



AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Aalborg Universitet

Kvælstofkredsløb og vandmiljøplaner

Christensen, Per

Published in:

Humanøkolog i: miljø, teknologi og samfund

Publication date:

2002

Document Version

Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):

Christensen, P. (2002). Kvælstofkredsløb og vandmiljøplaner. I Arler, Finn (red.) (red.), *Humanøkolog i: miljø, teknologi og samfund* (s. 369-388). Aalborg Universitetsforlag.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- ? Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- ? You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- ? You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Kvælstofkredsløb og vandmiljøplaner

Per Christensen

Indledning

Landbruget dækker en stor del af det danske landskab. På de to tredjedele af arealet bearbejdes jorden med henblik på at kunne dyrke forskellige afgrøder. Normalt opfatter vi denne produktion som meget forskellig fra den industrielle produktion, som noget der er tættere på naturen. Tidligere var de enkelte landbrug da også selvberørende i den forstand, at såvel input som output af næringsstoffer var lokale kredsløb, der løb tæt ved den enkelte gård. Dette billede holder ikke længere. Stadig større stofstrømme hentes ind i landbruget fra forskellige kilder med henblik på at øge produktionen. Vi ved, at dette gælder for en lang række næringsstoffer og kemikalier (pesticider), men derudover importerer landbruget også foder, vand, kalk, benzin, elektricitet osv. for at opretholde en stor produktion.

Landbruget er dog stadigvæk afhængigt af solen som input til sin produktion, og de væsentligste kredsløb omfatter derfor organisk stof og de næringsstoffer, der indgår heri. Disse store stofstrømme påvirker selvfølgelig vores landskab og det omgivende miljø. Intensivering og industrialisering af produktionen vil medføre problemer, fordi stoffer i stigende omfang tabes fra kredsløbet, som f.eks. organisk stof der tabes til vandløb og søer eller kvælstof og fosfor, der ender i grundvand eller overfladevand. Bedst beskrevet blandt de miljøproblemer landbruget har afstedkommet, er forureningen med forskellige kvælstofforbindelser. I de senere år er der også kommet fornyet fokus på tabet af fosfor, der specielt forringer miljøkvaliteten i vores vandløb.

I dag betragtes landbruget på linie med en industriel produktion med alle de tab og spild, som vi ved, det medfører. Derfor har man fra samfundets side også indset, at landbrugets produktion skal miljøreguleres. Fokus i dette kapitel vil derfor være, hvordan samfundet griber ind for at styre disse store kredsløb gennem en stadig mere detaljeret regulering. Vi vil gribe sagen humanøkologisk an og starte med at se på problemets biologiske sider - hvordan fungerer kvælstofkredsløbet - for derefter at vende blikket mod den

regulering, som samfundet indfører for at styre problemerne, og afslutningsvist vil vi derefter sætte spørgsmålstejn ved, hvordan denne udvikling skal foregå fremover.

Oppustningen af stofkredsløbene

Før 1984 var landbrugets kvælstofkredsløb ikke videre godt beskrevet. Holdningen var, at landbrug var en naturlig aktivitet, der var baseret på brugen af almindelig stoffer, der forekom i naturen, og man havde derfor svært ved at tro, at de forurenede. Landbruget var da heller ikke omfattet af den miljølovgivning, der blev etableret i midten af 1970'erne (se Kapitel 3 i denne bog). Billedet ændrede sig dramatisk i starten af 1980'erne, da man konstaterede iltsvind ud for Djurslands kyst. Det stod her klart, at udledningerne af organisk stof, kvælstof og fosfor fra byer, industri og landbrug medførte en overgødsning af havet, og den øgede omsætning af organisk stof medførte, at vandets iltindhold blev brugt op. Denne katastrofe ledte til, at man for alvor begyndte at samle information om, hvor store kvælstofudledninger fra landbruget egentlig var. Kort tid efter kunne man også dokumentere, at grundvandets indhold af nitrat var blevet tredoblet i perioden efter 2. verdenskrig (Miljøstyrelsen 1983). Alle undersøgelserne kulminerede med udsendelsen af NPO-redegørelsen i 1984 (Miljøstyrelsen 1984), hvor man for første gang tegnede et samlet billede af landbrugets kvælstofkredsløb og de tab, der var til overfladevand og grundvand.

Få havde forestillet sig landbruget som miljøforurenere. Forud for miljøreformen i 1974 var der blevet nedsat et Forureningsråd, der skulle beskrive de problemer, som miljølovgivningen skulle tage fat i. I en undersøgelse anførte de, at landbruget på det tidspunkt tilførte den gennemsnitlige hektar 83 kg handelsgødning og 49 kg naturgødning (Forureningsrådet, 1971). Ud fra modelbetragtninger anslog man, at ca. en femtedel af den tilførte kvælstof, eller 28 kg pr. ha (80.000 t/år) ville blive tabt til vandet. Forureningsrådets beskrivelse af landbrugets kvælstofforurening var på den baggrund meget afdæmpet: "Der findes ingen holdepunkter for at antage, at gødsning med de hidtil anvendte mængder medfører forurening af afgrøder og luft, og rapporten konkluderer, at den normalt heller ikke medfører en vandforurening. Den stigende anvendelse af gødning kan bevirke forurening, men de foreliggende resultater har ikke vist sammenhæng mellem gødningstilførsel og indholdet af plantenæringsstoffer i drænvand" (Forureningsrådet, 1971, 8).

Med NPO-redegørelsen i 1984, blev der tegnet et helt andet billede. Forureningen af grundvand og overfladevand skyldtes i høj grad landbruget. Det samlede spild til grundvand og overfladevand blev ikke længere opgjort til ca. 80.000 tons per år, men til 270.000 tons eller ca. 89 kg N/ha. Rensningsanlæg og industri spillede også en rolle, og derfor måtte der også tages

fat i dem, men den væsentligste påvirkning af grundvand og overfladevand kom fra landbruget, og derfor blev de skydeskive for mange af de reguleringer, der efterfølgende blev indført for at styre kvælstofkredsløbet.

Det problem, som reguleringen tager udgangspunkt i, er, at kvælstofkredsløbet er blevet så stort, at der opstår stadig mere spild. Kvælstofkredsløbet har sin egen historie, den udvikler sig som en del af grundlaget for det moderne landbrug. Det er regnet ud, at der til dansk landbrug i dag tilføres mere end dobbelt så meget kvælstof, som det var tilfældet i 1950 (Schrøder, 1984). Sammenlignet med tidligere tiders landbrugsdrift er der tale om en mangedobling.

