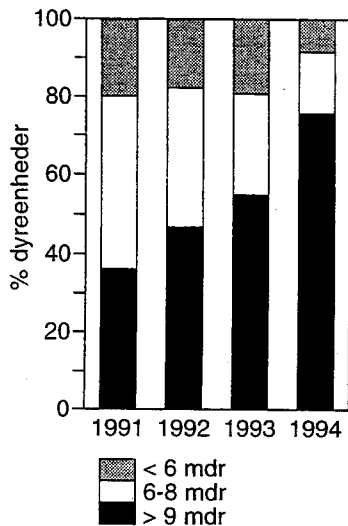
Ifølge husdyrbekendtgørelsen, bekendtgørelse nr 1121 af 15. december 1992 stilles krav om harmoni mellem antallet af husdyr og arealtilliggende. For kvægbrugsbedrifter er grænsen 2.3 DE ha⁻¹, for svinebrug 1.7 DE ha⁻¹ og for blandede husdyrbrug 2.0 DE ha⁻¹. Overstiger husdyrholdet disse grænser skal overskydende husdyrgødning afsættes til anden side.

Stor andel af disharmoniske brug

I 1994 var 23% af husdyrbrugene i landovervågningsoplandene disharmoniske, med 54% af dyreenhederne tilhørende disse brug. For at harmonikravene kunne opfyldes måtte 15% af den samlede gødningsmængde i oplandene omfordeles. Braklægning androg sig for 7%-point af de disharmoniske brug og for 2%-point af den gødningsmængde, der skulle omfordeles.

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

76% 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 1994.

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

Opbevaringskapaciteter og udbringningstider

Kravet til opbevaringskapacitet, som ifølge bekendtgørelse nr 11, Miljøministeriet 3/1 1992, var 9 måneder, skulle være opfyldt senest den 31/12 1993. Dog var 6 måneder tilstrækkeligt, hvis det kunne godtgøres, at husdyrgødningen kunne udnyttes tilstrækkeligt. Ved bekendtgørelse nr 1121, Miljøministeriet 15/12 1992 blev opbevaringskravet revideret til, at der skulle være tilstrækkelig opbevaringskapacitet, 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 31/12 1994.

I de seks landovervågningsoplande stod 76% af dyreenhederne på ejendomme med opbevaringskapacitet til flydende husdyrgødning på 9 måneder eller derover, mens 92% af dyreenhederne stod på ejendomme med 6 måneders opbevaringskapacitet eller derover. Andelen med 9 måneders opbevaringskapacitet eller derover var steget med 21%-point i forhold til 1993 og med 39%-point i forhold til 1991 (figur 5.3). På landsbasis i juni 1994 hørte 59% af dyreenhederne til ejendomme med 9 måneders opbevaringskapacitet eller derover, mens 87% af dyreenhederne tilhørte ejendomme med 6 måneders opbevaringskapacitet eller derover (Danmarks Statistik, 1995,c).

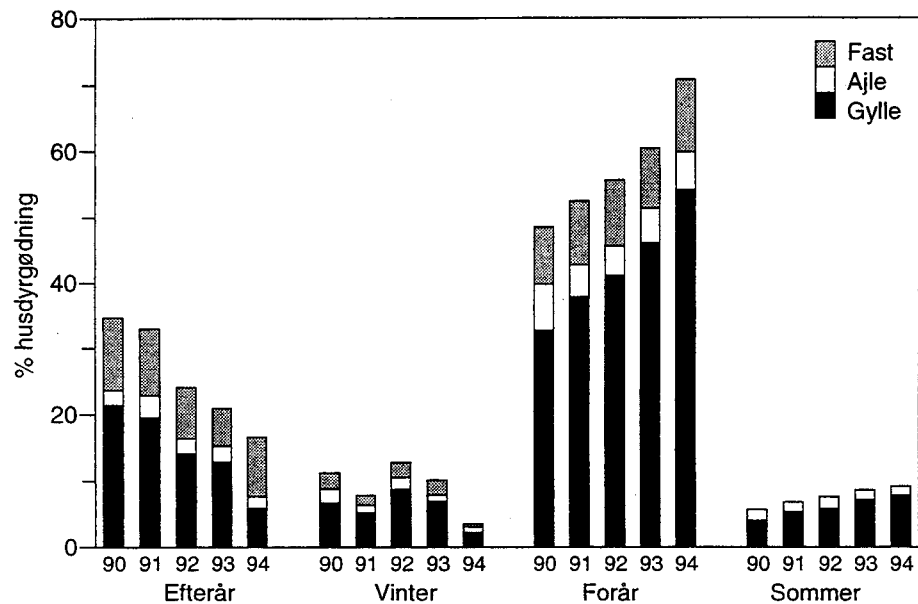
Tabel 5.4 Procentvis fordeling af opbevaringskapacitet til flydende husdyrgødning for de seks landovervågningsoplande i 1994.

	Opbevaringskapacitet		
	<6 mdr.	6-8 mdr.	≥9 mdr.
Ejendomme (%)	14,5	21,1	64,5
Dyreenheder (%)	8,5	16,0	75,5
N-husdyrgød. (%)	4,6	13,3	82,1

Antal ejendomme = 76.

Udbringningstidspunkterne for husdyrgødning er vist i figur 5.4 for årene 1990-1994. Opgørelsen registrerer den udbragte husdyrgødning eksklusiv den mængde, der efterlades på marken ved afgræsning. Det ses at den største husdyrgødningsmængde blev udbragt om foråret. I 1994 blev 80% af den samlede husdyrgødningsmængde udbragt om foråret og sommeren; dette var en stigning på 11%-point i forhold til 1993, og en stigning på 26%-point siden 1990. Den forholdsvis store stigning i forårs/sommerudbringning fra 1993 til 1994 hænger sammen med den store udbygning af opbevaringskapacitet i samme periode. Med virkning fra efteråret 1993 blev det forbudt at sprede flydende husdyrgødning fra høst til 1. februar, med undtagelse af vinterraps og overvintrende græs. I driftåret 1993/94 i landovervågningsoplandene blev 87% af den flydende husdyrgødning udbragt i forårs-/sommertidspunkterne, dvs fra 1. marts og indtil høst.

Figur 5.4 Udbringningstid for husdyrgødning fra 1990 til 1994.



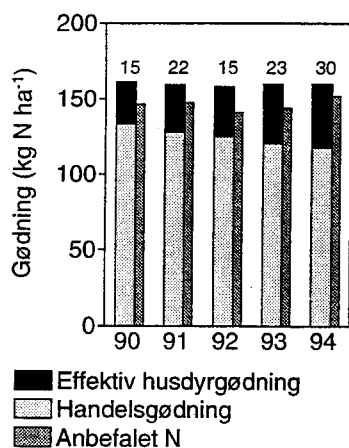
Udviklingstendenser i tildelte kvælstofmængder i forhold til anbefalede kvælstofmængder

Fem afgrødegrupper

Opgørelserne er udarbejdet for fem afgrødegrupper, nemlig vårkorn, vårkorn med udlæg, vinterkorn, rodfrugter og frøafgrøder (tabel 5.5). Grunden til at græsafgrøder ikke er med i denne opgørelse er, at gødningstildelinger og anbefalede kvælstofmængder til disse afgrøder er vanskelige at definere. Det er for eksempel vanskeligt at opgøre en udnyttelsesgrad af den husdyrgødning, der falder på marken under afgræsning. Ydermere anvendes op til 26% af græsmarkerne i omdrift til såvel slæt som til afgræsning. På den måde bliver en udnyttelsesgrad af husdyrgødningen uigennemskuelig. Desuden er det vanskeligt, at fastlægge den anbefalede kvælstofmængde til græs, da nogle arealer kun afgræsses i korte perioder og nogle vedvarende græsarealer ligger hen som delvise reservearealer i år med mangel på foder. Således får ca. 17% af de vedvarende græsarealer kun tilført gødning via udbinding, hvor den gennemsnitlige tildeling er 59,3 kg N ha⁻¹. Den resterende del af de vedvarende græsarealer får i gennemsnit tildelt 146,3 kg N ha⁻¹ i effektiv N, heraf udgør handelsgødningen 125,4 kg N ha⁻¹ mens udbindingen som gennemsnit bliver 127,3 kg N ha⁻¹. Kun ca. 26% af græs i omdrift anvendes til slætgræs. 76% af dette areal tildeles i gennemsnit ca 226 kg N ha⁻¹ som effektiv N, hvilket er ca. 45% lavere end den anbefalede mængde på 400 kg N ha⁻¹. De fem afgrødegrupper udgør dog til sammen 71%, 73%, 70%, 67% og 62% af landbrugsarealet i oplandene i henholdsvis 1990, 1991, 1992, 1993 og 1994.

Landbrugspraksis - 1990 til 1994

Udviklingstendenser i landbrugspraksis er vist i figur 5.5 og datamaterialet er desuden vist i bilag 5.1. For de fem afgrødegrupper faldt handelsgødningsforbruget med 15 kg N/ha fra 1990 til 1994, mens husdyrgødningsmængden steg 17 kg N/ha. I samme periode steg den gennemsnitlige anbefalede mængde fra 146 kg N/ha i 1990 til 148 kg N/ha i 1994. I opgørelserne er bibeholdt normer fra 1990 til vår- og vinterraps. Ændringerne i den anbefalede mængde til vår- og vinterraps i 1992 betyder mindre end 2 kg N/ha for den gennemsnitlige



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

Nyttevirkning af kvælstof i husdyrgødning

Nyttevirkningen steg 9%-point fra 1990 til 1994

Nyttevirkning er 45% i 1994 med nye normtal

anbefalede mængde til de fem afgrødegrupper. For de fem år er der et 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 den anbefalede kvælstofmængde, ved en given gødningstildeling til en afgrøde, der udgøres af husdyrgødningens kvælstof. Udnyttelsen beregnes på følgende måde:

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

Bekendtgørelsens krav til udnyttelse af husdyrgødning er pr. 1. august 1993: 45% for svinegylle; 40% for kvæggylle; 15% for dybstrøelse og 30% for anden husdyrgødning.

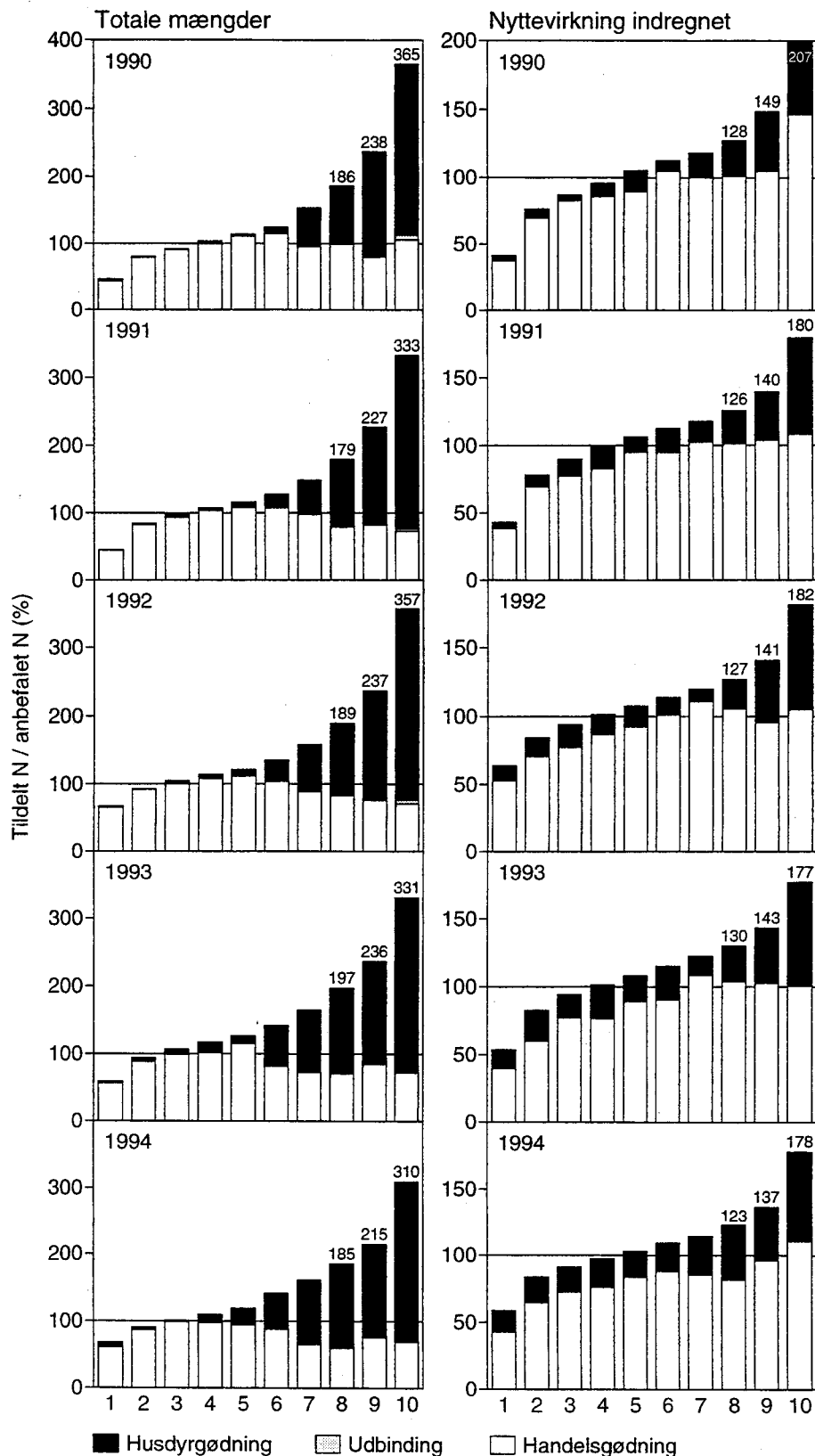
For de fem afgrøder vårkorn, vårkorn med udlæg, vinterkorn, frøafgrøder og rodfrugt er den gennemsnitlige udnyttelse af husdyrgødningen ca. 15% i 1990 og ca. 30% i 1994 (figur 5.5). Der er således en forbedring af udnyttelsen af husdyrgødning på 15%-point i den pågældende periode. Udnyttelsen af husdyrgødningen faldt relativt meget i 1992, hvilket primært skyldtes en lav anbefalet mængde. En stigning i den anbefalede mængde på 6 kg N/ha ville medføre en stigning i udnyttelsen af husdyrgødningen på 10%-point.

Nyttevirkningen er et tal for, hvor meget af husdyrgødningens kvælstof, der kan erstatte handelsgødningskvælstof og angives som normtal for forskellige typer af husdyrgødning i Håndbog for Plantedyrkning. 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.

I landovervågningsoplandene er den gennemsnitlige nyttevirksomhed af udbragt husdyrgødning henholdsvis 33%, 36%, 37%, 38% og 42% opgjort for de fem afgrødegrupper for årene 1990, 1991, 1992, 1993 og 1994 (bilag 5.1). Fra 1990 til 1994 ses således en stigning på 9%-point, som afspejler, at en stadig stigende del af husdyrgødningen bliver udbragt om foråret og sommeren. Stigningen i forår-/sommerudbringningen var 26 %-point i samme periode. Handelsgødningsforbruget faldt fra 133 kg N ha⁻¹ i 1990 til 118 kg N ha⁻¹ i 1994. Således udgør handelsgødningen nu en mindre andel af den anbefalede mængde, ca. 80% i 1994 mod 91% i 1990.

Den gennemsnitlige nyttevirksomhed af udbragt husdyrgødning er 45% for 1994 udregnet efter de nye normtal for nyttevirksomhed (Håndbog for plantedyrkning, 1994). Ændringerne i nyttevirksomhed er størst for svinegylle, hvor normtallene er øget med 20% fra 1991 til 1992 ved forårstildeling. Ændringerne i normtallene viser, at landbruget arbejder med at øge udnyttelsen af husdyrgødningen. De nye normtal gør det

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 1994.



muligt for den enkelte landmand at ændre sin gødsningspraksis mod et lavere forbrug af handelsgødning.

Overgødsning

Når overgødsningen skal vurderes i forhold til de anbefalede kvælstofmængder, indregnes nyttevirkningen af den udbragte husdyrgødning plus den tildelte handelsgødning. For alle marker i denne opgørelse er der foretaget en beregning af det samlede gødnings-

niveau i forhold til de anbefalede mængder for økonomisk optimal gødsning. Opgørelsen er baseret på fem afgrødegrupper, nemlig vårkorn, vårkorn med udlæg, vinterkorn, frøafgrøder og rodfrugter.

I højre side af figur 5.6 vises den tildelte kvælstofmængde fordelt på handelsgødning og husdyrgødning. Husdyrgødningen er opgjort som nyttevirkningen af denne og det samlede areal er opgjort på 10% fraktiler. Figuren giver et billede af overgødsningens størrelse i land-overvågningsoplandene. Hvis der i oplandene blev gødet i henhold til den økonomisk optimale kvælstoftildeling ville søjlerne ligge omkring 100.

Der overgødes på ca. 30% af arealet

Kvælstoftildelinger, der er indenfor en margin på 10 - 20% af den anbefalede værdi, anses for at være indenfor det anbefalede område. Af figuren ses det, at der fortsat overgødes på ca. 30 % af arealet. Fra 1990 er der dog sket en lille forbedring i fordelingen af husdyrgødningen.

Totalt tildelt kvælstof/ anbefalet kvælstof

I venstre side af figuren ses den totale kvælstoftildeling i forhold til den anbefalede tildeling. Den del af søjlerne, der ligger over den økonomisk optimale kvælstoftildeling = 100, viser den relative kvælstofmængde, der potentielt kan udvaskes eller udnyttes senere. Procentandelen viser ikke graden af overgødsning, da en del af den total tilførte kvælstof er bundet organisk i husdyrgødningen.

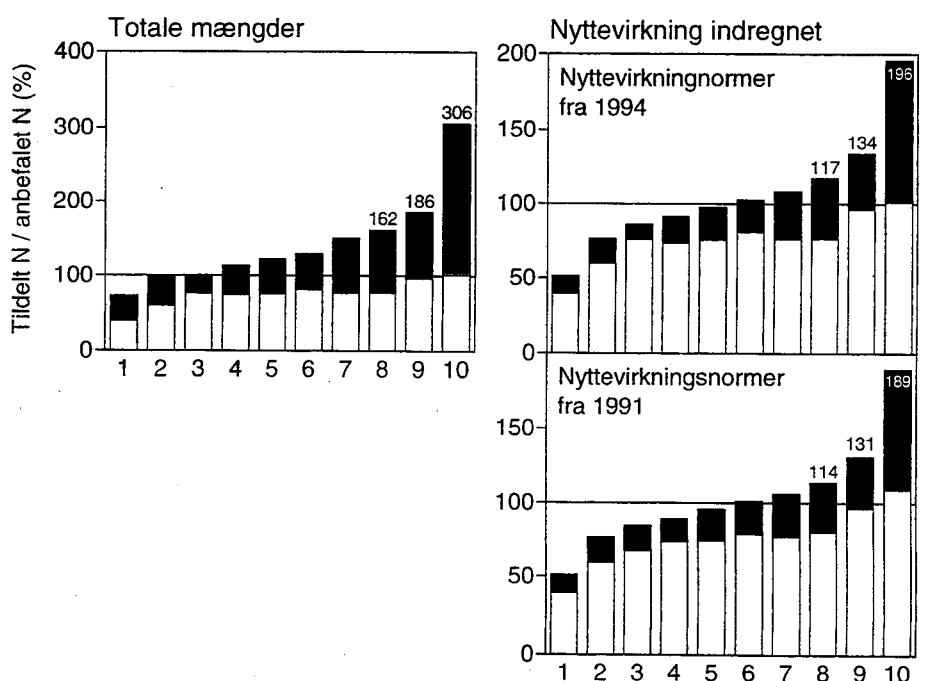
Stigende overgødsning på grund af nye normer for anbefalt kvælstof og nyttevirksomhedstal

I figur 5.7 ses samme opgørelse, men ud fra Plantdirektoratets normer for anbefalet kvælstof. Overgødsningen er endvidere beregnet med såvel 1991- som 1994-nyttvirkningstal (Håndbog for plantedyrkning 1991 og 1994). Det ses, at der beregnes en stigning i overgødsningen på grund af ændringen i normtalene og i nyttevirkningstallene.

Figurerne 5.6 og 5.7 viser, at på en del af landbrugsarealet i opgørelsen opfyldes den anbefalede kvælstofmængde alene med handelsgødning.

■ Husdyrgødning
 ▨ Udbinding
 □ Handelsgødning

Figur 5.7 Tildelte kvælstofmængder 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 1994. Nyttvirkningen af den tilførte gødning er opgjort med gamle normtal (1991) og efter anbefalede kvælstofmængder fra Plantedirektoratet (1994).

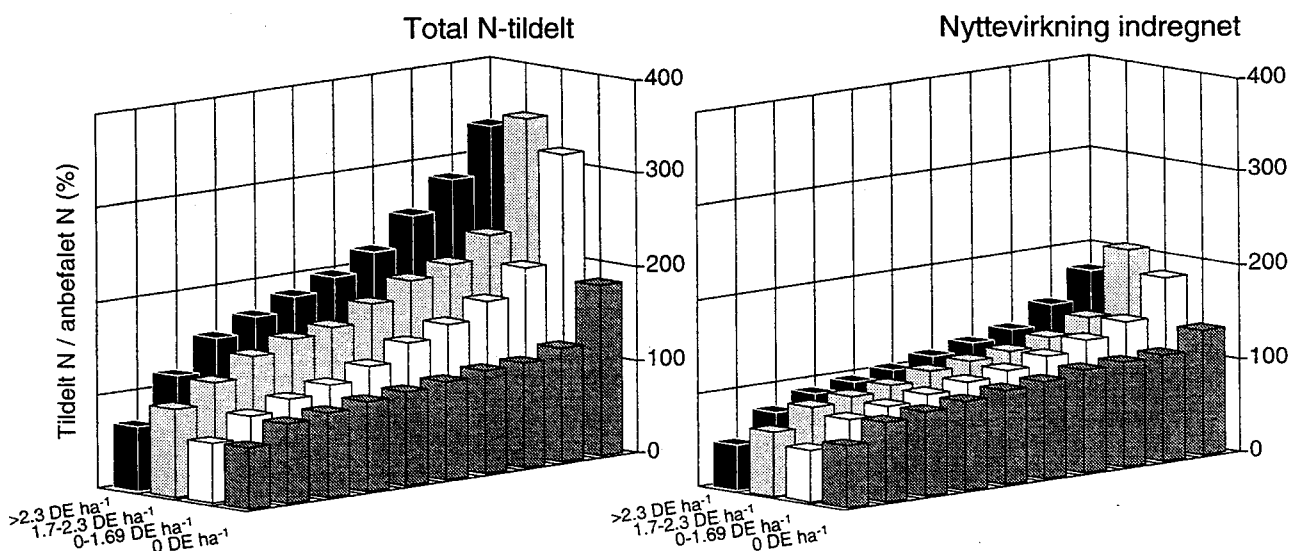


På den måde bliver husdyrgødningens kvælstof stort set ikke sat til nogen værdi og er dermed i overskud. For at ændre på dette forhold skal husdyrgødningens nytteværdi tages alvorligt og følges af en sænkning af tildelt kvælstof i handelsgødning.

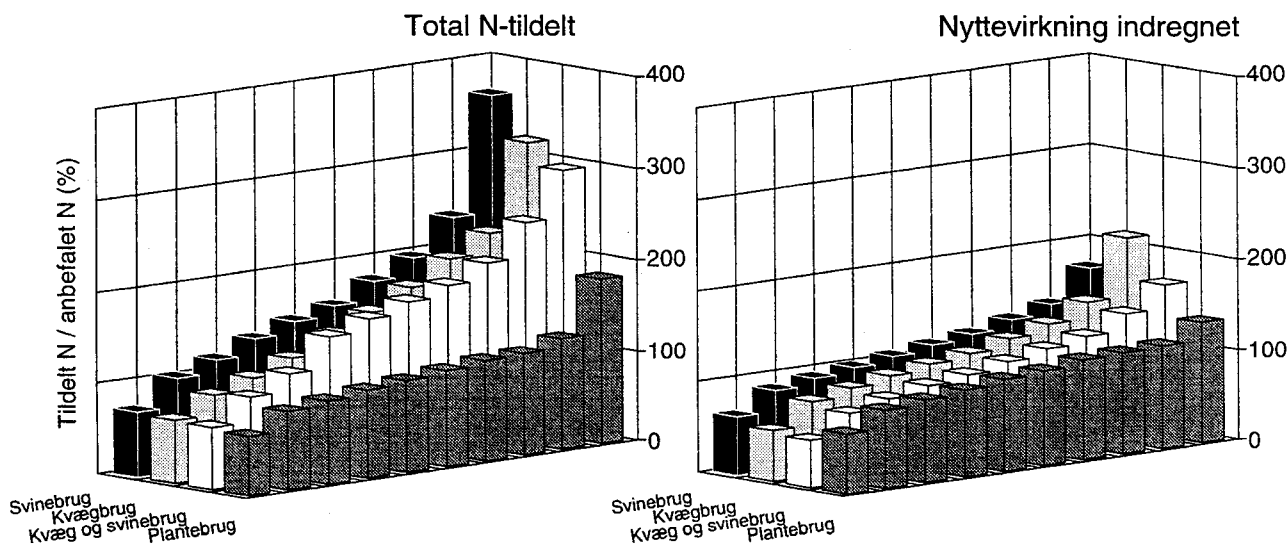
Overgødskning

Stigende overgødskning med stigende husdyrtæthed

For at beskrive overgødskningens størrelse på ejendomme med stor husdyrtæthed er de tildelte kvælstofmængder opgjort i forhold til de anbefalede kvælstofmængder grupperet på ejendomme efter stigende husdyrtæthed. Opgørelsen ses i figur 5.8. 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 op til 100% på 10% af arealet. Fra 1992 til 1994 er der sket en udvikling i retning af en bedre fordeling af husdyrgødningen. Datamaterialet til figuren er vist i bilag 5.2.



Figur 5.8 Tildelte kvælstofmængder i forhold til anbefalede kvælstofmængder for samtlige arealer indenfor fire ejendomsgrupper med stigende husdyrtætheder.



Figur 5.9 Tildelte kvælstofmængder i forhold til anbefalede kvælstofmængder for samtlige arealer indenfor fore bedriftstyper.

For at beskrive overgødskningens størrelse på brugstyper er de tildelte kvælstofmængder opgjort i forhold til de anbefalede kvælstofmængder grupperet efter brugstyper. Figur 5.9 viser, at husdyrbrugene overgødes på op til 30% af deres arealer, og at der overgødes i overdentlig stor grad på 10% af arealerne. Den største overgødskning er på husdyrbrugene. Planteavlsbrugene overgøder på ca. 30% af deres arealer. Datamaterialet til figuren er vist i bilag 5.2.

5.2 Gødningsforbruget for hele landet fra 1985 til 1994

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.

Det følgende afsnit omhandler udviklingen i landbrugets gødningsforbrug set i forhold til afgrødernes behov. Denne udvikling belyser, hvorvidt administrative tiltag og øget rådgivning har ændret gødningspraksis i landbruget. Det efterfølgende afsnit beskriver tilførslen af kvælstofgødning set i forhold til den kvælstofmængde der fjernes med de høstede afgrøder, hvilket belyser udviklingen i tabspotentialet af kvælstof fra de dyrkede arealer. Det sidste afsnit omhandler udviklingen i husdyrtætheden set i forhold til gældende regler for harmonikrav til husdyrbrug.

Opgørelsesmetoder

Opgørelser vedr. kvælstofstrømme 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 fra husdyrgødning er fra en foreløbig opgørelse fra Danmarks Statistik (1993). Tallene er endnu ikke opgjort for 1993 og 1994, hvorved N-faktorer fra 1992 for N-indholdet i gødningen fra forskellige husdyr er anvendt sammen med husdyrsammensætningen for henholdsvis 1993 og 1994. For øvrige parameter er der anvendt de samme opgørelsesmetoder som beskrevet i Grant et al. (1993). Fra 1994 er der som før nævnt kommet nye kvælstofnormer, hvor der bl.a. korrigeres for udbytteneiveau. 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. Med denne metode bliver behovet for 1994 370 og 356 mio kg N, henholdsvis med og uden korrektion for N-prognosen.

Gødningsforbruget for hele landet

I 1994 udgjorde handelsgødningsforbruget 320 mio. kg N, hvilket er et fald på 7 mio. kg N i forhold til 1993. Det mindre handelsgødningsforbrug skal ses i sammenhæng med, at afgrødernes kvælstofbehov i samme periode faldt med 16 mio. kg N primært på grund af en øget braklægning. Antallet af husdyr er faldet med 5 % til 2.411.000 dyreenheder, hvorved den udbragte mængde af husdyrgødning faldt med 5 mio. kg N. Set i forhold til afgrødernes kvælstofbehov er der altså ikke sket en forbedring af gødningspraksis fra 1993 til 1994. Handelsgødningen dækker fortsat den største del af afgrødernes behov, nemlig 85 % (bilag 5.3). Dette betyder, at udnyttelsen af de store mængder husdyrgødning, der er til rådighed, stadig kan forbedres væsentlig.

Tabel 5.5 Gødningsforbrug, dyreenheder og anbefalet kvælstofbehov for hele landet i 1985, 1993 og 1994

	1985	1993	1994
Handelsgødningskvælstof i mio. kg N	392	327	320
Udbragt husdyrgødningskvælstof i mio. kg N	210	220	209
Effektiv gødning i mio. kg N	447	420	408
DE i 1000	2507	2531	2411
Total kvælstofinput	745	681	660
Anbefalet behov mio kg N	409	393	377

N behovet opgjort med nye normtal er 370 og 356 mio. kg N, henholdsvis med og uden indregnet N-prognose.

På landsplan er den samlede tilførsel af handelsgødning faldet fra 392 mio. kg N i 1985 til 320 mio. kg N i 1994. Mængden af husdyrgødning var omtrent uændret i perioden. Derved er det samlede kvælstofinput til de dyrkede arealer faldet fra 745 mio. kg N i 1985 til 660 mio. kg N i 1994. I samme periode faldt afgrødernes kvælstof behov med 31 mio. kg N, hvorved den reelle nedgang i tildelt kvælstof, set i forhold til afgrødernes behov, er 54 mio. kg N svarende til 7 %. Handelsgødnings 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 1994, hvor handelsgødningen udgjorde 85 % af afgrødernes kvælstofbehov og husdyrgødningens andel steg tilsvarende (bilag 5.3).

Udbringningspraksis for husdyrgødning er forbedret

I nogenlunde samme periode er forårs-/sommerudbringningen af husdyrgødning steget gradvist fra ca. 45 % i 1980'erne til ca. 65 % midt i 1990'erne (Hansen, 1990; Observa, 1993).

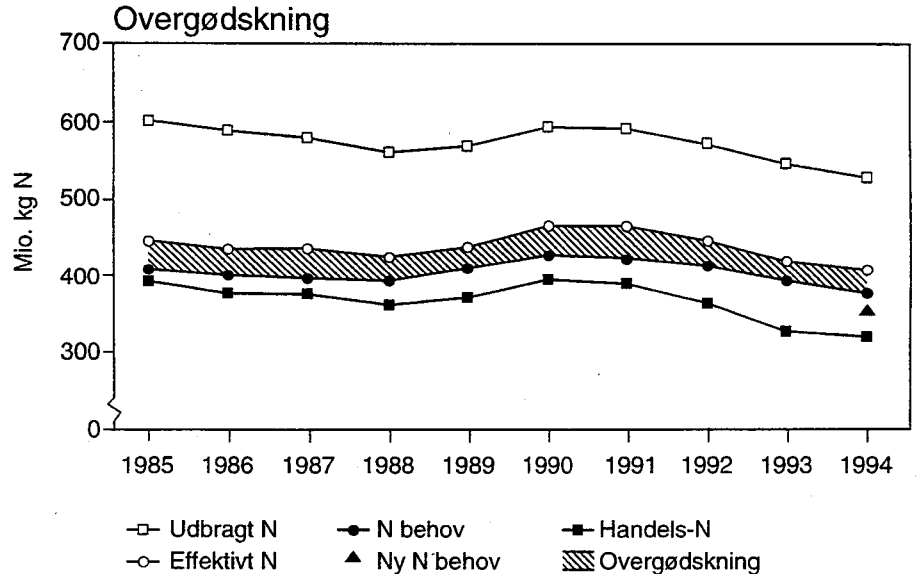
Overgødsning

Den kvælstofmængde, der er tilgængelig for afgrøderne angives som effektiv N og består dels af kvælstof fra handelsgødningen og 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 er forudsat, at den gennemsnitlige nyttevirkning af husdyrgødningen var 26 % i 1985, og at den derefter er øget med 2 % om året. Nyttevirkningen i 1993 og 1994 er

der ved op på 42 % (jvf. bilag 5.1). I en opgørelse for syv landbrugsdominerede oplande var nyttevirkningen 28% i 1984 og 30% i 1987 (Hansen, 1990b).

