

Kvælstoftilførsel til Limfjorden

Brian Kronvang
Carl Christian Hoffmann
Torben Moth Iversen
Jan Juul Jensen
Søren Erik Larsen
Steen Wessel Platou
Eli Skop

Danmarks Miljøundersøgelser 1994

TEMA-rapport fra DMU, 1994/1,
Kvælstoftilførsel til Limfjorden

Forfattere: Brian Kronvang¹, Carl C. Hoffmann¹, Torben M. Iversen¹,
Jan Juul Jensen², Søren E. Larsen¹, Steen W. Platou¹, Eli Skop²

¹ Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Ferskvandsøkologi

² Danmarks Miljøundersøgelser, Afdeling for Systemanalyse

Udgiver: Miljøministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser®

Layout og tegning: Kathe Møgelvang, Juana Jacobsen

Forsidefoto: Døde eller døende bunddyr ved iltvind i Lovns Bredning,
Limfjorden (Lars Juel Knudsen, Bio/consult)

Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse

Tryk: Silkeborg Bogtryk

Papir: Cyclus Print

Oplag: 500

1.udg., 2. oplag

ISSN: 0909-8704

ISBN: 87-7772-172-1

Pris kr. 50,00 (incl. 25% moms, excl. forsendelse):

Købes hos:

Danmarks Miljøundersøgelser
Afdeling for Ferskvandsøkologi
Vejlsøvej 25, Postboks 314

DK-8600 Silkeborg

Tlf. 89 20 14 00

Fax 89 20 14 14

Miljøbutikken

Information og bøger

Læderstræde 1

DK-1201 København K

Tlf. 33 92 76 92 (Information)

Tlf. 33 93 92 92 (Bøger)

Kvælstoftilførsel til Limfjorden 5

Næringsstoftilførslen til Limfjorden fra 1984 til 1993
Kvælstofbudget for sandede og lerede landbrugsoplande

Kvælstoftilførslen til Limfjorden i 1989

Landbrugets betydning

Nedbørens betydning

Jordbundens betydning

Søer og våde enges betydning

Sammenfatning 14

Referencer 15

Danmarks Miljøundersøgelser 16

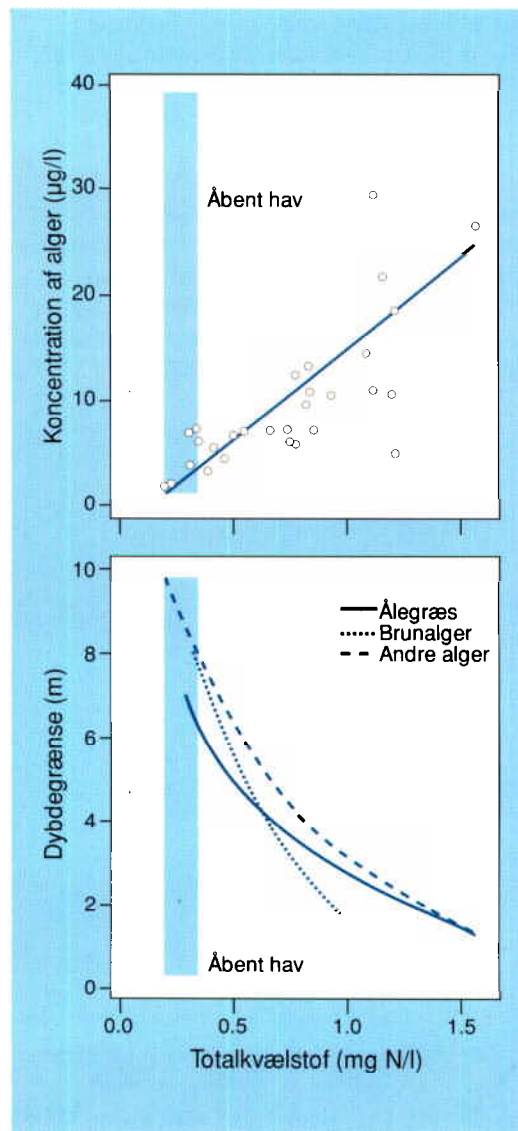


Kvælstoftilførsel til Limfjorden

I vore fjorde og kystvande er der i de seneste årtier konstateret en række forringelser i miljøtilstanden i form af øget vækst af planktonalger, reduceret udbredelse af ålegræs, iltsvind, m.v. Forringelserne i miljøtilstanden må især tilskrives en for stor tilførsel af næringsstoffer til vandmiljøet (eutrofiering).

Væksten af planktonalger og andre planter i vort marine vandmiljø er hovedsageligt reguleret af næringsstoffet kvælstof (N) (figur 1). Under naturlige forhold er der et alsidigt og stabilt plante- og dyresamfund. Ved en øget kvælstoftilførsel bringes dette samfund ud af balance. En stor kvælstoftilførsel fører til en kraftig forøgelse i mængden af planktonalger, vandet bliver uklart, og livsbetingelserne for planter og dyr forringes. Når algerne dør bundfældes de og omsættes under forbrug af ilt, hvorved der kan opstå iltsvind, der i alvorligste fald kan resultere i fiskedød.

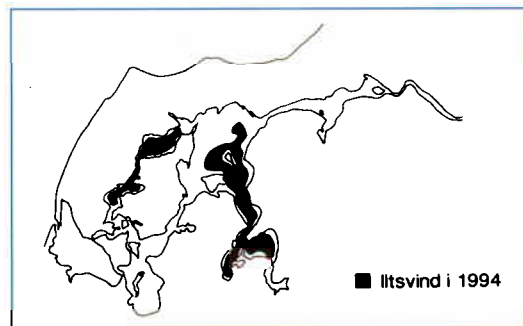
Vandmiljøplanen fra 1987 har sat krav til nedbringelse af både fosfor- og kvælstoftilførslen til vore vandområder. Kravet var en nedbringelse af fosforbelastningen med 80% og af kvælstofbelastningen med 50%. Fosfortilførslen via vore vandløb til de marine områder er siden 1978 faldet med op mod 70% (Svendsen et al., 1993). Ligeledes er der siden 1989 sket et stort fald i de direkte fosforudledninger fra rensningsanlæg til vore kystområder (Miljøstyrelsen, 1993).



Figur 1: Sammenhængen mellem kvælstofkoncentration, koncentration af planktonalger og dybdeudbredelse af bundplanter i fjorde (Kilde: Borum et al., 1990).