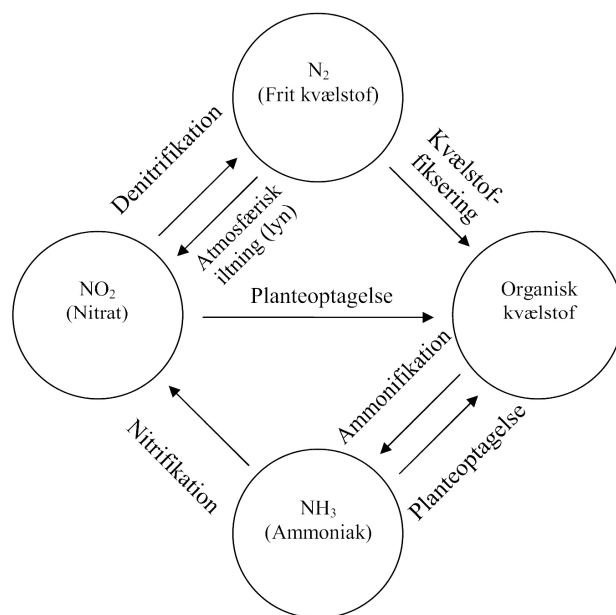
Kvælstofkredsløbet

Kvælstofkredsløbet er et af naturens mest komplicerede kredsløb. Kvælstof kan nemlig optræde på en række forskellige kemiske former, og derudover kan det optræde i såvel jord, vand og luft.

Kvælstof optræder kemisk både som en energirig og energifattig forbindelse, f.eks. som den energirige forbindelse ammoniak (NH_3) eller den energifattige forbindelse nitrat (NO_3^-). Nogle kvælstofforbindelser er luftarter som ammoniak (NH_3), frit kvælstof (N_2) eller lattergas (N_2O), medens andre er vandopløselige, som ammonium (NH_4^+), nitrit (NO_2^-) og nitrat (NO_3^-) og derfor primært optræder i vand, jordvand eller bundet til positive eller negative ioner i jorden, f.eks. på lerpartikler eller til organisk stof (humus). Endelig forekommer kvælstof som en del af det organiske materiale, f.eks. som aminosyrer (proteiner). Forenklet kan kvælstofkredsløbet i naturen beskrives som en udveksling mellem fire puljer, jf. Figur 1.

Frit kvælstof udgør 78 % af atmosfæren, men som en inaktiv gas indgår den kun meget nødtigt i kemiske omdannelser. Det frie kvælstof kan dog godt omdannes til andre former. For eksempel vil lyn kunne sammensmelte O_2 og N_2 til NO_x , de såkaldte nitrose gasser. Disse optages herefter i luftens vand og vil kunne føres med regnen ned til jorden. Dette sker i et omfang af ca. 2-3 kg N/ha under naturlige forhold. Luftens frie kvælstof tilføres også økosystemerne ved, at alger og bakterier binder luftens kvælstof til sig. Dette kunststykke kan udføres af visse fritlevende alger og bakterier samt bakterier, der lever i symbiose med typisk ærteplanter. Kvælstofbindingen kan da omdanne den fri kvælstof (N_2) til ammoniak eller ammonium ($\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$). Dette er økosystemernes normale måde at få nyt kvælstof i cirkulation til erstatning for det, der på anden måde er tabt ud af økosystemet.

Det kvælstof, planterne skal bruge, optages enten fra de bakterier, planten eventuelt er i symbiose med, eller optages direkte som nitrat (NO_3^-) eller ammonium (NH_4^+) fra jordvandet. Planten bruger primært kvælstof til at opbygge proteiner og DNA.



Figur 1. En forenklet præsentation af kvælstofkredsløbet.

I økosystemerne og på landmandens mark er der ophobet og bundet en del kvælstof. Man regner normalt med, at der er ca. 5.000 til 10.000 kg kvælstof pr. hektar i jorden. Dette er primært bundet i svært nedbrydeligt organisk materiale (humus). En mindre del findes i lettere omsætteligt organisk materiale, som f.eks. afgrøderester, rødder etc. fra tidligere afgrøder. I humuspuljen vil den svært nedbrydelige organiske kvælstof have en omsætningsstid fra årtier til årtusinder, inden den frigives. Nedbrydningshastigheden er lille, men det betyder immervæk, at i størrelsesordenen 50-100 kg sagtens kan blive frigivet fra denne pulje hvert år. Dette kvælstof kan optages af planterne og derefter indgå i det almindelige kredsløb. Jorden tilføres dog også store mængder organisk materiale hvert år, enten som naturgødning eller som de planterester og rodnet, der lades tilbage på marken efter høst. De sværere nedbrydelige dele af det organiske materiale vil bidrage til opbygningen af humus-puljen. Det anses i dag for sandsynligt, at der er balance mellem denne nedbrydning og opbygning af humus i jorden.

Den kvælstof, der tilføres et økosystem, omsættes på forskellig vis. Kvælstof tilføres bundet i organisk materiale (rodrester, fæces, urin). Dette vil blive omsat af forskellige organismer, der bruger det organiske materiale til at skaffe sig energi. Efterhånden som det organiske stof opbruges, vil kvælstof blive frigivet som ammoniak (NH_3) og indgå i jordens pulje af

ammonium (NH_4^+). Ammonium kan umiddelbart optages af planterne. Da ammonium er en energirig forbindelse, er der kamp om den, og ofte vil jordens bakterier være først til at opfange den og omsætte dens energi. Bakterierne ilter dermed ammonium (NH_4^+), så den bliver til nitrat (NO_3^-). Medens ammonium stadig er i jorden, vil den være opløst i jordvæsken eller bundet til negativt ladede partikler som ler eller humus. Da ammonium bindes relativt stærkt i jorden, samtidig med at den relativt hurtigt omdannes til nitrat, ser man meget sjældent, at den udvaskes. Det meste kvælstof ender som nitrat. Dette kan umiddelbart optages af planterne. Men en stor del af nitraten tabes også til omgivelserne. Der er to måder, hvorpå dette sker, enten som udvaskning eller som denitrifikation.