Den totale udbragt kvælstofmængde, den effektive kvælstof, afgrødernes kvælstofbehov og kvælstof i handelsgødning vises i figur 5.10. Overgødskningen vises ved det skraverede felt som forskellen mellem tilført effektiv kvælstof og afgrødernes behov. Overgødskningen svinger mellem 26 og 42 mio. kg N i hele perioden med en lille tendens til at blive mindre i 1990'erne.

Figur 5.10 Udviklingen i totalt tildelt kvælstof, tildelt effektivt kvælstof, kvælstofbehov og tildelt handelsgødningskvælstof for hele landet i perioden fra 1985 til 1994.



Tildelt og høstet kvælstof fra det dyrkede areal

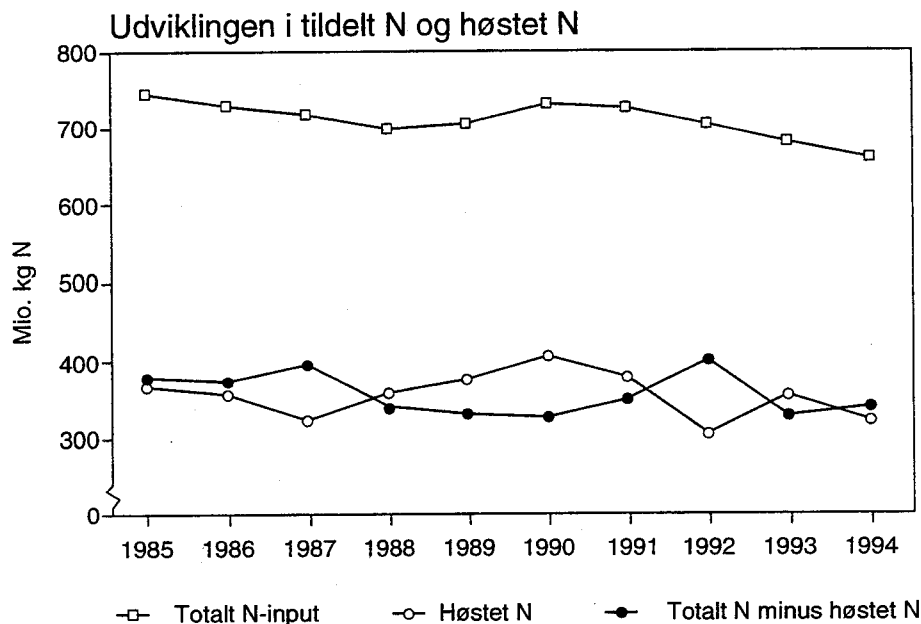
Udviklingen i det totale kvælstofinput i forhold til det høstede kvælstof er vist i figur 5.11. Det totale kvælstofinput består af handelsgødningsforbruget, kvælstoffikseringen, depositionen og kvælstof udskilt fra husdyrene fratrukket ammoniakfordampningen fra stald og lager. Forskellen mellem tilført og høstet kvælstof er gradvis reduceret fra 379 mio. kg N i 1985 til 339 mio. kg N i 1994.

Kyllingsbæk (1995) har beregnet kvælstofoverskudet i landbruget for perioden 1979/1980 til 1993/1994. Overskudet er beregnet som forskellen mellem tilført kvælstof til landbruget og fraført kvælstof med animalske produkter og planteprodukter. Opgøres dette overskud i kg N/ha er der ingen forskel i overskudet i nævnte periode, mens det totale overskud faldt 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%.

Husdyrtæthed og harmonikrav

Antallet af dyreenheder faldt 5 % fra 1993 til 1994, hvorved den gennemsnitlige husdyrtæthed er på 1,03 DE/ha opgjort for det dyrkede areal med et gødningsbehov, det vil sige, at brak- og bælgsejdsarealet ikke er med i opgørelsen (Danmarks statistik, 1995a.). Husdyrtætheden er opgjort for arealer uden gødningsbehov.

Figur 5.11 Udviklingen i tildelt kvælstof og høstet kvælstof for hele landet i perioden 1985 til 1994.



I 1994 er 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 bedrifters jorder (*Danmarks Statistik, 1995a*).

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 og 21 % af husdyrgødningen produceres på bedrifter med et arealtilliggende, der svarer til 5 % af det dyrkede areal. Hvis denne husdyrgødning skulle udbringes på disse bedrifters areal ville gennemsnitstildelingen blive 411 kg N/ha. Krav om overførsel af husdyrgødning skal sikre, at disse meget store husdyrgødningsmængder spredes på arealer, hvor der ikke i forvejen overgødes.

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

Grønne marker udgør 81% af det dyrkede areal, heraf udgør halvdelen vinterkorn, som ikke kan forventes at optage store kvælstofmængder i efterårs- og vintermånedene. Af husdyrbrugene havde ca. 65% en opbevaringskapacitet på 9 måneder eller derover. Disse brug dækkede tilsammen 82 % af husdyrgødningskvælstoffet. Forårs/sommerudbringningen steg fra 54% i 1990 til 80% i 1994. Fra 1990 til 1994 blev handelsgødningsforbruget reduceret, således at udnyttelsen af husdyrgødningen steg 15%. Husdyrgødningen fordeles bedre i 1994 end tidligere; der er dog stadig overgødskning på ca. 30% af arealet. For en bedre udnyttelse af husdyrgødningen skal handelsgødningsforbruget sænkes yderligere.

For hele landet udgjorde handelsgødningsforbruget 320 mio. kg N i 1994, hvilket er et fald på 7 mio. kg N i forhold til 1993. Det mindre handelsgødningsforbrug skal ses i sammenhæng med, at afgrødernes kvælstofbehov i samme periode faldt med 16 mio. kg N primært på grund af en øget braklægning. Antallet af husdyr er faldet med 5 % til 2.411.000 dyreenheder, hvorved den udbragte mængde af husdyrgødning faldt med 5 mio. kg N. Set i forhold til afgrødernes kvælstofbehov er der altså ikke sket en forbedring af gødningspraksis fra 1993 til 1994.

På landsplan er den samlede tilførsel af handelsgødning faldet fra 392 mio. kg N i 1985 til 320 mio. kg N i 1994. Tilførsel af husdyrgødning var omtrent uændret i perioden. Derved er det samlede kvælstofinput til de dyrkede arealer faldet fra 745 mio. kg N i 1985 til 660 mio. kg N i 1994. I samme periode faldt afgrødernes kvælstof behov med 31 mio. kg N, hvorved den reelle nedgang i tildelt kvælstof, set i forhold til afgrødernes behov, er 54 mio. kg N svarende til 7 %.

I 1994 er 16 % af husdyrbrugene disharmoniske, og hovedparten af disse er svinebrug.

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 1989-1994 er vist som histogrammer i bilag 6.

Tabel 6.1 Årsnedbør (korrigeret til jordoverfladen) for 1988 - 1994, samt årsnedbør for perioden 1961 - 1990.

LOOP	Normal årsnedbør ¹⁾ mm	Nedbør (mm)						
		1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
1. Storstrøm	614	659	553	766	664	613	809	815
4. Fyn	704	829	634	897	772	762	906	1072
3. Vejle/Århus	875	869	623	1050	762	856	962	1121
2. Nordjylland	794	918	619	765	628	656	631	864
5. Ringkøbing	969	1004	841	1056	826	938	825	1019
6. Sønderjylland	993	1110	608	1081	830	873	999	1133

¹⁾ Olesen (1990)

Nedbørsmængder og -fordeling 1988-1994

I 1988 var årsnedbørsmængderne større end normalt for årene 1961-1990. Nedbørsmængderne udgjorde i gennemsnit 109% af normalnedbøren. I sidste halvdel af 1988 blev der i de fleste oplande målt større nedbørsmængder i juli og ved enkelte stationer i august måned end normalt. Derimod var nedbørsmængderne i oktober - december oftest lig med eller lavere end normalnedbøren.

I 1989 faldt der væsentlig mindre nedbør end normalt med et gennemsnit på 78%. Nedbøren i 1989 fordelte sig således, at der i februar - marts og i oktober i de fleste oplande faldt større mængder end normalt; og endvidere faldt der i LOOP1 og LOOP4 meget store nedbørsmængder i løbet af få dage i august måned. I de øvrige måneder var nedbøren lig med eller lavere end normalt.

I 1990 var nedbørsmængderne store; disse udgjorde i gennemsnit 113% af normalnedbøren. De større nedbørsmængder faldt især i januar - februar, juni og i efterårsmånederne.

I 1991 udgjorde årsnedbøren i gennemsnit 92% af normalen. Således var nedbørsmængderne for de to oplande på øerne (LOOP 1 og 4) 108% af normalnedbøren, mens nedbørsmængderne for de fire oplande i Jylland (LOOP 2, 3, 5 og 6) var 84% af normalnedbøren. Nedbøren fordelte sig således, at juni og november måneder var mere regnfulde end normalt, mens omvendt juli - august/september var mere tørre. LOOP 5 fik dog ikke del i den høje juni-nedbør, mens LOOP 1 i november fik normale nedbørsmængder.

Årsnedbøren var i 1992 95% af normalnedbøren med værdier på eller over normalen på øerne (108% i LOOP 4) og værdier under normalen i Jylland. Mindst nedbør faldt der i LOOP 2 og LOOP 6 med hhv. 83%

og 88% af det normale. Nedbørsfordelingen over året var derimod meget skæv og først og fremmest karakteriseret af den landsdækkende ekstreme tørkeperiode fra den 13. maj til omkring den 10. juli. Når nedbøren alligevel nåede op omkring årsnormalen skyldes det ekstraordinært store nedbørsmængder i august og november.

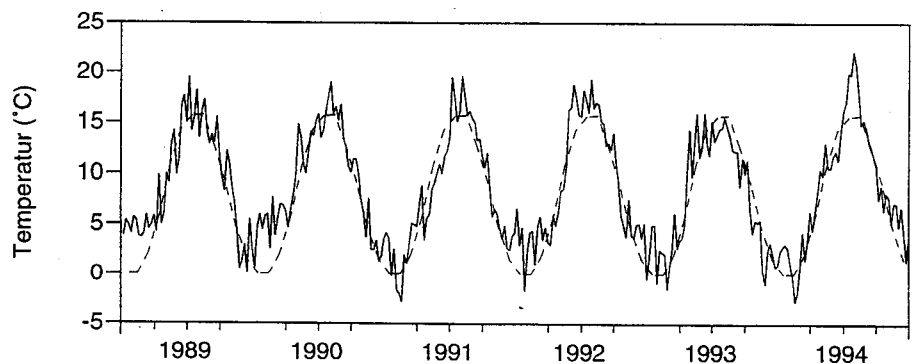
Som det fremgår af tabellen lå 1993 nedbøren i lerjordsoplandene generelt over årsnormalen for disse områder, mens nedbøren i sandjordsoplandene generelt lå under normalen i 1993. Årsnedbøren på 855 mm for de seks LOOPs var i 1993 4% over årsnormalen på 825 mm. I LOOP 2 og 5 lå nedbørsmængden på hhv. 20% og 15% under årsnormalen, mens LOOP 6 havde normalnedbør. På landsplan var perioden fra marts til og med juni meget nedbørsfattig, mens perioden fra juli til og med september var særdeles nedbørsrig.

I 1994 var nedbørsmængderne væsentlig større end normalt og udgjorde i gennemsnit 122% af normalnedbøren. Den største forskel ses for de to oplande på øerne med en nedbørsmængde på 143% af normalen. For de fire oplande i Jylland udgjorde nedbøren 114% af årsnormalen. Den større årsnedbør i 1994 skyldes især, at januar, marts, august og september var meget nedbørsrige.

Temperatur

Temperaturforholdene i undersøgelsesperioden er vist i figur 6.1, der er en sammenstilling af middeltemperaturen for landet i perioden 1989-1994 og temperaturnormalen for perioden 1961-1990. Det fremgår, at vintrene 1988/89, 1989/90, 1991/92 og 1992/93 var usædvanlig milde. Det ses endvidere, at temperaturen i sidste halvdel af 1993 var meget lav. Juli og første halvdel af august i 1994 var usædvanlig varme. Således havde juli 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



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.

Der er i år valgt at fokusere på hydrologiske år, dvs. perioden fra juni til maj, hvilket har betydet at udvaskningsdata fra alle overvågningsår er omarbejdet. En grund hertil er ønsket om at kunne sammenligne målte udvaskningsdata med modelberegnete data (Kap. 8). Fordelen ved bearbejdning af data indenfor hydrologiske år er også, at der fokuseres på en sammenhængende nedbørs-/afstrømningsperiode, istedet for som tidligere med en kunstig deling ved nytår. Udvasningsdata beregnet på kalenderår findes stadig i bilag 7.2 og 7.4.

Udvasningsdata 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.

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 karakteri-

seret 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 grundvandspejl; 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, 1989-94.

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

Tabel 7.2 Afgrødefordeling (%) på stationsmarkerne samt i oplandene, 1989-94

	39 marker	LOOP 1-6
Vårkorn	18,6	20,0
Vårkorn m/udlæg	10,6	5,4
Vinterkorn	23,2	25,5
Frøafgrøder (raps)	5,0	6,7
Bælgsæd (ærter)	6,6	6,3
Rodfrugter	16,2	11,5
Græs+grøntfoder i omdrift	17,4	17,3
Vedv. græs	-	4,9
Brak + andet	3,1	2,5

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/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

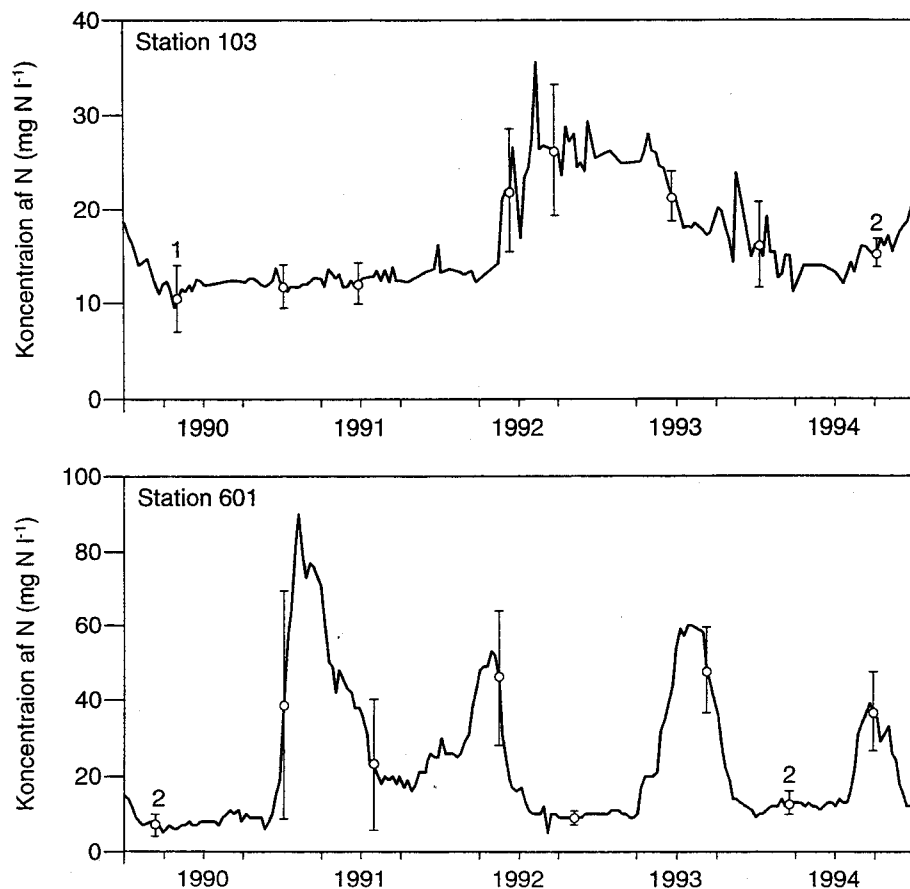
På marker med jordvandsstationer har der været udtaget prøver af den flydende husdyrgødning i 1993-94 med det formål at vurdere, hvor god overensstemmelse der er mellem de beregnede og faktiske næringsstoffilførsler med husdyrgødning til markerne. Resultaterne er beskrevet i bilag 7.1. Det har vist sig, 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 næringsstoffilførslerne 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 $\text{NO}_3 + \text{NO}_2\text{-N}$.

Figur 7.1 N-koncentrationer i jordvand fra puljede analyser samt standardafvigelse beregnet ud fra enkeltcelleanalyser (1: n=8, 2: n=9, øvrige: n=10).



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 tydeligt, 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 heterogeniteter i jorden.

Herved vil en front med et højere eller lavere koncentrationsniveau nå sugecellerne på forskellige tidspunkter. Antages enkeltcelleanalyserne at følge en normalfordeling vil 68% af eventuelle supplerende målinger ligge inden for de viste standardafvigelser.

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 koncentrationsniveauer. 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 5,9 celler i gennemsnit har været i drift og hvor kun 53% 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 1990-1994.

	Nmid	N _{≥7} (%)	Normeret standardafv.
Lerjorde			
LOOP 1	9,0	87	0,51
LOOP 4	7,4	76	0,40
LOOP 3	8,0	84	0,62
Sandjorde			
LOOP 2	7,9	79	0,56
LOOP 5	5,9	53	0,42
LOOP 6	9,0	99	0,50

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 sugeceller ligger koncentrationerne for de enkelte stationer på nogenlunde samme niveau. Der er således ikke nogen klar tendens til at høje eller lave koncentrationer konsekvent findes gennem de samme celler.

Nitrat N udgør 91-95% af total N

Kvælstofformer i jordvandet

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.

Opgjort for alle oplande udgør forskellen mellem koncentrationen af total N og nitrat N ca 5% i 1993 og 9% i 1994. Den større forskel i 1994 er tilstede i alle oplande, men er specielt stor for LOOP 3. En gennemgang af koncentrationskurverne har vist, at den store forskel mellem total N og nitrat N i 1994 især var til stede i september 1994. Det er muligt, at der efter den tørre og varme sommer og efterfølgende meget nedbørsrige september er sket en frigørelse og nedvaskning af opløselige organiske kolloider fra topjorden. Da afstrømningerne i september stadig var ret lave, får det store indhold af organisk N i jordvandet i denne periode ikke stor indflydelse på den totale årlige udvaskning.

Tabel 7.4 Koncentrationer af total N og nitrat (simple middelværdier) for årene 1993 og 1994.

	1993				1994			
	Tot-N mg l ⁻¹	NO ₃ -N mg l ⁻¹	Forskel %	n	Tot-N mg l ⁻¹	NO ₃ -N mg l ⁻¹	Forskel %	n
Lerjorde								
LOOP 1	22,9	22,6	1,3	181	12,8	12,3	3,9	199
LOOP 4	18,7	17,8	4,8	103	12,0	11,4	5,0	137
LOOP 3	19,7	18,9	4,1	107	20,0	16,6	19,2	214
Sandjorde								
LOOP 2	29,7	27,5	7,4	140	26,3	24,0	8,7	181
LOOP 5	16,2	15,0	7,4	176	21,8	20,0	8,3	222
LOOP 6	24,0	23,0	4,2	397	23,2	21,3	8,2	400

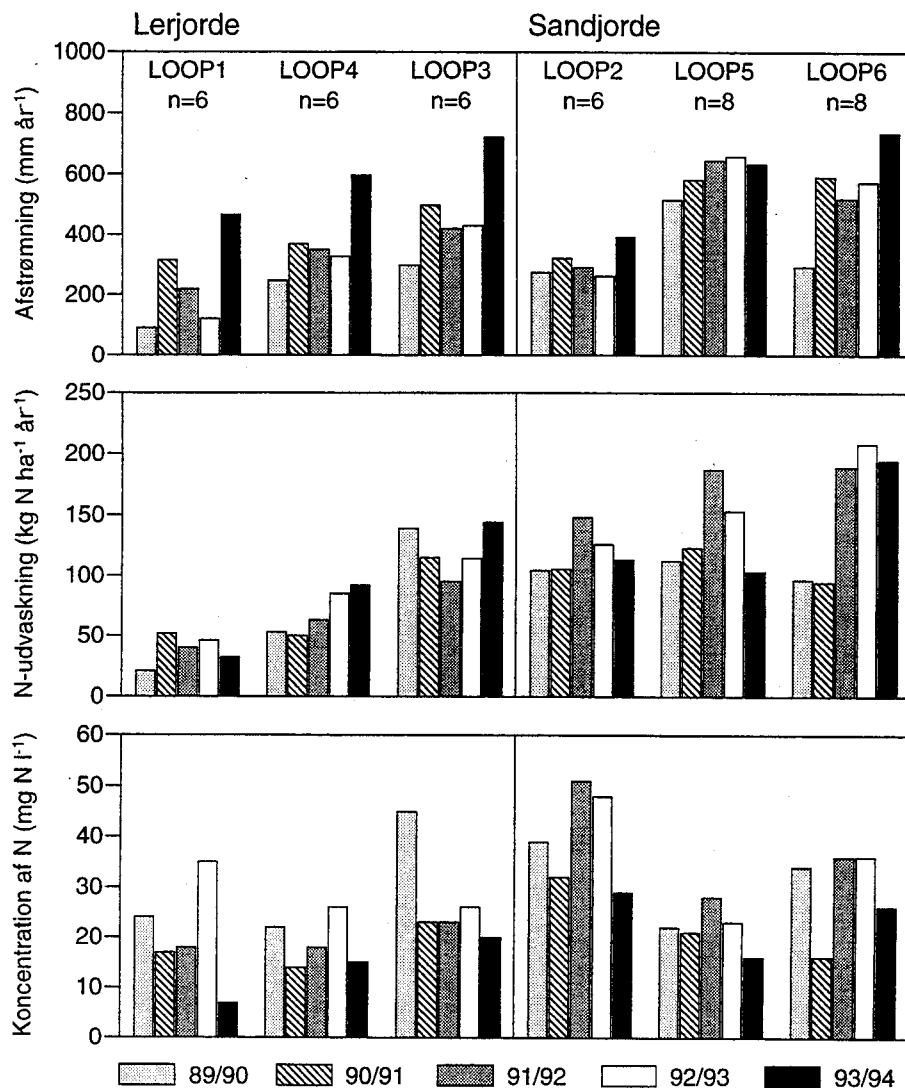
Afstrømning fra rodzonen

Beregnet årlig vandafstrømning fra stationsmarkerne er vist i figur 7.2 som gennemsnit for oplandene. Afstrømningerne har varieret betydeligt gennem måleperioden afhængig af nedbør og vækstbetingelser iøvrigt. I 1993/94 var afstrømningerne meget store på grund af de nedbørsrige perioder juli-september 1993 og januar og marts 1994. Den gennemsnitlige afstrømning fra stationerne i 1993/94 var således 595 mm for lerjordsoplandene og 589 mm for sandjordsoplandene, hvilket svarer til henholdsvis 200% og 130% af afstrømningerne de foregående fire år.

Kvælstofudvaskning

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

Figur 7.2. Årlig vandafstrømning og N udvaskning fra rodzonen, samt vandføringsvægtede N koncentrationer i jordvandet som gennemsnit for stationerne i de seks op lande for årene 1989/90-1993/94. N er angivet som nitrat + ammonium N (For LOOP 5 indgår kun 6 stationer i 92/93 og 93/94).



N koncentrationer

De gennemsnitlige koncentrationer af nitrat- og ammonium-N lå i 1993/94 på 14 mg N l⁻¹ for lerjordsoplandene og på 23,7 mg N l⁻¹ for sandjordsoplandene. Disse niveauer er betydelig lavere end hvad der blev målt de foregående fire år, henholdsvis 58% og 74% af gennemsnitskoncentrationerne for perioden 1989/90 - 1992/93. De lave koncentrationer i 1993/94 skyldes fortynding på grund af de store afstrømninger i perioden.

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 efterfulgt af store nedbørsmængder i efteråret 1992.

Årlig N udvaskning

De årlige kvælstofudvaskninger har varieret gennem måleperioden og i nogen grad fulgt variationerne i vandafstrømning. I 1993/94 udgjorde kvælstofudvaskningerne således 89 kg N ha⁻¹ for lerjordsoplandene og 137 kg N ha⁻¹ for sandjordsoplandene. Disse udvaskninger svarer til henholdsvis 116% og 100% af udvaskningerne de foregående fire år. Den større udvaskning i lerjordsoplandene kan henføres til større vandafstrømning. At det samme ikke gør sig gældende for sandjordene kan forklares med, at det årlige kvælstof-

overskud i jorden ofte udvaskes i afstrømningsperioden uafhængig af nedbørens størrelse; dels på grund af de generelt større nedbørmængder i sandjordsoplandene, dels på grund af de sandede jordes større gennemtrængelighed.

Som gennemsnit for hele måleperioden 1989/91-1993/94 udgjorde kvælstofudvaskningerne henholdsvis 75 kg N ha⁻¹ år⁻¹ for lerjordene og 137 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 lerjordsoplandet LOOP 4 er der endog fundet en stigning i udvaskning, og i sandjordsoplandet LOOP 6 har udvaskningerne konsekvent været højest i sidste del af måleperioden. 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.

Tabel 7.5 Kvælstoftilførsler og -udvaskninger for typeinddelinger af 39 stationsmarker. Gennemsnit for årene 1989/90-1993/94.

		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	162	130	32	67	20	118	12
Husdyrbrug	0-1	208	109	99	101	39	165	10
	1-2	315	175	140	155	72	235	14
	>2	317	153	164	155	118	191	2
Økologisk	0,4	62	30	32	60	-	-	1

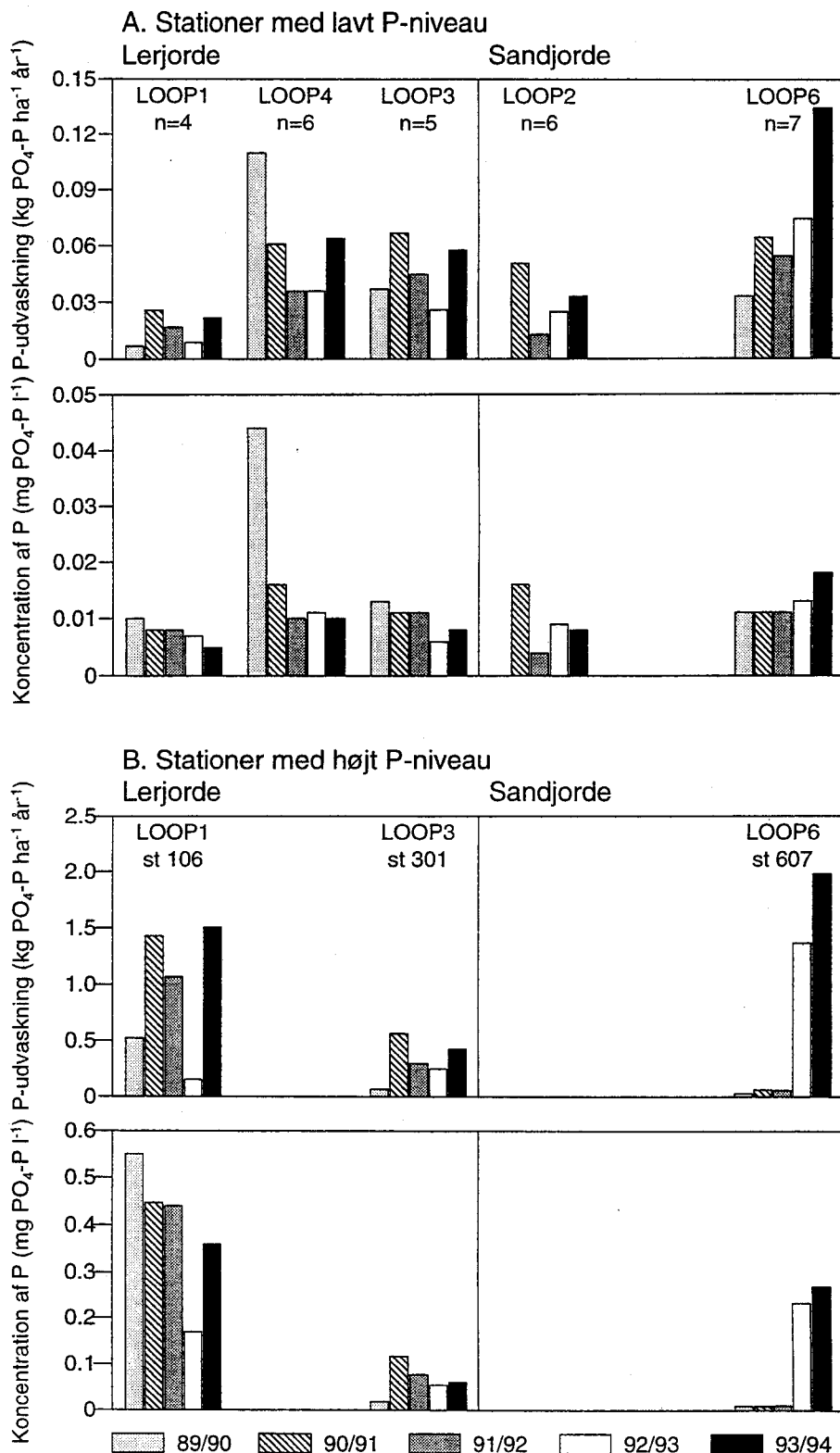
¹⁾ Heri indgår tilførsel med handelsgødning, husdyrgødning, N-fixering samt atmosfærisk deposition (10 kg N ha⁻¹ år⁻¹) fra kilder udenfor dansk landbrug.

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).

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 1989/90-1993/94. A: stationer med lave P niveauer, B: stationer med højt P niveau.



De årlige udvaskninger af ortho-P samt de årlig 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).

Lave P koncentrationer og udvaskninger ved de fleste stationer

For 28 jordvandsstationer har koncentrationerne af ortho-P været lave i hele måleperioden, henholdsvis 0.012 mg P l⁻¹ for lerjordsoplandene og 0.011 mg P l⁻¹ for sandjordsoplandene. Ligeledes har udvask-

ningerne været lave, henholdsvis 0.041 kg P ha⁻¹ år⁻¹ for lerjordsoplandene og 0.052 kg P ha⁻¹ år⁻¹ for sandjordsoplandene.

Høje P koncentrationer og udvaskninger på enkelte stationer

For to stationer i LOOP 1 (Storstrøm) har der været målt konstant høje P koncentrationer i jordvandet (bilag 7.4). Station 101 har kun eksisteret i 3 måleår og skal ikke omtales nærmere her. For station 106 har de vandføringsvægtede koncentrationer som gennemsnit for måleperioden ligget på 0.400 mg P l⁻¹, og udvaskningerne har udgjort 0.945 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 0.066 mg P l⁻¹ og udvaskningerne har udgjort 0.319 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.

Det må konkluderes, at store P udvaskninger fra rodzonen i vid udstrækning hænger sammen med store tilførsler af P.