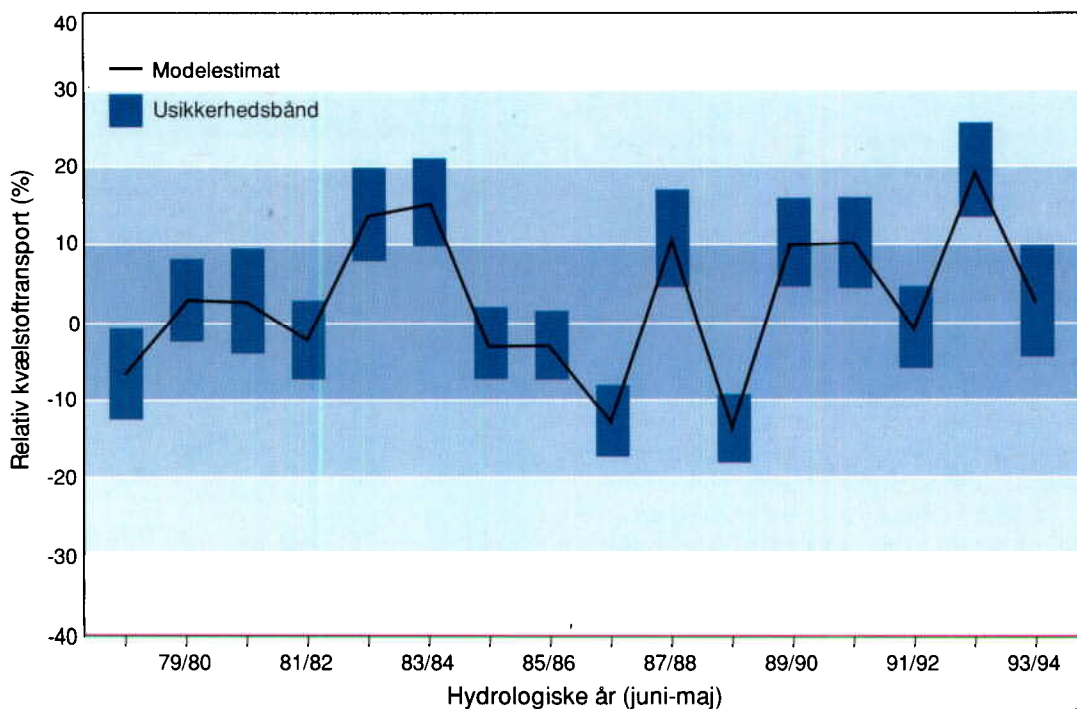
For kvælstoftilførslen via vandløb til vore marine områder forholder det sig anderledes. Fra sidst i 1970'erne og frem til 1994 har der været betydelige år til år variationer primært på grund af forskelle i nedbør og vandafstrømning. Hvis der imidlertid korrigeres for de skiftende nedbørs- og afstrømningsforhold kan der ikke konstateres noget fald i kvælstofudledningerne fra landbrugsarealerne. I figur 2 er vist udviklingen i de fynske vandløb, der er repræsentative for udviklingen i landet som helhed. Derimod er der som følge af Vandmiljøplanen sket en reduktion i de direkte kvælstofudledninger i spildevand til vore kystområder på omkring 25% (Miljøstyrelsen, 1993).

I sommeren 1994 er der konstateret det mest omfattende iltsvind i Limfjorden i mange år (figur 3). Iltsvindet kommer efter en vinter med en meget stor kvælstoftilførsel. Der er derfor god grund til at fokusere på årsagerne til den store kvælstoftilførsel.



Figur 3: Iltsvindsområder i Limfjorden i sommeren 1994 (Kilde: Viborg amt).

Figur 2:
Afstørningskorrigeret transportniveau af kvælstof indenfor hydrologiske år i perioden 1978/79 til 1993/94, beregnet på baggrund af målinger i 20 fynske vandløb, der hovedsageligt afvander landbrugsarealer. I figuren svarer nul-niveauet til et kvælstof-tab på 19 kg N/ha som gennemsnit for de 9 år forud for Vandmiljøplanen. (Kilde: Danmarks Miljøundersøgelser).



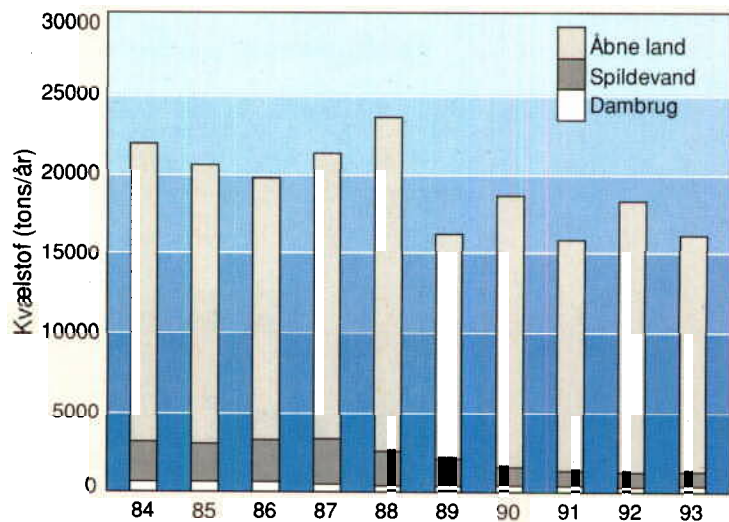
Næringsstofftilførslen til Limfjorden fra 1984 til 1993

Kvælstof tilføres Limfjorden fra forskellige punktkilder, som rensningsanlæg og dambrug, og fra det åbne land. I årene 1984 til 1993 har der været store udsving i den totale tilførsel af kvælstof til Limfjorden (figur 4). År til år forskellene skyldes primært variationer i nedbøren og dermed vandafstrømningen i vandløb. Hovedparten af kvælstoftilførslen stammer fra det åbne land og dermed fra landbrugsarealerne. Der er siden Vandmiljøplanens vedtagelse sket en reduktion i udledningerne af kvælstof fra punktkilder, især byspildevand (figur 4). Derimod kan der ikke konstateres nogen ændring i tilførslen fra landbrugsarealerne gennem de sidste 10 år når kvælstoftilførslen sammenholdes med vandafstrømningen (figur 5).