Denitrifikation er en speciel biologisk proces, hvor bakterier under iltfrie forhold i stedet for ilt bruger nitrat (NO_3^-) som iltningmiddel, når de skal omsætte organisk stof. Dermed omdannes nitrat til lattergas (N_2O) og senere til frit kvælstof (N_2). Både lattergas og frit kvælstof vil forsvinde op i luften. Denitrifikationen kan ske i alle typer af jorder, blot der er små porer, hvor der er iltfrie forhold og organisk stof til stede. I vandmættede jorder, f.eks. enge, vil denitrifikationen være høj og store dele af nitraten forsvinde ud af økosystemet. I danske jorder er der gennemsnitligt 20-25 kg N/ha, der forsvinder på denne måde hvert år.

Nitrat udvaskes let, da der ikke er ret mange positivt ladede partikler, det kan binde sig til. Den nitrat, der ikke optages af planterne, vil derfor med stor sandsynlighed udvaskes. Dette sker specielt, når jorden tilføres mere vand, end den kan holde på, hvis det f.eks. regner meget. Den overskydende vandmængde vil sive ned mod grundvandet og tage nitrat med sig. Risikoen for udvaskning er størst i efterårsmånederne, da der er overskud af nedbør, mange marker står bare efter høst, og det er så varmt, at bakterierne stadig er aktive med at omsætte det efterladte organiske materiale.

Når nitraten er udvasket kan den på sin vej mod grundvandsmagasinerne også denitrificeres til luftformigt kvælstof (N_2). Dette sker, hvis nitrat møder iltfrie forhold, hvor der f.eks. er reduceret jern til stede. På vandets videre vej, f.eks. hvis det kommer ud i vandløb, søer eller havet, vil det også kunne denitrificeres, hvis miljøet er iltfrit, og der er organisk stof til stede. I det lange løb vil kvælstof forsvinde ud af økosystemet igen. Den aktuelle koncentration afhænger dermed af balancen mellem tilførsel og fraførsel af kvælstof.

Landbrugets kvælstofkredsløb

I naturlige økosystemer er der en balance mellem fjernelse og optag af kvælstof. Det meste kvælstof findes i det organiske materiale, men noget tabes hele tiden ved denitrifikation og udvaskning. I et økosystem i balance vil tilsvarende mængder normalt blive optaget gennem kvælstofbinding. Når

mennesket begynder at manipulere med økosystemerne for at gøre dem til landbrugssystemer, påvirkes disse kredsløb. Effekten er blandt andet, at kredsløbene åbnes, så import og eksport af næringsstoffer bliver dominerende træk ved kredsløbet. I det moderne landbrug er stofkredsløbene meget åbne. Der tilføres store mængder organisk stof og næringsstoffer samtidig med, at en stor del af det producerede organiske stof fjernes fra systemerne igen. I sådanne økosystemer har de biologiske organismer ringe kår, da der høstes hvert år, der pløjes, ukrudt fjernes, og samtidig tilføres der store mængder af næringsstoffer udefra. Det betyder, at det er svært at ”lukke stofkredsløbene” og resultatet er et tab af stoffer ud af systemet.

I NPO-redegørelsen opgjorde man alle tilgængelige tal for forskellige input og output fra landbruget. Udgangspunktet var at opstille en massebalance, der kunne eftervisse, om kendte input svarede til kendte output. Der var selvfølgelig store problemer med at skaffe data så de enkelte poster kunne opstilles. Det viste sig, at der, da alle tal var opstillet, stadig var en ”rest” på 100.000 tons, der ikke kunne gøres rede for, jf. Tabel 1. Mange af tallene på output siden var derfor underestimerede, og man delte efterfølgende de 100.000 tons ud på nogle af de andre output. Det betød, at udvaskningen steg til 210.000 tons om året svarende til 70 kg N/ha. Oven i dette kom så udledninger fra gården (møddinger, gyllebeholdere etc.) på i alt 60.000 tons til jord, grundvand og overfladevand. Landbrugets samlede spild af N-forbindelser til overfladevand og grundvand androg således i alt 270.000 tons, eller 89 kg N/ha.

En så stor udvaskning kom som et chok og set i relation til debatten om nitrat i drikkevandet var det en bombe. Forudsættes det, at nettonedbøren er cirka 27 cm vandsøjle (med en nedbør på 68 cm og en fordampning på 41 cm), betyder det, at N-indholdet i det vand, der forlader rodzonen, vil være 26 mg N/l eller svarende til ca. 124 mg NO₃/l. Dette skal sammenholdes med, at den vejledende grænseværdi for drikkevand er på 25 mg/l og den højst tilladelige er på 50 mg NO₃/l. Landbruget var dermed på kollisionskurs med hele den danske vandforsyning, miljøbevægelser og offentlige myndigheder.

NPO-redegørelsens tal har selvfølgelig været til diskussion, og landbruget har da også tit sat spørgsmålstegn ved dem. Tallene, der blev fremlagt i NPO-redegørelsen, har dog i mange henseender holdt vand. Antallet af målinger er mange gange større i dag, og vi har mere avancerede computermodeller til vores rådighed, men alligevel peger tal fra slutningen af 1990'erne på, at landbruget efter at have implementeret en del af vandmiljøplanerne havde en udvaskning på 72 kg N/ha! Så helt ved siden af ramte NPO-redegørelsen nok ikke.

	Tilførsel			Fraførsel	
	1.000 tons	Kg/ha		1.000 tons	kg/ha
Handelsgødning	376	130	Nettosalg af planteprodukter	30	10
Importeret foder +			Nettosalg af animalske produkter	70	25
Fiskeprodukter	180	60	Halmafabrænding	6	2
Regnvand + tørdeposition	60	20	Denitrifikation i rodzonen	90	30
Biologisk N-binding	30	10	Ammoniakfordampning	130	45
			Afløb og nedsivning af staldgødning og ensilage	60	20
			Udvaskning (model)	160	53
			”Rest”	100	35
Balance	646	220	Balance	646	220

Tabel 1. Totalbalance for kvælstof i danske landbrug 1981-82 (Miljøstyrelsen 1984).

NPO-redegørelsen affødte et forskningsprogram samt egentlige overvågningsprogrammer. De mange data, der gennem de seneste 15 år er indsamlet, afrapporteres nu løbende. Siden 1990 er der kommet årlige afrapporteringer af landbrugets kvælstofforbrug og påvirkningerne af vores vandmiljø. Det er derfor muligt at tegne et mere opdateret billede af situationen, som den har udviklet sig siden NPO-redegørelsen. I det følgende præsenteres et øjebliksbillede af situationen omkring 1998/99 (jf. Tabel 2), men nyere tal, som demonstrerer udviklingen i landbrugets håndtering af deres kvælstofkredsløb, dukker hele tiden op.