Udvikling i P koncentrationer

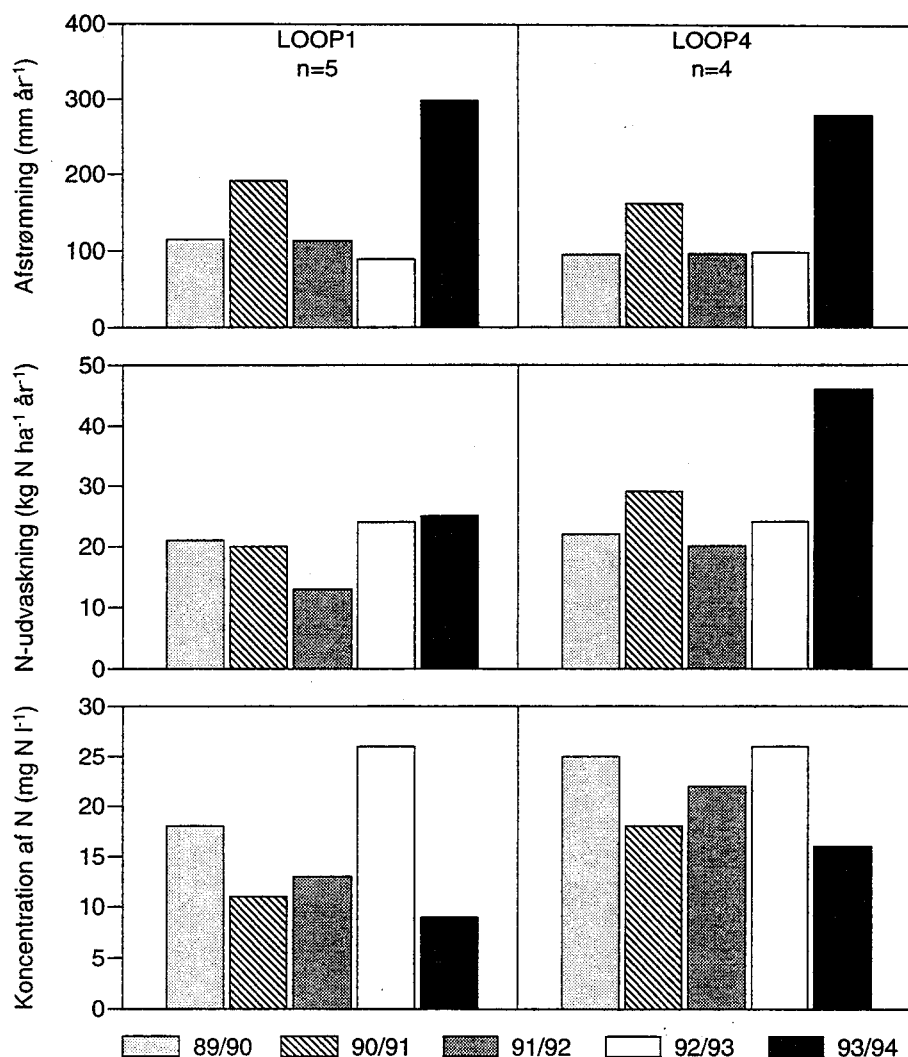
På lerjordene har der været tendens til faldende koncentrationer af ortho-P igennem måleperioden for såvel jorde med lavt og som med højt P niveau. Stor afstrømning og fortynding i 1993/94 kan være en del af forklaringen herpå; men det er også muligt at lavere P tilførsel med handelsgødning gennem de 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. 10 kg P ha⁻¹ i 1993. Fortsatte målinger vil vise om tendensen er reel.

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. I 1993/94 var afstrømningerne meget store, gennemsnitlig 240% af afstrømningerne de foregående 4 år. For hele

Figur 7.4. Årlig vandafstrømning og N udvaskning fra dræen, samt vandføringsvægtede N koncentrationer i drænvandet som gennemsnit for stationerne i to lerjordsoplande for årene 1989/90-1993/94. N er angivet som nitrat + ammonium N.



måleperioden 1989/90-1993/94 udgjorde drænvandsafstrømningen i gennemsnit 67% 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 stationerne i de to oplande. Koncentrationer og udvaskning er givet som nitrat- og ammonium-N.

N koncentrationer

De gennemsnitlige koncentrationer af nitrat- og ammonium-N har igennem måleperioden meget nøje fulgt variationerne for jordvandet. I 1993/94 lå koncentrationerne på 12.5 mg N l⁻¹ mod gennemsnitlig 19.9 mg N l⁻¹ de foregående 4 år. Ligesom for jordvand skyldes de lave koncentrationer i 1993/94 fortynding på grund af de store afstrømninger.

For en drænet lerblandet sandjord i LOOP 2 har nitrat-N og ammonium-N koncentrationerne i drænvandet ligget på gennemsnitlig 31.6 mg N l⁻¹ i måleperioden. Disse højere koncentrationer svarer til hvad der er fundet for jordvandet på samme lokalitet, nemlig 30.7 mg N l⁻¹.

Sammenholdes koncentrationerne af $\text{NO}_3\text{-N}$ og total N for de stationer, hvor begge parametre er bestemt, fremgår at $\text{NO}_3\text{-N}$ udgør 95.5% af total N.

Koncentrationerne af $\text{NH}_4\text{-N}$ har været lave i drænvandet. Oftest har de ligget på et endnu lavere niveau end ved jordvandsanalyserne.

Årlig N udvaskning

Variationen i kvælstofudvaskning fra drænene i både LOOP 1 og LOOP 4 har fulgt variationen i afstrømningen. N udvaskningen lå i 1993/94 på 25 kg N ha^{-1} for LOOP 1 og på 46 kg N ha^{-1} for LOOP 4, hvilket var henholdsvis 128% og 193% af udvaskningen de foregående fire 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 stationene 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.

P former i drænvand

De vandføringsvægtede koncentrationer af total P i drænvand har i gennemsnit over 5 måleår ligget på 0.020 mg P l^{-1} ved to stationer i LOOP 1 og 0.053 mg P l^{-1} ved 4 stationer i LOOP 4; mens udvaskningerne har ligget på 0.040 kg P $\text{ha}^{-1} \text{år}^{-1}$ i LOOP 1 og 0.061 kg P $\text{ha}^{-1} \text{år}^{-1}$ i LOOP 4. Udvasning af ortho-P har udgjort henholdsvis 73% og 38% 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) og Hansen og Petersen (1985).

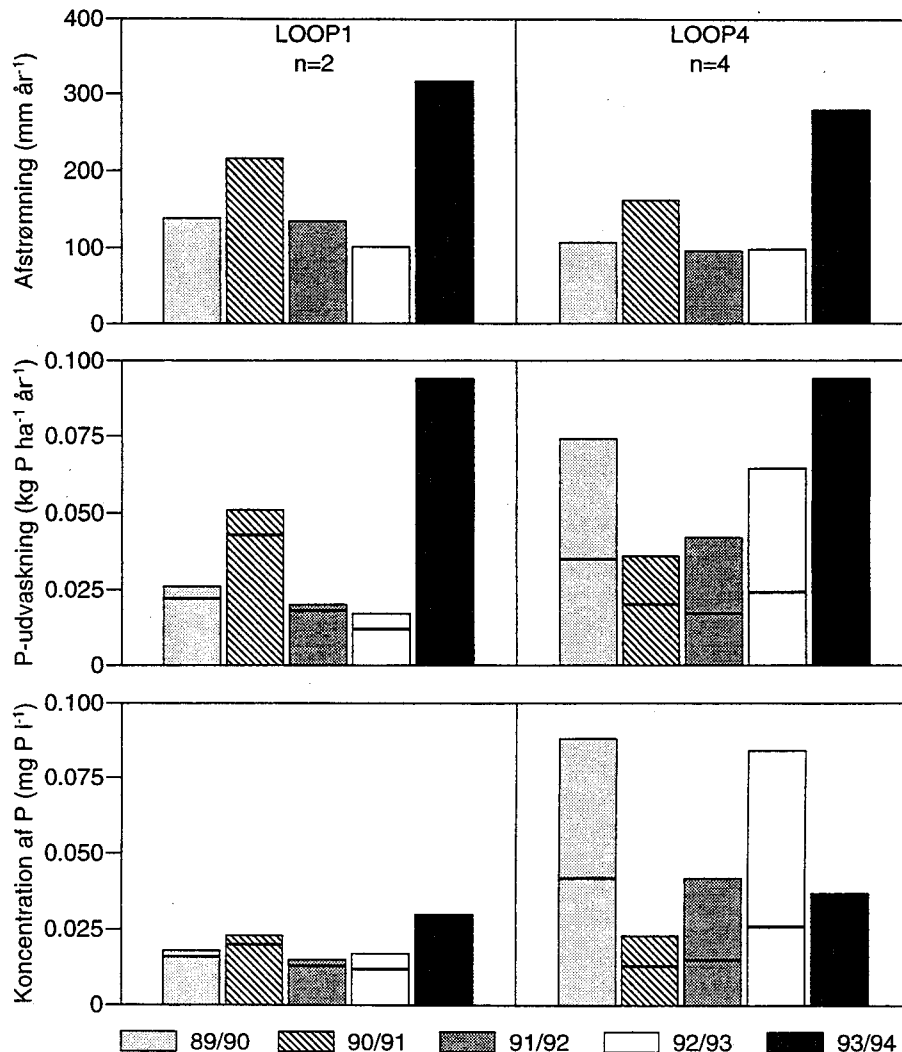
Udvikling i P koncentrationer

Ved station 106 i LOOP 1 har de gennemsnitlige koncentrationer af total P ligget på 0.205 mg P l^{-1} , og heraf har ortho-P udgjort 94%. 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 0.17 mg P l^{-1} i 1993/94. 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 fosforudvaskning 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 det hydrologiske år 1993/94 blev underestimeret med gennemsnitlig 46% ved punktprøvetagning-

Figur 7.5. Årlig vandafstrømning og P tab fra dræn, samt vandføringsvægtede koncentrationer af P i drænvand som gennemsnit for stationerne i to lerjordsoplande for årene 1989/90-1993/94. Søjlerne angiver total P, mens "strengen" indenfor søjlerne markerer ortho-P.



en, 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 849 mm år⁻¹ i perioden 1990/91-1993/94, og årsvariationerne har været langt mindre end på lerjordene.

Nitrat koncentrationerne har i samme periode ligget på gennemsnitlig 14.4 mg N l⁻¹, og udvaskningerne har udgjort 123 kg N ha⁻¹ år⁻¹.

Koncentrationerne af total P i drænvandet har i måleperioden ligget på gennemsnitlig 0.093 mg P l⁻¹, og udvaskningerne har udgjort 0.78 kg P ha⁻¹ år⁻¹. Ortho-P har udgjort 25% 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 fem hydrologiske år, 1989/90-1993/94.

Udvaskningen af kvælstof fra rodzonen udgjorde i gennemsnit 75 kg N ha⁻¹ år⁻¹ for lerjordsoplandene og 137 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 0.047 kg P ha⁻¹ år⁻¹. Ved tre stationer har udvaskningen derimod været høj, 0.319-0.945 ha⁻¹ 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 0.054 kg P ha⁻¹ år⁻¹, og heraf har partikulært P udgjort 50.3%. Fra ét dræn har P tabet været væsentlig højere, gennemsnitlig 0.167 kg P ha⁻¹ år⁻¹, hvoraf partikulært P har udgjort 6%. En drænvandsundersøgelse udført i oplandet på Fyn har vist, at fosfortabet gennem dræn i 1993/94 blev underestimeret med 46% 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 - 1993/1994. 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), 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 en 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.

Modellen er modificeret af Danmarks Miljøundersøgelser

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

Klimakorrektioner

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-normal klima og normal klimaet i det pågældende område. Ved normal klima forstås her gennemsnit for perioden 1970-1990. ii) Desuden anvendes udtrykket til at give et skøn over udvaskningen ved aktuelt klima.

Tabel 8.1 Typetal for udvaskning af nitratkvælstof ved normalgødsning, vægtes i forhold til normalafstrømning for hele landet 1970-1990. Y_n , kg pr. ha. (Efter Simmelsgaard, 1991).

Afgørde	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*	4 (12)	45	36 (15)	35
Vinterraps	0	50	0	40
Vårraps	0	70	0	55
Ærter (høst v. modning)	1	75	1	60
Foderroer	1	45	11	30
Fabriksroer	0	40	0	25
Kartofler	0	45	0	30
Vårsæd m. græsudlæg	15	35	26	20
Vårhelsæd m. græsudlæg	0	40	0	25
Græs i omdrift	11	40	13	25
Kløvergræs i omdrift**	-	40	-	25
Vedvarende græs	0	25	0	15

* 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.

** Der er ikke skelnet mellem græs og kløvergræs i omdrift.

Beregninger i modellen

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

Modellen anvender en forsimplet beskrivelse af kvælstofudvaskning

Modellen anvender kun få faktorer i beskrivelsen af kvælstofudvaskningen; for eksempel indgår den enkelte marks dyrkningshistorie ikke og hermed tages størrelsen og sammensætningen af de organiske kvælstofpuljer ikke i betragtning. Det samme gælder gradueringer indenfor de to jordtypeklasser, modellen opererer med. Et gennemsnit af alle de ikke-beskrivne faktorer er indeholdt i normaludvaskningsværdien. 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 $65 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ og $55 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ for hhv. sand- og lerjord. For de spildkornsmarker, der efterfølges af en vinterafgrøde, og hvor brakken brydes i maj (tilladt i driftsåret 1992/1993) er udvaskningen forhøjet med $20 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$. Tallene gælder for den periode, hvor brakken er hovedafgrøde. I det efterår, hvor spildkornet fremspirer, er der i forsøg observeret at være en udvaskningsreducerende effekt svarende til en efterårssået fangafgrøde (*Jacobsen, 1993*). Fra driftsåret 1993/1994 skal brakafgrøden være dækkende svarende til en græsafgrøde. I modellen skelnes mellem a) brak i omdrift etableret ved udlæg eller som græsmark, der fortsætter som brak, b) brak i omdrift, hvor brakafgrøden etableres i efteråret og c) flerårig brak. Normaludvaskningen for de tre braktyper er skønnet til på sandjorde: 35, 50 og 15 kg N ha^{-1} og på lerjorde: 20, 37 og 10 kg N ha^{-1} . Skønnene er i overensstemmelse med (*Waagepetersen, 1992*).

Input Modellen opererer beregningsmæssigt på markniveau. For hver beregning, der skal udføres, kræver modellen data på både oplands- og markniveau. Oplandsoplysningerne omfatter værdier for 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 Kvælstofudvaskning fra stationsmarker - modelberegninger

Sammenligning med udvaskning fra stationsmarkerne

I en vurdering af Simmelgaards funktioner 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 udvaskningsfunktionerne ikke direkte er gyldige i en mark til mark sammenligning, men skal opfattes som middelbetragtninger for en gruppe marker.

Som det fremgår af tabellen indgår ikke alle stationsmarker i opgørelsen i de enkelte år. I de tilfælde hvor jordvandsmålingerne har været

Tabel 8.2 Midlede N-udvaskninger fra stationsmarker; dels baseret på sugecellemålinger og dels beregnet med Simmelgaards udvaskningsfunktioner (hydrologiske år 90/91, 91/92, 92/93 og 93/94).

	Udvaskning kg N ha ⁻¹ år ⁻¹														
	1990/91			1991/92			1992/93			1993/94			Alle år		
	Må- linger	Udv. funkt.	n	Må- linger	Udv. funkt.	n	Må- linger	Udv. funkt.	n	Må- linger	Udv. funkt.	n	Må- linger	Udv. funkt.	n
Lerjorde															
LOOP 1	52	39	6	40	32	6	49	27	4	32	40	5	43	35	21
LOOP 4	50	58	6	63	44	6	87	44	5	92	84	6	72	58	23
LOOP 3	152	54	4	122	44	4	155	43	4	169	70	5	151	54	17
Sandjorde															
LOOP 2	104	81	6	148	129	6	126	79	6	113	103	6	123	98	24
LOOP 5	130	114	7	192	86	7	153	103	6	110	66	4	151	95	24
LOOP 6	97	92	7	189	77	8	198	83	6	194	94	8	170	86	29
Gns.	95	76	36	131	71	37	133	67	31	124	79	34	121	73	138

usikre f.eks. som følge af længere perioder uden målinger er markerne ikke medregnet. Sammenholdes alle markerne, 138 ialt, er udvaskningen beregnet med funktionerne 40% lavere end de målebaserede udvaskninger. Afvigelserne, opgjort i procent, har samme størrelse for ler- og sandjordene.

Fejlkilder

Den største afvigelse ses for LOOP3, hvilket kan hænge sammen med de specielle topografiske forhold her. Oplandet er stærkt kuperet, hvorved en større vandmængde kan strømme af ved overfladisk afstrømning. Alt andet lige vil målte nitratkoncentrationerne i jordvandet herved være højere. En beregnet nitratudvaskning, baseret på disse koncentrationer og en modelberegnet vandbalance, hvor et plant vandret terræn forudsættes, vil føre til en overvurdering af udvaskningen. Lignende fejlkilder kan generelt forekomme på flere af de øvrige stationsmarker, idet hverken makropore-flow eller dræn indgår i de modelberegne vandbalancer.

Overvågningsperioden har været karakteriseret ved at vintrene har været mildere end normalt (se figur 6.1). En forøget N-mineralisering om vinteren og dermed en forøget udvaskning som følge af det højere temperaturniveau må forventes. Udvaskningsfunktionerne er baseret på et normalt temperaturniveau, hvorfor funktionerne til en vis grad forventes at underestimere udvaskningen i overvågningsperioden.

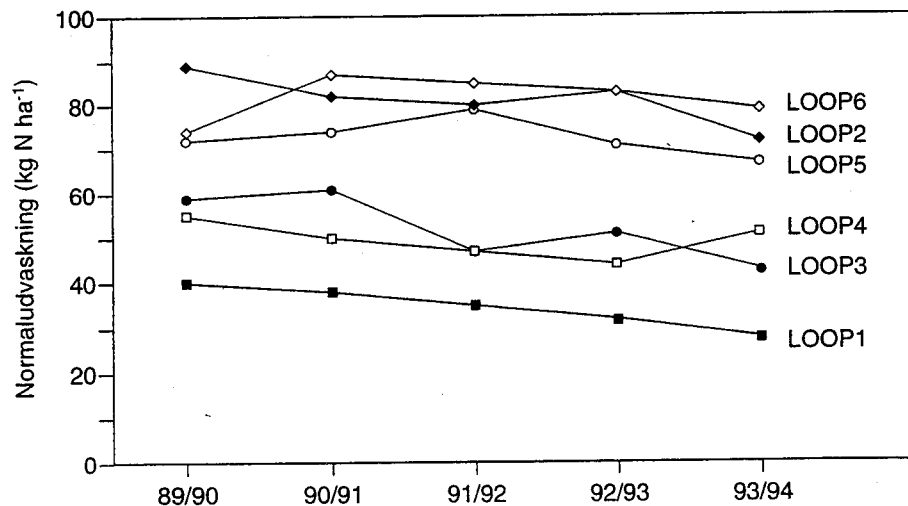
Vurdering af model

De beskrevne fejlkilder kan dog ikke alene forklare den ensidige afvigelse mellem resultaterne af funktionerne og de målebaserede udvaskninger. Udvaskningsfunktionerne vurderes i nogen grad at undervurdere udvaskningen m.h.t. absolutte niveauer, men dog reelt afspejle forskelle mellem ler- og sandjorde samt forskelle i landbrugspraksis.

8.3 Beregning af udvaskning ved normal- og aktuelt klima

Modelberegningen er blevet udført for 5 driftsår 1989/1990 - 1993/1994 ved fastholdt normalklima for at tydeliggøre betydningen af afgrødesammensætning, gødningsforbrug og gødningshåndtering. For driftsåret 1988/1989 mangler oplysninger om forfrugt og gød-

Figur 8.1 Beregnet udvaskning ved normalklima for de 6 overvågningsoplande for driftsårene 1989/90 - 1993/94.



ningstildelinger i efterår/vinter 1988, og der er derfor ikke udført beregninger for dette driftsår.

Fald i den modelberegnete udvaskning på 14% fra 1989/90 til 1993/94 ved normalklima. Store årsvariationer i udvaskningen ved aktuelt klima

I figur 8.1 er vist de beregnede værdier for udvaskning ved normalklima for de 6 landovervågningsoplande for de 5 driftsår. I tabel 8.3 er udvaskningen fra oplandene grupperet i mht. sandjord og lerjord.

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 1993/94 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 - 1993/94.

	Sandjord	Lerjord, normal	Lerjord, aktuel
1990/91	78	51	66
1991/92	81	50	54
1992/93	81	43	44
1993/94	79	42	76
1994/95	73	41	-
Gns.	78	45	60

I tabel 8.4 er vist nøgletallene for modelberegningen. I modsætning til i kapitel 5 er gødningsforbrug og gødningsbehov vist som gennemsnit for hele det dyrkede areal inklusiv bælgæd og brak, og ikke kun i forhold til det areal, der har et gødningsbehov. For begge jordtyper ses et stigende forbrug af husdyrgødning gennem 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. Der er dog også gennem perioden et generelt fald i det anslåede gødningsbehov, der her afspejler afgrødesammensætningen.

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 1993/1994, da denne henføres til det hydrologiske år 1994/1995, og klimadata for 1995 har ikke været tilgængelige. På sandjordene er der ikke forskel på udvaskning ved normal og aktuel afstrømning, idet det i det datagrundlag, den empiriske model er funderet på, ligger, at der altid på sandjorde vil være afstrømning nok 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 76 kg N ha⁻¹. Det fald gennem perioden, der kunne beregnes ved normal afstrømning, kan ikke erkendes ved aktuel afstrømning.

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). Nyttetvirkning er gennemsnitlig nyttetvirkning for de marker, der har modtaget husdyrgødning. Brak er i % af oplandenes totale dyrkede areal. Non-food afgrøder indgår ikke i brak.

		kg N ha ⁻¹			%	%
		Anbefalet mængde	Handelsgødning	Husdyrgødning	Nyttetvirkning	Brak
1990	Sand	161	124	68	35	-
	Ler	151	135	49	36	-
1991	Sand	156	127	84	38	-
	Ler	149	127	61	36	-
1992	Sand	151	124	88	41	-
	Ler	149	125	60	40	-
1993	Sand	158	115	102	42	3
	Ler	154	111	65	42	6
1944	Sand	139	113	87	44	5
	Ler	139	109	72	45	5

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 nyttetvirkningen af husdyrgødning indenfor afgrødegruppen. Tallene er fra driftåret 1993/1994.

Det fremgår, at afgrøderne på sandjord falder i 3 grupper: rodfrugter, frøafgrøder (især raps), vinter- og vårkorn har udvaskninger på ca. 80-90 kg N ha⁻¹ år⁻¹. Samtidig udgør denne gruppe næsten 50% af arealet.

Tabel 8.5 Nøgeltal vedrørende gødskning og udvaskning i landovervågningsoplandene fordelt på afgrødegrupper. Tal for driftsåret 1993/94.

Afgrødegruppe	kg N ha ⁻¹				%		
	Handelsgødning	Husdyrgødning	Anbefalet mængde	Udvaskning	Nyttevirkning	Arealfraktion	
Vårkorn	ler	88	42	115	38	47	16,7
	sand	107	76	111	95	40	17,3
Korn m. udlæg	ler	112	68	146	23	33	4,7
	sand	142	102	127	76	46	6,1
Vinterkorn	ler	152	82	168	51	49	36,9
	sand	124	85	152	81	43	15,9
Bælgsæd	ler	0	0	0	54	-	3,4
	sand	0	0	0	57	-	5,8
Rodfrugt	ler	81	179	142	52	43	8,6
	sand	92	220	162	81	49	12,1
Frøafgrøder	ler	148	86	189	33	44	11,3
	sand	89	226	203	89	51	2,2
Græs i omdrift	ler	85	166	231	28	43	10,9
	sand	149	89	191	66	43	30,5
Vedvarende græs	ler	98	72	250	11	50	2,8
	sand	101	20	250	24	49	6,2
Brak	ler	0	0	0	10	-	4,6
	sand	0	0	0	32	-	4,6

Korn med udlæg, bælgsæd og græs i omdrift ligger i gennemsnit på 66 kg N ha⁻¹ år⁻¹, og i en gruppe for sig findes vedvarende græs og brak med en lav udvaskning på ca. 30 kg N ha⁻¹.

På lerjordene ligger vinterkorn, rodfrugt (især husdyrgødede foderroer) og bælgsæd i en gruppe med udvaskning på godt 50 kg N ha⁻¹. Denne gruppe optager 34% af arealet. Korn m. udlæg ligger med en udvaskning på 23 kg N ha⁻¹ imellem på den ene side vårkorn, græs i omdrift og frøafgrøder (ca. 35 kg N ha⁻¹) og på den anden side vedvarende græs og brak (ca. 10 kg N ha⁻¹).

8.4 Modelberegneede 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)

Desuden må der ikke gødskes over den vejledende norm.

Input til scenarieberegningerne 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.
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 scenarie: Ovenstående krav er opfyldt samtidig med at der efter al korn og bælgssæd, der ikke i forvejen følges af en vinterafgrøde, etableres en efterafgrøde.

Resultaterne af de to scenarie-beregninger kan ses i tabel 8.6. Det fremgår, at udvaskningen ved opfyldelse af kravene i Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug kan reduceres med 17 - 22 % - mest på sandjordene, hvor forbruget af husdyrgødning er størst. Forbruget af handelsgødning skal reduceres 16 - 30 %, hvis både krav til minimumsudnyttelse og ophør med overgødsning skal opfyldes, samtidig med at arealet, der ved den nuværende dyrkningspraksis er i undergødsning, bevares.

Scenarie 2 viser, at der er en kraftig udvaskningsreducerende effekt af etablering af efterafgrøder efter korn og bælgssæd. I forhold til niveauet for aktuell dyrkningspraksis i 1993/1994 kan udvaskningen sænkes med 32 %.

Samlet viser beregningerne, at der på det opstillede grundlag må forventes en positiv effekt af kravene i forbindelse med Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug, og at yderligere krav om efterafgrøder overalt, hvor det er muligt, vil have betydelig, positiv effekt på udvaskningen. Det er dog vigtigt at slå fast, at resultaterne skal vurderes ud fra de præmisser, de er opstået på grundlag af. Her skal især nævnes, at modelberegningerne må betragtes som værende

Table 8.6 Resultater af scenarieberegningerne. Scenarie 1: Husdyrgødning fordelt optimalt på husdyrbrugene. Minimumskrav til udnyttelse af husdyrgødning gældende fra 1997 opfyldt, hvorefter der er suppleret med handelsgødning til gødskningsnormen. Scenarie 2: Som ovenstående, men efter- eller vinterafgrøder forudsat efter al korn og bælgssæd.

	Udvaskning kg N ha ⁻¹	Reduktion i udvaskning %	Reduktion i handels- gødningsforbrug %
Aktuel dyrkningspraksis, 1994			
sand	73	-	-
ler	41	-	-
Scenarie 1			
sand	57	22	30
ler	34	17	16
Scenarie 2			
sand	50	32	30
ler	28	32	16

behæftet med en betydelig usikkerhed, idet modellen i scenarierne, jvf. afsnit 8.1, er anvendt udover sit gyldighedsområde.

8.5 Sammenfatning

Med en empirisk model er der gennemført beregninger af udvaskningen fra rodzonen i de 6 oplande. I en sammenligning med målte udvaskninger på stationsmarkerne, ligger udvaskningerne beregnet med modellen 40% under. Modellen vurderes dog reelt at afspejle forskelle mellem ler- og sandjorde samt forskelle i landbrugspraksis. En beregning for alle markerne i oplandene gennem 5 driftsår ved normal klima giver i gennemsnit en udvaskning på 78 kg N ha⁻¹ år⁻¹ for sandjordene og 44 kg N ha⁻¹ år⁻¹ på lerjordene. Beregningerne viser endvidere en reduktion af udvaskningen på ca. 14% fra 1989/90 til 1993/94.

En scenarieberegning, hvor kravene i Handlingsplanen for Bæredygtigt landbrug vedr. udnyttelsesgrader er opfyldt og hvor husdyrgødningen inden for de enkelte ejendomme er fordelt optimalt, viser en gennemsnitlig reduktion i udvaskningen på 20% i forhold til udvaskningen ved aktuel gødningspraksis i 1993/94. Yderligere beregninger viser, at der kan opnåes en betydelig reduktion i udvaskningen, hvis der stilles krav om, at afgrøderne korn og bælgssæd følges af en efter- eller vinterafgrøde.

9 Grundvand

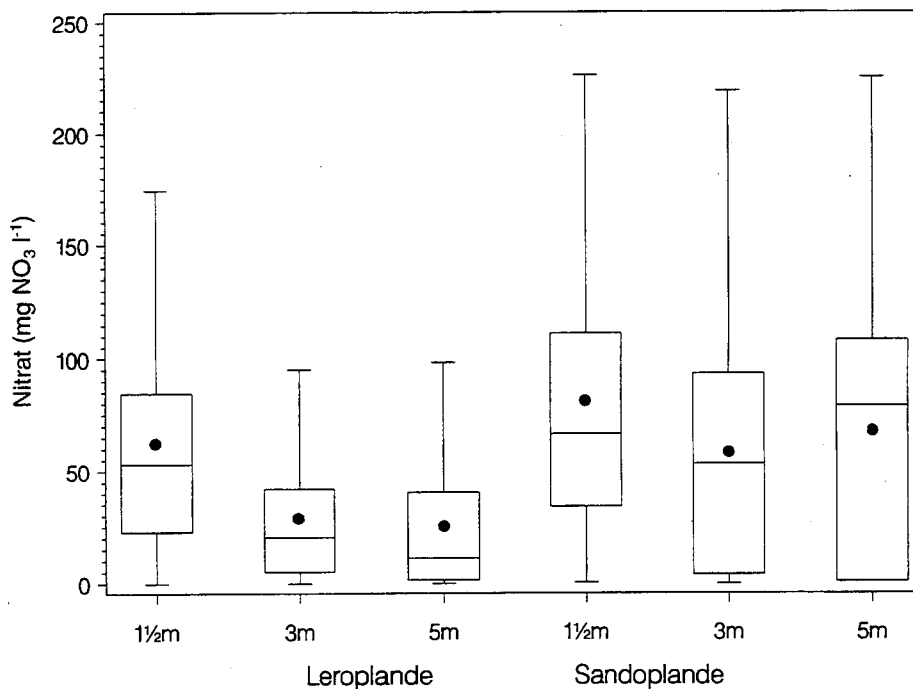
9.1 Indledning

<i>Udvikling i nitratindholdet</i>	I dette afsnit vurderes udviklingen i det øvre grundvands nitratindhold gennem overvågningsperioden på grundlag af trendanalyser af tidsserier fra de enkelte grundvandsfiltre. Der gennemføres en analyse af gødningstypens betydning for nitratindholdet. Der lægges vægt på om udviklingstendenser og niveauforskelle i nitratkoncentrationer er statistisk signifikante.
<i>Total kvælstofbelastning</i>	Betydningen af ammonium og organisk kvælstof for den totale kvælstofbelastning vurderes.
<i>Fosfor, sulfat, kalium og klorid</i>	Det øvre grundvands indhold af fosfor, sulfat, kalium og klorid vurderes i forhold til jordtype, tidslig udvikling og prøvetagningsdybde. Også her lægges der vægt på tendensernes statistiske signifikans. Der er fokuseret på de samme hovedkomponenter i grundvandsrapporteringen (<i>Ammitsøe, 1995</i>).
<i>Pesticider</i>	Endelig vurderes pesticidfundene i grundvandet i forhold til pesticidanvendelsen i udvalgte grundvandsoplande i landovervågningsoplandene.

9.2 Nitrat i grundvandet

<i>Højt nitratindhold</i>	Det øvre grundvand i landovervågningsoplandene er tydeligt påvirket af landbrugsdriften. Det <i>gennemsnitlige</i> nitratindhold i det øvre grundvand 1½-5 meter under terræn varierer mellem 5,6 og 18,1 mg NO ₃ -N l ⁻¹ (25 og 80 mg NO ₃ l ⁻¹) (figur 9.1). Den højst tilladelige nitratkoncentration i drikkevand er 11,3 mg NO ₃ -N l ⁻¹ (50 mg NO ₃ l ⁻¹). Især i de sandede landovervågningsoplande er koncentrationer på over 22,6 mg NO ₃ -N l ⁻¹ (100 mg NO ₃ l ⁻¹) ikke usædvanligt i det allerøverste grundvand 1½ - 3 meter under terræn. I mere end 25% af de foretagne nitratanalyser i sandjordsoplandene var koncentrationen over 22,6 mg NO ₃ -N l ⁻¹ . Der er i overvågningsperioden foretaget omkring 3650 nitratanalyser i sandjordsoplandene og 3400 i lerjordsoplandene.
<i>Store variationer i nitratkoncentrationer</i>	Amterne viser, at der er store variationer i grundvandets nitratindhold over året, fra år til år og fra lokalitet til lokalitet.
<i>Variationer over året</i>	Variationerne over året følger i en vis udstrækning variationerne i grundvandsspejlet med høje nitratkoncentrationer ved høje vandspejl efterår og vinter, hvor der sker en stor nedsivning og grundvandsdannelse. Med dybden sker der en vis udjævning af fluktuationerne i nitratkoncentrationen. Dette er mest udtalt i sandjordsoplandene, hvor den horisontale grundvandsstrømning tilsyneladende ofte er dominerende blot 1 - 2 meter under grundvandsspejlet.

Figur 9.1 Nitratindholdet i det øvre grundvand i lerjordsoplandene og i sandjordsoplandene. For sandjordsoplandene er der for dybden 5 m kun målinger fra LOOP 2. Dybder er i meter under terræn. Koncentrationsintervallet 0 - 250 mg NO₃ l⁻¹ svarer til 0 - 56,4 mg NO₃-N l⁻¹. Boksen angiver indenfor hvilket interval 50% af målingerne ligger, • viser gennemsnitsværdien og tværstregen i boksen median-værdien; de lodrette streger viser spredningen (98% af data).