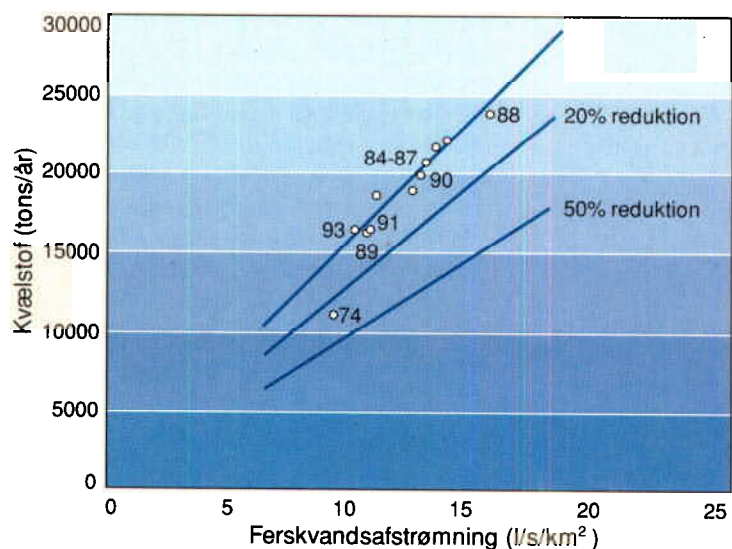
For fosfors vedkommende er der i de sidste 10 år sket et stort fald i udledningerne til Limfjorden på ca. 70% (Nordjyllands amt, 1994). Reduktionen skyldes hovedsageligt, at fosforbelastningen fra rensningsanlæg er reduceret med 90% siden 1984 (Nordjyllands amt, 1994).

Kvælstofbudget for sandede og lerede landbrugsoplande

På baggrund af målinger under Vandmiljøplanens Overvågningsprogram har Danmarks Miljøundersøgelser opstillet et gennemsnitligt kvælstofbudget for henholdsvis sandede og lerede landbrugsarealer (figur 6). Af figuren fremgår det tydeligt, at der er stor forskel mellem nogle af posterne i regnskabet for de to jordtyper. Grundene hertil hænger dels sammen med adfærd og struktur i landbruget, specielt vedrørende husdyrgødningen, der er koncentreret på de sandede jorder. Her udvaskes også meget mere kvælstof fra rodzonen, end på de lerede landbrugsarealer, dels pga. af det større kvælstof-

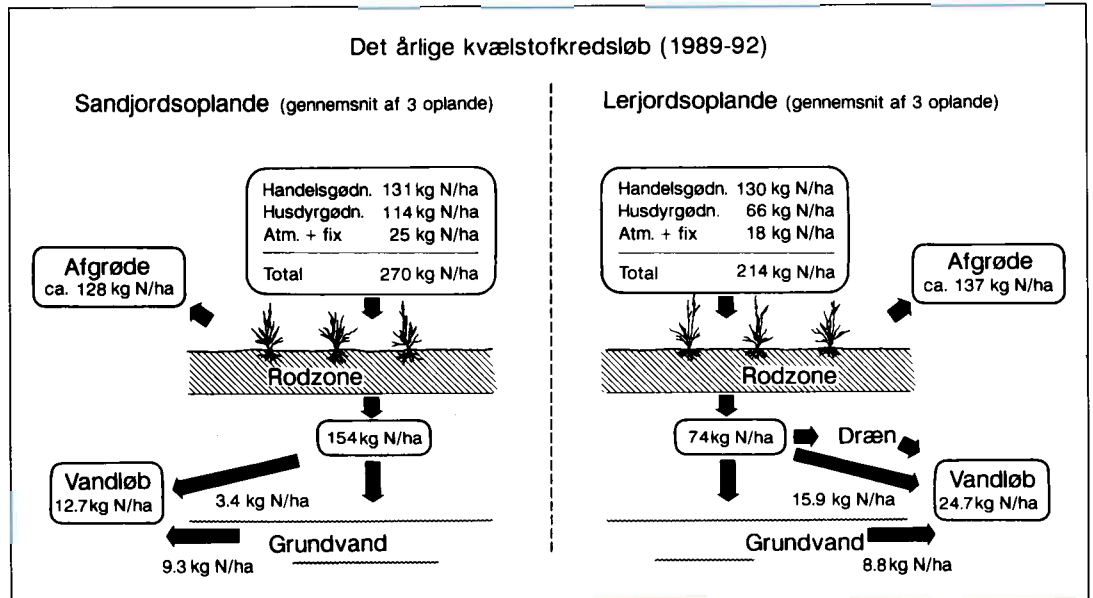


Figur 4: Kvælstoftilførslen til Limfjorden i perioden 1984 til 1993 opdelt på tilførsel fra det åbne land, spildevand og dambrug (Kilde: Nordjyllands amt, 1994).



Figur 5: Kvælstoftilførsel til Limfjorden i perioden 1974 til 1993 i forhold til ferskvandsafstrømningen (Kilde: Nordjyllands amt, 1994).

Figur 6:
Kvælstofkredsløbet indenfor henholdsvis sandede- og lerede landbrugsoplande (Kilde: Grant et al., 1993).



input, men også pga. en større overskuds-
nedbør.

Hvor meget af det kvælstof, der udvaskes fra rodzonen, som når frem til vandløb er forskelligt fra de sandede til de lerede landbrugsjorder (figur 6). Det hænger især sammen med, at overskudsnedbøren på sandede jorder generelt har en længere opholdstid i jorden inden det når vandløb, end på de lerede jorder. Undervejs gennem jorden kan nitrat-kvælstof, som er hovedbestanddelen af det udvaskede kvælstof fra marker, nemlig blive udsat for omsætningsprocesser (denitrifikation), hvorved nitraten omdannes til frit kvælstof, der afdamper til atmosfæren.