	Tilførsel			Fraførsel	
	1987/88	1998/99		1987/88	1998/99
Handelsgødning	132	97	Fraført med planteprodukter	22	30
Importeret foder +			Fraført med animalske produkter		
Fiskeprodukter	77	82	Tab til omgivelser	32	42
Affald	1	3		188	143
Regnvand + tørdeposition	17	15			
Biologisk N-binding	15	17			
Balance	242	214	Balance	242	215

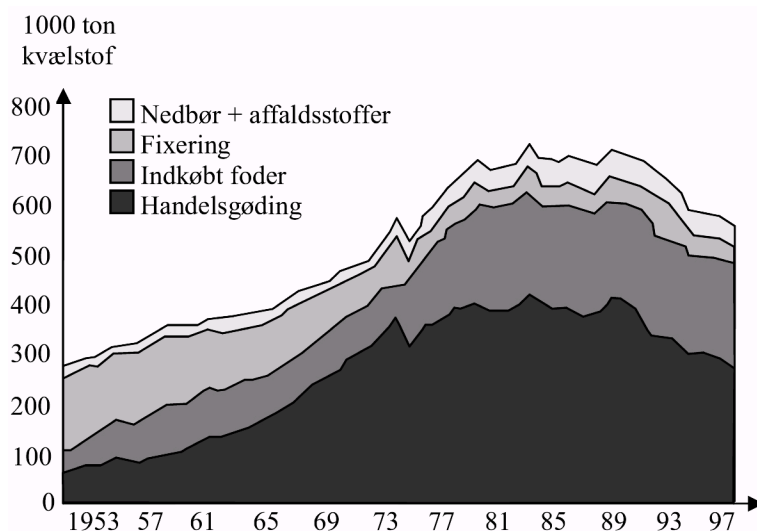
Tablet 2. Totalbalance for kvælstof i danske landbrug i 1987/88 og 1996/97, alle tal opgjort som kg N/ha (Danmarks Statistik 1998, samt DMU & DJF 2000b).

I beskrivelsen af landbrugets kvælstofkredsløb er den væsentligste faktor tilførslen af kvælstof til markerne. Kvælstof tilføres dels som handelsgødning, dels som naturgødning. Mængderne af naturgødning afhænger af, hvor stor husdyrbestanden er. Gennem det sidste århundrede er mængden af dyr i landbruget steget. Antallet af kvæg var tidligere på omkring 3 mill. stk., men er faldet til under 2 mill. efter, vi er blevet underlagt EU's begrænsninger i mælkekvoterne. Produktionen af svin er steget jævnt og er i dag nået op omkring 23 mill. slagtesvin om året. Produktionen af husdyrgødning er steget fra omkring 40 kg N/ha i 1900 til i dag at ligge omkring 100 kgN /ha. Udover naturgødning tilføres markerne også spildevandsslam. Mængden heraf er vokset i takt med udbygningen af renseanlæggene, og i 1998/99 tilførtes landbruget en mængde svarende til 8.000 tons N/år.

Forbruget af handelsgødning, der først blev introduceret i starten af sidste århundrede, er vokset eksplosivt siden da, jf. Figur 2. Omkring 2. verdenskrig lå forbruget på 11 kg N pr. ha og var i 1970 vokset til 91 kg N/ha, og i NPO-redegørelsens tal fra 1980 var forbruget opgjort til 130 kg N/ha. Udviklingen toppede i 1989/90 med et forbrug omkring 138 kg N/ha. Siden er forbruget af kvælstofgødning faldet primært som en følge af, at reguleringerne af landbrugets kvælstofanvendelse har medført, at naturgødningen udnyttes bedre. Forbruget af handelsgødning var således i 1998/99 nede

omkring 260.000 tons/år svarende til 97 kg N/ha (DMU & DJF 2000b), og det vil falde yderligere i årene fremover. Landbruget tilføres også en stor mængde kvælstof i det indkøbte foder. Denne mængde blev i NPO-redegørelsen opgjort til 180.000 tons. Mængden af importeret foder er siden vokset på grund af den stigende produktion af slagtesvin, og indholdet af kvælstof udgør i dag 220.000 tons (DMU & DJF 2000b).

Figur 2. Udviklingen i den samlede kvælstoftilførsel til dansk landbrug fra

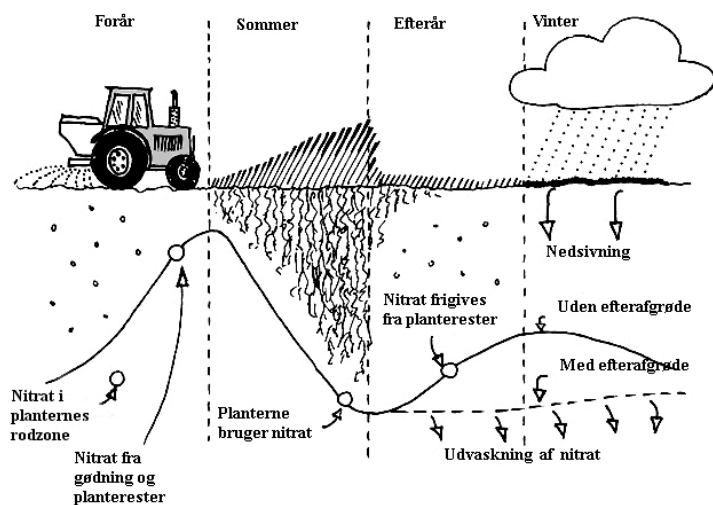


1953 til 1997 (omtegnet efter Knudsen et al. 2000, 34).

Den samlede tilførte mængde af kvælstof til det samlede landbrugs-økosystem svarer i dag til 575.000 tons N/år eller 215 kg N/ha/år (DMU & DJF 2000b). I 1998/99 er kvælstofanvendelsen i dansk landbrug således på højde med, hvad den var i 1980/81, jf. Tabel 1, som var de år, NPO-redegørelsens tal var baseret på. Udviklingen er imidlertid vendt. Indtil 1987/88 voksede kvælstofanvendelsen, og siden er den gradvist aftaget, jf. Tabel 2, hvor tallene fra 1987/88 også er angivet. Det samlede spild af kvælstof er reduceret fra over 500.000 tons i NPO-redegørelsen til i 1998/99 at være på 383.000 t. Ifølge de seneste opgørelser antages det, at der af disse udvaskes ca. 195.000 tons N pr. år eller 72 kg N/ha (DMU & DJF 1998), hvilket er en reduktion på ca. 62.000 tons N set i relation til de tal, der blev arbejdet med i NPO-redegørelsen, jf. Tabel 1.