År til år variationer

År til år variationer kan skyldes variationer i klima og landbrugspraksis. Flere amter konstaterer et generelt højere gennemsnitligt nitratindhold i vinteren 1992/1993 (*Storstrøms Amt, 1995*) eller i årene 1992 og 1993 (*Nordjyllands Amt, 1995; Sønderjyllands Amt, 1995*) i forhold til de øvrige år. Dette tilskrives den tørre sommer 1992 med lavt høstudbytte efterfulgt af store nedbørsmængder i efteråret 1992. Et særligt tydeligt eksempel på klimaets betydning ses i Barslund Bæk oplandet, hvor den usædvanligt store nedbør i efteråret 1993 betød, at det gennemsnitlige nitratindhold i efteråret 1993 blev fortyndet til 15 mg NO₃-N l⁻¹ mod normalt omkring 22 mg NO₃-N l⁻¹ for efterår. I foråret 1994 faldt nitratindholdet til 10 mg NO₃-N l⁻¹ mod normalt omkring 15 mg NO₃-N l⁻¹. I efteråret 1994 steg nitratindholdet igen til det normale på 22 mg NO₃-N l⁻¹ (*Viborg/Ringkjøbing Amt, 1995*).

Variationer i relation til landbrugspraksis

Variationer fra station til station kan skyldes variationer i landbrugspraksis og jordbundsforhold. F.eks. ses på tidsserier fra Barslund Bæk oplandet (*Viborg/Ringkjøbing Amtskommune, 1995*) en markant forskel i de gennemsnitlige nitratkoncentrationer i grundvandet under henholdsvis husdyrgødede, handelsgødede og skov arealer. Men der er et tydeligt sammenfald mellem nitratfluktuationerne for de 2 gødningstyper, hvilket antyder at disse fluktuationer primært er betinget af klimatiske forhold.

Variationer mellem ler- og sandjordsoplande

I figur 9.1 er variationen i de målte nitratkoncentrationer illustreret ved hjælp af boks-plot. Der er signifikant forskel på de målte nitratkoncentrationer når lerjordsoplande og sandjordsoplande sammenlignes under et, men også en sammenligning af nitratkoncentrationerne målt 1½ meter under terræn i henholdsvis lerjordsoplande og sandjordsoplande viser en signifikant forskel for de 2 oplandstyper. Forskellen 1½ meter under terræn er sandsynligvis primært et resultat af den højere N-udvaskning i sandjordsoplande (jf. kapitel 7). Det markante fald i nitratkoncentration fra 1½ m til 3 og 5 meter under

terræn i lerjordsoplandene må også tilskrives den større reduktionskapacitet i de øvre jordlag i disse oplande. Den store spredning på nitratkoncentrationerne 3 - 5 meter under terræn i sandjordsoplandene viser, at i disse oplande er en del filtre placeret i den nitrat-reducerende zone. Test af signifikante variationer i stofkoncentrationer er foretaget på et 5% signifikansniveau ved hjælp af en 'Wilcoxon Rank Sum' test (SAS, 1989), som er en ikke-parametrisk test.

Udviklingstendenser i det gennemsnitlige nitratindhold

Amternes analyse af tidsserier for nitrat baseret på måneds-, kvartals- eller årsgennemsnit for hver filterdybde viser, at der ikke på oplandsniveau kan ses nogen generel udviklingstendens i nitratindholdet i overvågningsperioden fra 1989 - 1994. Et fællestræk for tidsserierne er den stigende nitratkoncentration efter sommeren 1992, mest markant i de øverste filtre.

Trendanalyse af enkeltfiltre

For at vurdere om en eventuel trend i det øvre grundvands nitratindhold skjules ved gennemsnitsbetragtningerne, er der foretaget en analyse af tidsserien fra hvert enkelt filter for sig. Der er således foretaget en trendanalyse af 267 tidsserier, hvor der foreligger en sammenhængende måleserie. Analysen er foretaget ved hjælp af en 'Kendall Tau' test for tidsserier kortere end 5 år og en 'Seasonal Kendall' test for tidsserier længere end 5 år (Colorado State University, 1988). Testen er foretaget på et 5% signifikans niveau.

Analysen viser, at der for den overvejende del af filtrene (84%) ingen signifikant ændring ses i nitratindholdet i overvågningsperioden. Andelen af filtre, hvor der ses et fald eller en stigning i nitratindholdet, er af samme størrelsesorden, henholdsvis 9% og 7% (tabel 9.1). Der ses ingen sammenhæng mellem de filtre, hvor der konstateres en signifikant udviklingstendens i nitratindholdet, og filtrenes dybdeplacering. De signifikante trend varierer betydeligt, fra 0,02 til 9 mg NO₃-N l⁻¹ pr år (0,1 til 40 mg NO₃ l⁻¹ pr år).

For flere af de filtre, som udviser en stigende tendens i nitratindholdet, ses en markant stigning i vinteren 1992/1993 til et højere koncentrationsniveau, som forbliver relativt stabilt i resten af perioden. Det gælder især de filtre, der udviser den største trend. For de øvrige filtre med trend i nitratindholdet, er der tale om forholdsvis jævne fald eller stigninger gennem måleperioden.

Ændret landbrugspraksis i overvågningsperioden

Trods stigning i den 9 måneders opbevaringskapacitet for husdyrgødning, en forøget udbringning af husdyrgødning om foråret, et mindre fald i forbruget af handelsgødning og udbredt brug af vintergrønne marker (kapitel 5), ses der ingen tendens til fald i det øvre grundvands nitratindhold. Den fortsatte overgødskning samt relativt våde vintre i 1993 og 1994 efter den meget tørre sommer i 1992 har betydet at nitratudvaskningen i afstrømningsårene 92/93 og 93/94 fortsat har været høj (kapitel 7). De våde vintre ses også som lidt højere maksimalt grundvandsspejl i vintrene 92/93 og 93/94 (se f.eks. Viborg/Ringkjøbing Amtskommuner, 1995) i forhold til tidligere år. Tilsvarende ses højere maksimale nitratkoncentrationer i disse vinterhalvår (se f.eks. Fyns Amt, 1995).

Tabel 9.1 Trend i grundvandets nitratindhold i de 6 landovervågningsoplande.

LOOP	TOP AF FILTER (m u.t.)	ANTAL FILTRE	TREND (5% signifikans niveau)		
			FALD (antal filtre)	STIGNING (antal filtre)	INGEN TREND (antal filtre)
1	1½	13	0	0	13
	3	18	2	1	15
	5	21	0	1	20
2	1½	11	0	0	11
	3	15	0	2	13
	5	17	2	2	13
3	1½	12	0	0	12
	3	14	1	3	10
	5	12	1	0	11
4	1½	1	0	0	1
	3	17	1	1	15
	5	17	3	2	12
	7	2	0	1	1
5	1½	25	3	0	22
	3	25	4	2	19
6	1½	22	1	2	19
	3	25	5	3	17
ALLE LOOP		267	23	20	224

Den høje nitratudvaskning fra rodzonen efter den tørre sommer i 1992 genfinder *Nordjyllands Amt (1995)* og *Sønderjyllands Amt (1995)* i grundvandet 3 meter under terræn. Baseret på årsgennemsnit er der et signifikant (5% signifikans niveau) højere nitratindhold i grundvandet i 1993 end i 1992 i disse 2 sandjordsoplande.

Dybereliggende grundvand

I hovedparten af undersøgte filtre i Grundvandsovervågningen kan der ikke konstateres nogen signifikant udvikling i nitratindholdet. Hovedparten af filtrene er placeret mellem 10 og 60 meter under terræn (*Elberling et al., 1995*). Tilsvarende ses der ingen udvikling i nitratindholdet i de dybere borer i landovervågningsoplandene.

9.3 Gødningstype og nitratindhold

Gødningskategorier

For at vurdere gødningstypens betydning for grundvandets nitratindhold, er de øvre grundvandsfiltre, 1,5 til 7 meter under terræn, opdelt i 4 kategorier efter gødningspraksis på de opstrøms marker:

- 1) Husdyr- og eventuelt handelsgødede marker
- 2) Udelukkende handelsgødede marker
- 3) Marker som indtil for 3 år siden modtog husdyrgødning, men nu udelukkende handelsgødes (overgangsform)
- 4) Skov og naturområder

I sandjordsoplandene, hvor den dominerende strømningsretning for grundvandet er horisontal, udgør markerne beliggende op til 300 m opstrøms grundvandsfiltrerne grundlaget for grupperingen. I lerjordsoplandene skønnes den dominerende strømningsretning for grundvandet i moræneleret tæt ved terræn at være vertikal. Derfor er det primært stationsmarker og kun i enkelte tilfælde tillige opstrøms marker, der ligger til grund for grupperingen i disse oplande (Grant et al., 1993).

I forhold til tabel 9.1 er 36 filtre udeladt som følge af manglende eller usikre oplysninger om arealanvendelsen. Hovedparten af filtrene, 151 af 232 (65%), falder i gruppen 'Husdyr- og eventuelt handelsgødede marker' (tabel 9.2). I 2 landovervågningsoplande, hvor dyretætheden er høj, Oddebæk (Nordjyllands Amt) og Bolbro Bæk (Sønderjyllands Amt), er alle grundvandsoplande karakteriseret som husdyr- og handelsgødede. Amterne vurderer, at de afgrænsede grundvandsoplande generelt repræsenterer arealanvendelsen i landovervågningsoplandene godt.

Tabel 9.2 Antallet af grundvandsoplande (2-6 filtre) fordelt på de 4 gødningskategorier i hvert LOOP.

LOOP:	1	2	3	4	5	6	Total
1: Husdyr- og handelsgødet	3	18	8	10	3	17	59
2: Handelsgødet	10	0	4	5	2	0	21
3: Overgangsform	1	0	1	0	0	0	2
4: Skov/natur	1	0	1	0	1	0	3
Ialt pr LOOP	15	18	14	15	6	17	

Der er gennemført en test af om grundvandets nitratindhold er signifikant forskelligt de fire grupper imellem (tabel 9.2). Testen er gennemført for de 4 landovervågningsoplande, hvor mere end 1 gødningsgruppe er repræsenteret. Testen er gennemført med et signifikansniveau på 5%. Gødningsgrupperne er fundet signifikant forskellige med følgende undtagelser. I LOOP 1 er grupperne 'handelsgødet' og 'overgangsform' ikke fundet forskellige. I LOOP 3 er kun 'skov/natur' fundet forskellig fra de øvrige grupper. Et konstateret højere nitratindhold i jordvandet under husdyrgødede marker i forhold til handelsgødede marker er således ikke genfundet i grundvandet i LOOP 3.

I LOOP 4 og 5 er nitratindholdet under husdyrgødede arealer større end under handelsgødede, i LOOP 1 forholder det sig omvendt (tabel 9.3). LOOP 1 er karakteriseret ved den laveste dyretæthed af de 6 oplande, ligesom den tildelte kvælstofmængde med husdyrgødning pr ha i LOOP 1 er mindre end $\frac{1}{3}$ sammenlignet med LOOP 2, 3, 4 og 6 (kapitel 5). Sandjordsoplandene er kendetegnet ved høje nitratkoncentrationer under husdyrgødede arealer. Under 'skov/natur' arealer er nitratindholdet lavt, med undtagelse af i LOOP 3, hvor specielle forhold sandsynligvis gør sig gældende (tabel 9.3).

Tabel 9.3 Median værdi for nitratindhold (mg NO₃-N l⁻¹) i filtre grupperet efter gødningspraksis.

LOOP:	1	2	3	4	5	6
1: Husdyr- og handelsgødet	0,6	17,1	8,6	5,2	19,0	13,0
2: Handelsgødet	2,1	.	9,1	4,5	14,0	.
3: Overgangsform	2,1	.	6,7	.	.	.
4: Skov/natur	0,3	.	4,6 ¹⁾	.	0,7	.

¹⁾ Det relativt høje gennemsnitlige nitratindhold i grundvandet under skov og naturarealer sammenlignet med andre undersøgelser (se f.eks. *Brüsch, 1987*), skyldes en skovstation i LOOP 3. Nitratkoncentrationen i jordvandet fra denne station er fra 1990 til 1993 faldet jævnt fra 9,5 til 2,5 mg NO₃-N l⁻¹ (*Andersen et al., 1994*), hvilket tyder på effekt af etableringen af stationen eller gødskning før eller ved start af måleperiode. Disse forhold kan også spille ind på grund-vandskvaliteten.

En gruppering af filtrene i tabel 9.1 efter gødningstype viser ingen markant sammenhæng mellem gødningstype og udviklingstendens i nitratindhold (tabel 9.4).

Tabel 9.4 Udviklingstendenser i det øvre grundvands nitratindhold. Filtre grupperet efter gødningspraksis.

	Fald (antal filtre)	Stigning (antal filtre)	Ingen trend (antal filtre)	Filtre i alt
1: Husdyr- og handelsgødet	14 ¹⁾	11	126	151
2: Handelsgødet	2	6	59	67
3: Overgangsform	1	0	3	4
4: Skov/natur	2	1	7	10

¹⁾ For 6 filtre er faldet mindre end 0,2 mg NO₃-N l⁻¹ pr år (1 mg NO₃ l⁻¹ pr år).

Tabel 9.5 Gennemsnitlig trend i det øvre grundvands nitratindhold afhængigt af gødningspraksis (mg NO₃-N l⁻¹).

	Fald (mg NO ₃ -N l ⁻¹ pr år)	Stigning (mg NO ₃ -N l ⁻¹ pr år)	Gennemsnitlig koncentration, alle filtre (mg NO ₃ -N l ⁻¹)
1: Husdyr- og handelsgødet	1,8 ¹⁾	3,0	12,8
2: Handelsgødet	0,9	1,6	9,5
3: Overgangsform	0,7	.	4,8
4: Skov/natur	0,6	0,1	2,3 ²⁾

¹⁾ For de 8 filtre med fald større end 0,2 mg NO₃-N l⁻¹ pr år (1 mg NO₃ l⁻¹ pr år) er den gennemsnitlige trend 3,2 mg NO₃-N l⁻¹ pr år.

²⁾ Se tabel 9.3.

En yderligere gruppering af filtrene i tabel 9.4 efter filterdybde viser ingen umiddelbar sammenhæng mellem gødningstype, jordtype, filterdybde og trend (bilag 9.1).

De fundne signifikante udviklingstendenser i grundvandets nitratkoncentrationer varierer betydeligt. For de husdyr- og handelsgødede arealer mellem $\div 9,0$ og $+6,5$ mg $\text{NO}_3\text{-N l}^{-1}$ pr år og for de handelsgødede arealer mellem $\div 1,4$ og $+3,4$ mg $\text{NO}_3\text{-N l}^{-1}$ pr år. De gennemsnitlige trend fremgår af tabel 9.5.

9.4 Ammonium og organisk kvælstof i grundvandet

For at belyse den totale transport af kvælstof i grundvandet, er der fra 1993 indført analyse af total-kvælstof. Men først fra 1994 er disse analyser gennemført i fuldt omfang i alle landovervågningsoplande.

Grundvandets indhold af organisk kvælstof er beregnet som differencen mellem total-kvælstof og summen af nitrat-kvælstof og ammonium-kvælstof (tabel 9.6). De anvendte data er fra grundvandsreder på jordvandsstationsmarker. Der er kun anvendt analyser hvor alle 3 kvælstof-fraktioner er bestemt.

Tabel 9.6 Grundvandets indhold af kvælstofforbindelser (gennemsnitsværdier).

Type opland	Dybde (m u.t.)	Nitrat (mg $\text{NO}_3\text{-N l}^{-1}$)	Ammonium (mg $\text{NH}_4\text{-N l}^{-1}$)	Organisk kvælstof (mg N l^{-1})	Total kvælstof (mg N l^{-1})
Ler	1.5	11,81	0,22	0,45	12,48
	3	6,98	0,16	0,44	7,58
	5	6,67	0,50	0,44	7,61
Sand	1.5	19,98	0,02	1,18	21,18
	3	17,54	0,37	1,05	18,96

Det fremgår af tabel 9.5 at den altovervejende del af kvælstoffet findes som nitrat. I lerjordsoplandene er grundvandets indhold af ammonium og organisk kvælstof af samme størrelsesorden, i sandjordsoplandene henholdsvis lidt lavere og lidt højere.

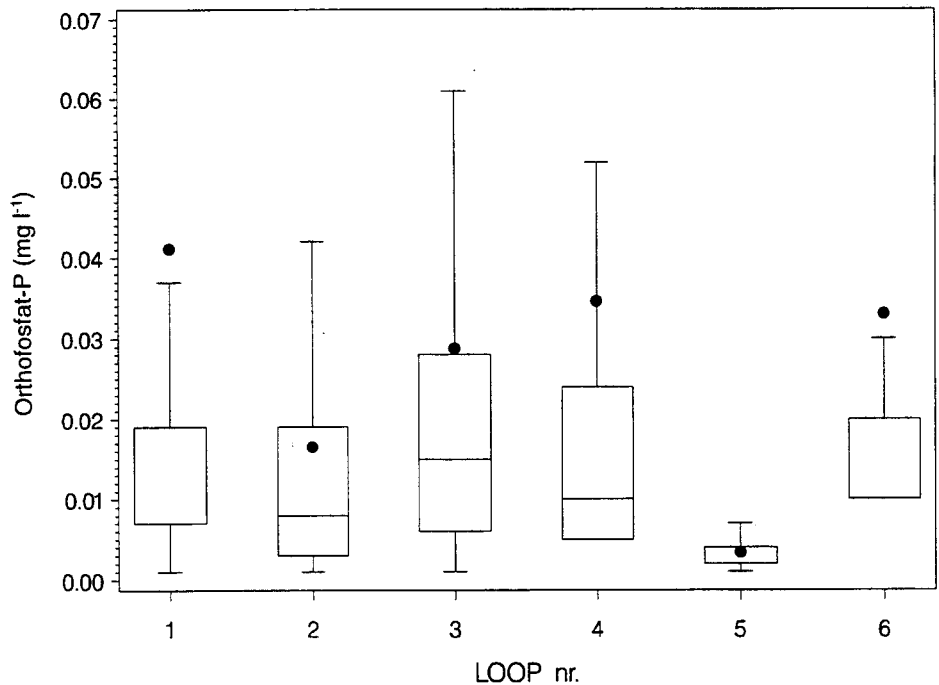
9.5 Det øvre grundvands indhold af fosfor

Lavt orthofosfatindhold

Det øvre grundvands indhold af orthofosfat er lavt. En beregning af medianværdien for $\text{PO}_4\text{-P}$ indholdet i de enkelte filterdybder i hvert landovervågningsopland viser, at generelt set har indholdet af orthofosfat-P i over 50% af grundvandsprøverne været under den krævede detektionsgrænse på $0,01$ mg l^{-1} (figur 9.2). En undtagelse herfra er grundvandsprøver udtaget 1,5 meter under terræn i lerjordsoplandene. Her ligger medianværdien mellem $0,02$ og $0,04$ mg $\text{PO}_4\text{-P l}^{-1}$. På et så spinkelt datagrundlag er det vanskeligt at vurdere om udviklingstendenser og niveauforskelle mellem prøvetagningsdybder og oplandstyper er statistisk signifikante.

Flere amter konstaterer et højere orthofosfat indhold i det allerøverste grundvand i efterårsmånederne, mest udtalt i efteråret 1992, som tegn på en vis udvaskning af overskydende gødningsfosfat. Men fosfor bindes kraftigt til såvel sandjorde som lerjorde. Betydningen af den overfladenære fosforbelastning for grundvandet er derfor begrænset. Højere fosforindhold i grundvandet kan almindeligvis tilskrives naturlige forhold som f.eks. gamle marine aflejringer (Elberling *et al.*, 1995). I Oddebæk oplandet (Nordjyllands Amt, 1995) ses et markant højere orthofosfatindhold i de dybere markvandingsboringer (omkring 0,08 mg PO₄-P l⁻¹) i forhold til de terrænnære overvågningsboringer (omkring 0,01 mg PO₄-P l⁻¹), dette højere indhold i de dybere boringer må tilskrives de geologiske forhold.

Figur 9.2 Orthofosfat-P indholdet i det øvre grundvand i de 6 landovervågningsoplande 1990-1994. Fra LOOP 5 er data fra 1993-1994. For LOOP 1 og 6 er medianværdien lig boksens nederste tværstreg (forklaring til boxplot: se figur 9.1).



Ekstremværdier

De meget høje gennemsnit i forhold til medianværdier (figur 9.2) viser, at der er enkelte ekstremværdier, som ligger væsentligt over det generelle niveau. Af 4505 orthofosfat analyser gennemført i landovervågningsoplandene i 1990-1994 ligger 81 (2%) over 0,15 mg PO₄-P l⁻¹ og 24 (0,5%) over 1,0 mg PO₄-P l⁻¹.

Total fosfor

I LOOP 3 er der i perioden 1989 til 1992 gennemført over 300 analyser af total-fosfor i det øvre grundvand. En sammenligning af gennemsnitskoncentrationer af total-P og orthofosfat-P viser, at størstedelen af det øvre grundvands fosforindhold findes som orthofosfat-P (tabel 9.7). De beregnede gennemsnit er baseret på de analyser, hvor orthofosfat-P indholdet er større end 0,01 mg l⁻¹. Dette overestimerede

Tabel 9.7 Fosforindhold i det øvre grundvand i LOOP 3. Gennemsnit er baseret på de analyser, hvor orthofosfat-P indholdet er større end 0,01 mg l⁻¹.

Dybde (m u.t.)	total-P (mg l ⁻¹)	orthofosfat-P (mg l ⁻¹)
1.5	0,109	0,083
3	0,037	0,029
5	0,035	0,027

gennemsnitlige fosforindhold i det øvre grundvand er under kvalitetskravet til drikkevand på 0,15 mg P l⁻¹.

Fosfor og gødningsforhold

I Barslund Bæk oplandet, som er det eneste sandopland hvor der er såvel husdyrgødede som udelukkende handelsgødede marker, er der ikke signifikant forskel på grundvandets orthofosfatindhold under skovarealer, husdyrgødede marker og handelsgødede marker. I lerjordsoplandene er der et signifikant højere orthofosfat indhold i grundvandet under husdyrgødede marker i forhold til såvel handelsgødede marker som skovarealer. Denne forskel skyldes sandsynligvis at husdyrgødede arealer tilføres mere fosfor end der fraføres med afgrøderne (*Fyns Amt, 1995*). Der er ingen signifikant forskel på orthofosfat indholdet under handelsgødede marker og skovarealer i lerjordsoplandene.

9.6 Det øvre grundvands indhold af sulfat, kalium og klorid

I dette afsnit vurderes data fra de 3 lerjordsoplande samlet, og data fra de 3 sandjordsoplande samlet.

Sulfat

Sulfatindholdet varierer signifikant mellem ler- og sandjordsoplande og mellem de enkelte filterniveauer i de 2 oplandstyper. Det gennemsnitlige sulfatindhold er for begge oplandstyper 49 mg l⁻¹, men medianværdierne er henholdsvis 39 og 34 mg l⁻¹ for ler- og sandjordsoplande. I lerjordsoplandene stiger sulfatindholdet med dybden med følgende medianværdier: 28 mg l⁻¹ (1,5 m u.t.), 35 mg l⁻¹ (3 m u.t.) og 41 mg l⁻¹ (5 m u.t.). I sandjordsoplandene ses tilsvarende: 33 mg l⁻¹ (1,5 m u.t.) og 37 mg l⁻¹ (3 m u.t.). Den stigende sulfatkoncentration med dybden forklarer flere amter med at reduktionskapaciteten med svovlholdige forbindelser er formindsket i det mest terrænnære grundvand som følge af mange års stor nitratudvaskning, eller at en langsommere strømningshastighed med dybden medfører en øget reaktionstid og dermed et øget sulfatindhold.

Der ses ingen signifikante ændringer i sulfatindholdet med tiden i de enkelte filterdybder. Men flere amter sporer en svag tendens til fald i det allerøverste grundvands sulfatindhold i overvågningsperioden. Det kan skyldes faldende reduktionskapacitet og/eller faldende sulfattilførsel via luftforurening (*Sønderjyllands Amt, 1995; Nordjyllands Amt, 1995; Vejle Amt, 1995*). Desuden kan en øget gødskning med mere svovlfattige kunstgødninger have en betydning.

I 98% (4910) af de gennemførte sulfatanalyser var indholdet under 250 mg SO₄ l⁻¹.

Kalium

Det øvre grundvands indhold af kalium er signifikant højere i sandjordsoplandene end i lerjordsoplandene, det gennemsnitlige indhold i perioden 1990 - 1994 har været henholdsvis 8,3 og 3,4 mg K l⁻¹. Forskellen mellem oplandene kan dels skyldes jordtypernes forskellige evne til at binde kalium, men også forskelle i gødningsanvendelse, da kaliumindholdet under handelsgødede marker er signifikant højere

end under husdyrgødede. Sandjordsoplandene er domineret af husdyrgødede marker i modsætning til lerjordsoplandene, hvor husdyr- og handelsgødede marker er mere ligeligt fordelt (tabel 9.2).

For de 2 typer oplande er der ikke større signifikante variationer i kaliumindholdet med dybden. I lerjordsoplandene er der signifikant forskel på grundvandets kaliumindhold 3 og 5 meter under terræn, det gennemsnitlige indhold er på henholdsvis 3,8 og 3,4 mg K l⁻¹. I sandjordsoplandene er der signifikant forskel mellem kaliumindholdet i 1,5 og 3 m filtre med gennemsnitlige koncentrationer på henholdsvis 10,7 og 8,3 mg K l⁻¹. Der ses hverken i sandjordsoplande eller lerjordsoplande signifikante udviklingstendenser i kaliumindholdet i de enkelte filterdybder. Kun i lerjordsoplandene i 5 meters dybde ses et signifikant fald fra gennemsnitlig 3,0 mg K l⁻¹ i 1993 til 2,1 mg K l⁻¹ i 1994. I Oddebæk oplandet ses et markant fald i kaliumkoncentrationen fra 20 mg K l⁻¹ i jordvand til 5 mg K l⁻¹ i terrænnært grundvand til 2 mg K l⁻¹ i dybere grundvand (Nordjyllands Amt, 1995). I 96% (4820) af de gennemførte kaliumanalyser var indholdet under 20 mg K l⁻¹.

Klorid

Det gennemsnitlige kloridindhold i det øvre grundvand er 32 mg Cl l⁻¹ i såvel ler- som sandjordsoplande. I ingen af de 4510 gennemførte kloridanalyser var indholdet over 300 mg Cl l⁻¹. Da kloridindholdet i det nedsivende regnvand (nettonedbøren) typisk er på op til 25 mg Cl l⁻¹, medfører gødskning tilsyneladende kun en ringe tilførsel af klorid til grundvandet.

Der er signifikant forskel på kloridindholdet 1,5 og 3 meter under terræn i begge oplandstyper. I lerjordsoplandene falder den gennemsnitlige kloridkoncentration fra 39,0 til 31,8 mg l⁻¹ og i sandjordsoplandene stiger den fra 30,5 til 33,4 mg l⁻¹ i henholdsvis 1,5 og 3 meters dybde.

Fra 1993 til 1994 ses et signifikant fald i kloridindholdet i sandjordsoplandene i 1,5 og 3 meters dybde (33,8 - 22,0 mg Cl l⁻¹ henholdsvis 35,2 - 31,2 mg Cl l⁻¹), og i lerjordsoplandene i 5 meters dybde (29,7 - 26,1 mg Cl l⁻¹). Årsagen til dette fald kan såvel være en aftagende effekt af den forøgede udvaskning i efteråret 1992, som den store nedbør i 1994.

Grundvandets hovedklasser

Nyegaard et al. (1993) har gennemført en klassificering af det danske grundvand i 6 hovedklasser på grundlag af indholdet af aggressivt kuldioxid, sulfat, klorid, magnesium, bikarbonat og calcium. Der er i denne sammenhæng foretaget en klassificering af grundvandsfiltrene i landovervågningsoplandene i de 6 hovedklasser. Denne opdeling følger ikke helt jordtypeopdelingen i lerjord og sandjord. LOOP 5 og 6 er domineret af blødt grundvand, LOOP 2 og 3 af blødt til middelhårdt grundvand, LOOP 4 af middelhårdt til hårdt forvittringspræget grundvand og LOOP 1 af hårdt til meget hårdt forvittringspræget grundvand.

Opdelingen i de 6 hovedklasser afspejler primært karbonatforholdene og ionstyrken, og i begrænset omfang redoxforholdene. Hovedklasserne er derfor mindre velegnet til vurdering af nitratforholdene i

grundvand (Elberling et al., 1995). Da fokus i landovervågningsoplandene er på kvælstof (nitrat) vil opdelingen i hovedklasser ikke blive benyttet yderligere her.

9.7 Pesticider

9.7.1 Pesticidanvendelse i udvalgte grundvandsoplande

Pesticidinterview

Årligt interviewes landmænd om anvendelsen af pesticider i grundvandsoplande til 6-8 grundvandsstationer pr. landovervågningsopland. 8-16 marker indgår i interviewet pr. landovervågningsopland med undtagelse af LOOP 1, hvor der indhentes oplysninger fra alle 124 marker i oplandet. Interviewet vedrører alle typer pesticider anvendt i grundvandsoplandene.

Interviewundersøgelsen viser, at et eller flere af de 8 pesticider, som indgår i grundvandsanalyseprogrammet, er blevet anvendt i en stor del af grundvandsoplandene i perioden 1990 - 1994 (tabel 9.8). Analyseprogrammet for grundvand omfatter følgende 8 pesticider: fenoxysyrerne: dichlorprop, MCPA, mechlorprop, 2,4-D; triazinerne: atrazin, simazin samt fenolmidlerne: dinoseb, DNOC.

Ifølge interviewundersøgelsen har simazin og DNOC ikke været anvendt i grundvandsoplandene i perioden 1990 - 1994, dinoseb ikke efter 1991 og atrazin ikke i 1994.

Der anvendes en bred vifte af pesticider

Interviewundersøgelsen viser desuden, at der i grundvandsoplandene anvendes en lang række af pesticider, som ikke indgår i analyseprogrammet (bilag 9.2). En del af de anvendte pesticider skønnes at være potentielt udvaskelige, blandt andet metamitron, cyanazin og isoproturon.

De 8 analysepesticider udgør kun omkring 5-15% af de anvendte pesticider i de udvalgte grundvandsoplande i landovervågningsoplandene. De nuværende 8 analysepesticider må derfor ses dels som indikatorer på potentielle problemer (se afsnit 9.8.4), og dels som indikatorer på hvor længe efter et formodet ophør med anvendelsen af stofferne, at man stadig kan påvise dem i grundvandet.

Efterårsanvendelse af pesticider

Den stigende andel af vinterafgrøder i forhold til vårafgrøder har medført en stigning i anvendelsen af pesticider i efterårsmånederne, hvor der er en væsentlig grundvandsdannelse, og dermed øget risiko for udvaskning af pesticider til grundvandet.

En opgørelse af pesticidanvendelsen på 36 marker i 1993 og 1994 i de 6 landovervågningsoplande viser, at på 90% af de 36 marker er der anvendt mindst ét pesticid i sommerhalvåret (april-august) og på 16% af markerne er anvendt mindst ét pesticid om efteråret (september-november). Tilsvarende ses, at der på 51% af de 36 marker er anvendt mindst ét af de 8 analysepesticider i sommerhalvåret mod 8% om efteråret. De angivne procenter er gennemsnit for de 2 år.

Tabel 9.8 Anvendelsen af de 8 analyse-pesticider i grundvandsoplandene 1990-1994. I parentes er angivet antallet af grundvandsoplande, hvor det pågældende stof har været anvendt det pågældende år.