Kvælstoftilførslen til Limfjorden i 1989

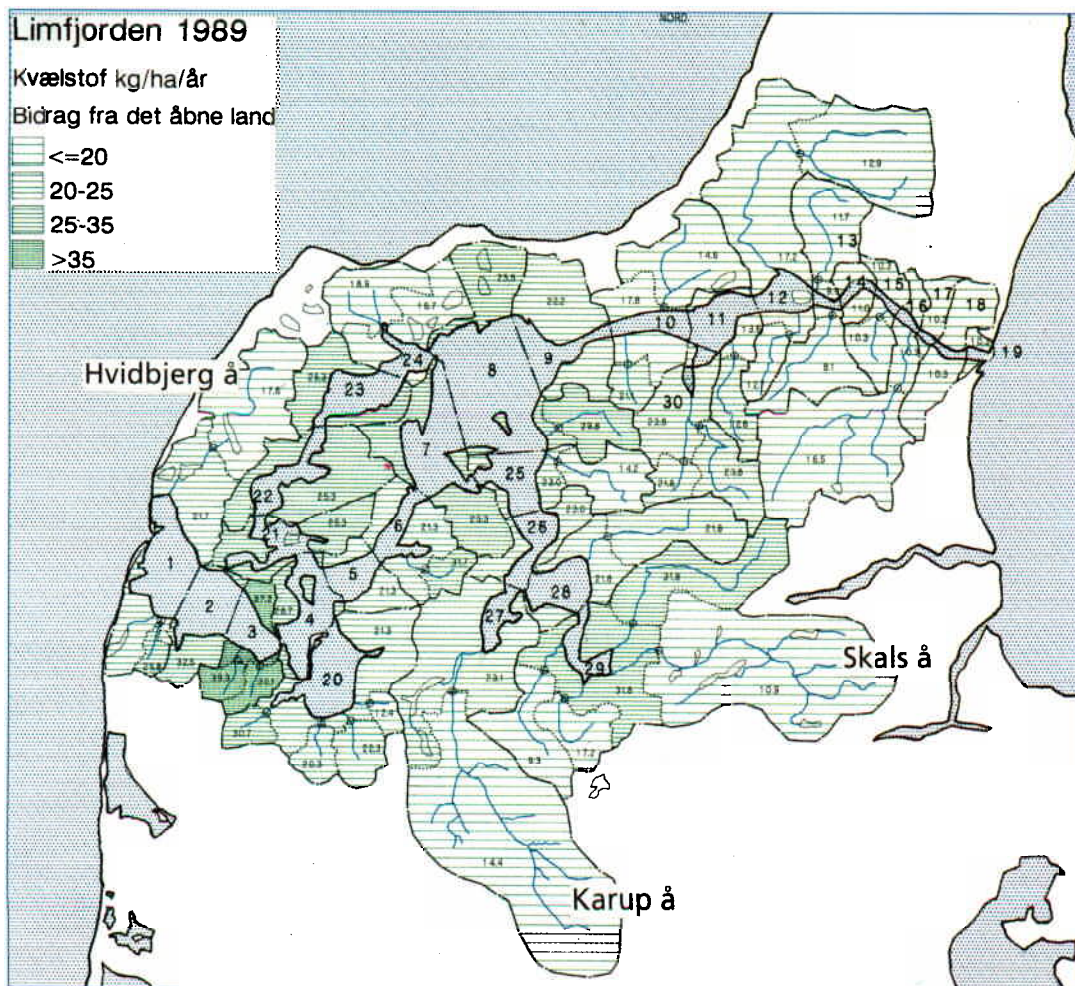
For 1989 findes den mest detaljerede opgørelse af kvælstoftilførslen til Limfjorden (Limfjordskomiteen, 1990). I 1989 var tilførslen af kvælstof til Limfjorden lidt under gennemsnittet for de seneste 5 år. Da der samtidig i denne periode ikke er konstateret væsentlige ændringer i kvælstoftil-

førslen fra det åbne land kan datagrundlaget fra dette år anses som repræsentativt for forholdene i dag. Derfor er 1989 valgt som baggrund for en uddybende gennemgang af de faktorer som påvirker kvælstoftilførslen til Limfjorden.

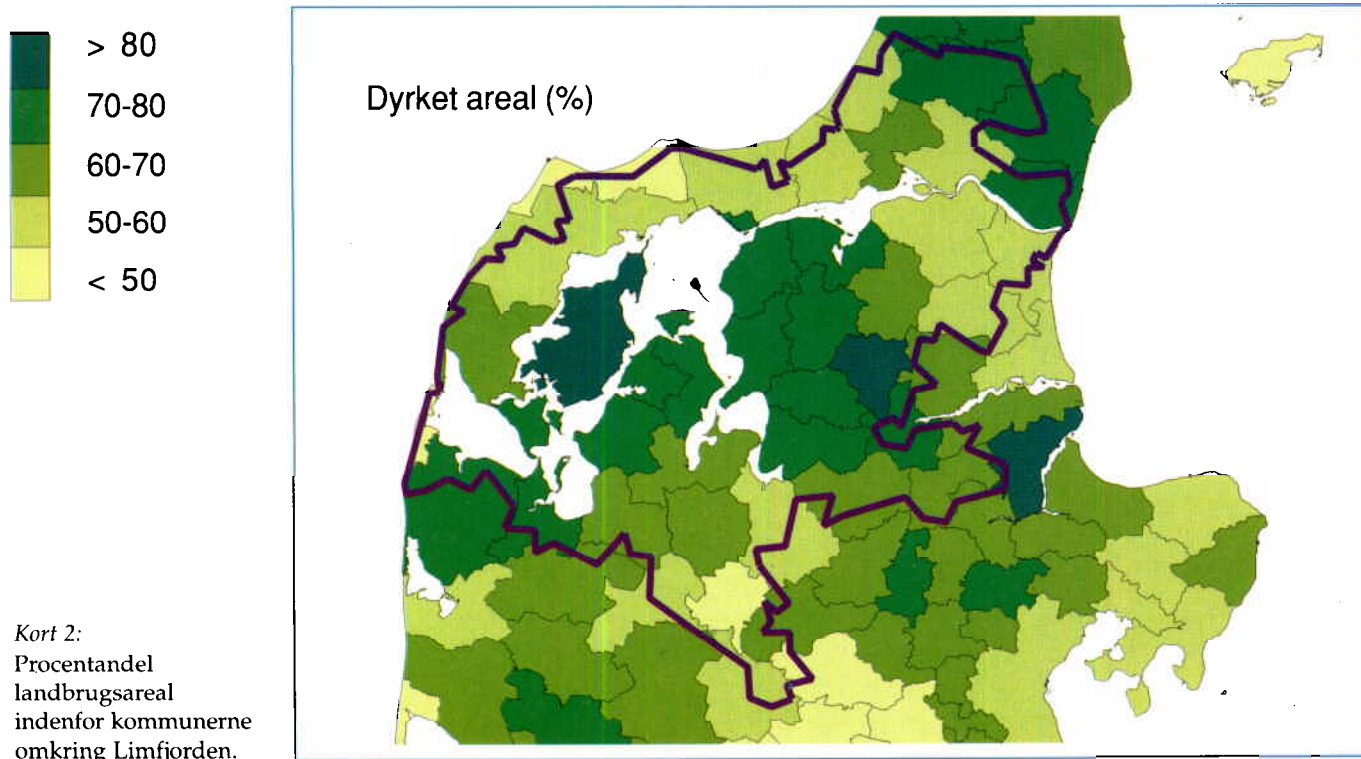
Kvælstoftilførslen er i 1989 opgjort for 30 delområder til Limfjorden, hovedsageligt på baggrund af de mange målestationer i vandløb (Limfjordskomiteen, 1990). For enkelte områder uden målestationer i vandløb er der anvendt beregnede data for kvælstoftilførslen bl.a. ud fra et kendskab til vandafstrømning og jordtype. Det gælder bl.a. området omkring Vejlerne.