Som det fremgår af behandlingen af kvælstofkredsløbet, er naturgødningen et langt større problem end handelsgødningen. Kunstgødning har den fordel, at den kan doseres ret præcist lige ved starten af dyrkningsæsonen.

Naturgødningen er mere problematisk, fordi den opbevares i lange perioder og derefter spredes ud på marken for til sidst at nedpløjes med mulighed for, at den tabes til luften undervejs. Derudover tilføres den ikke altid jorden på det optimale tidspunkt. Noget kvælstof omdannes til nitrat på tidspunkter, hvor jorden ligger bar efterår og vinter med risiko for udvaskning, jf. Figur 3. Endelig tager naturgødning lang tid om at omdannes, så en del (10-20%) vil ikke omdannes og frigøres inden for vækstsæsonen men først senere, igen med risiko for udvaskning. Alle disse forhold medfører, at naturgødningen af landmanden regnes som havende en mindre effektivitet end handelsgødningen. Nogle landmænd har tidligere sat den til 0, altså betragtet naturgødningen som et affaldsprodukt, men vandmiljøplanerne har sat fokus på en bedre udnyttelse af kvælstof, så effektiviteten er steget markant siden da.



Figur 3. Udvikling i jordens nitratinhold gennem året. Der gødskes om foråret, og gennem sommeren optager planterne kvælstof. Der er ingen udvaskning, da overskuddet af vand er lille. Efter høst mineraliseres planteresterne og den udbragte gylle/gødning. Det medfører, at nitratinholdet stiger, og med den øgede nedbørsmængde vil der kunne ske en udvaskning. Med brug af efterafgrøder opsuges noget af det overskydende nitrat (omtegnet efter Knudsen et al. 2000).

Handelsgødningsforbruget påkalder sig selvfølgelig også interesse. Efter at landmanden har kørt naturgødningen ud, doserer han handelsgødningen. Hvis holdningen er, at naturgødningen er et affaldsstof, så gøder landmanden med handelsgødning som om, naturgødningen ikke var tilført,

og resultatet er, at der samlet set tilføres alt for meget kvælstof. Det har da også været diskuteret at lægge afgift på handelsgødningen for at nedsætte forbruget. Det meste af den regulering, der foretages, sigter dog på at forbedre udnyttelsen af naturgødning med det resultat, at des bedre naturgødningen udnyttes, des mindre handelsgødning bør der i princippet blive brugt.

Vi har nu gennemgået de muligheder, der foreligger for at justere på landbrugets produktion med henblik på at nedsætte udvaskningen af kvælstof og spild af ammoniak. I det følgende afsnit ser vi på, hvordan dette så har fundet sted gennem de mange handlingsplaner, der er opstillet for landbruget.

Reguleringen af landbrugets kvælstofanvendelse

I starten af 1980'erne stod det klart, at landbruget var hovedsynderen i forurenningen af grundvandet med nitrat, samt en væsentlig bidrager til de hyppige forekomster af iltsvind. På baggrund af NPO-redegørelsen vedtog Folketinget i foråret 1985 den såkaldte "NPO-lov." Den greb ind over for håndteringen af gødning ved at stille krav til "ulovlige" møddinger, opbevaringskapacitet til naturgødning og udbringningstidspunktet i perioden efter høst (Anker 1996). NPO-loven havde følgende indhold:

- *miljøgodkendelse* bliver et krav for større husdyrbrug
- *møddingsforhold* skal bringes i orden, så der ikke sker spild
- *saftgivende ensilage* skal opbevares på fast bund
- *afbrænding af halm* på marken skal bringes til ophør
- *opbevaringskapacitet til husdyrgødning* svarende til mindst 6 mdr. for landbrugsejendomme med mere end 20 dyreenheder
- *udbringning* af gylle på ubevoksede marker må ikke ske fra høst til 1. november
- *nedfældning* af gyllen skal ske inden for 24 timer, hvis den udbringes på ubevoksede arealer
- *harmoniregler* der fastsætter, hvor mange dyr der må være per hektar. Der må være 2 dyreenheder pr. ha på blandede brug, 1,7 for svinebrug og 2,3 for kvægbrug. Ved overskud af gylle kan der laves skriftlige aftaler med naboer om udbringning på deres marker.

Disse bestemmelser retter sig primært mod nedbringelse af gårdbidraget og sikring af, at gødning udspreddes på markerne på et bedre tidspunkt, altså undgå at der sker en mineralisering i løbet af efteråret. Endelig ser vi de første indgreb mod luftforurening i form af forbud mod halmafbrænding og hurtig nedfældning af gyllen, så der ikke fordamper så meget ammoniak.

NPO-lovens reguleringer var de første spæde forsøg på at styre kvælstofkredsløbet. Reglerne havde nærmest karakter af afhjælpende foranstalt-

ninger i den forstand, at de drejede sig om at have forsvarlig og stor nok opbevaringskapacitet, og derudover at der ikke spredtes for meget gylle på de enkelte marker. Reglerne greb endnu ikke afgørende ind i landbrugets produktionsforhold og derudover var de karakteriseret ved kun at dække udvalgte aspekter af det samlede kvælstofkredsløb. NPO-loven var baseret på generelle reguleringer, d.v.s regler gældende for alle landbrugere, uden mulighed for, at amter og kommuner kunne differentiere i denne regulering. Den er dermed en stofkredsløbsplan jf. definitionen heraf i Kapitel 16 i nærværende bog, karakteriseret ved at den ingen sammenhæng har med den regionale planlægning.

Kort tid efter gennemførelsen af NPO-loven dukkede kvælstofdebat-ten igen op på den politiske arena. I efteråret 1986 blev det sydlige Kattegat endnu engang ramt af iltsvind. Dette, sammen med den miljøpolitiske mobilisering i midten af 1980'erne, satte gang i en kraftig debat om havforureningen, der medførte den efterfølgende vedtagelse af vandmiljøplanen. Billeder af de døde hummere gik via fjernsyn landet rundt, og en efterfølgende TV-debat mellem fiskeriministeren og direktøren for Danmarks Naturfredningsforening, hvor ministeren blev aftvunget, at der skulle laves en yderligere handlingsplan, er velbeskrevet (ATV 1990, Andersen & Hansen 1991).