LOOP	1990	1991	1992	1993	1994
1	dichlorprop (1) mechlorprop (1) 2,4-D (1) i.a. (4)	MCPA (2) dichlorprop (2) mechlorprop (3) dinoseb (1) 2,4-D (2) i.a. (1)	MCPA (2) dichlorprop (2) mechlorprop (1) i.a. (3)	i.a. (6)	MCPA (2) mechlorprop (3) i.a. (1)
2	MCPA (3) dichlorprop (2) 2,4-D (1) i.a. (2)	MCPA (5) dichlorprop (4) mechlorprop (1) 2,4-D (1) i.a. (1)	MCPA (5) dichlorprop (3) mechlorprop (2) 2,4-D (1) i.a. (1)	MCPA (5) dichlorprop (4) 2,4-D (1) i.a. (1)	MCPA (5) dichlorprop (1) i.a. (1)
3	i.o. (6)	i.o. (6)	MCPA (2) dichlorprop (2) mechlorprop (3) atrazin (1) i.o. (2)	mechlorprop (2) i.a. (4)	mechlorprop (2) i.a. (4)
4	MCPA (3) dichlorprop (1) mechlorprop (4) atrazin (2) dinoseb (1) 2,4-D (1) i.a. (1)	MCPA (5) dichlorprop (2) mechlorprop (4) atrazin (2) dinoseb (1) 2,4-D (1)	MCPA (2) dichlorprop (1) mechlorprop (3) atrazin (1) i.a. (2)	MCPA (2) dichlorprop (1) mechlorprop (4) atrazin (1) i.a. (1)	MCPA (1) dichlorprop (1) mechlorprop (2) 2,4-D (1) i.a. (3)
5	i.a. (1) i.o. (7)	i.a. (2) i.o. (6)	MCPA (1) dichlorprop (1) mechlorprop (1) i.a. (3) i.o. (4)	MCPA (3) dichlorprop (2) mechlorprop (1) i.a. (1) i.o. (4)	MCPA (1) dichlorprop (1) i.a. (5) i.o. (2)
6	MCPA (3) dichlorprop (1) atrazin (1) i.a. (4) i.o. (1)	MCPA (4) dichlorprop (1) i.a. (2) i.o. (2)	MCPA (1) dichlorprop (1) mechlorprop (3) i.a. (1) i.o. (3)	MCPA (3) mechlorprop (1) atrazin (2) i.a. (3)	MCPA (4) i.a. (3) i.o. (1)

i.a. = ingen anvendelse af de 8 pesticider

i.o. = ingen oplysninger om pesticidanvendelse

Selvom pesticidanvendelsen fortsat primært finder sted i sommerhalvåret, anvendes pesticider tilsyneladende også på et ikke ubetydeligt antal marker om efteråret.

137 pesticidanalyser

9.7.2 Pesticidfund i det øvre grundvand

I landovervågningsprogrammet er der i 1993 og 1994 foretaget 137 pesticidanalyser og gjort 12 pesticidfund (tabel 9.9). Disse fund er gjort i 8 af 55 undersøgte filtre, svarende til 14,5%. I forbindelse med den øvrige grundvandsovervågning er der fundet en tilsvarende fundprocent på 16% for grundvandsprøver udtaget mindre end 10 meter under terræn (Brüsch og Jacobsen, 1995). 5 af de 8 analyse-pesticider er fundet i det øvre grundvand 1½-5 meter under terræn i LOOP 1, 4 og 6. I LOOP 2, 3 og 5 er der ikke påvist pesticider. Pesticidfundene i landovervågningsoplandene stemmer godt overens med fundmønstret i grundvandsovervågningsområderne, hvor fenoxysyrerne primært findes i lerdominerede områder i Østdanmark, hvorimod triaziner findes mere uafhængigt af det geokemiske miljø (Brüsch og Jacobsen, 1995).

Tabel 9.9 Fund af pesticider i landovervågningsprogrammet.

LOOP	Filterdybde (m u.t.)	1993		1994		Påvist pesticid og (antal fund)
		antal fund	antal prøver	antal fund	antal prøver	
1	1,5	1	1	0	4	MCPA (1), mechloorprop (2), dichlorprop (1), mechloorprop (1),
	3	0	3	2	8	
	5	0	2	2	6	
2	3	0	1	0	0	-
	5	0	5	0	8	-
3	3	0	7	0	7	-
	5	.	0	.	0	-
4	3	0	6	0	2	-
	5	0	6	2	11	atrazin (2)
5	1,5 ¹⁾	.	0	.	0	-
	3 ¹⁾	0	8	0	12	-
6	1,5 ¹⁾	0	1	0	17	-
	3 ¹⁾	4	18	1	4	atrazin (3), simazin (2),
Total		5	58	7	79	

¹⁾ Gennemsnitlig dybde.

Detektionsgrænsen har generelt ligget på 0,01 µg l⁻¹, men detektionsgrænser på 0,015 - 0,03 µg l⁻¹ har været anvendt i flere tilfælde, primært som følge af små vandmængder eller slammede vandprøver.

9.7.3 Anvendelse af pesticider og fund i grundvandet

Højvads Rende oplandet

I LOOP 1 er 3 af pesticidfundene (mechloorprop) i grundvandet 3 - 5 meter under terræn gjort 1½ - 4 år efter anvendelse af stoffet. I disse tilfælde er anvendelsen sket om efteråret. MCPA er fundet 1½ meter under terræn ca. 6 måneder efter, at stoffet blev anvendt. Fundet af dichlorprop kan ikke relateres til en kendt anvendelse af midlet. Pesticiderne er fundet i koncentrationer fra under 0,01 µg l⁻¹ til 0,04 µg l⁻¹. 2 fund af mechloorprop er kun spor, det vil sige, stoffet er påvist i en koncentration under detektionsgrænsen (*Storstrøms Amt, 1995*).

Oplandene Odderbæk, Horndrup Bæk og Barslund Bæk

I LOOP 2, 3 og 5 er der fra interviewundersøgelsen kendskab til, at især fenoxysyrerne har været anvendt i flere grundvandsoplande i perioden 1992-1994, men der er ikke fundet pesticider i det øvre grundvand i disse 3 landovervågningsoplande. F.eks. vides fra interviewundersøgelsen i LOOP 3, at mechloorprop har været anvendt på en stationsmark april 1993 og maj 1994. Ved analyse af grundvandsprøver udtaget 3 meter under den pågældende mark i oktober 1993 samt april, oktober og december 1994 er der ikke påvist mechloorprop. Detektionsgrænsen var ved de første 2 analyser 0,015 µg l⁻¹ og ved de 2 sidste 0,01 µg l⁻¹ (*Vejle Amt, 1994 og 1995*).

I 1993 og 1994 har pesticiderne næsten udelukkende været anvendt om foråret i de 3 oplande. Sprøjtetidspunkter kendes ikke før 1993.

Lillebæk oplandet

I LOOP 4 er der fundet atrazin i grundvandet 5 meter under en mark, hvor stoffer blev anvendt fra 1990 til 1993. Kun for 1993 vides, at stoffet blev anvendt om foråret. Ved en prøvetagning i oktober 1993 blev der ikke fundet atrazin, men ved efterfølgende analyser af grundvand fra samme filter i februar og december 1994 samt februar 1995 blev der målt atrazin i koncentrationer på henholdsvis 0,121 $\mu\text{g l}^{-1}$, 0,089 $\mu\text{g l}^{-1}$ og 0,094 $\mu\text{g l}^{-1}$. Endvidere er der i februar 1995 målt DNOC i 2 filtre i koncentrationer på 0,10 og 0,091 $\mu\text{g l}^{-1}$. Disse fund har ikke kunnet relateres til pesticid anvendelse på opstrøms marker (*Fyns Amt, 1995*).

Bolbro Bæk oplandet

I LOOP 6 er der i 1994 i forbindelse med landovervågningsprogrammet gjort ét fund af atrazin nedstrøms marker, hvor der i maj 1993 blev anvendt atrazin til majsafgrøder (*Sønderjyllands Amt, 1995*).

Målte koncentrationer i.f.t. drikkevandskrav

Af de 12 pesticidfund i landovervågningsprogrammet er der én måling på 0,121 $\mu\text{g l}^{-1}$, som overskrider drikkevandskravet på 0,1 $\mu\text{g l}^{-1}$. Den gennemsnitlige koncentration for de 10 pesticidfund over detektionsgrænsen er 0,04 $\mu\text{g l}^{-1}$. De pesticidkoncentrationer, som er målt i landovervågningsoplandene, er for såvel de gennemsnitlige som de maksimale koncentrationer lave i forhold til, hvad der måles i grundvandsovervågningsområderne og i råvandet (*Brüsch og Jacobsen, 1994*).

Udvidet analyseprogram i Bolbro Bæk oplandet

9.7.4 Udvidet analyseprogram for pesticider

I forbindelse med Miljøstyrelsens Pesticidforskningsprogram har DMU gennemført et udvidet analyseprogram for det øvre grundvand i LOOP 6. Der er gennemført to prøvetagningsrunder, februar og december 1994, med udtagning af grundvandsprøver fra henholdsvis 31 og 32 filtre placeret 1 - 4 meter under terræn. Analyseprogrammet omfatter 20 vandopløselige pesticider, heraf 2 nedbrydningsprodukter af atrazin. Der anvendes en detektionsgrænse på 0,005 $\mu\text{g l}^{-1}$. I 1995 vil andre LOOP-oplande blive inddraget i dette program.

Fundprocent på 75%

Sønderjyllands Amt (1995) fremhæver følgende resultater fra det udvidede analyseprogram. I omkring 75% de filtre, der er udtaget grundvandsprøver fra, er der fundet pesticider eller nedbrydningsrester. Der er foretaget 1232 enkeltstofanalyser og ved 75 af disse analyser, er der påvist et pesticid eller nedbrydningsprodukt. Ved 6 fund er koncentrationen over drikkevandskravet, 2 af disse fund er nedbrydningsprodukter af atrazin. 17 fund er under detektionsgrænsen på 0,01 $\mu\text{g l}^{-1}$ som anvendes i Vandmiljøplanens overvågningsprogram.

Fund af nedbrydningsprodukter

Ved første prøvetagningsrunde blev atrazin fundet i 3 og atrazins nedbrydningsprodukter i 12 ud af 31 vandprøver. I alt blev 2 af atrazins nedbrydningsprodukter påvist 14 gange, det samme antal gange som overvågningsprogrammets 8 pesticider blev påvist i (*Sønderjyllands Amt, 1995*).

For atrazin og atrazins nedbrydningsprodukter, MCPA, met amitron samt bentazon ses der på grundlag af interviewundersøgelsen en sammenhæng mellem arealanvendelse og pesticidfund i grundvandet.

F.eks. er atrazin anvendt maj 1993 påvist sammen med nedbrydningsprodukter i grundvandet 2 - 3 meter under terræn i december 1994. Atrazins nedbrydningsprodukter, metanitron og bentazon er ikke indeholdt i Vandmiljøplanens analyseprogram.

Påvisningerne af pesticider og nedbrydningsprodukter i LOOP 1, 4 og 6 viser at en del stoffer optræder i det allerøverste grundvand op til flere år efter de er anvendt.

Pesticider i vandløb, jordvand og drænvand

I 3 landovervågningsoplande er der gennemført pesticidanalyser i andre dele af vandkredsløbet. I oplandene Højvads Rende og Bolbro Bæk er der påvist op til 14 pesticider og nedbrydningsprodukter i jordvand, drænvand (kun dræn i Højvads Rende oplandet) og vandløbsvand. De målte koncentrationer i jordvand og drænvand er lave sammenlignet med vandløbsvand (*Mogensen og Spliid, 1991 og 1994*). I vandprøver fra Lillebæk udtaget maj 1994 blev der analyseret for 86 pesticider og nedbrydningsprodukter. Der blev fundet 18 forskellige stoffer (*Fyns Amt, 1995*). Vandløbsvand er normalt en blanding af overfladisk og terrænnær afstrømning og af ældre grundvand samt i lerede områder også af drænvand (ungt grundvand). Men der kan være mange andre kilder til pesticider i vandløbsvand, f.eks. vinddrift ved sprøjtning og spildevand.

9.8 Sammenfatning

Nitrat

Det øvre grundvand i landovervågningsoplandene er tydeligt påvirket af landbrugsdriften. Det *gennemsnitlige* nitratindhold i det øvre grundvand 1½-5 meter under terræn varierer mellem 5,6 og 18,1 mg NO₃-N l⁻¹ (25 og 80 mg NO₃ l⁻¹) i de 6 oplande.

Der er foretaget en trend-analyse af 267 nitrat-tidsserier. For hovedparten af filtrene (84%) ses ingen signifikant ændring i nitratindholdet i overvågningsperioden. Andelen af filtre hvor der ses et fald eller en stigning i nitratindholdet er af samme størrelsesorden, henholdsvis 9% og 7%.

I LOOP 4 og 5 er nitratindholdet under husdyrgødede arealer signifikant større end under handelsgødede, i LOOP 1 forholder det sig omvendt. LOOP 1 er karakteriseret ved den laveste dyretæthed og husdyrgødningstildeling af de 6 oplande. Sandjordsoplandene er kendetegnet ved høje nitratkoncentrationer under husdyrgødede arealer. Under 'skov/natur' arealer er nitratindholdet lavt.

Orthofosfat

Det øvre grundvands indhold af orthofosfat er lavt. I over 50% af de analyserede grundvandsprøver har indholdet af orthofosfat-P været under den krævede detektionsgrænse på 0,01 mg l⁻¹.

Sulfat, kalium og klorid

I såvel ler- som sandjordsoplande stiger sulfatindholdet med dybden. I lerjordsoplandene fra 28 mg l⁻¹ (1,5 m u.t.) til 41 mg l⁻¹ (5 m u.t.) og i sandjordsoplandene fra 33 mg l⁻¹ (1,5 m u.t.) og 37 mg l⁻¹ (3 m u.t.) (koncentrationerne er medianværdier). Reduktionskapaciteten med

svovlholdige forbindelser kan være formindsket i det allerøverste grundvand som følge af mange års stor nitratudvaskning.

Kaliumindholdet er signifikant højere i sandjordsoplandene end i lerjordsoplandene, med gennemsnitlige koncentrationer på henholdsvis 8,3 og 3,4 mg K l⁻¹. Kaliumindholdet er signifikant højere i grundvandet under handelsgødede marker end under husdyrgødede marker.

Det gennemsnitlige kloridindhold i det øvre grundvand er 32 mg Cl l⁻¹ i såvel ler- som sandjordsoplande. Tilsyneladende medfører gødsning kun en ringe tilførsel af klorid til grundvandet.

Der ses år til år variationer i det øvre grundvands indhold af sulfat, kalium og klorid, men ingen signifikante udvikling stoffkoncentrationerne i overvågningsperioden.

Pesticider

Der er i 1993 og 1994 foretaget 137 pesticidanalyser og gjort 12 pesticidfund. Disse fund er gjort i 8 af 55 undersøgte filtre (14,5%). 5 af de 8 analyse-pesticider er fundet i det øvre grundvand 1½-5 meter under terræn i LOOP 1, 4 og 6. I LOOP 2, 3 og 5 er der ikke fundet pesticider i det øvre grundvand, selvom der er kendskab til at især fenoxysyrerne har været anvendt i disse oplande.

Af de 12 pesticidfund i landovervågningsprogrammet er der én måling på 0,121 µg l⁻¹, som overskrider drikkevandskravet på 0,1 µg l⁻¹. Den gennemsnitlige koncentration for de 10 pesticidfund over detektionsgrænsen er 0,04 µg l⁻¹.

Ved en udvidet pesticidundersøgelse i LOOP 6 er der påvist pesticider og nedbrydningsprodukter af pesticider i omkring 75% af de undersøgte grundvandsfiltre. Der er fundet pesticidtyper som ikke indgår i Vandmiljøplanens analyseprogram.

10 Afstrømning, koncentration og transport af næringsstoffer i vandløb

Målinger af næringsstoffer i vandløb afdækker de kulturskabte påvirkninger i oplandet

Koncentrationen og transporten af kvælstof og fosfor i vandløbene indenfor overvågningsoplandene afspejler påvirkninger 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 vurdere effekter af 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 fem hydrologiske år, nemlig 1989/90, 1990/91, 1991/92, 1992/93 og 1993/94.

I år er størrelsen på flere af vandløbsoplandene korrigeret. Afstrømning og oplandstab for tidligere hydrologiske år er derfor ændrede i forhold til sidste års rapport.

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, hvor nedbørsoverskuddet (nedbør minus fordampning) også er størst.

Også variationer i vandafstrømningen fra år til år

Desuden er der variationer i afstrømningen indenfor de fem hydrologiske år, der indtil videre er målt under overvågningsprogrammet (tabel 10.1). Den største afstrømning blev målt i det seneste hydrologiske år, 1993/94. 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 (Højvads Rende).

Der er en generel forskel i afstrømningen fra de overvejende lerede oplande (Højvads Rende; Lillebæk og Horndrup bæk) og de sandede oplande (Odderbæk, 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.

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

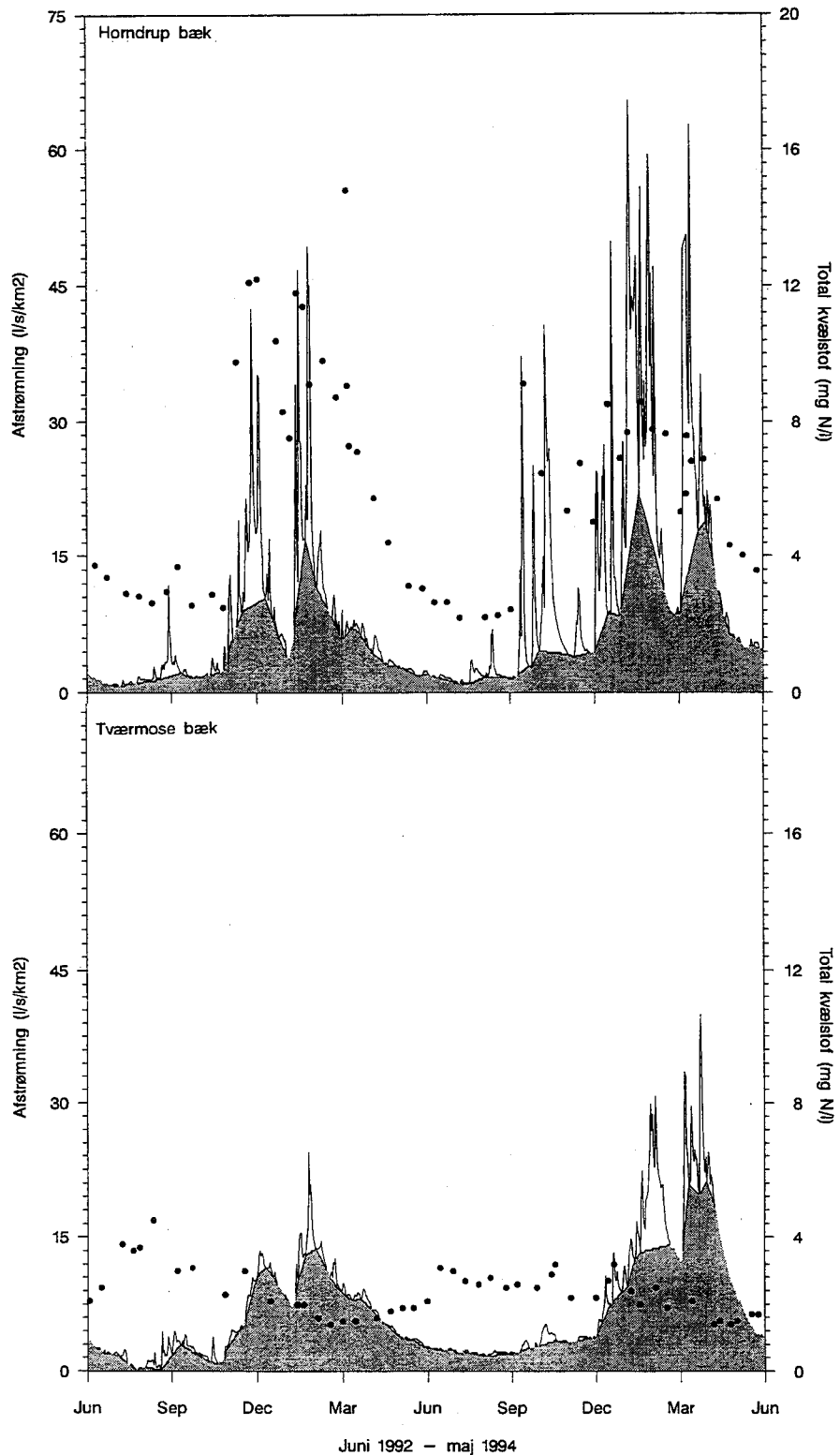
Vandløb	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	Gennemsnit
	-	-	mm	-	-	-
Lerede oplande						
Højvads Rende	102	237	150	119	359	193
Lillebæk	153	249	186	186	447	244
Horndrup bæk	219	303	206	205	427	272
Sandede oplande						
Odderbæk	215	230	182	164	255	209
Barslund bæk	350	370	348	383	435	377
Tværmose bæk	i.m.	228	186	181	273	217
Bolbro bæk	i.m.	490	375	385	623	468

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	Gennemsnit
	-	-	%	-	-	-
Lerede oplande						
Højvads Rende	39	56	46	35	40	43
Lillebæk	44	46	37	46	42	43
Horndrup bæk	46	41	30	29	49	39
Sandede oplande						
Odderbæk	21	23	18	19	32	23
Barslund bæk	6	6	5	5	5	5
Tværmose bæk	i.m.	15	9	10	16	10
Bolbro bæk	i.m.	27	16	14	17	17

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, der ved hjælp af et "baseflow-index" beskriver grundvands-andelen (Institute of Hydrology, 1993). 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.

Figur 10.1 Afstrømningen i to vandløb, der afvander hhv. et leret og et sandet opland i 1992/93 og 1993/94 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*

Hydrografopsplitningen viser, at en stor del af overskudsnedbøren hurtigt når frem til vandløb i de lerede oplande (39-43%), mens afstrømningen i de sandede oplande hovedsageligt stammer fra grundvandmagasiner (77-95%) (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 kvælstofkoncentra-
tion og afstrømningen*

For alle vandløb kan der opstilles signifikante regressionssammenhænge mellem afstrømning og koncentrationen af kvælstof indenfor hydrologiske år. Koncentrationen af kvælstof stiger i alle vandløb generelt med stigende afstrømning. I de tre vandløb, der afvander lerede oplande, samt i Odderbæk, stiger koncentrationen af kvælstof stærkt med stigende afstrømning. Derimod måles der kun en lille stigning i koncentrationen af total kvælstof med stigende afstrømning i Barlund bæk, Tværmose bæk og Bolbro bæk.

For de tre vandløb, der afvander lerede oplande, samt i Odderbæk, er der i det hydrologiske år 1993/94 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 kun stiger ganske lidt med stigende vandføring. I Tværmose bæk har koncentrationen af kvælstof i de to sidste hydrologiske år været faldende med stigende afstrømning på grund af relativt høje koncentrationer af kvælstof om sommeren (figur 10.1). I Barlund bæk er der i visse vintermåneder målt meget høje koncentrationer af total kvælstof. Dette skyldes formentlig direkte udledninger af urea fra flyvepladsen, der ligger indenfor oplandet.

*Den vandføringsvægtede
koncentration af total kvæl-
stof 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 Odderbæk 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 over 4 gange højere i de tre vandløb på lerede jorder, end i de tre vandløb på de sandede jorder.

*Nyligt fald i kvælstofkon-
centration i vandløb, der af-
vander lerede oplande. Deri-
mod fortsat stigning i
Odderbæk*

I de tre vandløb, der afvander lerede oplande, er der fra 1992/93 til 1993/94 sket et fald i den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af total kvælstof (tabel 10.3). Især i vintermånederne i 1993/94 var den vandføringsvægtede kvælstofkoncentration lavere end året før. Det skyldes formentlig den store vinterafstrømning kombineret med, at jordens pulje af tilgængelig kvælstof er begrænset. I Odderbæk er der en mindre stigning i kvælstofkoncentrationen gennem de fem hydrologiske år.

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 mg N l ⁻¹	1992/93	1993/94	Gennemsnit
Lerede oplande						
Højvads Rende	10,6	9,4	7,9	14,6	7,5	10,0
Lillebæk	14,4	12,8	11,5	13,1	12,1	12,8
Horndrup bæk	9,6	8,0	8,1	8,7	6,8	8,3
Sandede oplande						
Oddebæk	7,0	7,9	7,9	8,4	8,6	8,0
Barslund bæk	i.m.	3,5	3,3	3,4	3,7	3,5
Tværrose bæk	i.m.	1,9	2,1	2,1	2,1	2,0
Bolbro bæk	i.m.	1,7	1,0	1,9	1,9	1,7

Den lave kvælstofkoncentration i Bolbro bæk, Barslund bæk og Tværrose 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 forholdsvis lave kvælstofkoncentration i Bolbro bæk, Barslund bæk og Tværrose bæk på trods af en stor kvælstofudvaskning fra rodzonen (se kapitel 7) skyldes omsætning af nitrat i grundvandet. I de tre vandløb er koncentrationen af total jern i vandløbet meget høj (> 2 mg l⁻¹), mens den er lav i de fire øvrige vandløb (omkring 0.5 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 lavbundsjorder (14%), formentlig også spille en rolle i kvælstoffjernelsen.

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

Den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af total fosfor er vist i tabel 10.4. Fosforkoncentrationen er generelt højere i vandløbene, der afvander de lerede oplande, end i vandløbene, der afvander de sandede oplande. Det skyldes til dels, 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, Tværrose 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 episodiske hændelser i vandløbet.

Fosfortransporter i vandløb er generelt underestimeret

Herved kommer betydningen af den anvendte prøvetagningsstrategi ind, idet transporten af fosfor, hovedsageligt partikulært fosfor, vil blive underestimeret. I tretten vandløb under overvågningsprogrammet, heraf fire af hovedvandløbene i landovervågningsoplandene, er der i 1994 blevet målt meget intensivt, med udtag af vandprøver hver time. I 1993 blev der målt intensivt i otte vandløb. Resultaterne viser, at der i 1993 og 1994 i gennemsnit for de otte vandløb, hvor der begge år blev målt intensivt, skete en underestimering af transporten af total fosfor på henholdsvis 68% og 28% ved anvendelse af den normale prøvetagningsstrategi (Larsen et al., 1995). Fosforbidraget fra det åbne land har derfor tidligere været undervurderet.

Ikke fortsat fald i fosforkoncentrationen. Derimod stigning det sidste år især pga. stor overfladenær afstrømning

I ingen af de syv vandløb har den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af total fosfor været fortsat faldende gennem de fem hydrologiske år (tabel 10.4). Frem til 1992/93 var den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af total fosfor dog faldende i tre vandløb. Det markante fald i fosforkoncentrationen i Horndrup bæk fra 1989 til 1990 skyldes afskæring af en punktkilde i 1989. Stigningen fra 1992/93 til 1993/94, som er tydelig i fire af de syv vandløb, skyldes især en forholdsvis stor overfladenær afstrømning i vinteren 1993/94 (jævnfør tabel 10.2).

Tabel 10.4 Den vandføringsvægtede årsmiddelkoncentration af total fosfor indenfor hydrologiske år i de syv hovedvandløb, som afvander landovervågningsoplandene. Resultaterne er beregnet på baggrund af normalt prøvetagning.

Vandløb	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	Gns.
mg P l ⁻¹						
Lerede oplande						
Højvads Rende	0,162	0,138	0,106	0,093	0,108	0,121
Lillebæk	0,232	0,218	0,207	0,214	0,162	0,207
Horndrup bæk	0,252	0,133	0,125	0,112	0,117	0,148
Sandede oplande						
Oddebæk	0,097	0,095	0,101	0,088	0,146	1,105
Barslund bæk	i.m.	0,068	0,074	0,082	0,065	0,072
Tværmosse bæk	i.m.	0,074	0,075	0,071	0,072	0,073
Bolbro bæk	i.m.	0,103	0,084	0,041	0,093	0,080

Tabel 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 normalt prøvetagning.

Vandløb	Gennemsnit 1989-94	
	Uorganisk N	Opløst uorganisk P
Lerede oplande		
Højvads Rende	91%	49%
Lillebæk	95%	51%
Horndrup bæk	89%	41%
Sandede oplande		
Oddebæk	90%	38%
Barslund bæk	91%	6%
Tværmosse bæk	80%	23%
Bolbro bæk	75%	9%

Uorganisk kvælstof udgør 90% af total kvælstof i fem af vandløbene, i Bolbro bæk kun 75%

Opløst uorganisk fosfor udgør 6-23% i de okkerbelastede vandløb og 38-51% 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 (75%), 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 6-23%, imod 38-51% 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.

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 fem år er andelen stor fra de lerede oplande (53-56%), mens den er meget mindre fra de sandede oplande (7-45%).

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

Vandløb	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	Gennemsnit
	-	-	%	-	-	-
Lerede oplande						
Højvads Rende	53	67	61	52	48	56
Lillebæk	64	55	48	59	47	54
Horndrup bæk	69	52	44	44	59	53
Sandede oplande						
Oddebæk	43	44	43	44	50	45
Barslund bæk	i.m.	9	8	6	5	7
Tværmosen bæk	i.m.	21	12	12	13	15
Bolbro bæk	i.m.	49	19	27	35	32

Stort kvælstoftab fra lerede oplande

I tabel 10.7 er tabet af kvælstof fra de dyrkede arealer indenfor landovervågningsoplandene vist for de fem hydrologiske år. Der er meget stor forskel i tabet af kvælstof fra de lerede oplande (25,4-34,3 kg N ha⁻¹ dyrket areal), sammenholdt med tabet fra de sandede oplande (8,0-16,9 kg N ha⁻¹ dyrket areal). 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 1989-94, der lå på 1,6-4,3 kg N ha⁻¹.

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

Vandløb	1989/90	1990/91	1991/92	1992/93	1993/94	Gennemsnit
	-	-	kg N ha ⁻¹	-	-	-
Lerede oplande						
Højvads Rende	15,2	32,0	16,4	24,9	38,4	25,4
Lillebæk	24,6	35,6	23,8	27,2	60,4	34,3
Horndrup bæk	25,4	29,8	20,3	21,9	35,1	26,5
Sandede oplande						
Oddebæk	15,3	18,5	14,6	13,9	22,3	16,9
Barslund bæk og Tværmosen bæk	i.m.	12,8	11,3	12,7	15,7	13,1
Bolbro bæk	i.m.	8,5	3,8	7,5	12,2	8,0

Tabel 10.8 Tabet af total fosfor via vandløb fra det åbne land i de seks landovervågningsoplande indenfor de fire 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	1992/93	1993/94	Gennemsnit
	-	-	kg P ha ⁻¹	-	-	
Lerede oplande						
Højvads Rende	0,13	0,37	0,12	0,050	0,46	0,23
Lillebæk	0,39	0,60	0,43	0,44	0,80	0,53
Horndrup bæk	0,38	0,48	0,30	0,27	0,59	0,40
Sandede oplande						
Odderbæk	0,21	0,22	0,19	0,15	0,38	0,23
Barslund bæk og Tværmose bæk	i.m.	0,28	0,28	0,32	0,31	0,30
Bolbro bæk	i.m.	0,50	0,31	0,15	0,58	0,39

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). I tabet indgår eventuelle fosforudledninger fra spredt bebyggelse, gårde mv. til vandløb. Potentielt kan disse udledninger betyde meget for fosfortabet. Til sammenligning er det årlige tab fra udyrkede arealer på omkring 0,08 kg P/ha. Koncentrationen af fosfor er som tidligere anført målt intensivt i fire af de syv hovedvandløb i 1994. Det drejer sig om Horndrup bæk, Højvads Rende, Odderbæk og Lillebæk. I disse vandløb blev årstransporten af total fosfor underestimeret ved den normale prøvetagningsstrategi, som er benyttet i opgørelserne i tabel 10.8. I 1993 blev der konstateret en underestimering på henholdsvis 48%, 40% og 24% i Horndrup bæk, Højvadsrende og Odderbæk, og i 1994 var underestimeringen for de samme vandløb 80%, 37% og 11%. I Lillebæk blev årstransporten af total fosfor i 1994 underestimeret med 26%.

Tabet af fosfor er derfor med stor sandsynlighed underestimeret i alle 7 hovedvandløb i overvågningsoplandene.

10.4 Sammenfatning

Hydrografopsplitning

En opsplnitning 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 39-43% for vandløb i lerjordsoplandene og 5-23% 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 28,7 kg N ha⁻¹ år⁻¹ i lerjordsoplandene, og på gennemsnitlig 12,6 kg N ha⁻¹ år⁻¹ i sandjordsoplandene. Til sammenligning anføres at udvaskningen fra naturarealer i undersøgelsesperioden lå på 1,6-4,3 kg N ha⁻¹ år⁻¹.

P tab til vandløb

Det totale tab af fosfor fra dyrkede arealer til vandløb har i måleperioden ligget på gennemsnitligt $0,35 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$; der var ingen entydig forskel mellem lerjords- og sandjordsoplandene. Til sammenligning anføres at tabet fra naturoplande i samme periode lå på ca. $0,08 \text{ kg P ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$.