Tilførslen af kvælstof fra det åbne land varierer betydeligt mellem de forskellige områder af Limfjorden (kort 1). Således var tilførslen størst fra den sydvestlige del af oplandet til Limfjorden og fra enkelte områder i Himmerland (30 til 39 kg N/ha). I den østlige del af oplandet til Limfjorden var tilførslen meget mindre (8 til 18 kg N/ha). De store forskelle i kvælstoftilførslen til Limfjorden fra de forskellige delområder skyldes flere forhold.

Gødningforbrug og gødningshåndtering har stor betydning for hvor meget kvælstof, der kan udvaskes fra markerne. Hvor meget af det udvaskede kvælstof, som via vandløb når frem til det marine miljø er mere kompliceret. Igangværende projekter i Center for Ferskvand og Center for Rodzoneprocesser under Det Strategiske Miljøforskningsprogram har vist, at faktorer som dyrkningsomfang, nedbør- og afstrømning, jordtype, forekomst af vådbundsarealer og søer alle er væsentlige. I det nedenstående gennemgås disse forhold med udgangspunkt i kvælstoftilførslen til Limfjorden i 1989.



Kort 1:
 Kvælstoftilførsel til
 Limfjorden i 1989
 opgjort for 30
 delområder
 (Kilde: Limfjordskomiteen,
 1990).



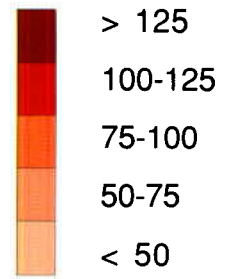
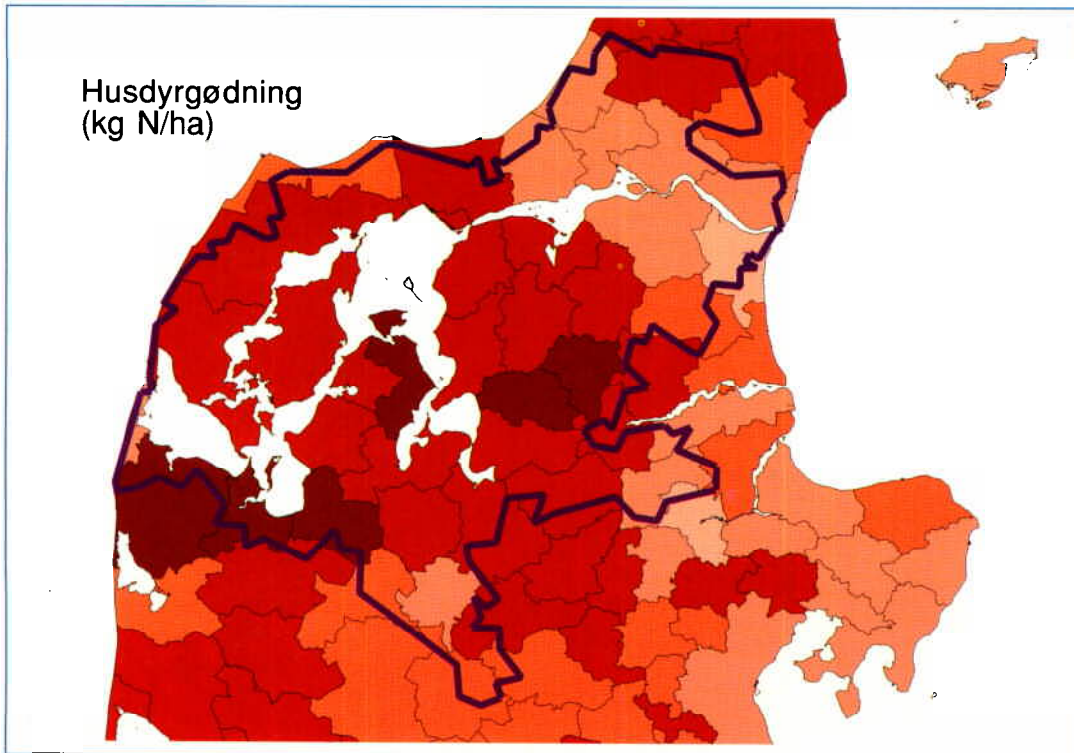
Landbrugets betydning

Et kort over andelen af dyrket areal indenfor større nedbørsområder omkring Limfjorden viser store forskelle (kort 2). Specielt har landområderne, der afvander til den sydvestlige del af Limfjorden, og fra Vesthimmerland en større andel landbrugsareal end de øvrige områder. Oplandet til Karup å har eksempelvis en noget mindre andel.