Danmarks Naturfredningsforenings handlingsplan slog fast, at alle ulovlige udledninger skulle stoppes, at alle kommunale rensningsanlæg skulle udbygges til ensartet højt rensningsniveau, samt at landbrugets samlede belastning af miljøet med gødningsstoffer måtte halveres inden for 2 år. Folketinget vedtog i november 1986 vandmiljøplanen, hvor hovedpunktet var en tilslutning til det vidtgående krav om en halvering af kvælstofspildet. Folketinget opfordrede heri regeringen til: ”at sikre, at alle ulovlige udledninger fra kommunale rensningsanlæg, industri og landbrug bringes til ophør inden 1. maj 1987,” samt ”inden 1. februar 1987 at fremlægge en samlet plan - herunder for investeringer - der betyder, at udledninger af kvælstof reduceres med 50% og udledning af fosfor med 80% inden for 3 år.”

Denne beslutning blev konkretiseret i januar 1987 gennem krav til reduktion i udledningerne af kvælstof og fosfor til vandmiljøet for både landbrug, industri og kommunale renseanlæg, jf. Tabel 3. Opfølgningen af disse reduktioner er blandt andet sket ved, at der er fastsat faste, lave grænseværdier for udledningerne af kvælstof og fosfor fra kommunale rensningsanlæg.

	Udledning ifølge NPO-redegørelsen	Reduktion i tons	%	Udledning efter planens gennemførelse
Landbrug	260.000	127.000	49	133.000
Kommunale renselanlæg	25.000	15.000	60	10.000
Industriudledninger	5.000	3.000	60	2.000

Tabel 3. Fordelingen af vandmiljøplanens mål om en halvering af kvælstofudledninger på de forskellige typer af udledere (Miljøministeriet 1987).

Med vandmiljøplanen blev landbruget forpligtet til at reducere udledningerne med 127.000 t/år. Vandmiljøplanen fik følgende indhold:

- *opbevaringskapaciteten* blev skærpet til 9 mdr. for landbrug over 30 DE, medens landbrug mindre end 30 DE blev fritaget. Fristen for gennemførelse blev udskudt til 1/1 1993
- *overdækning* af alle gylletanke med flydelag eller membran
- *nedfældning* af gødningen efter udbringning blev skærpet til 12 timer
- *grønne marker* skulle udgøre et stigende areal fra 45% i 1988 voksende til 65% af arealet i 1990. I definitionen på en grøn mark indgår vinterafgrøder, efterafgrøder, majs, roer og halmnedmuldning.
- *gødningsplanlægning* skal laves for den enkelte ejendom, og der udarbejdes vejledende normer for de enkelte afgrøder, så det kan konstateres, om der sker overgødsning.

Som det fremgår, tager vandmiljøplanen fat i en mere specifik regulering af håndteringen af husdyrgødningen herunder også hensyn til ammoniakfordampningen. Samtidig introduceres nu for første gang så småt krav til, hvordan der dyrkes i og med, at gødningsnormer og afgrødevalg er kommet på dagsordenen. Der er stadig tale om generelle reguleringer, men de bevæger sig nu stadig mere ind til kernen i landbrugsproduktionen i og med, at de sætter krav for, hvordan der produceres. Det er svært at lave højere skorstene og rensningsanlæg på landbrug, så derfor sprang landbrugsreguleringen hurtigt hen til at stille krav til produktionen, tilsvarende hvad man i disse år ønskede at gøre for reguleringen af industrierne under betegnelsen renere teknologi. Med vandmiljøplanen blev så mange aspekter af kvælstofkredsløbet reguleret, at der er tale om et godt eksempel på en stofkredsløbsplan.

I slutningen af 1980'erne slog Danmark generelt ind på en politik om, at bæredygtighed skulle være et generelt mål for samfundsudviklingen (jf. Kapitel 16). Det betød også, at princippet om sektorintegration blev knæsat, miljøhensyn skulle med andre ord integreres i de enkelte sektorer. Folketin-

get havde i 1989 en forespørgselsdebat om bæredygtigt landbrug, og regeringen blev her forpligtet til inden foråret 1991 at fremlægge en sådan "bæredygtig" plan for landbruget (Anker 1996). Samtidig var der så lejlighed til at lave en evaluering af, om man med de krævede foranstaltninger kunne nå reduktionsmålet på 127.000 tons N om året i vandmiljøplanen.

I 1990 kunne Miljøministeren slå fast, at målene ikke kunne nås med de opstillede virkemidler (Anker 1996). I "Handlingsplan for en bæredygtig udvikling i landbruget," der kom i foråret 1991, justerede man derfor endnu engang indholdet i vandmiljøplanen (Miljøministeriet 1991). Den bæredygtige handlingsplan for landbruget havde følgende indhold:

- *udbringning* af gylle må kun ske fra høst til 1. oktober på marker med vinterafgrøde ellers først efter høst til 1. februar det følgende år
- umiddelbar nedfældning af gyllen
- *fast husdyrgødning* må ikke udbringes fra høst til 20. oktober på marker, hvor der ikke efterfølgende er en afgrøde
- *opbevaringskapacitet* på 9 mdr. på alle husdyrbrug
- *udbringsudstyr* skal udvikles med henblik på nedfældning af gyllen
- *handelsgødningsforbruget* skal overvåges for at sikre, at det falder
- *udnyttelsen af gylle* skal gøres mere effektiv stigende for svinegylle fra at være 45% i 1993 til 50% i 1996 og for anden gylle fra 40% til 45%
- *offentlig kontrol* med udarbejdelse og overholdelse af gødningsplaner
- *specielt miljøfølsomme områder* skal udpeges i Nordjyllands, Århus og Viborg amter med henblik på at udnytte EU's ekstensiveringsordninger som støtte til nedsættelse af kvælstofforbruget.

Generelt for handlingsplanen for et bæredygtigt landbrug var, at opfyldelsen af vandmiljøplanens krav om halvering af kvælstofudvaskningen blev fastholdt, men opfyldelsen heraf blev skubbet til år 2000.

Med handlingsplanen for et bæredygtigt landbrug skærpedes reguleringen yderligere. Man tog konsekvensen og fjernede gødning fra de "bare marker" om efteråret, og nok så interessant bevægede man sig yderligere ind i produktionen ved at stille krav til udnyttelseseffektiviteten af gyllen. Som stofkredsløbsplan betragtet var fundamentet stadig de generelle reguleringer, men den første åbning mod en integrering med den amtslige planlægning kom i og med, at SFL-områderne i de nordjyske amter skulle bruges til at målrette ekstensiveringen af landbrugsproduktionen inden for zoner udpeget af de tre amter.