11 Sammenstilling og konklusion - 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 - 1993/94.

Sammenfatningen gælder kvælstofkredsløbet

Sammenstillingen er foretaget for kvælstof. 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 medtager ikke fosfor på grund af problemerne med at fortolke fosfortransporterne i vandløb, som beskrevet i kapitel 10 og opsummeret her: Tab af fosfor fra dyrkede arealer til vandløb sker både via udvaskning og erosion; hertil kommer et bidrag fra gårde og spredt bebyggelse. Sidstnævnte bidrag kan potentielt udgøre en stor del af det samlede tab til vandløbene. 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.

I Landovervågningen såvel som i Ferskvandsovervågningen af små landbrugsoplande (Larsen *et al.*, 1995) er set et fald i de vandføringsvægtede fosforkoncentrationer i vandløbene igennem måleperioden 1989-92, hvorefter koncentrationerne igen er steget lidt. Variationerne er afhængige af variationer i afstrømningsforholdene.

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 1993/94. 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 (inklusiv

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 - 1993/94 (LOOP 1-4) og 1990/91 - 1993/94 (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⁾		Sønderjyll. LOOP 6	
	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%
Nedbør	712	100	831	100	876	100	666	100	1001 ²⁾	100	934 ²⁾	100
Planteop./fordamp.	470	66	453	55	403	46	358	54	393	39	391	42
Nedsivning	242	34	378	45	473	54	308	46	608	61	543	58
Nedsivning	242	100	378	100	473	100	308	100	608	100	543	100
Overfladenær afstr.	86	36	105	28	111	23	49	16	23	4	82	15
Grundvandsafstr.	107	44	139	37	161	34	160	52	302	50	386	71
Total t.vandløb	193	80	244	65	272	58	209	68	325	54	468	86
Netto til gr.vand	49	20	134	35	201	42	99	32	178 ³⁾	29	42 ³⁾	8

¹⁾ Barslund Bæk + Tværmose Bæk

²⁾ Inklusiv vanding ca. 105 mm i LOOP 5 og 33 mm i LOOP 6

³⁾ Grundvandsdannelse er fratrukket 105 mm i LOOP 5 og 33 mm i LOOP 6 p.g.a. oppumpning til vanding

dræning), dels som en grundvandsafstrømning. Endvidere er størrelsen af nedsivningen til de primære grundvandsmagasiner vist.

Nedsivning gennem rod-zonen

Det fremgår, at såvel nedbørmængden som afstrømningen fra rod-zonen stiger fra den østlige til den vestlige del af landet; de mindste afstrømningsmængder er således beregnet for Storstrøm (LOOP 1) (gns. 242 mm pr år) og de største mængder i Ringkøbing/Viborg og Sønderjylland (LOOP 5 og 6) (gns 576 mm pr år).

Afstrømning til vandløbene

I lerjordsoplandene er 23-36% af den nedsivende vandmængde hurtigt strømmet til vandløbene som overfladenær afstrømning; heri indgår drænvandsafstrømning. Yderligere 34-44% er via grundvand strømmet til vandløbene; mens 20-42% er medgået til grundvandsopbygning. I sandjordsoplandene er 4-16% af den nedsivende vandmængde strømmet til vandløbene som overfladenær afstrømning, mens yderligere 50-71% er strømmet til vandløbene via grundvand. Afstrømningen til vandløbene i disse områder sker altså med en langt større forsinkelse. 8-32% af den nedsivende vandmængde er medgået til grundvandsopbygning. Grundvandsdannelsen synes umiddelbar stor. 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.

Tabel 11.2 Kvælstofkoncentrationer i de forskellige medier af det hydrologiske kredsløb, gennemsnit for de hydrologiske år 1989/90 - 1993/94 (LOOP 1-4) og 1990/91 - 1993/94 (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 mg N l ⁻¹	LOOP4 mg N l ⁻¹	LOOP3 mg N l ⁻¹	LOOP2 mg N l ⁻¹	LOOP5 mg N l ⁻¹	LOOP6 mg N l ⁻¹
Rodzonevand	20,2	19,0	27,4	39,8	22,0	29,6
Drænvand	15,4	21,4	-	-	-	-
Grundvand 1.5m	14,1	10,8	14,9	34,3	16,9	20,9
Grundvand 3.0m	5,8	6,9	8,5	20,4	15,1	11,6
Grundvand 5.0m	2,6	6,2	8,1	18,1	-	-
Overfl.nær afstr.	13,4	16,3	11,7	16,6	5,9	3,2
Gr.vandsafstr.	7,6	10,1	6,3	5,7	3,4	1,3
Vandløb	10,0	12,8	8,3	8,0	3,5 (2,0)	1,7

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

Koncentrationsmønster i lerjordsoplandene

I lerjordsoplandene har kvælstofkoncentrationerne i rodzonevandet ligget i intervallet 19-27 mg N l⁻¹. Koncentrationerne i drænvand har som gennemsnitsbetragtning ligget på samme eller lidt lavere 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 8-13 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 22-40 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 8,0 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.

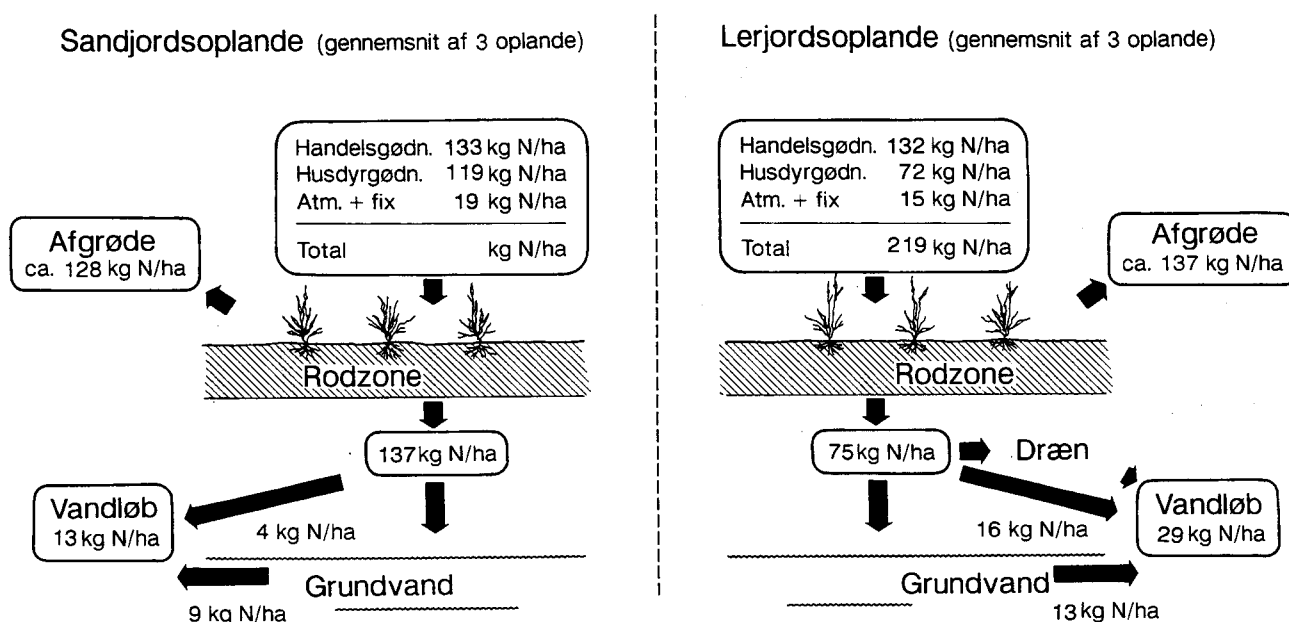
Det kan være at denne "storm-flow" betingede afstrømning består af ældre grundvand, der presses ud til vandløbene under nedbørshændelser, samt at der sker en denitrifikation i de vandløbsnære arealer.

Præsentation

Kvælstoftransporter

I tabel 11.3 er vist de gennemsnitlige kvælstofstrømme for perioden 1989/90 - 1993/94 for de enkelte landovervågningsoplande. I tabellen er vist kvælstoftilførsler i form af handelsgødning, husdyrgødning, estimeret kvæstoffixering samt tilførsel fra atmosfæren (Nielsen, 1990). Kvælstoftilførslerne 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 af jordens humuspulje samt 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.

Det årlige kvælstofkredsløb (1989/90 - 1993/94)



Figur 11.1 Skemativering af kvælstofkredsløbet for henholdsvis lerjords- og sandjordsoplandene for årene 1989/90 - 1993/94.

Kvælstofkredsløbet er herefter skematiseret i figur 11.1 for henholdsvis sandjordsoplande og lerjordsoplande, idet der her er medtaget kvælstof fjernet med høstede afgrøder. Den interne kvælstofomsætning (kvælstofmineralisering og denitrifikation) er ikke medtaget.

Lerjordsoplande

I lerjordsoplandene er årligt tilført ca. 132 kg N ha⁻¹ med handelsgødning, 72 kg N ha⁻¹ med husdyrgødning og 15 kg N ha⁻¹ ved kvælstoffixering og atmosfærisk deposition, ialt ca. 219 kg N ha⁻¹. Med afgrøderne er årligt fjernet ca. 137 kg N ha⁻¹. Der er således netto tilført jorden ca. 82 kg N ha⁻¹. Den målte udvaskning fra rodzonen har i perioden udgjort ca. 75 kg N ha⁻¹ pr. år. Kvælstoftransporten i vandløbene har udgjort ca. 29 kg N ha⁻¹ pr. år; det svarer til at ca. 39% af rodzoneudvaskningen er nået til vandløbene.

Sandjordsoplande

I sandjordsoplandene er årligt tilført ca. 133 kg N ha⁻¹ med handelsgødning, 119 kg N ha⁻¹ med husdyrgødning og ca. 19 kg N ha⁻¹ ved kvælstoffixering og atmosfærisk deposition, ialt 271 kg N ha⁻¹. Afgrøderne har årligt fjernet ca. 128 kg N ha⁻¹; således er der netto tilført jorden ca. 143 kg N ha⁻¹ pr. år. Udvasningen fra rodzonen er målt til ca. 137 kg N ha⁻¹ pr. år. Kvælstoftransporten i vandløbene har udgjort ca. 13 kg N ha⁻¹ pr. år; det svarer til, at ca. 9 % 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 1989-94 lå på 1,6-4,3 kg N ha⁻¹ år⁻¹ (Larsen *et al.*, 1995).

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 - 1993/94.

Årlig kvælstofcirkulation													
Kvælstofstrømme	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	138		133		124		125		143		130		
Husdyrgødning	34		76		107		165		52		140		
Afm. + fixering ¹⁾	13		16		16		18		18		22		
Total tilført	185		225		247		308		213		292		
Høstet	130		142		138		146		107		131		
Udvasket													
Rodzonen (Drænvand) ³⁾	38	100	67	100	121	100	119	100	136	100	156	100	
	(14)	(37)	(14)	(21)									
Udv. til vandløb													
Overfladenært	14,4	38	18,4	27	14,5	12	7,6	6	1,2	1	2,8	2	
Grundvand	11,2	29	15,9	24	12,0	10	9,3	8	11,9	9	5,2	3	
Total	25,4	67	34,3	51	26,5	22	16,9	14	13,1	10	8,0	5	

¹⁾ Fra atmosfæren regnes 10 kg N ha⁻¹ år⁻¹ fra kilder uden for landbruget

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 udvaskning 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 1994. Størrelsen af jordens omsættelige humusfraktion er et resultat af mange års landbrugsproduktion med et højt gødskningsniveau. Mineraliseringsprocessernes hastighed øges blandt andet med temperaturen. Derfor vil et sammenfald af en stor mineraliserbar pulje i jorden og høje efterårs- og vintertemperaturer øge kvælstofudvaskningen.

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 5-årige periode er der målt en årlig gennemsnitlig udvaskning fra rodzonen på 75 kg N ha⁻¹ i lerjordsoplandene og på 139 kg N ha⁻¹ i sandjordsoplandene. Den større udvaskning på sandjordene end på lerjordene skyldes større nedbør, lettere gennemtrængelig jord, større husdyrtæthed samt større N-tilførsel i forhold til N fjernet (dvs. større nettotilførsel).

Vandløbene

Det er vist, at en stor del af det kvælstof, der forlader rodzonen (12-38%) i lerjordsoplandene hurtigt strømmer til vandløbene gennem dræn og overfladenært vand, mens yderligere (10-29%) strømmer via det øvre grundvand til vandløbene. Det vil sige, at op til halvdelen 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 (1-6%), hurtigt til vandløbene med overfladenært vand. I disse oplande sker afstrømningen til vandløbene hovedsagelig 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 $11.3 \text{ mg NO}_3\text{-N l}^{-1}$ ($50 \text{ mg NO}_3 \text{ l}^{-1}$). 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 (afsnit 9.3) har vist, at kvælstofindholdet i det øvre grundvand er væsentlig højere på arealer tilhørende husdyrbrug end på arealer tilhørende planteavlsbrug. 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.

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 udspreddning 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 gødningspraksis 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, 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.

12.2 Udviklingen i landbruget

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 1994 udgjorde 81% af det dyrkede areal. Heraf var dog kun ca 24% afgrøder som græs, vinterraps og efterafgrøder, der kan forventes at optage store kvælstofmængder i efterårs- og vintermånederne.

I 1993/94 stod 76% af dyreenhederne på ejendomme med mindst 9 måneders opbevaringskapacitet til den flydende husdyrgødning. Det er en forøgelse på 21%-point i forhold til året før. Samtidig er der sket en betydelig stigning i forårs/sommer udbringning af husdyrgødning. I 1993/94 blev 80% af den samlede kvælstofmængde i husdyrgødning udbragt om foråret/sommeren, hvilket er en stigning på 11%-point i forhold til 1993 og på 26%-point i forhold til 1990. Den store stigning i forårs/sommer udbringningen fra 1993 til 1994 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 i 1994 30%, hvilket var en stigning på 15%-point i forhold til 1990. Der blev dog i 1994 stadig overgødet i forhold til de økonomisk optimale mængder på ca 30% af arealet.

Stor andel af disharmoniske brug

I landovervågningsoplandene var 23% af husdyrbrugene disharmoniske i 1994, og for at overholde harmonikravene skulle 15% af den samlede husdyrgødningsmængde omfordes. 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 overskydende 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.

Lille 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 660 mio. kg N i 1994. Handelsgødningsforbruget udgjorde i 1985 96% af afgrødernes optimale kvælstofbehov, mens andelen i 1994 var faldet til 85%. Handelsgødningsforbruget er faldet fra 392 mio. kg N i 1985 til 320 mio. kg N i 1994.

Forskellen mellem det totale kvælstofinput og kvælstof fjernet ved høst med afgrøder har haft en svagt faldende tendens i perioden 1985 til 1994. Differencen er dog stadig stor. Således var forskellen mellem tilført og fjernet kvælstof på landsplan i 1994 på 334 mio. kg N, svarende til et overskud på det dyrkede areal på 123 kg N ha⁻¹.

Der er altså sket forbedringer mht. gødningsanvendelsen siden Vandmiljøplanens vedtagelse; ændringerne har været særlig markante fra 1993 til 1994. Forbedringer i form af mindsket handelsgødningsforbrug har dog været små i forhold til den samlede kvælstofcirkulation i dyrkningssystemet.

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 5 års målinger, 1989-94, idet klimatisk betingede variationer overskygger driftbetingede ændringer.

Lille mindskelse i N-udvaskning fra rodzonen

Modelberegninger udført med udvaskningsfunktioner ved normal-klima for perioden 1989-94 har vist et lille men generelt fald i udvaskning gennem måleperioden, ca 14% reduktion fra 1989/90 til 1993/94 (tabel 12.1).

Tabel 12.1 Udvasning af kvælstof fra rodzonen i fem år 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.

	Udvasning 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	51	17	26
1990/91	81	50	17	30
1991/92	80	43	17	24
1992/93	79	42	19	31
1993/94	73	41	16	27
1994/95	-	-	16	23

¹⁾ Modelberegnet udvasning ved normal klima

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

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. De lave værdier i 1994/95 kan 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.

50% reduktion i N udvasning opnåes næppe

De hidtil iværksatte initiativer er primært rettet mod en forbedret udnyttelse af husdyrgødningen. Disse tiltag har imidlertid endnu ikke medført betydelig mindskelse i kvælstofudvaskning. En scenarieberegning udført med udvaskningsfunktioner, hvor den aktuelt forekommende husdyrgødningsmængde i landovervågningsoplandene anvendes optimalt i henhold til kravene i Handlingsplanen

for bæredygtigt landbrug (husdyrgødningen fordeles på ejendomsniveau og handelsgødning suppleres til økonomisk anbefalet mængde) har vist, at der for 1993/94 kan opnåes en reduktion på gennemsnitlig 20% i forhold til den aktuelle gødningsanvendelse (afsnit 8). Det skal påpeges, at udvaskningsfunktionerne bygger på et meget forenklet grundlag; men beregningerne 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 kritisk revision. Således er det i landovervågningen vist, at for 76% af arealet, der anvendes til slætgræs, tildeles der i gennemsnit kun 226 kg N/ha i effektiv N, hvilket er ca 45% lavere end den anbefalede mængde på 400 kg N/ha. Desuden har Statens Planteavlsvforsøg ved modelberegninger vist, at forbruget af handelsgødning kan sænkes uden væsentligt nedgang i høstet tørstof til følge. 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).

Harmoniregler bør strammes

Braklægning har medført, at arealer hvorpå husdyrgødning må udsprede er mindsket. Herved har brug med stor husdyrtæthed fået vanskeligere ved at afsætte overskydende gødning. Endvidere fordrer EU's nitrat direktiv, at der højst må udsprede husdyrgødning svarende til 170 kg N ha⁻¹. Harmonireglerne bør strammes, både med hensyn til maksimalt tilladelig dyretæthed, og med hensyn til regler for omfordeling af husdyrgødning mellem ejendomme.

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 opnåes 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, 1993; 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.

Grundvandsbeskyttelses-
zoner

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

Sammenfatning af Danmarks Miljøundersøgelses nationale rapporter vedrørende resultaterne af Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1994

Tilførsel af fosfor og kvælstof til vandmiljøet

Stor ferskvandsafstrømning og næringsstofbelastning i 1994

I 1994 blev der målt den største ferskvandsafstrømning fra danske landområder til indre danske farvande i mere end 50 år. Afstrømningen var ekstrem stor i januar, marts og september, og også den samlede vinterafstrømning fra dec. 1993 til maj 1994 var rekord stor. Den store afstrømning medførte en stor næringsstofbelastning af de marine områder.

Markant fald i fosfortilførslen til de marine kystafsnit fra midten af 1980'erne til 1994

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, i 1989 ca. 6.800 tons fosfor og i 1994 4.490 tons. Faldet kan alene tilskrives en bedre rensning af spildevandet.

Indikationer på en stigende fosfortilførsel til vandområderne fra det åbne land

Fosfortilførslen fra naturarealer og dyrkede arealer (eksklusiv tilførsel fra spredt bebyggelse) var i middel for perioden 1989-94 på 1.150 tons mod 800 tons i 1980'erne. En meget høj fosforafstrømning fra det åbne land i 1994 kan blandt andet tilskrives den rekordhøje ferskvandsafstrømning, der har givet stor stoftransport i vandløbene, men der er også indikationer for, at fosforafstrømningen fra det åbne land generelt er blevet større.

Søer kan både tilbageholde og frigive fosfor

En del af det fosfor, der udledes til vandløbene, når ikke frem til de kystnære områder, men tilbageholdes bl.a. på bunden af søerne. Fosfortilbageholdelsen i søer varierer dog meget og i ganske mange søer frigives der i disse år fosfor fra en ophobet pulje fra tidligere tiders spildevandstilførsler.

Kvælstoftilførsel til marine kystafsnit var i det våde år 1994 den højest målte siden 1989

Kvælstoftransporten i vandløb er stærkt relateret til vandafstrømningen det enkelte år. I nedbørsrige år er der en større kvælstoftransport i vandløb og dermed en større tilførsel til fjorde og marine områder. Den samlede landbaserede kvælstoftilførsel til fjorde og kystnære områder var i 1994 på ca. 128.000 tons og den højest målte siden 1989.

Korrigeret for forskelle i vandafstrømning var kvælstoftransporten i vandløb i 1984/95 den laveste efter Vandmiljøplanens vedtagelse

Hovedparten af kvælstoftilførslen til vandløb kan tilskrives dyrkningsbetingede tab. Den afstrømningskorrigerede nitrattransport i 1994/95 var den laveste efter Vandmiljøplanens vedtagelse. Det kan imidlertid ikke på baggrund af resultatet fra et enkelt meget nedbørsrigt år med sikkerhed konkluderes, at kvælstofbelastningen af de danske vandløb generelt er mindsket.

Kvælstofdepositionen på de marine områder er en betydningfuld kilde

De marine områder tilføres også næringsstoffer ved atmosfærisk deposition. På baggrund af målinger og modelberegninger er kvælstofdepositionen til de danske indre farvande (37.500 km²) beregnet til 40.600 tons i 1994. Hovedparten af kvælstofdepositionen kommer fra udenlandske kilder.

Vandløb og kilder

Kilder i dyrkede områder har 10 gange højere nitratindhold end kilder i naturområder

Vandkvaliteten i kilder, der overvejende ligger i naturområder og i dyrkede områder er forskellig. Således er nitratindholdet i kildevandet i dyrkede områder i gennemsnit en faktor 10 større end i kilder, der ligger i naturolande. Der er i knap halvdelen af kilderne i naturområder og i en tredjedel af kilderne i dyrkede områder påvist en stigning i nitratindholdet i perioden siden 1989. Der er påvist en øget forsurelse i enkelte kilder i Ribe og Århus amt. Det er således tydeligt, at de danske kilders vandkvalitet i naturområder er påvirket af atmosfærisk deposition (sur nedbør) og arealanvendelse.

Vandløb i dyrkede områder har et 4 gange højere kvælstofindhold end vandløb i naturområder

Vandløb, der dræner dyrkede oplande, har ca. 4 gange højere kvælstofkoncentrationer end vandløb i naturolande. I ingen oplandstype er der signifikante tendenser i udviklingen i vandføringsvægtede kvælstofkoncentrationer i perioden 1989-1994.

Mindre udvaskninger af kvælstof fra rodzonen fra planteavlsbrug end fra husdyrbrug

I 6 intensivt undersøgte, dyrkede oplande udgjorde udvaskningen af kvælstof fra rodzonen i gennemsnit 75 kg N ha⁻¹ år⁻¹ for lerjordsoplandene og 137 kg N ha⁻¹ år⁻¹ for sandjordsoplandene. Mindst var udvaskningen fra planteavlsbrugene, og for husdyrbrugene steg udvaskningen med stigende husdyrtæthed.

Modelberegninger af kvælstofudvaskning fra rodzonen ved "normalt" klima viser en reduktion på 14% fra 1989/90 til 1993/94

Kvælstofudvaskningen fra rodzonen er yderligere beregnet med en empirisk model. Modellen vurderes at afspejle de relative forskelle mellem ler- og sandjorde samt forskelle i landbrugspraksis. En beregning for alle markerne i oplandene for 5 driftsår og ved normal klima viste en reduktion af udvaskningen på ca. 14% fra 1989/90 til 1993/94. Den mindskede modelberegnete udvaskning fra rodzonen har dog ikke med sikkerhed kunnet spores i en mindsket kvælstoftransport i vandløbene.

Klare forbedringer i landbrugspraksis, men stadig overgødsning på ca. 30% af arealet

Landbrugspraksis i de 6 oplande viste klare forbedringer. I 1994 udgjorde grønne marker 81% af det dyrkede areal, og ca. 65% af husdyrbrugene havde en opbevaringskapacitet til husdyrgødningen på 9 måneder eller derover. Forårs/sommerudbringningen er steget fra 54% i 1990 til 80% i 1994. Fra 1990 til 1994 blev handelsgødningens forbrug reduceret, således at udnyttelsen af husdyrgødningen steg fra 15% udnyttelse til 30% udnyttelse. Husdyrgødningen fordeltes bedre i 1994 end tidligere, men der blev dog stadig overgødsket på ca. 30% af arealet.

Fald i kvælstofforbruget på de dyrkede arealer

På landsplan er den samlede tilførsel af handelsgødning faldet fra 392 mio. kg N i 1985 til 320 mio. kg N i 1994. Tilførsel af husdyrgødning var omtrent uændret i perioden. Derved er det samlede kvælstofinput

til de dyrkede arealer faldet fra 745 mio. kg N i 1985 til 660 mio. kg N i 1994. I samme periode faldt afgrødernes kvælstof behov med 31 mio. kg N, hvorved den reelle nedgang i tildelt kvælstof, set i forhold til afgrødernes behov, er 62 mio. kg N svarende til 7 %. Der er altså sket forbedringer i gødningsanvendelsen, men forbedringerne er små i forhold til den samlede kvælstofcirkulation i dyrkningssystemet.

Modelberegninger viser en 20% reduktion af kvælstofudvaskningen fra rodzonen hvis kravene i Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug opfyldes

I et scenarie, hvor kravene i Handlingsplanen for Bæredygtigt Landbrug vedr. udnyttelsesgrader er opfyldt og hvor husdyrgødningen inden for de enkelte ejendomme er fordelt optimalt, viser en modelberegning en gennemsnitlig reduktion i udvaskningen på 20% i forhold til udvaskningen ved aktuel gødningspraksis i 1994. Vandmiljøplanens reduktionsmål for kvælstofudledning på 50% vil således næppe kunne opnåes med de iværksatte initiativer.

Vandføringsvægtet fosforkoncentration er mere end halveret fra 1989-94 i vandløb, der belastes med spildevand

De laveste fosforkoncentrationer findes i vandløb i naturoplande og de højeste i spildevandsbelastede vandløb. I vandløb, der modtager spildevand fra punktkilder, er den vandføringsvægtede koncentration af total fosfor mere end halveret fra 1989 til 1994 fordi spildevandet nu renses bedre. I dambrugsbelastede vandløb er den vandføringsvægtede koncentration af total fosfor ligeledes faldet i overvågningsperioden 1989-1994.

Fosfortabet fra landbrugsarealer har været underurederet

En ny prøvetagningsstrategi har vist, at fosfortransporten i små vandløb generelt har været undervurderet. Dette indebærer bl.a., at fosfortilførslen fra landbrugsarealer hidtil har været undervurderet.

41% af 215 overvågningsvandløb blev i 1994 bedømt til at have faunaklasse I, I-II og II

I 1994 blev der foretaget biologiske vandløbsbedømmelser efter Dansk Fauna Indeks på 215 overvågningsstationer i foråret og på 193 i efteråret. Faunaklasse I, I-II og II blev fundet i 41% af alle bedømmelser, 49% havde Faunaklasse II-III, og 10% af bedømmelserne havde klasse III eller værre. Miljøtilstanden er bedst i de vandløb, der afvander naturarealer, mens der ikke er større forskel på tilstanden i vandløb, der afvander landbrugsoplande og spildevandsbelastede oplande.

Trådalger forekom i stor mængde på 30% af de undersøgte vandløbsstationer i 1994

Trådalgeforekomsten på ca. 100 overvågningsstationer er blevet undersøgt i 1994. Undersøgelserne har vist, at på 30% af stationerne opnåede algerne en maksimal dækningsgrad på mere end 80%. Analyserne af de indsamlede trådalgedata viste også, at dækningsgraden af trådalger var størst i vandløb med stenbund og i vandløb med høje koncentrationer af fosfor.

Søer

Fosforkoncentrationen er faldet fra 1989-94 i knap halvdelen af de 37 overvågnings søer

I 16 af de undersøgte 37 søer kan der nu konstateres et signifikant fald i fosforkoncentrationerne i søvandet siden 1989, primært fordi spildevandstilførslerne til disse søer er nedbragt. I dag er tilførslerne af fosfor og kvælstof fra det åbne land generelt den mest betydende enkeltkilde.

Faldet er overvejende sket i de i forvejen mest fosforbelastede søer

Faldet i fosforkoncentrationer er overvejende sket i de mest forurenede søer, og har ikke været stort nok til markant at mindske mængden af algeplankton i søerne og dermed øge vandets klarhed.

Den biologiske struktur i søer har også betydning for mængden af alger og vandets klarhed

Mængden af algeplankton 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 indirekte rolle for sammensætningen og mængden af algeplankton i søerne og dermed for vandets klarhed.

Biomanipulation i form af indgreb i fiskebestanden i søer har positiv effekt på mængden af algeplankton og vandets klarhed

Indgreb i fiskebestandens sammensætning (biomanipulation) er derfor i en del søer en åbenlys mulighed for at forbedre søernes miljøtilstand. I to af overvågningssøerne er fiskebestanden ændret markant siden 1989. I Arreskov sø som følge af fiskedød og i Engelsholm sø ved biomanipulation. I begge søer resulterede ændringerne i fiskebestanden også i markante ændringer i dyreplankton, højere sigtddybde og lavere koncentrationer af kvælstof og fosfor.

De marine områder

Høje koncentrationer af næringsalte i fjorde, kystnære og åbne havområder i 1994

Den store samlede belastning med næringsalte i 1994 medførte både i fjorde, kystnære og åbne havområder højere kvælstof- og fosforkoncentrationer i vinter og forårsmånederne end i tidligere år. Det er ikke muligt at påvise nogen generelle ændringer i vinter- og sommermiddelkoncentrationerne af kvælstof siden 1980'erne. Der er derimod påvist et signifikant fald i fosforkoncentrationerne i de fleste fjorde og kystnære områder siden slutningen af 1980'erne. Det skyldes, at fosforbelastningen er nedbragt betydeligt som følge af bedre spildevandsrensning.

Masseforekomster af plankton i næsten alle fjorde og kystvande i 1994

De store mængder næringsalte, der blev tilført de danske farvande i 1994 i kombination med en længere periode med usædvanlig stor solindstråling og høje sommertemperaturer førte til masseforekomster af plankton i næsten alle fjorde og kystvande. I mange fjordområder blev der registreret de hidtil største mængder af planteplankton siden overvågningen blev iværksat.

Værste iltsvindsproblemer i 1994 siden 1988 pga. store mængder planteplankton, rekordvarmt vand og lange vindstille perioder

I de fleste danske fjordområder gav de store mængder af planteplankton, i kombination med det rekordvarme vand og en lang vindstille periode i juli og august med stærk lagdeling af vandmasserne anledning til de værste iltsvindsproblemer siden 1988. Også mange kystnære marine områder blev ramt af iltsvind. Specielt i Bælthavet, forekom der nogle alvorlige iltsvind med iltfrie forhold og svovlbrinte-frigivelse fra bunden. I de åbne farvande blev specielt Arkonahavet påvirket af alvorligt iltsvind, hvorimod megen blæst i Kattegat i sensommeren og i efteråret, fik blandet vandmasserne før der opstod kritiske forhold.

Siden de omfattende iltsvind i 1988 kunne der generelt spores en fortsat fremgang for bundfaunaen frem til foråret 1994. Konsekvenser-

ne af de omfattende iltsvind i sommeren 1994 er foreløbig dokumenteret fra en række farvandsområder. I Limfjorden og det Sydfynske Øhav blev der således registreret omfattende bundfaunadød. I Roskilde Fjord og Isefjord blev der konstateret døde blåmuslinger og effekter på fiskebestandene og ud for den jyske vestkyst var der tegn på fiskedød.

Omfattende reduktioner i udbredelsen af ålegræs og flerårige rød- og brunalger i 1994

I mange fjorde og kystnære områder konstateredes i 1994 omfattende reduktioner i udbredelsen af ålegræs og af flerårige rød- og brunalger. Det generelle indtryk er, at der er tale om den mest omfattende tilbagegang siden 1989. Det formodes, at ekstreme forhold med iltsvind, svovlbrinteudslip, høje vandtemperaturer, nedslag af muslinger og dårlige lysforhold, er de primære årsager.

I de åbne farvande havde algevegetationen på havbundenderimod forbedrede vækstforhold hen over sommeren 1994. Årsagen er formodentlig den store solindstråling kombineret med en lav planktonmængde i de øvre vandlag forårsaget af næringsmangel og udsynkning af alger på grund af en lang vindstille periode.

Tilbageslag for miljøforholdene i kystområderne i 1994

De senere års forbedrede miljøforhold i kystområderne blev således i 1994 vendt til et alvorligt tilbageslag. Tilstanden i de danske farvande i 1994 viser med al tydelighed nødvendigheden af at reducere primært kvælstofudvaskningen.

Referencer

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

Ammitsøe, C. (Red.), (1995): Grundvandsovervågning 1995. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse. Særudgivelse.

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.

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.

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).

Brüsch, W. (1987): Grundvandskemi og arealanvendelse. Miljøministeriets projektundersøgelser 1986. Teknikerrapporter nr. 12. Skov- og Naturstyrelsen 1987.