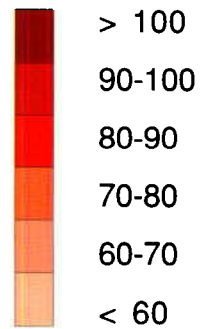
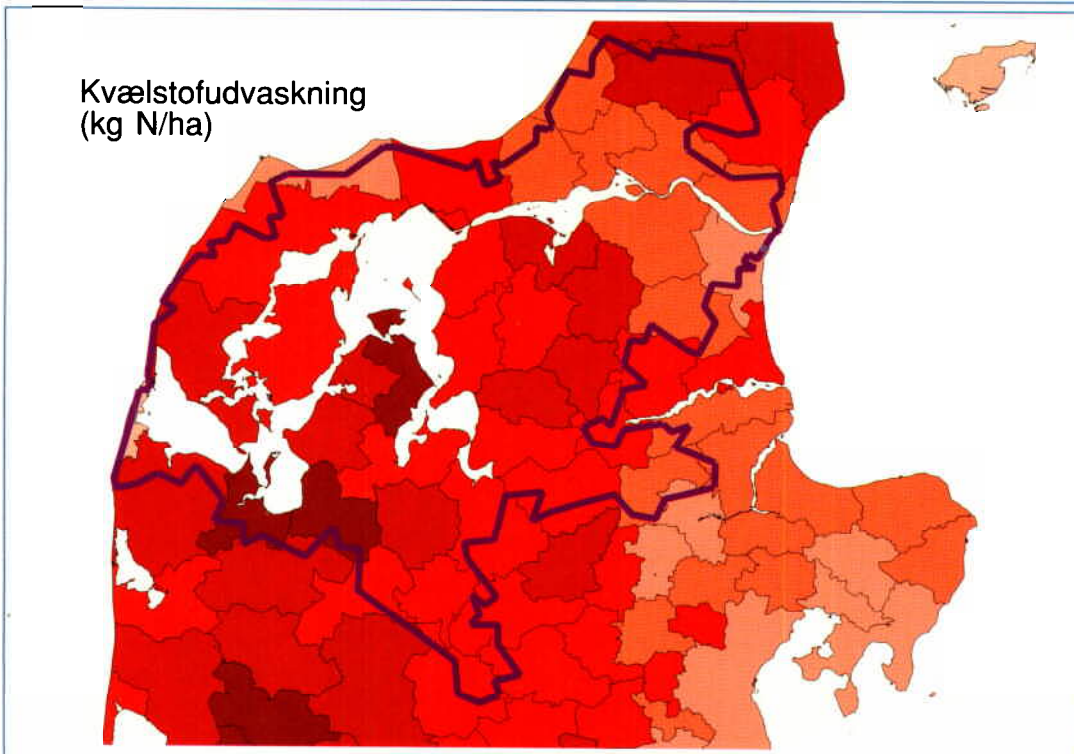
En anden vigtig faktor er forskelle i gødningsforbruget i landbruget. Der er ikke væsentlige forskelle i forbruget af handelsgødning i 1989, som generelt for området der afvander til Limfjorden lå på et niveau fra 130 til 140 kg kvælstof pr. hektar landbrugsareal. Derimod er der relativt store forskelle i husdyrholdet og dermed forbruget af kvælstof i form af husdyrgødning pr. hektar landbrugsareal (kort 3). Forbruget er igen størst i det sydvestlige opland til Limfjorden, det nordlige Salling og dele af Himmerland.

Danmarks Miljøundersøgelser har beregnet udvaskningen af kvælstof fra rodzonen på kommuneniveau i Limfjordens opland i 1989 (kort 4) (Skop, 1993). Udvasningen fra landbrugsarealerne i Limfjordens opland varierede fra 40 til over 100 kg N/ha. Til sammenligning er udvaskningen fra naturarealer på omkring 5 kg N/ha (Frederiksen, 1987; Christensen et al., 1990). Størst udvaskning af kvælstof forekommer fra områderne med høj dyrkningsgrad og stort husdyrhold.

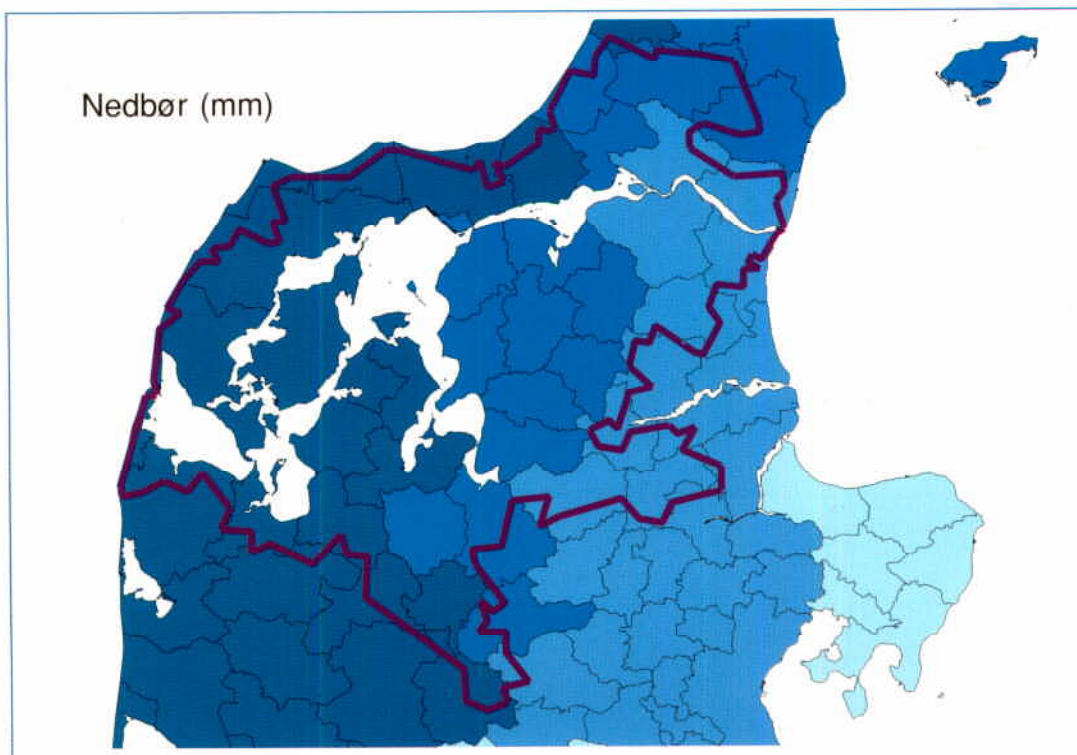
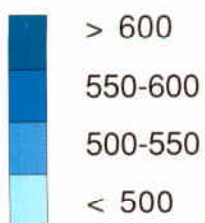
Resultater fra amtskommunernes målinger under Vandmiljøplanens Overvågningsprogram viser, at der i perioden 1989 til 1991 var en gennemsnitlig kvælstoftilførsel til vandløb fra naturarealer på 2,2 kg N/ha, mens tilførslen fra landbrugsarealer var på 23,1 kg N/ha, altså 10 gange større (Kronvang et al., 1992). Resultater fra overvågningen i 1992 viser desuden, at kvælstoftilførslen til vandløb er stigende med stigende andel landbrugsareal i oplandet (figur 7).