Allerede i midten af 1990'erne stod det igen klart, at de virkemidler, der var taget i anvendelse i de tre foregående planer, ikke var tilstrækkelige. En lang række målinger viste således, at kvælstofudvaskningen siden midten af 1980'erne kun var reduceret med 15% (Miljøstyrelsen 1998). Det blev af Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) og Danmarks Jordbrugsforskning

(DJF) angivet, at der ikke kunne opnås en halvering af kvælstofudvaskningen. Reduktionen i udvaskningen fra markerne skal være 100.000 tons N om året, men vandmiljøplanen og planen for et bæredygtigt landbrug, anslog man, kun ville nedsætte udvaskningen med 63.000 tons. Men dette var kun under forudsætning af at tiltagene var gennemført, hvilket de ikke var på daværende tidspunkt, så reelt var udvaskningen kun nedsat med ca. 35-40.000 tons eller ca. 15%. Forudsat at de tidligere planer blev efterlevet, skulle der findes yderligere 37.000 tons. Dette blev så anledningen til Vandmiljøplan II, der så dagens lys i efteråret 1997.

Med Vandmiljøplan II blev en ny række virkemidler taget i brug. Som det fremgår af Tabel 4, er der tale om, at man medregner effekten af en lang række tiltag med relation til anden planlægning (SFL-områder og skovrejsning), man medregner bedre udnyttelse af foder, omlægning til økologisk jordbrug etc. Men derudover indføres tre ny virkemidler, som væsentligt skærper reguleringen af kvælstofkredsløbet. Mest omdiskuteret har været initiativerne med de *våde enge*. Forskningen har gennem 1990'erne vist, at våde enge kan bruges som en slags rodzoneanlæg og fjerne ca. 2-500 kg N pr. ha gennem denitrifikation (DMU 1997). Udpegningen af lavbundsarealer, der kan genoprettes som vådområder, er nu et tema, der skal indeholdes i regionplanlægningen (Miljø- og Energiministeriet 1998).

Middel til reduktion	Kg N/ha	Antal ha	Miljøeffekt i tons
Våde enge	350	16.000	5.600
SFL-områder	22	90.000	1.900
Skovrejsning	55	20.000	1.100
Efterafgrøder	25	100.000	2.500
Omlægning til økologisk jordbrug	17	170.000	3.000
Bedre udnyttelse af foder			2.400
15 pct. Bedre udnyttelse af husdyrgødning			10.600
Gødningsnorm ned med 10%			10.500
I alt			37.000

Tabel 4. Vandmiljøplan II og de initiativer, der iværksættes for at opfylde kravet om en halvering af kvælstofudvaskningen (DMU & DJF 1998).

Herudover er Vandmiljøplan II nytænkende med hensyn til regulering på spørgsmålet om de optimale gødskningsnormer. Som det fremgår, sænkes gødningsnormen med 10%, og derudover kræves en øget effektivitet af ud-

nyttelsen af husdyrgødningen, det vil sige, at husdyrgødningen i gødningsregnskaberne skal tilregnes en større effektivitet og dermed fortrænge mere handelsgødning. Dette perspektiv understreges yderligere af, at der inden 2003 ifølge EU's nitratdirektiv kun må udbringes husdyrgødning svarende til 170 kg N/ha (Miljøstyrelsen 1998). Miljøstyrelsen definerer en DE som 100 kg N, og det betyder, at harmonikravene fremover skal skærpes, da der i dag gennemsnitligt er tale om harmonikrav på mellem 1,7 og 2,3 DE. Som følge af nitratdirektivet skal harmonikravene fra 2002 nedsættes til 1,7 for kvægbrug og 1,4 for svinebrug.

Med Vandmiljøplan II øges reguleringens påvirkning af landbrugets produktionsforhold, når vi snakker foderudnyttelse, udnyttelse af gyllen og nedsættelse af gødningsnormerne. Det bliver nu også stadig tydeligere, at landbrugsreguleringen får indflydelse på teknologiudviklingen, hvad enten det drejer sig om styret foder-kemi, gylleudspredning, gylleseparation etc. Derudover er det nok så interessant at konstatere, at Vandmiljøplan II henter en del af sin effekt fra en systematisk sammenknytning med en række ekstensiveringsordninger. Det gælder både ordninger som SFL-områder (Særligt Følsomme Landbrugsområder), skovrejsning og initiativet med de våde enge, der alle direkte er bundet sammen med den amtslige regionplanlægning, samt økologiordningen der er en støtteordning af mere generel karakter. Vandmiljøplan II kan dermed ses som et skridt hen mod en inddragelse af landbruget i plansystemet.

Vandmiljøplan II blev evalueret i efteråret 2000. Det blev her fastslået, at dens virkemidler, hvis de blev implementeret, kunne nedbringe forurening så meget, at der kun manglede få tusinde tons i at nå målet (DMU & DJF 2000a). Dette var baseret på beregninger af, hvad effekten af de igangsatte virkemidler ville være i 2003, og det afstedkom en række diskussioner af, om man var for optimistiske, om det var et "skønmaleri," man præsterede eller ej (Naturrådet 2000). Folketinget vedtog imidlertid at lappe på Vandmiljøplan II ved at stramme lidt op, bl.a. med hensyn til kvælstofkvoterne for efterafgrøder og brødhvede (Ministeriet for fødevarer, landbrug og fiskeri & Miljø- og Energiministeriet 2001). Herudover blev det ved denne lejlighed markeret, at der ved udløbet af Vandmiljøplan II i 2003 skulle tages stilling til en Vandmiljøplan III, og det blev allerede her fremhævet, at et væsentligt indhold i denne ville være en regulering af landbrugets fosforanvendelse.

Kort tid efter evalueringen af Vandmiljøplan II kom i foråret 2001 den ammoniakhandlingsplan som var blevet annonceret, da man indgik forliget om Vandmiljøplan II. Hovedindholdet er en fortsat fokusering på forbedret gødningshåndtering, så afdampningen af ammoniak mindskes. Det gælder således krav om udmugning og lagring for pelsdyrgødning, overdækning af møddinger og gyllebeholdere, forbud mod bredspredning af gylle samt krav om nedfældning inden for 6 timer. Udover disse traditionelle skærper af gødningshåndteringen er planen også nydannende, fordi den peger på, at der skal ske en lokal skærpet regulering af ammoniakudledningerne inden for

zoner rundt om sårbare naturtyper. Afgrænsningen af disse zoner afventer dog Wilhjelmudvalgets arbejde og dets konkrete implementering. Wilhjelmudvalget, der har arbejdet med en national handlingsplan for biodiversitet, har også haft de sårbare naturområders kvalitet som et kardinalpunkt, og ved deres aflevering af betænkningen i august 2001 peges der på, at der omkring specielt sårbare områder skal udlægges zoner på 300 m (svarende til 8% af landsbrugsarealet), hvor der kan gribes ind over for nyetablering af ammoniakudledende aktiviteter (Wilhjelmudvalget 2001). En tilsvarende udvikling ser vi i forhold til VVM-godkendelser, hvor der også er åbnet mulighed for, at en beliggenhed tæt ved sårbare områder kan medføre skærpede krav.