Brüsch, W. og Jacobsen, O.S. (1994): Pesticider og klorfenoler. I Danmarks Geologiske Undersøgelse, 1994: Grundvandsovervågning 1994.

Brüsch, W. og Jacobsen, O.S. (1995): Pesticider i dansk rå- og grundvand. I Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse 1995. Grundvandsovervågning 1995.

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

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

Danmarks Statistik (1995a): Statistiske efterretninger, Landbrug nr. 8, 1995. Opgørelse af Danmarks samlede høstudbytte for 1994.

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

Danmarks Statistik (1995c): Statistiske efterretninger, Landbrug nr. 9, 1995. Landbrugs- og gartneritællingen 1994.

Oversigt over landsforsøgene, 1993. Landbrugets Rådgivningscenter.

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 Hornstrup 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.

Elberling, B., Nyegaard, P. & Larsen, F. (1995): Grundvandets hovedkomponenter. Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse 1995. Grundvandsovervågning 1995.

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

Fyns Amtskommune (1995): Vandmiljøovervågning - Landovervågning 1994, 58 pp + bilag.

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.

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

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

Hansen, B. (1990b): Landbrugets gødnings- og arealanvendelse i 1983 og 1989. NPO-forskning fra Miljøstyrelsen, Nr. A21.

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

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

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.

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.

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. 216 pp.

Håndborg for plantedyrkning (1994): Landskontoret for planteavl. 207 pp.

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

Jacobsen, O.S., Larsen, H.V. & Andersen, L. (1990): Geokemiske processer i et grundvandsmagasin. NPO-forskning fra Miljøstyrelsen, Nr. B10, 45s.

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).

Jensen, N.H. & Madsen, H.B. (1990): Jordprofilundersøgelse i Vandmiljøplanens landovervågningsoplande. Statens Planteavlsvforsøg. Afd. for Arealdata for Kortlægning, 17 pp + bilag.

Klausen, P. S. (1985): Næringsstofindhold. Gylle. In: Husdyrgødning og dens anvendelse. Statens Planteavlsvforsøg, Beretning nr. S 1809.

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. & Thyssen, N. (1987): Transport af kvælstof i vandløb. Vand og Miljø nr. 3: 111-114.

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

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.

Laursen, B. (1987): Normtal for husdyrgødning. Statens Jordbrugsøkonomiske Institut, rapport nr. 28.

Miljøstyrelsen (1994): Danmarks grundvand og drikkevand. Redegørelse fra Miljøstyrelsen, 1994.

Mogensen, B.B. & Spliid, N.H. (1991): Udvaskning af pesticider fra landbrugsjord. 8. danske planteværnskonference.

Mogensen, B.B. & Spliid, N.H. (1994): Udvaskning af pesticider fra landbrugsjord. 11. danske planteværnskonference.

Nielsen, H. (1990): Kvælstofstrømme i dansk landbrug 1980-88. Faglig rapport fra DMU, nr. 3, pp 46.

Nordjyllands Amtskommune (1995): Vandmiljøovervågning. Landovervågning maj 1994. Interviewundersøgelse. Udvaskning fra rodzonen. Vandløb og drænvand. 102 pp + bilag.

Nygaard, P., Nygaard, E. og Kristiansen, H. (1993): Grundvandets hovedbestanddele i overvågningsområderne. I Danmarks Geologiske Undersøgelse, 1993: Grundvandsovervågning 1993.

Observa (1993): Udbringning af husdyrgødning. De danske landboforeninger, juli 1993. 21 s.

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 (1994): Forsøg og undersøgelser i de landøkonomiske foreninger. Landsudvalget for planteavl, 1995. 29 pp.

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

SAS Institute Inc. (1989): SAS/STAT User's guide. Version 6, 4. udgave, vol. 2.

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

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.

Storstrøms Amtskommune (1995): Landovervågning. LOOP 1 - Højvands Rende, 1994. 77 pp + bilag.

Sønderjyllands Amtskommune (1995): Vandmiljøovervågning - Landovervågning. Teknisk rapport, maj 1995. 44 pp + bilag.

Vejle/Århus Amtskommune (1995): Horndrup Bæk (LOOP 3). Landbrugsdrift - Næringsudvaskning - stoftransport. 60 pp + bilag.

Viborg Amt (1995): Grundvandsovervågning. VANDMILJØovervågning. Miljø og Teknik. Maj 1995.

Viborg/Ringkøbing Amtskommune (1995): Vandmiljøovervågning. Landovervågning, 1994. 73 pp + bilag.

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

*Waagepetersen, J. (1992): Braklægningens betydning for N-udvaskning fra landbrugsarealer. in: Mikkelsen, S.A. (red): Braklægning. Plante-
produktion og miljø. Tidsskrift for Planteavl Specialister. 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 1994.

		1990	1991	1992	1993	1994
Handelsgødning	(kg N ha ⁻¹)	133	127	125	121	118
Husdyrgødning	(kg N ha ⁻¹)	85	90	91	105	102
Total tildelt	(kg N ha ⁻¹)	219	218	216	226	219
Effektiv tildelt	(kg N ha ⁻¹)	161	159	158	160	160
Anbefalet	(kg N ha ⁻¹)	146	147	139	144	148
Nyttevirkning	(%)	33	36	37	38	42
Udnyttelsesgraden af husdyrg.	(%)	15	22	15	23	30

Bilag 5.2

Datagrundlag for opgørelse af tildelte kvælstofmængde i forhold til de anbefalede kvælstofmængder for fire husdyrtæthedsgrupper og fire bedriftstyper i 1994.

	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
Ejendomme	55	75	12	20	60	20	46	20
Marker								
Areal (ha)	818	1149	364	546	837	388	832	821
DE								
Handelsgødning (kg N ha ⁻¹)	144	124	148	79	142	101	131	107
Husdyrgødning (kg N ha ⁻¹)	19	88	140	193	18	137	104	151
Udbinding (kg N ha ⁻¹)	2	22	38	31	8	43	31	0
Effektiv husdyrgødning (kg N ha ⁻¹)	10	38	59	84	10	66	40	69
Anbefalet behov (kg N ha ⁻¹)	153	162	181	163	155	163	170	158
Tildelt gødning - anbf. (kg N ha ⁻¹)	12	73	145	140	14	118	96	100

Bilag 5.3

Kvælstofstrømme for hele landet, kvælstofgødning, DE, nyttevirkning samt N behov for hele landet fra 1985 til 1994.

År	Handelsgødn.-forbruget ¹ (mio. kg N)	Udskilt N i husdyrg. (mio. kg N)	DE i 1000	Udbragt husdyrg. (mio. kg N)	Total udbragt (mio. kg N)	Nytte- virkn. %	Effektiv husdyrg. (mio. kg N)	Total effektiv N (mio. kg N)	Anbef. gødn.behov ² (mio. kg N)	Handelsg. i % af anbef.
1994	320	299	2411	209	529	42	88	408	377	84,9
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 m.v.

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

Bilag 5.4

Total Kvælstof input og høstet kvælstof samt delparametre til opgørelse af disse og udbragt husdyrgødning for hele landet fra 1985 til 1994.

År	Total N-input (mio. kg N)	N-fiksering (mio. kg N)	Deposition (mio. kg N)	Høstet N (mio. kg N)	Input- høstet (mio. kg N)	Udbragt- anbefalet (mio. kg N)	Græsarea l (1000 ha)	Udbinding ² (mio. kg N)	NH ₃ -for- dampning ² (mio. kg N)
1994	660	32	57	321	339	208	413	41,7	47,6
1993	681	35	58	354	328	193	452	41,7	48,6
1992	704	32	58	305 ²	400	267	472	43,0	47,0
1991	726	33	58	378	349	215	469	42,7	46,2
1990	732	35	59	405	326	189	476	43,4	45,9
1989	706	34	59	375	331	195	481	43,8	46,1
1988	699	35	59	358	341	203	481	43,8	46,6
1987	718	36	59	323	395	257	469	42,7	47,8
1986	729	37	60	356	373	233	486	44,3	48,7
1985	745	38	60	367	379	236	508	46,3	49,0

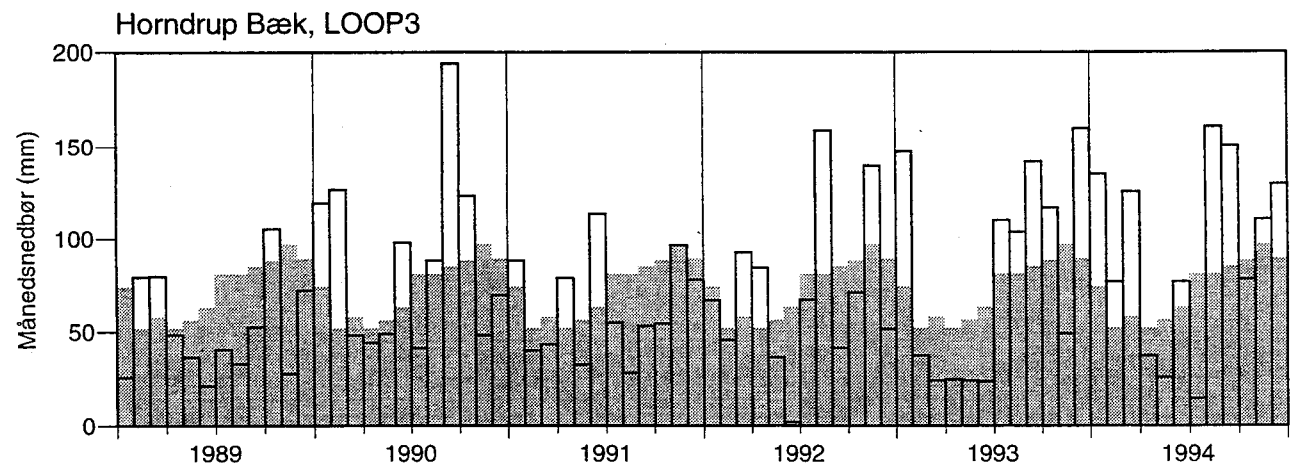
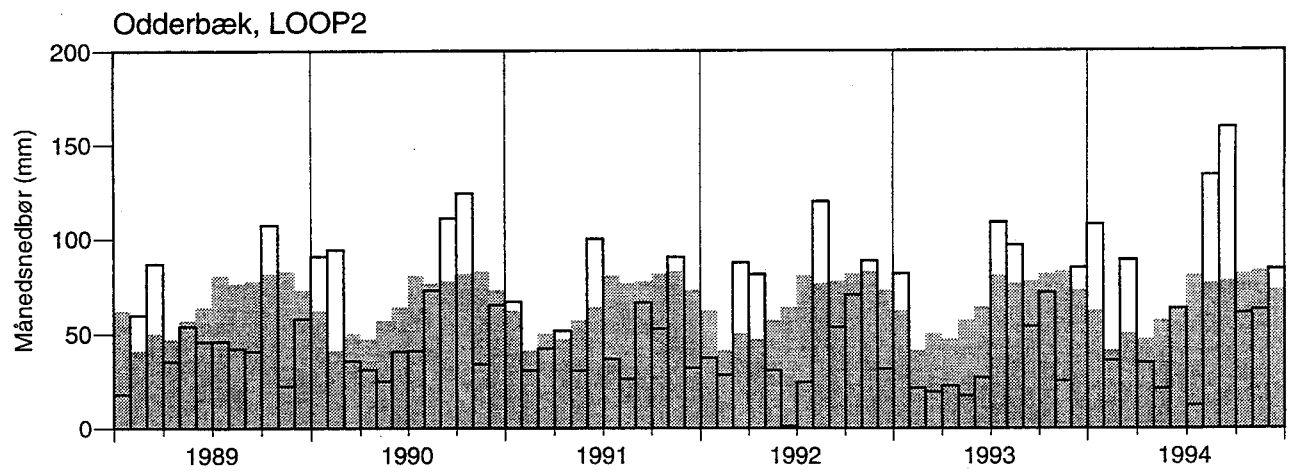
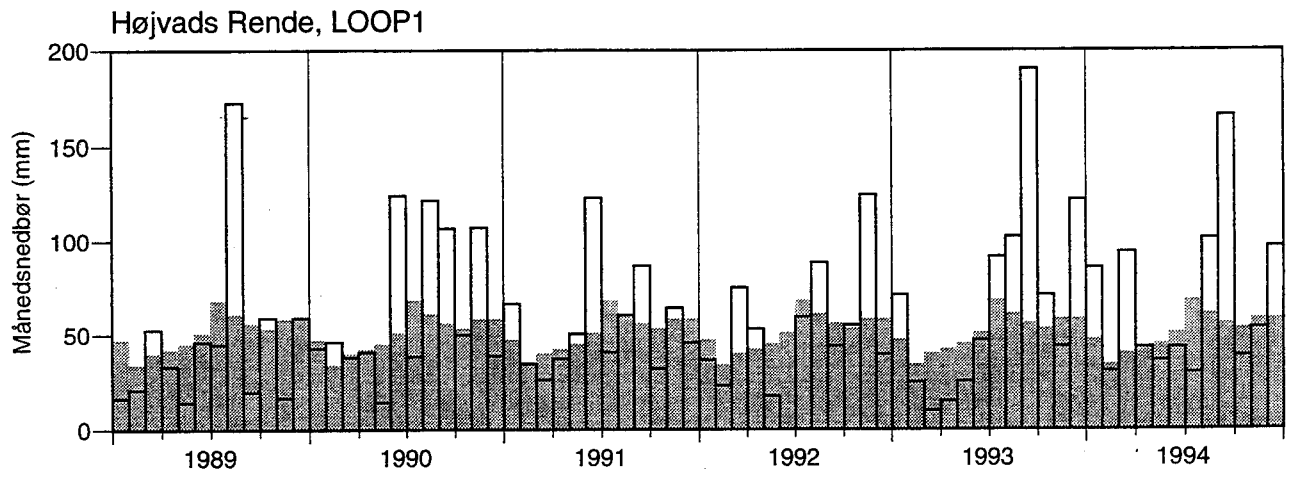
¹ Skønnet ud fra 1992-niveau

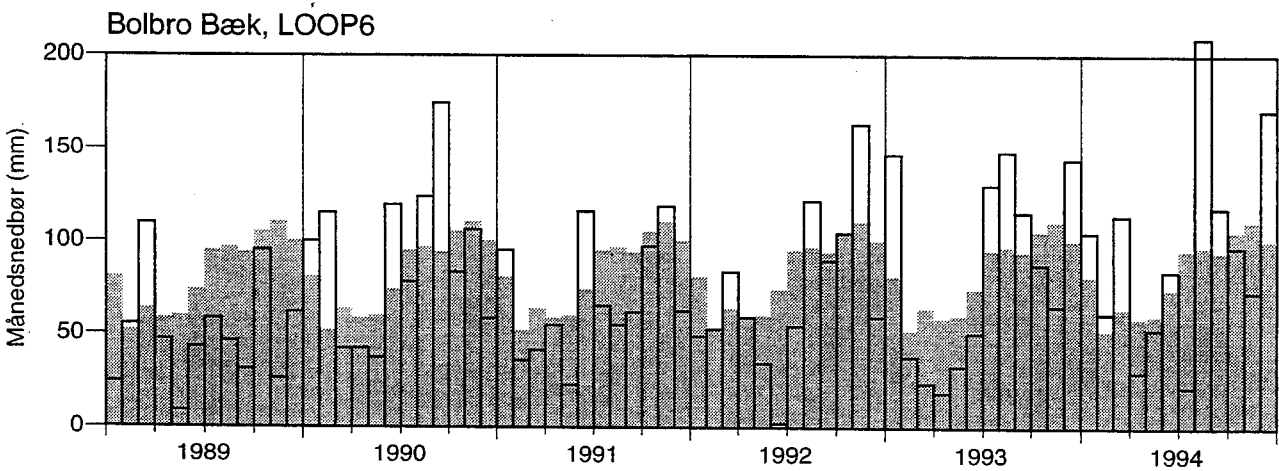
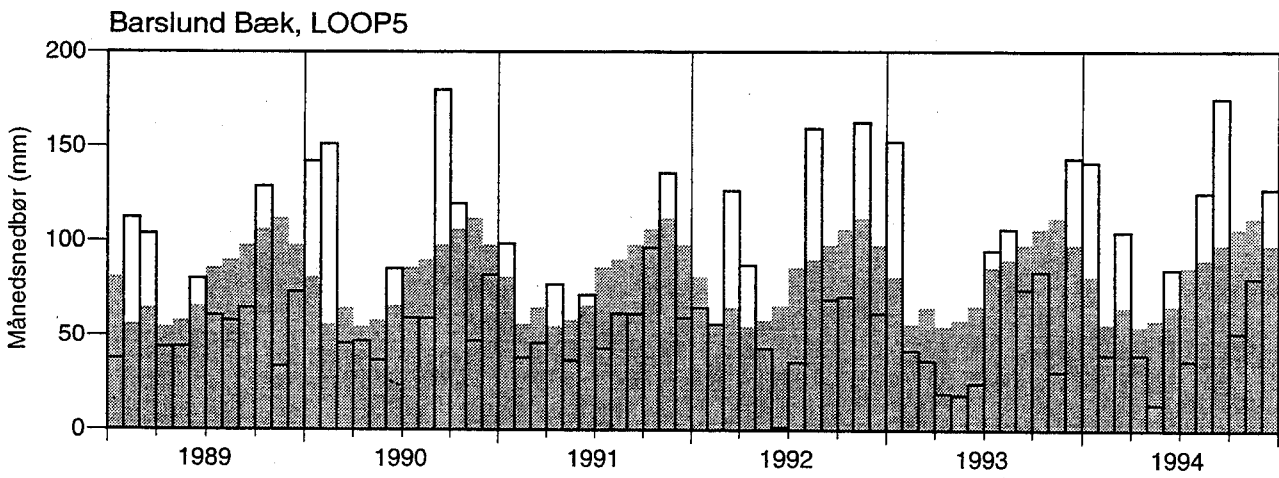
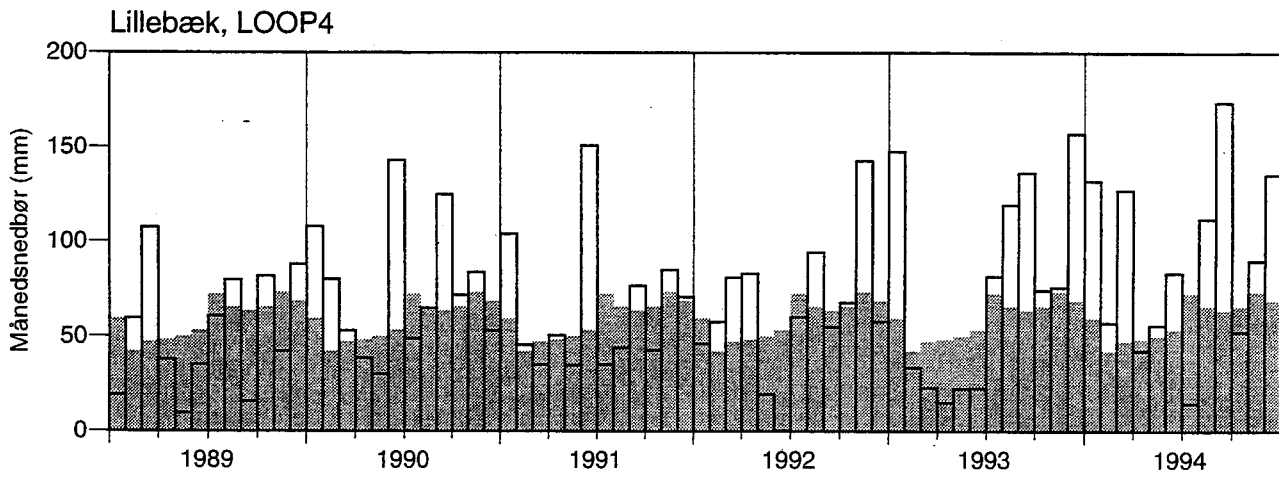
² Høstudbyttet er meget lav pga. tørke

³ Total N-input er handelsgødningsforbruget + kvælstoffikseringen + depositionen + udskilt husdyrgødning fratrukket ammoniakfordampningen fra stald og lager.

Bilag 6.1

Månedsnedbør for LOOP 1 - LOOP 6 for perioden 1989 - 1994.





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 de 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 1993-1994.

Resultater

Et sammendrag af resultaterne er givet i dette bilag. Af hensyn til evt. fortynding af husdyrgødningen er der for hver enkelt analyse foretaget en korrektion af næringsstofindholdene til beregnet tørstofprocent. En sådan korrektion kræver, at prøven er repræsentativ for beholderen. På grund af usikkerhed omkring udtagning af repræsentative prøver er her præsenteret midlede værdier for prøverne fra de enkelte ejendomme.

For LOOP 1, 3 og 4 er der god overensstemmelse mellem korrigeret gødningsanalyse og beregnet næringsstofindhold, specielt med hensyn til N, mens der er nogen spredning i P og K indholdene.

I LOOP 2 er de korrigerede N indhold i husdyrgødningen konsekvent lavere end de beregnede, mens P og K indholdene er spredt omkring de beregnede værdier.

I LOOP 5 ved st 1/2 er N indholdet i gyllen væsentlig højere end beregnet, mens N indholdet i ajlen ved st 1/2 og gyllen ved st 4 er lavere end beregnet. Ligeledes er der en betydelig spredning i P og K indholdene.

I LOOP 6 er N indholdene ved st. 1/2/3 betydelig højere end de beregnede, mens N indholdene ved st. 4/7/8 er lavere end beregnet. Ligeledes er der betydelig spredning i P og K indholdene.

Det er bemærkelsesværdigt, at gødningsanalyserne fra ejendomme i lerjordsoplandene er bedre overensstemmende med normtallene end for ejendomme i sandjordsoplandene.

Uoverensstemmelse mellem analyserede og beregnede værdier kan skyldes reele forskelle grundet forskel i *fodring, mælkeydelse m.v.* Derudover kan uoverensstemmelse skyldes tekniske problemer i forbindelse med prøvetagning og beregning af næringsstofindhold på baggrund af normværdier:

Hvis gylleprøven ikke er udtaget fra *velomrørt tank*, vil analysen ikke afspejle de faktiske forhold.

Hvis opgørelsen af *staldtype* i beregningen ikke er i overensstemmelse med de faktiske forhold på den enkelte ejendom, vil der opstå fejl i ansættelsen af tørstofprocent og værdiansættelse af indholdsstofferne.

Konklusion

Det må konkluderes, at spredningerne i gødningsanalyserne i forhold til normerne er så store for en del ejendomme, at det ikke er muligt at anvende disse til en evaluering af gødningsnormerne. For at opnå en sikker bestemmelse af husdyrgødningens næringsstof-indhold skal der et større antal prøver til, samt en grundigere prøvetagningsteknik end muligt under Landovervågningsprogrammet. Der bliver også taget prøver af den flydende husdyrgødning i 1995, men da det er usikkert, om der vil opnås yderligere information ved fortsat prøvetagning, vil programmet vil ophøre fra 1.januar 1996.

Husdyrgødningsanalyser

Beregnet næringsstofindhold i husdyrgødning fra ejendomme med stationsmarker samt gødningsanalyser, korrigeret i forhold til beregnet tørstofindhold. Prøverne er udtaget i 1993-94 og angivet som gennemsnitsværdier for ejendomme.

	St. Mark nr.	Gødnings-type	Beregnet ¹⁾				Gødningsanalyser (korr.)			
			T.S. %	N kg/t	P kg/t	K	N	P	K	n
LOOP 1	4 (6)	sv.ajle	1,3	3,7	0,7	2,8	4,3	0,3	3,4	2
LOOP 4	6 (4)	kv.gylle	8,5	4,8	0,6	4,3	5,0	0,9	3,4	3
LOOP 3 ²⁾	1 (14)	kv.gylle	8,5	4,8	0,1	6,8	4,7	0,9	3,4	1
	2 (24)	kv.ajle	1,8	4,8	0,7	6,8	5,4	0,1	6,6	2
	3 (3)	sv.gylle	8,0	6,3	1,5	3,1	6,7	0,6	3,6	1
LOOP 2	1,2 (5)	kv.gylle	9,9	5,3	0,9	3,9	3,6	1,0	5,7	2
	4 (4,9)	kv.gylle+ajle	9,9	5,3	0,8	5,1	2,5	0,4	6,8	2
	5 (2)	kv.gylle	10	5,5	0,8	5,1	2,9	0,7	4,0	4
	6 (22)	kv.gylle	8,5	5,0	0,7	4,4	3,0	0,7	5,6	2
LOOP 5	1,2 (3)	kv.ajle	1,8	4,7	0,12	6,5	3,9	0,04	6,1	2
	1,2 (3)	kv.gylle	6,9	4,7	1,0	3,4	10,4	0,5	12,3	1
	4 (12)	kv.gylle	7,8	5,5	0,8	5,2	4,3	0,5	6,7	2
LOOP 6	1 (23)	sv.gylle	6,4	5,9	1,5	3,0	9,6	1,6	4,6	6
	2,3 (30)	kv.+sv.gylle	7,5	5,4	1,1	3,9	9,2	1,3	7,7	3
	4 (41)	kv.gylle	6,6	5,3	0,7	5,4	3,8	0,4	2,7	3
	7 (15)	kv.sv.ajle	1,6	4,0	0,4	4,6	1,9	0,5	3,2	4
	8 (4)	kv.gylle	8,0	4,9	0,7	4,4	3,7	0,7	2,9	1

¹⁾ beregnet ifølge normtal fra SJI Rapport nr. 28 (Laursen)

²⁾ tørstofprocent ikke angivet i gødningsanalyserne; analyserne er her korrigeret med samme faktor som anvendt ved landmandens oplysning om udbragte gødningsmængder.

Bilag 7.2

Afstrømning, N-udvaskning og vandføringsvægtede N (NO₃+NH₄-N) koncentrationer som gennemsnit for stationer i oplandene.

Opgørelse på hydrologiske år.

	Afstrømning (mm år ⁻¹)					N udvaskning (kg N ha ⁻¹ år ⁻¹)					N koncentration (mg N l ⁻¹)				
	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94
Lerjorde															
LOOP 1	90	316	219	121	466	21	52	40	46	32	24	17	18	35	7
LOOP 4	247	369	351	327	597	53	50	63	85	92	22	14	18	26	15
LOOP 3	298	497	420	430	722	139	115	95	114	144	45	23	23	26	20
Sandjorde															
LOOP 2	273	322	290	262	393	104	105	148	126	113	39	32	51	48	29
LOOP 5	515	582	646	660	635	112	123	187	153	103	22	21	28	23	16
LOOP 6	292	592	519	574	737	96	94	189	208	194	34	16	36	36	26

Opgørelse på kalenderår

	Afstrømning (mm år ⁻¹)					N udvaskning (kg N ha ⁻¹ år ⁻¹)					N koncentration (mg N l ⁻¹)				
	1990	1991	1992	1993	1994	1990	1991	1992	1993	1994	1990	1991	1992	1993	1994
Lerjorde															
LOOP 1	252	248	163	349	333	47	37	49	41	49	19	15	30	12	15
LOOP 4	373	351	348	461	590	63	54	76	97	74	17	15	22	21	12
LOOP 3	552	386	489	564	692	182	81	119	133	121	33	22	24	23	17
Sandjorde															
LOOP 2	352	267	343	279	484	120	105	189	88	120	34	39	55	31	25
LOOP 5	669	585	722	571	703	137	183	181	87	142	20	31	25	15	20
LOOP 6	616	503	588	670	724	129	140	235	183	156	21	27	40	27	22

Bilag 7.3

Ejendoms- og markoplysning for stationsmarkerne.

Ha = handelsgødning, Hu = husdyrgødning

F = forår, E = efterår, G = afgræsning

DE ha⁻¹: fra 1993 er beregningerne baseret på areal med gødningsbehov; dvs. arealer med bælplanter og brak undtagen non-food afgrøder er fraregnet.

LOOP 1

St.	Jb nr	År	Brugs-type	DE ha ⁻¹	Afgørde	N-tilf. (kg ha ⁻¹)		P-tilf. (kg ha ⁻¹)		N-fjernet m.afgr. (kg ha ⁻¹)
						Ha	Hu	Ha	Hu	
101	6	1988	plante		ærter/vi.hv.					-
		1989	-	0	vi.hv.	205		25		246
		1990	-	0	roer	128		38		134
		1991	-	0	vårbyg/vi.hv.	110		0		160
		1992	-	0	vi.hv.	202		24		183
		1993	-	0	roer	131		33		295
		1994	udgået							
102	7	1988	plante		vi.hv./vi.hv.	183		22		-
		1989	-	0	vi.hv.	156		19		211
		1990	-	0	roer	120		38		104
		1991	-	0	vårbyg/vi.hv.	177		21		107
		1992	-	0	vi.hv.	160		19		106
		1993	-	0	roer	101		25		262
		1994	-	0	vi.hv/vi.hv	151		19		115
103	6	1988	plante		roer	140		27		-
		1989	-	0	vårbyg	160		50		92
		1990	-	0	vårbyg	66		0		106
		1991	-	0	vårbyg	118		14		104
		1992	-	0	vårbyg	110		14		72
		1993	-	0	vårbyg	95		0		109
		1994	-	0	ærter/vi.hv.	0		12		175
104	6	1988	svin		roer	140	304 ^F	17	120	-
		1989	-	0.5	vårbyg/vi.hv.	101		12		144
		1990	-	0.2	vi.hv.	205	60 ^F	32	13	177
		1991	-	0.1	ærter/vi.hv.	0		0		206
		1992	-	0.2	vi.hv.	172		20		187
		1993	-	0.2	roer	140		17		268
		1994	-	0.2	vårbyg/vi.hv.	105		15		125
105	6	1988	pl. ¹⁾		vårbyg	23		4		-
		1989	-	0	roer	116		22		116
		1990	-	0	roer/vi.hv.	100		30		105
		1991	-	0	vi.hv./vi.hv.	201		0		165
		1992	-	0	vi.hv./vi.hv.	189		11		138
		1993	-	0	roer	105		36		282
		1994	-	0	vårbyg/vi.hv.	86		0		107
106	6	1988	plante		vi.hv.	208		25		-
		1989	-	0	roer	119		52		124
		1990	-	0	vi.hv./vi.hv.	196		33		227
		1991	-	0	vi.hv.	182		20		173
		1992	-	0	sukkerroer	127		22		86
		1993	-	0	vårbyg	95		0		109
		1994	-	0	vi.hv.	189		20		168
107		1993	plante	0	vårbyg	86		10		116
		1994	-	0	vi.hv.	180		19		176

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

LOOP 2

St.	Jb nr	År	Brugs-type	DE ha ⁻¹	Afgørde	N-tilf. (kg ha ⁻¹)				P-tilf (kg ha ⁻¹)		N-fjernet m. afgr. (kg ha ⁻¹)
						Ha	Hu			Ha	Hu	
201	4	1988	kvæg		vårbyg + udl.	82	173 ^E			0	30	-
		1989	-	2.0	vårbyg + udl.	107	140 ^E			0	24	144
		1990	-	1.9	roer	108	230 ^E			0	35	258
		1991	-	2.0	vårbyg/udl.	74	148 ^F	204 ^E	7 ^C	0	69	175
		1992	-	1.8	vårbyg	74				0		47
		1993	-	2.0	vårbyg/udl.	66	104 ^F	157 ^E	39 ^C	0	52	58
		1994	-	2.5	roer	24	462 ^F			0	76	134
202	1	1988	kvæg		roer	82	28 ^E			0	35	-
		1989	-	2.0	roer	92	234 ^F			0	35	356
		1990	-	1.9	vårbyg + udl.	82	140 ^F	21 ^C		0	20	168
		1991	-	2.0	vårbyg + udl.	91	148 ^F	178 ^E	5 ^C	0	64	175
		1992	-	1.8	bederoer	54	174 ^F			0	32	204
		1993	-	2.0	vårbyg+udl.	66	130 ^F	131 ^F		0	49	64
		1994	-	2.5	ærter/vi.hv.	0	109 ^F			0	18	152
203	1	1988			vårbyg	135				20		-
		1989	kv+sv	1.1	vårbyg	84	165 ^E			14	20	110
		1990	svin	1.0	vårbyg	74	165 ^F			0	20	129
		1991	-	1.0	vårrops/vi.hv	123	138 ^E			0	33	68
		1992	-	0.8	vi.hv.	162				0		107
		1993	-	1.2	vårbyg + udl.	74	110 ^F	143 ^E	5 ^C	0	47	49
		1994	-	2.5	helsæd m.udlæg	68	81 ^F			0	13	87
204	1	1988	kvæg		ærter		130 ^E			0	16	-
		1989	-	2.3	roer	55	150 ^F	104 ^E		0	72	372
		1990	-	2.3	vårbyg + udl.	90	194 ^E	41 ^E		0	43	142
		1991	-	2.2	kløvergræs	192	92 ^E	36 ^C		9	24	270
		1992	-	1.6	kløvergræs	251	126 ^C			13	16	156
		1993	-	1.6	vårbyg + udl.	90	77 ^F	52 ^E	16 ^C	0	17	68
		1994	-	2.7	roer	54	182 ^F			0	27	257
205	3	1988	kvæg		ærter/vi.hv.	14				16		-
		1989	-	1.6	vi.hv. + udl.	154	140 ^E			11	16	170
		1990	-	1.3	græs	402	220 ^F			8	26	506
		1991	-	1.3	roer	95	369 ^F			0	44	184
		1992	-	1.0	ærter/vi.hv.	0	98 ^E			12	14	104
		1993	-	1.2	vi.hv.	149				0		157
		1994	-	1.3	vårbyg m.udlæg	161	83 ^F	111 ^C		10	22	89
206	1	1988	kv+sv		vi.hv.	189				16		-
		1989	-	1.9	ærter/vi.hv.	12				36		135
		1990	-	1.7	vi.hv.	184				8		111
		1991	-	1.7	vårrops	122	118 ^F			0	17	64
		1992	-	1.7	vårbyg	47	108 ^F			0	15	38
		1993	-	1.9	ærter		134 ^F				19	135
		1994	-	2.0	brak	0				0		0