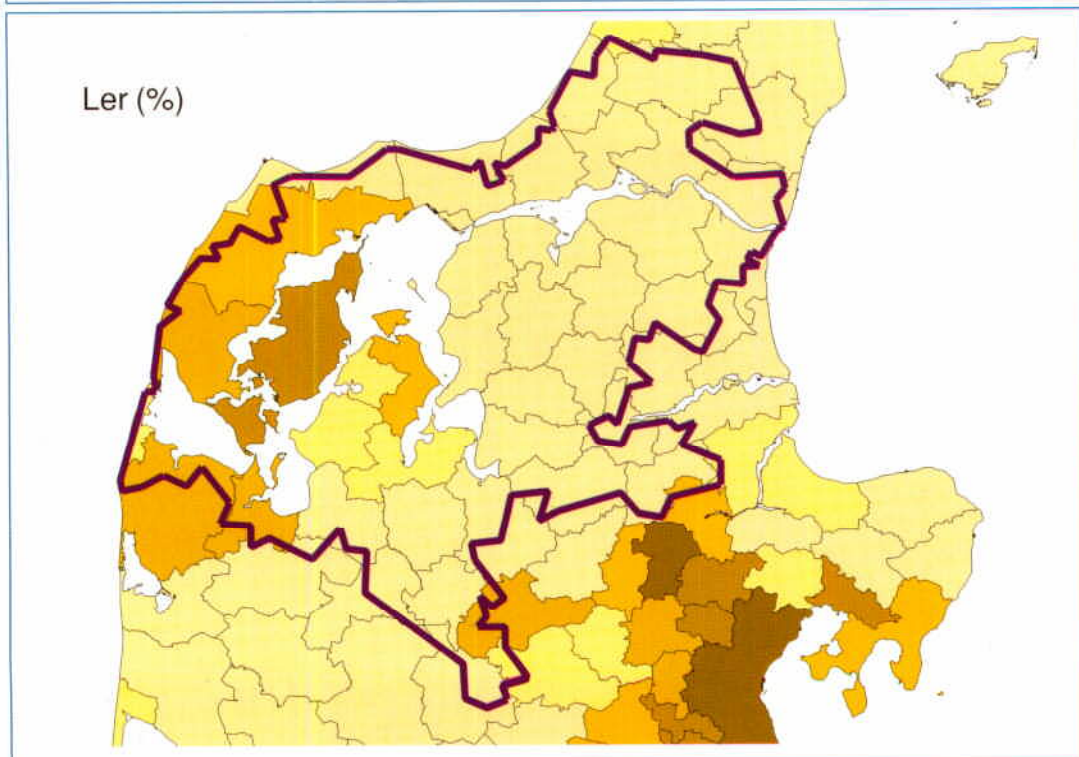
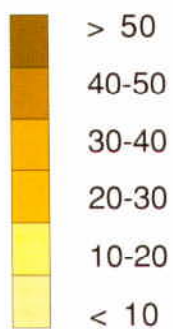
Kort 3:
Forbrug af kvælstof i husdyrgødning i 1989 i kg pr. hektar landbrugsareal for kommunerne omkring Limfjorden
(Kilde: Skop, 1993).



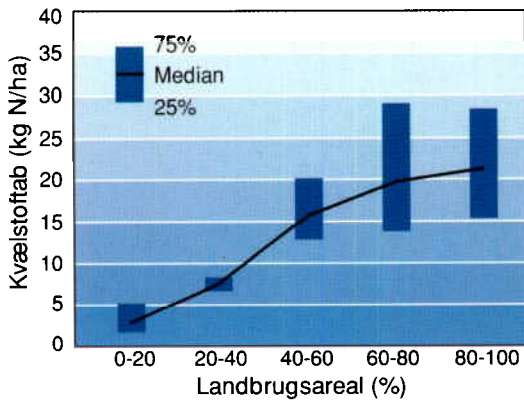
Kort 4:
Kvælstofudvaskning fra markerne i 1989 i kg pr. hektar landbrugsareal for kommunerne omkring Limfjorden
(Kilde: Skop, 1993).



Kort 5:
Nedbøren omkring
Limfjorden i 1989
opgjort på kommune-
niveau
(Kilde: Danmarks
Meteorologiske Institut).



Kort 6:
Landbrugsareal med
lerjord i procent af det
totale landbrugsareal
indenfor kommunerne
omkring Limfjorden
(Kilde: Skop, 1993).



Figur 7: Sammenhæng mellem arealtab af kvælstof og procent landbrugsareal beregnet på baggrund af målinger i 104 vandløbsoplande (Kilde: Danmarks Miljøundersøgelser).

Nedbørens betydning

Nedbørsforholdene omkring Limfjorden i 1989 er vist i kort 5. Som normalt er der en tydelig gradient med størst nedbør i den vestlige del af oplandet til Limfjorden. Da et stort nedbørsoverskud kan udvaske mere af overskudsmængden af kvælstof i landbrugsjorden, vil kvælstofudvaskningen fra markerne alt andet lige være størst i den vestlige del af Limfjorden.

Jordbundens betydning

I den vestlige del af oplandet til Limfjorden findes generelt mere lerede jorder end i den resterende del af oplandet (kort 6). På lerede og ofte drænedede jorder har overskudsnedbøren en kortere opholdstid i jorden, end tilfældet er på de sandede jorder. Derfor når en større andel af det udvaskede kvælstof fra markerne på lerjorder, hurtigere frem til vandløb uden at blive udsat for omsætningsprocesser i grundvandet.

På de sandede jorder passerer en større del grundvandsmagasinerne, hvor nitratkvælstof kan blive omsat. Resultaterne i figur 6 viser også tydeligt dette, idet der på trods af en større udvaskning af kvælstof fra

rodzonen på de sandede jorder er den mindste tilførsel til vandløb.

Søer og våde enges betydning

I oplande med søer og våde enge vil der ske en omsætning og fjernelse af en del af det kvælstof som ellers ville være nået frem til Limfjorden. I Skals å ligger flere søer (kort 1), og vandet fra omkring en fjerdedel af oplandet passerer disse søer, før det når Limfjorden. Ved passage af søer fjernes i gennemsnit 43% af de tilførte kvælstofmængder (Kristensen et al., 1990). Tilførslen af kvælstof til Limfjorden fra Skals å er da også usædvanlig lille, sammenlignet med tabet fra lignende oplande omkring fjorden (kort 1). Det samme forhold ses tydeligt fra oplandet til Hvidbjerg å i den nordvestlige del af Limfjorden (kort 1).

Betydningen af våde enge langs uregulerede vandløbsstrækninger kan ses i Karup å. Karup å er et af de mest uregulerede vandløb i Danmark. Der er mange våde enge langs åen og i disse enge kan store mængder nitratkvælstof blive fjernet. Danmarks Miljøundersøgelser har målt omsætningsrater på fra 40 til 800 kg kvælstof pr. hektar våd eng (tabel 1). Undersøgelser i en række våde enge har således vist, at der typisk kan fjernes omkring 400 kg N/ha under gode forhold. Dræning og opdyrkning af mange af vore tidligere våde enge langs vandløb har således medvirket til at øge kvælstoftilførslen til det marine miljø.

Naturlige systemer, ådale:

	Omsat kg nitrat-N/ha/år
Stevns å, våd eng	57
Rabis bæk, våd eng	398
Voldby bæk, eng	140
Voldby bæk, mose	875
Søbyvad, våd eng	590
Gjern å, våd eng	42

Tabel 1: Omsætning af nitratkvælstof på fugtige og vandmættede enge og moser langs udvalgte danske vandløb. På de fire sidstnævnte arealer undersøges kvælstofomsætningen stadig.

Sammenfatning

I sommeren 1994 er der konstateret de mest omfattende iltsvind i Limfjorden i mange år, hvilket især skyldes en usædvanlig stor kvælstoftilførsel i den foregående vinter.

Hovedparten af kvælstoftilførslen stammer fra landbrugsarealerne. Vandløb der afvander landbrugsarealer transporterer således 10 gange mere kvælstof, end vandløb der afvander naturarealer.

Der er ikke sket nogen reduktion i kvælstoftilførslen til vandløb fra det åbne land, når der tages hensyn til år til år variationer i nedbør og vandafstrømning.

Der er sket en stor reduktion i fosfortilførslen til Limfjorden, primært på grund af bedre rensning af byspildevandet.

En detaljeret repræsentativ analyse af kvælstoftilførslen fra forskellige deloplande til Limfjorden viser betydelige forskelle. Dyrkningsgrad, gødningstilførsel og nedbør er afgørende for udvaskningen fra rodzonen og jordtype er afgørende for hvor meget der når frem til vandløbene.

Fra oplande med mange våde enge eller søer er kvælstoftilførslen til Limfjorden lav i forhold til kvælstofudvaskningen. Det skyldes, at der i de våde enge og søer sker en betydelig kvælstoffjernelse.

Referencer

- Borum, J., Geertz-Hansen, O., Sand-Jensen, K. & Wiium-Andersen, S. (1990):* Eutrofierings-effekter på marine primærproducenter. 56 s. – NPo-forskning fra Miljøstyrelsen C3.
- Christensen, N., Jørgensen, F., Ernstsen, V. & Vinther, F.P. (1990):* Næringsstofomsætning i marginaliseret landbrugsjord. 62 s. – NPo-forskning fra Miljøstyrelsen A13.
- Frederiksen, P. (1987):* Næringsstofkredsløb på udyrket sandjord. 112 s. – Marginaljorder og Miljøinteresser, Miljøministeriets Projektundersøgelser 1986. Teknikerrapport, Nr. 13.
- Grant, R., Blicher-Mathiesen, G., Andersen, H.E., Berg, P., Friberg, N., Kronvang, B., Bak, J. & Rasmussen, P. (1993):* Vandovervågningsoplande, Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1992. Danmarks Miljøundersøgelser. 134 s. – Faglig rapport fra DMU, Nr. 87.
- Kristensen, P., Jensen, J.P. & Jeppesen, E. (1990):* Eutrofieringsmodeller for søer. 120 s. – NPo-forskning fra Miljøstyrelsen C9.
- Kronvang, B., Erfurt, J., Erlandsen, M., Friberg, N., Græsbøll, P., Rebsdorf, Aa. & Svendsen, L.M. (1992):* Ferske vandområder – Vandløb og kilder. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1991. Danmarks Miljøundersøgelser. 122 s. – Faglig rapport fra DMU, Nr. 62.
- Limfjordskomiteen (1990):* Stoftransportberegninger for Limfjorden 1989. Udført for Limfjordskomiteen af Hedeselskabet Hydrometriske Undersøgelser. Hovedrapport og bilagsrapport.
- Miljøstyrelsen (1993):* Vandmiljø-93. 136 s. – Redegørelse fra Miljøstyrelsen, Nr. 4.
- Nordjyllands amt (1994):* Vandmiljøovervågning – Vandløb og kilder 1993. 58 s. + bilag.
- Skop, E. (1993):* Beregning af kvælstofudvaskning på regionalt niveau. Danmarks Miljøundersøgelser. 54 s. – Faglig rapport fra DMU, Nr. 65.
- Svendsen, L.M., Erfurt, J., Friberg, N., Græsbøll, P., Kronvang, B., Larsen, S.E. & Rebsdorf, Aa. (1993):* Ferske vandområder – Vandløb og kilder. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1992. Danmarks Miljøundersøgelser. 142 s. – Faglig rapport fra DMU, Nr. 88.

Danmarks Miljøundersøgelser

Danmarks Miljøundersøgelser – DMU – er en forskningsinstitution i Miljøministeriet. 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 Forureningskilder og Luftforurening</i>
DK-4000 Roskilde	<i>Afd. for Havmiljø og Mikrobiologi</i>
Tlf. 46 30 12 00	<i>Afd. for Miljøkemi</i>
Fax 46 30 11 14	<i>Afd. for Systemanalyse</i>

Danmarks Miljøundersøgelser	<i>Afd. for Ferskvandsøkologi</i>
Postboks 314	<i>Afd. for Terrestrisk Økologi</i>
Vejlsøvej 25	
DK-8600 Silkeborg	
Tlf. 89 20 14 00	
Fax 89 20 14 14	

Danmarks Miljøundersøgelser	<i>Afd. for Flora- og Faunaøkologi</i>
Grenåvej 12, Kalø	
DK-8410 Rønne	
Tlf. 89 20 14 00	
Fax 89 20 15 14	

DMU udgiver følgende publikationer:

- Årsberetning
- Faglig rapport fra DMU
- Teknisk anvisning fra DMU
- TEMA-rapport fra DMU
- R&D Projects
- NERI Technical Report
- Særtryk af videnskabelige og faglige artikler

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.