LOOP 3

St.	Jb nr	År	Brugs-type	DE ha ⁻¹	Afgørde	N-tilf. (kg ha ⁻¹)		P-tilf. (kg ha ⁻¹)		N-fjernet m. afgr. (kg ha ⁻¹)
						Ha	Hu	Ha	Hu	
301	6	1988	kvæg		vi.byg + udl.	144		12		-
		1989	-	0.5	kløv.græs/vi.hv.	147	138 ^E	9	16	261
		1990	-	0.5	vi.hv./vi.byg	165	138 ^E	0	16	184
		1991	-	1.1	vi.byg + udl.	135	3 ^C	0		225
		1992	-	1.1	græs/vi.hv.	184	92 ^E 75 ^C	24	222	227
		1993	-	1.5	vi.hv./vi.byg	119		0		177
		1994	-	1.6	vi.byg m.udlæg	142	97 ^F	0	14	150
302	6	1988	kvæg		ærter/vi.hv.					-
		1989	-	1.1	vi.hv.	170		0		216
		1990	-	1.3	vårbyg + udl.	99		0		163
		1991	-	1.4	kløvergræs	216	113 ^F 59 ^C	0	10	299
		1992	-	1.3	kløvergræs	189	101 ^E 85 ^C	0	12	259
		1993	-	1.2	græs (slæt)/vi.hv.	140	168 ^F 69 ^C	14	11	221
		1994	-	1.2	vi.hv./vi.byg	190		19		149
303	6	1988	svin		vårbyg	119				-
		1989	-	0.6	vårrops/vi.hv.	168		42		110
		1990	-	0.5	vi.hv./vi.byg	188		22		134
		1991	-	0.5	vi.byg	168		30		135
		1992	-	0.7	vårbyg + udl.	84	170 ^E	16	41	68
		1993	-	1.3	frøgræs	122	158 ^E	0	38	14
		1994	-	1.7	brak (1 årig)	0		0		0
304	7	1988	plante		vårbyg/vi.byg	89		10		-
		1989	-	0	vi.byg/vi.raps	164		31		150
		1990	-	0	vi.raps/vi.hv.	209		23		150
		1991	-	0	vi.hv.	179		32		157
		1992	-	0	vårbyg/vi.hv.	127		27		43
		1993	-	0	vi.hv./vi.hv.	169		28		89
		1994	-	0	vi.hv./vi.byg	206		30		103
305	6	1988	kv+sv.		havre	0	116 ^F	0	30	-
		1989	-	0.7	vårbyg+ært/vi.hv	0	116 ^F	0	30	45
		1990	-	1.0	vi.hv.	0	70 ^F	0	18	87
		1991	-	2.1	brak/fril.grise	0	88	0	24	0
		1992	-	1.1	vårbyg	0	0	0	0	16
		1993	kvæg	0.4	brak					
		1994	-	0.4	grønsager	0	103 ^F	0	13	-
306	6	1988			skov					
		1989								
		1990								
		1991								
		1992								
		1993								

LOOP 4

St.	Jb nr	År	Brugs-type	DE ha ⁻¹	Afgrøde	N-tilf. (kg ha ⁻¹)		P-tilf. (kg ha ⁻¹)		N-fjernet m. afgr. (kg ha ⁻¹)
						Ha	Hu	Ha	Hu	
401	7	1988	plante		vårbyg	119		11		-
		1989	-	0	vårbyg	119		11		109
		1990	kvæg ¹⁾	2.9	roer	168		49		278
		1991	-	2.9	majs	165		37		186
		1992	-	3.4	majs	182		18		173
		1993	-	3.9	majs	190		53		124
		1994	-	3.9	majs	170		72		202
402	6	1988	svin		vi.byg/vi.raps	172		21		-
		1989	-	0.5	vi.raps/vi.hv.	205		25		177
		1990	-	0.5	vi.hv.	175		21		177
		1991	-	0.7	vårbyg+udl(kløv)	108		17		95
		1992	-	0.7	kløverfrø/vi.hv.	0		0		-
		1993	-	0.6	vi.hv.	182		12		154
		1994	-	1.1	vårbyg	83		26		107
403	6	1988	svin		vi.hv.	150	150 ^E	18	48	-
		1989	-	0.5	ært(kons)/vi.hv.		150 ^E	15	48	253
		1990	-	0.5	vi.hv.	160		8		207
		1991	-	0.7	vårbyg/vi.raps	101		0		82
		1992	-	0.7	vi.raps	165		19		147
		1993	-	0.6	vi.hv./vi.byg	135	170 ^E	0	41	193
		1994	-	1.1	vi.byg/vi.raps	170	214 ^E	23	51	115
404	6	1988	pl. ²⁾		vårbyg	115		15		-
		1989	-	0	vårbyg + udl.	99		20		134
		1990	-	0	vårraps/vi.hv.	164		29		105
		1991	-	0	vi.hv.	169		20		155
		1992	-	0	vårbyg/vi.byg	107		0		79
		1993	-	0	vi.byg/vi.raps	162	88 ^F	19	33	115
		1994	-	0	vi.raps/vi.hv.	164		8		109
405	6	1988	kvæg	0.5	vi.hv.	140	212 ^E	36	39	-
		1989	-	0.5	roer	102		4		252
		1990	plante	0	vårbyg	107		25		154
		1991	-	0	ærter/vi.hv.	0		34		118
		1992	-	0	vi.hv./vi.hv.	175		32		230
		1993	-	0	vi.hv.	187		35		177
		1994	-	0	roer	167		0		209
406	6	1988	kvæg		majs	74	260 ^F		39	-
		1989	-	1.4	majs	71	260 ^F	23	40	176
		1990	-	1.4	majs	103	275 ^F	9	42	237
		1991	-	1.5	majs	122	216 ^F	27	27	207
		1992	-	1.3	majs	70	312 ^F	17	48	197
		1993	-	1.2	vi.hv.	134		0		197
		1994	-	1.6	vi.hv./vi.hv.	159	120 ^F	0	15	214

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

2) Kvægbrug indtil 1986

LOOP 5

St.	Jb nr	År	Brugs-type	DE ha ⁻¹	Afgrøde	N-tilf. (kg ha ⁻¹)		P-tilf. (kg ha ⁻¹)		N-fjernet m. afgr. (kg ha ⁻¹)
						Ha	Hu	Ha	Hu	
501	1	1988	kv.+sv		roer	144	252 ^F	0	64	-
		1989	-	0.6	ærter/vi.hv.		370 ^E	0	94	168
		1990	-	0.6	vi.hv.	137		26		124
		1991	-	0.6	kartofler	169	136 ^F	0	37	106
		1992	-	0.7	vårbyg + udlæg	132	173 ^E	16	8	69
		1993	-	0.8	ærter	0	59 ^F	18	14	34
		1994	kvæg	0.8	helsæd m.udlæg	119		15		184
502	1	1988	kv.+sv		kløvergræs	198		22		-
		1989	-	0.6	kartofler	172		30		83
		1990	-	0.6	ærter/vi.rug			0		135
		1991	-	0.6	vi.rug	148		28		71
		1992	-	0.7	bederoer	183	348 ^F	0	68	157
		1993	-	0.8	ærter	0		18		67
		1994	kvæg	0.8	vinterhv.	169		6		122
503	1	1988	kvæg		vårbyg	119		22		-
		1989	-	0.3	vårbyg	134		6		36
		1990	-	0.4	kartofler	119		29	30	46
		1991	-	0.8	vårbyg + udl.	160	123 ^E	15		32
		1992	-	0.7	kartofler	148		40		127
		1993	-	0.8	vårbyg	118		22		82
		1994	-	0.5	kartofler	151	143 ^F	126	20	127
504	1	1988	kvæg		helsæd	331		56		-
		1989	-	1.4	kartofler	212	74 ^E		1	102
		1990	-	1.4	roer	176	247 ^F		51	134
		1991	kv.+sv	1.6	helsæd+udl.	226	80 ^F	28	1	199
		1992	-	2.0	kartofler	251		40		152
		1993	kvæg	1.4	vårbyg+udl.	111	127 ^F		10	91
		1994	-	1.3	helsæd m.udlæg	236	209 ^F	13	15	224
505	1	1988	kvæg		vårbyg	127		0		-
		1989	-	1.3	kartofler	213	40 ^F	0	9	58
		1990	-	1.2	ærter/vi.byg	0		22		67
		1991	kv.+sv	0.3	vi.byg	162		31		49
		1992	-	0.3	kartofler/vi.byg	164		36		88
		1993	-	0.4	vi.byg	194		20		82
		1994	-	0.7	vårbyg	154		17		98
506	1	1988	plante		vårbyg	152		0		-
		1989	-	0	vårbyg + udl.	152		0		100
		1990	-	0	vårbyg + udl.	139		29		106
		1991	-	0	kartofler	208		40		140
		1992	-	0	ærter/vi.hv.	0		20		121
		1993	-	0	vi.hv.	218		140		207
		1994	-	0	vårbyg	132		0		119
507	1	1988	plante		vårbyg	117				-
		1989	-	0	vårbyg	117				82
		1990	-	0	vårbyg	146		26		49
		1991	-	0	vårbyg	172		14		48
		1992	-	0	vårbyg	143		16		76
		1993	-	0	vårbyg	150		70		91
		1994	-	0	kartofler	230		0		159
508	1	1988	plante		korn	120				-
		1989	-	0	kartofler	184				49
		1990	-	0	vårbyg	149		27		69
		1991	-	0	vårbyg	141		27		53
		1992	-	0	kartofler	176		40		43
		1993	-	0	brak	0		0		0
		1994	-	0	vi.byg	163		25		45

LOOP 6

St.	Jb nr	År	Brugs-type	DE ha ⁻¹	Afgrøde	N-tilf. (kg ha ⁻¹)		P-tilf. (kg ha ⁻¹)		N-fjernet m. afgr. (kg ha ⁻¹)
						Ha	Hu	Ha	Hu	
601	1	1988	svin		vi.raps/vi.hv	165	177 ^E		45	-
		1989	-	3.3	vi.hv./vi.byg	160	38 ^F +85 ^E		52	138
		1990	-	3.3	vinterbyg	121	65 ^F		16	128
		1991	-	2.8	ærter/vi.hv.	0	86 ^F		34	141
		1992	-	2.9	vi.hv./brak	68	208 ^F		53	80
		1993	kv+sv	2.8	vårraps	107	197 ^F		77	83
		1994	-	2.4	vi.hv./vi.byg	54	262 ^F		66	188
602	5	1988	kv.+sv		roer	165	460 ^E		90	-
		1989	-	1.4	vårbyg + udl.	148		17		87
		1990	-	1.4	kløvergræs	178	25 ^C	21	2	224
		1991	-	1.2	vårbyg/vi.hv.	90		8		137
		1992	-	1.3	vi.hv.	173	329 ^F	19	63	183
		1993	kvæg	1.4	roer	97	101 ^F	10	12	289
		1994	kv+sv	1.8	majs	78	256 ^F	24	50	256
603	1	1988	kv.+sv		vi.hv.	176		18		-
		1989	-	1.4	vårbyg + udl.	135		16		87
		1990	-	1.4	kløvergræs	209	115 ^C	25		264
		1991	-	1.2	kløvergræs	207	149 ^F +26 ^C	15	23	231
		1992	-	1.3	vårbyg/vi.hv.	103		0		87
		1993	kvæg	1.4	vi.hv.	122	101 ^F	0	12	138
		1994	-	1.8	roer	135	300 ^F	0	61	183
604	1	1988	kv.+sv		vårbyg + udl.	120	280 ^F	35	46	-
		1989	-	1.5	roer	174	55 ^F	34	13	134
		1990	-	1.5	vårbyg + udl.	95		0		156
		1991	-	1.3	vårbyg	81	49 ^F +77 ^E 34	0	19	97
		1992	-	1.2	vårhv.		114 ^F	0	10	90
		1993	kvæg	1.5	majs	27	268 ^F	0	47	186
		1994	-	1.3	majs	57	310 ^F	34	67	270
605	1	1988	kvæg		vårbyg + udl.	*	*	*	*	-
		1989	-	1.8	kløvergræs	342	187 ^F	20	22	279
		1990	-	1.5	byg-helsæd	207	123 ^F	0	15	126
		1991	-	1.8	græs (slæt)	283	368 ^F	0	47	252
		1992	-	1.9	græs (slæt)	295	179 ^F	0	23	115
		1993	-	1.4	græs (slæt)	243	114 ^F	0	24	217
		1994	-	1.6	helsæd m.udlæg	120	120 ^F	0	15	180
606	1	1988	svin		roer	*	*	*	*	-
		1989	-	0.3	vårbyg	82		14		82
		1990	-	0.3	vårbyg	90		14		91
		1991	-	0.2	vårbyg	82	140 ^F	8	34	109
		1992	-	0.2	vårbyg	90		14		60
		1993	-	0.4	vårbyg	107	52 ^E	12	9	73
		1994	-	0.3	vårraps/vi.hv.	52	208 ^F	0	50	83
607	1	1988	kv.+sv		roer	102	81 ^F +470 ^E	30	140	-
		1989	-	1.2	vårbyg + udl.	44	112 ^F	4	30	110
		1990	-	1.1	græs	194	71 ^C	26	9	195
		1991	-	1.4	græs	184	80 ^F + 49 ^C	19	24	182
		1992	-	1.0	vårbyg	32	510 ^E	3	146	73
		1993	-	1.2	roer	110	84 ^F	2	8	309
		1994	-	1.3	vårbyg m.udlæg	0	185 ^F +25 ^C	0	57	161
608	1	1988	kvæg		rug	*	*	*	*	-
		1989	-	1.4	vårbyg + udl.	107		15		87
		1990	-	1.4	græs	135	74 ^C	12	9	168
		1991	-	1.5	græs/vi.hv.	110	274 ^C +77 ^E	6	47	196
		1992	-	1.3	vi.hv.	162	88 ^E	0	12	114
		1993	-	1.6	majs	99	196 ^F	34	28	155
		1994	-	2.2	helsæd m.udlæg	120	200 ^F	6	25	259

* = ikke oplyst

Bilag 7.4

Nedbør, afstrømning samt N ($\text{NO}_3+\text{NH}_4\text{-N}$) og P ($\text{PO}_4\text{-P}$) udvaskning fra rodzonen for 1989 - 1994. Opgørelse på kalenderår.

LOOP 1

St.	År	Nedbør mm	Vand mm	Afstrømning mm	N-udvaskning kg N ha ⁻¹	P-udvaskning kg P ha ⁻¹
101	1988	659		234		
	1989	553		105	25	0.230
	1990	766		267	68	0.765
	1991	644		242	32	0.822
	1992	613		218	76	0.705
	¹⁾					
102	1988	659		189		
	1989	553		62	5.0	0.006
	1990	766		267	14	0.024
	1991	664		245	21	0.018
	1992	613		204	73	0.017
	1993	809		399	36	0.025
	1994	815		341	46	0.022
103	1988	659		247		
	1989	553		16	0.9	0.003
	1990	766		207	35	0.017
	1991	664		232	32	0.017
	1992	613		144	25	0.006
	1993	809		331	72	0.011
	1994	815		337	59	0.021
104	1988	659		233		
	1989	553		20	2.9	0.007
	1990	766		275	45	0.026
	1991	664		249	61	0.018
	1992	613		117	60	0.010
	1993	809		387	25	0.024
	1994	815		282	26	0.027
105	1988	659		211		
	1989	553		80	19	0.007
	1990	766		270	26	0.022
	1991	664		244	15	0.017
	1992	613		165	23	0.014
	1993	809		332	15	0.016
	1994	815		297	32	0.018
106	1988	659		192		
	1989	553		87	31	0.350
	1990	766		227	95	1.113
	1991	644		277	59	1.338
	1992	613		133	38	0.493
	1993	809		295	57	0.830
	1994	815		283	55	1.073
107	1994	815		458	74	0.046

¹⁾ Station nedlagt i 1993

LOOP 2

St.	År	Nedbør mm	Vand mm	Afstrøm- ning mm	N-udvask- ning kg N ha ⁻¹	P-udvask- ning kg P ha ⁻¹
201	1988	918		460		
	1989	619		130	66	0.010
	1990	765		293	89	0.029
	1991	628		229	43	0.010
	1992	656		287	133	0.010
	1993	631		228	51	0.014
	1994	864		443		0.020
202	1988	918		483		
	1989	619		200	93	0.013
	1990	765		352	120	0.048
	1991	628		253	118	0.036
	1992	656		345	194	0.037
	1993	631		274	62	0.061
	1994	864		495	212	0.036
203	1988	918		490		
	1989	619		190	104	0.019
	1990	765		376	229	0.044
	1991	628		279	143	0.029
	1992	656		351	212	0.017
	1993	631		282	135	0.024
	1994	864		471	129	0.035
204	1988	918		507		
	1989	619		210	86	0.021
	1990	765		356	119	0.036
	1991	628		254	95	0.030
	1992	656		347	175	0.013
	1993	631		290	99	0.009
	1994	864		471	159	0.018
205	1988	918		504		
	1989	619	70	170	44	0.018
	1990	765	160	366	60	0.070
	1991	628		301	149	0.048
	1992	656		368	174	0.011
	1993	631	90	304	67	0.049
	1994	864		504	48	0.051
206	1988	918		456		
	1989	619		180	81	0.019
	1990	765		372	105	0.037
	1991	628		284	84	0.035
	1992	656		360	239	0.015
	1993	631		294	111	0.014
	1994	864		493	88	0.016

LOOP 3

St.	År	Nedbør mm	Vand mm	Afstøm- ning mm	N-udvas- kning kg N ha ⁻¹	P-udvas- kning kg P ha ⁻¹
301	1988	869		390		
	1989	623		220	141	0.040
	1990	1050		538	392	0.313
	1991	762		347	148	0.308
	1992	859		505	228	0.512
	1993	962		536	270	0.266
	1994	1121		666	132	0.207
302	1988	869		440		
	1989	623		180	117	0.064
	1990	1050		551	276	0.133
	1991	762		370	129	0.120
	1992	859		511	209	0.041
	1993	962		601	312	0.067
	1994	1121		701	527	0.083
303	1988	869		440		
	1989	623		190	52	0.018
	1990	1050		540	143	0.048
	1991	762		377	40	0.063
	1992	859		461	58	0.040
	1993	962		550	18	0.062
	1994	1121		689	16	
304	1988	869		440		
	1989	623		150	20	0.015
	1990	1050		582	163	0.070
	1991	762		365	95	0.054
	1992	859		486	138	0.042
	1993	962		540	96	0.068
	1994	1121		672	79	0.072
305	1988	869		450		
	1989	623		180	25	0.022
	1990	1050		544	70	0.043
	1991	762		524	46	0.050
	1992	859		516	55	0.041
	1993	962		599	88	0.038
	1994	1121		722	224	0.053
306	1990			558	46	0.020
	1991					
	1992			335	29	0.012
	1993			454	25	0.016
	1994			560	14	0.022
		1121		701	16	0.031

LOOP 4

St.	År	Ned- bør mm	Vand mm	Afstømning mm	N-udvaskning kg N ha ⁻¹	P-udvaskning kg P ha ⁻¹
401	1988	829		381		
	1989	634		216	19	0.064
	1990	897		424	35	0.249
	1991	772		379	28	0.099
	1992	762		369	54	0.086
	1993	906		524	91	0.140
	1994	1072		617	83	0.170
402	1988	829		349		
	1989	634		211	26	0.023
	1990	897		375	31	0.125
	1991	772		339	34	0.031
	1992	762		373	54	0.032
	1993	906		465	96	0.048
	1994	1072		578	53	0.052
403	1988	829		328		
	1989	634		188	57	0.023
	1990	897		363	110	0.121
	1991	772		347	39	0.022
	1992	762		334	37	0.028
	1993	906		439	86	0.033
	1994	1072		595	109	0.031
404	1988	829		343		
	1989	634		173	32	0.019
	1990	897		340	60	0.100
	1991	772		323	49	0.018
	1992	762		317	73	0.020
	1993	906		437	75	0.026
	1994	1072		572	66	0.027
405	1988	829		342		
	1989	634		192	26	0.014
	1990	897		355	50	0.109
	1991	772		353	78	0.026
	1992	762		356	97	0.029
	1993	906		447	72	0.030
	1994	1072		603	49	0.029
406	1988	829		410		
	1989	634		196	36	0.029
	1990	897		382	93	0.114
	1991	772		362	95	0.036
	1992	762		339	141	0.024
	1993	906		450	165	0.032
	1994	1072		578	81	0.037

¹⁾ Grundvand væsentligt højere end sugeceller

LOOP 5

St.	År	Ned- bør mm	Vand mm	Afstrømn. mm	N-udvaskning kg N ha ⁻¹	P-udvaskning kg P ha ⁻¹
501	1988	1004		600		
	1989	841		450	(39)	
	1990	1056	90	705	92	
	1991	826	150	631	209	
	1992	938	100	671	139	
	1993	825	150	610	120	
	1994	1019	80	710	249	
502	1988	1004		580		
	1989	841		420	(45)	
	1990	1056	60	678	130	
	1991	826	90	531	200	
	1992	938	125	706	162	
	1993	825	150	609	110	
	1994	1019	80	681	137	
503	1988	1004		600		
	1989	841		420	(61)	
	1990	1056	75	676	184	
	1991	826	45	515	171	
	1992	938	200	796	307 ¹⁾	
	1993	825	0	525	70 ¹⁾	
	1994	1019	-	689	251 ¹⁾	
504	1988	1004		610		
	1989	841		410	(65)	
	1990	1056	95	689	251	
	1991	826	325	726	331	
	1992	938	225	825	212	
	1993	825	100	562	86	
	1994	1019	125	699	121	
505	1988	1004		630		
	1989	841		420	(48)	
	1990	1056	88	678	128	
	1991	826	150	593	175	
	1992	938	200	728	152	
	1993	825	125	544	83	
	1994	1019	100	693	91	
506	1988	1004		610		
	1989	841		390	(29)	
	1990	1056	80	656	82	
	1991	826	120	580	126	
	1992	938	120	686	114	
	1993	825	160	577	51	
	1994	1019	90	731	111	
507	1988	1004		610		
	1989	841		430	(43)	
	1990	1056	81	636	72	
	1991	826	120	587	183	
	1992	938	100	697 ¹⁾	138 ¹⁾	
	1993	825	80			
	1994	1019	126			
508	1988	1004		610		
	1989	841	-	410	(96)	
	1990	1056	-	634	153	
	1991	826	-	514	71	
	1992	938	-	664 ¹⁾	221 ¹⁾	
	1993	825	-			
	1994	1019	-			

¹⁾ usikker eller manglende bestemmelse

() udvaskning gælder for perioden juli - december 1989

LOOP 6

St.	År	Nedbør mm	Vand mm	Afstrø- mn. mm	N-udvask- ning kg N ha ⁻¹	P-udvask- ning kg P ha ⁻¹
601	1988	1110		640		
	1989	608		210	(55)	(0.005)
	1990	1081		647	264	0.065
	1991	830		494	164	0.052
	1992	873		602	241	0.061
	1993	999		676	194	0.087
	1994	1133	-	732	138	0.097
602	1988	1110		650		
	1989	608		190	(5)	(0.003)
	1990	1081		545	37	0.090
	1991	830	25	500	79	0.059
	1992	873		517	165	0.052
	1993	999	50	667	199	0.097
	1994	1133	-	667	180	0.089
603	1988	1110		670		
	1989	608		250	(31)	(0.009)
	1990	1081	30	619	51	0.062
	1991	830	75	502	55	0.054
	1992	873	75	595	200	0.068
	1993	999	50	670	116	0.106
	1994	1133	-	748	152	0.080
604	1988	1110		680		
	1989	608		260	(68)	(0.009)
	1990	1081	30	629	204	0.063
	1991	830	30	498	289	0.050
	1992	873	120	607	305	0.066
	1993	999		667	199	0.101
	1994	1133	40	746	235	0.091
605	1988	1110		640		
	1989	608		210	(23)	(0.006)
	1990	1081		589	157	0.061
	1991	830		454	24	0.062
	1992	873		584	177	0.063
	1993	999		662	212	0.128
	1994	1133	-	719	98	0.104
606	1988	1110		660		
	1989	608		340	(26)	(0.015)
	1990	1081		628	95	0.063
	1991	830		500	48	0.050
	1992	873		595	80	0.064
	1993	999		677	79	0.116
	1994	1133	-	743	64	0.106
607	1988	1110		660		
	1989	608		220	(15)	(0.006)
	1990	1081	70	-	-	0.065
	1991	830	105	531	336	0.057
	1992	873	90	598	402	0.857
	1993	999	50	667	141	2.102
	1994	1133	-	726	108	0.490
608	1988	1110		630		
	1989	608		230	26	
	1990	1081	90	658	97	0.088
	1991	830	120	545	127	0.055
	1992	873	60	601	310	0.108
	1993	999		673	324	0.157
	1994	1133	90	715	277	0.109

() udvaskning gælder perioden juli - dec. 1989

Bilag 8.1

Anbefalet tildeling af kvælstof , gødningsforbrug, normaludvaskning, nyttevirkning af husdyrgødning samt braklagt areal for de landovervågningsoplande for driftsårene 1989/90 - 1993/94. Udvasningen er relateret til de hydrologiske år 1990/91-1994/95. 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	Handelsgødning	Husdyrgødning	Udvasning	Nyttevirkning	Brak	
1990	LOOP 1	136	154	33	40	31	-
	LOOP 2	190	137	125	89	32	-
	LOOP 3	162	130	68	59	36	-
	LOOP 4	144	119	68	55	35	-
	LOOP 5	121	131	21	72	31	-
	LOOP 6	168	126	81	74	32	-
1991	LOOP 1	132	131	32	38	31	-
	LOOP 2	178	121	119	82	36	-
	LOOP 3	163	121	71	61	39	-
	LOOP 4	147	125	74	50	34	-
	LOOP 5	143	162	24	74	35	-
	LOOP 6	162	116	112	87	34	-
1992	LOOP 1	142	141	27	35	42	-
	LOOP 2	173	104	127	80	42	-
	LOOP 3	172	108	94	47	42	-
	LOOP 4	158	125	59	47	37	-
	LOOP 5	143	152	25	79	44	-
	LOOP 6	175	116	114	85	37	-
1993	LOOP 1	145	117	26	32	43	7
	LOOP 2	184	99	137	83	40	1
	LOOP 3	194	95	107	51	42	7
	LOOP 4	168	121	61	44	42	5
	LOOP 5	156	142	43	71	47	6
	LOOP 6	188	104	125	83	39	3
1994	LOOP 1	143	117	28	28	48	9
	LOOP 2	166	94	110	72	44	4
	LOOP 3	177	94	102	43	45	3
	LOOP 4	161	115	79	51	44	1
	LOOP 5	144	137	27	67	49	8
	LOOP 6	175	108	123	79	38	1

Bilag 9.1

LOOP	DYBDE	ANTAL FILTRE	TREND I GRUNDVANDETS NITRAT-INDHOLD (5% signifikans niveau)											
			- antal filtre -											
			Husdyr- og handelsgødet			Handelsgødet			Overgangsform (< 3 år)			Skov og naturområder		
fald	stigning	ingen trend	fald	stigning	ingen trend	fald	stigning	ingen trend	fald	stigning	ingen trend			
1	1½	13	.	.	2	.	.	10	.	.	.	.	.	1
	3	17	.	.	3	1	1	10	.	.	1	1	.	.
	5	18	.	.	3	.	1	12	.	.	1	.	.	1
2	1½	9	.	.	9	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	3	15	.	2	13	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	5	17	2	2	13	.	.	.	.	.	.	.	.	.
3	1½	12	.	.	9	.	.	3	.	.	.	.	.	1
	3	14	.	1	7	.	2	1	.	.	1	1	.	1
	5	12	.	.	6	.	.	3	1	.	.	.	.	2
4	1½	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.
	3	17	1	.	8	.	1	7	.	.	.	.	.	.
	5	17	2	1	6	1	1	6	.	.	.	.	.	.
	7	2	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.
5	1½	10 ¹⁾	.	.	6	.	.	3	.	.	.	.	.	1
	3	10 ²⁾	3	.	3	.	.	3	.	.	.	.	1	.
6	1½	22	1	2	19	.	.	.	.	.	.	.	.	.
	3	25	5	2	18	.	.	.	.	.	.	.	.	.
ALLE LOOP		231	14	11	126	2	6	59	1	0	3	2	1	7

¹⁾ 10 filtre hvor oplysninger om arealanvendelse mangler og 5 filtre som potentielt kan være påvirket af ureaforurening er udeladt.

²⁾ 10 filtre hvor oplysninger om arealanvendelse mangler og 5 filtre som potentielt kan være påvirket af ureaforurening er udeladt.

Bilag 9.2

Hyppigt anvendte pesticider i udvalgte grundvandsoplande i LOOP 1-6 i 1994.

	LOOP 1	LOOP 3	LOOP 4
Ukrudtsmidler	clopyralid desmedipham dichlorprop ethofumesat MCPA mechlorprop metamitron phenmedipham 2,4-D	ioxynil isoproturon mechlorprop metsulfuron-methyl tribenuron-methyl	bentazon bromoxynil bromphenoxim clopyralid desmedipham dichlorprop ethofumesat glyphosat ioxynil MCPA mechloprop metamitron phenmidipham propyzamid pyridat terbuthylazin tribenuron-metyl 2,4-D
Svampemidler	fenpropimorph propiconazol	fenpropimorph prochloraz propiconazol triademenol	fenpropimorph prochloraz propiconazol triademenol
Skadedyrsmidler	alfacypermethrin esfenvalerat pirimicarb		cypermetrin esfenvalerat pirimicarb
Vækstregulerende midler og andre hjælpestoffer			cloromequat-clorid

	LOOP 2	LOOP 5	LOOP 6
Ukrudtsmidler	bentazon bromoxynil clopyralid desmedipham dicamba dichloprop ethofumesat fluazifop-P-butyl fluroxpyr glyphosat ioxynil isoproturon MCPA metamitron pendimethalin phenmedipham	bromoxynil dichlorprop diquat-dibromid glyphosat ioxynil MCPA metribuzin pyridat terbuthylazin tribenuron-methyl	bentazon chlorsulfuron cyanazin desmedipham ethofumesat glyphosat MCPA metamitron phenmedipham pyridat terbuthylazin thifensulfuren-methyl tribenuron-metyl
Svampemidler	fenpropimorph propiconazol	mancozeb maneb svovl	fenpropimorph propiconazol
Skadedyrsmidler	cypermethrin dimethoat pirimicarb		alfacypermethrin cypermetrin pirimicarb
Vækstregulerende midler og andre hjælpestoffer	ammoniumsulfat chlormequat-chlorid mangansulfat	ammoniumsulfat mangansulfat	

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>
	<i>Afd. for Systemanalyse</i>
Tlf. 46 30 12 00	
Fax 46 30 11 14	

Danmarks Miljøundersøgelser	<i>Afd. for Ferskvandsøkologi</i>
Postboks 314	<i>Afd. for Terrestrisk Økologi</i>
Vejlsøvej 25	
8600 Silkeborg	

Tlf. 89 20 14 00.
Fax 89 20 14 14.

Danmarks Miljøundersøgelser	<i>Afd. for Flora- og Faunaøkologi</i>
Grenåvej 12, Kalø	
8410 Rønde	

Tlf. 89 20 14 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, 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.