Stofkredsløbsplanlægning eller differentieret regulering?

Med ammoniakhandlingsplanen og de seneste versioner af vandmiljøplan II er der grund til optimisme omkring opnåelsen af de oprindelige mål om nedsættelsen af kvælstofudvaskningen. Målet skal nok blive nået. Men det står lige så klart, at det ikke er tilstrækkeligt. Tre væsentlige forhold gør sig her gældende. For det første viser det sig, at målsætningen om at mindske udvaskningen med 127.000 tons N ikke er tilstrækkelig. Antager vi, at landbrugets udvaskning kommer ned på 130.000 tons N, så svarer det til, at der udvaskes 48 kg N/ha. Med en nettonedbør på 27 cm svarer det til, at det vand, der forlader rodzonen, gennemsnitligt vil indeholde 17,8 mg N/l eller omregnet til nitrat 77 mg NO₃/l. Dette er næppe tilfredsstillende for den generelle grundvandskvalitet, så yderligere initiativer må helt klart etableres. En af disse, som vi dog endnu ikke kender effekterne af, er brugen af aftaler eller ekspropriation inden for de zoner amterne har udpeget som "områder med særlige drikkevandsinteresser."

Der er heller ingen tvivl om, at fokus i disse år ved at flytte sig fra kvælstofkredsløbets generelle belastning af grundvand og overfladevand til belastningen med ammoniak og fosfor. Ammoniakfordampning er i de senere år kommet i fokus fordi mange sårbare naturtyperes tålegrænse er overskredet med den luftbårne ammoniak og andre kvælstofforbindelser, der afsættes på dem. Selv om ammoniakbelastningen på grund af den bedre gødnings håndtering er væsentlig nedsat, overskrides tålegrænser stadig, og det viser sig nu som en stadig forringet naturkvalitet i moser, heder og overdrev. Derfor flyttes fokus over på ammoniak-emissionen, og som sagt er konsekvensen, at der udover flere generelle reguleringer sættes på brugen af differentierede virkemidler anvendt i zoner omkring de sårbare naturtyper, som amterne formodentlig skal udpege i regionplanen.

For det tredje er fosfor kommet i fokus. Fosfor var også med i vandmiljøplan I, men da mest som byernes og industriens problem, der primært skulle løses gennem bedre rensning. Her er der sket væsentlige fremskridt, og målene er nået. Nu viser det sig imidlertid, at landbrugets fosforbelast-

ning givetvis har været undervurderet, i hvert fald er den vokset i relativ betydning, da den nu er den væsentligst kilde til fosforforurening. Man er blevet opmærksom på, at mange jorder nu er mættede med fosfor med risiko for, at det kan øge udvaskningen til grundvandet. Derudover er man blevet opmærksom på, at meget fosfor udvaskes til vandløb ved erosion af åbrinker. Fosfor trænger sig på som et problem for landbruget, og derfor er der som annonceret i det seneste forlig omkring Vandmiljøplan II også lagt op til, at en regulering heraf skal sættes i værk, når Vandmiljøplan III skal forhandles i 2003.

De efterhånden 5 handlingsplaner, der er lavet for at styre landbrugets kvælstofkredsløb, er gode eksempler på det, jeg i Kapitel 16 har kaldt stofkredsløbsplanlægning. Man forsøger at styre et helt stofkredsløb gennem brugen af generelle reguleringer og med fokus på teknologisk udvikling. Derudover kan planerne vel karakteriseres ved at være inkrementalistiske i den forstand, at målene gennem hele processen har været fastholdt samtidig med, at der har været stor usikkerhed om virkningen af de virkemidler, der har været bragt i anvendelse. Støt og roligt har man arbejdet sig frem mod en stadig bedre forståelse af effekten af de enkelte virkemidler. Den usikkerhed, der har været undervejs i forløbet, har selvfølgelig været udnyttet til bestandig at trække debatten om problemets karakter og rimeligheden af indgrebene frem igen, men i og med at politikerne har formået at fastholde målet, har det kun været muligt at skubbe tidspunktet for reguleringens implementering fra oprindeligt at have været omkring 1993 til nu at være 2003.

De virkemidler, der er taget i brug, er blevet mere radikale i den forstand, at de i stadig højere grad har rettet sig mod selve landbrugets produktionsvilkår og ikke kun på opbevaring og udspredning af gylle. Derudover er de karakteriseret ved at være generelle reguleringer uden sammenhæng med den "miljøplanlægning," som foregår i regionplanen. Men vi har også set en række initiativer, der søger at integrere landbrugsreguleringen i regionplanen, så det via en differentieret enkeltsagsbehandling eller støttetildeling bliver muligt at gå ind og stille skærpede krav inden for eksempelvis områder, der er udpeget med en særlig drikkevandsinteresse.

Det, vi er vidne til i disse år, er således, at de to plansystemer der er bygget op, så at sige parallelt, nu skridtvis begynder at blive integrerede. Dette åbner op for en stadig mere lokalt orienteret landbrugsplanlægning, der inddrager lokale forhold som jordbundens beskaffenhed, grundvandets beskyttelse, sårbare naturområder etc. i reguleringen af landbruget. Landbruget må derfor i fremtiden se i øjnene, at de ikke har en privilegeret position i forhold til andre typer industri, og man vil derfor i stigende omfang blive reguleret som disse ud fra såvel generelle regler som lokale miljøkrav.

Referenceliste

- Andersen, Mikael Skou & Hansen, Michael W.: *Vandmiljøplanen. Fra forhandling til symbol*, Århus: NICHE 1981.
- Anker, Helle Tegner: *Miljøretlig regulering på landbrugsområdet*, København: Jurist- og Økonomiforbundets Forlag 1996.
- ATV: *Vandmiljøplanens tilblivelse og iværksættelse*, København: ATV 1990.
- Danmarks Statistik: *Miljøstatistik 1998*, København: Danmarks Statistik 1998.
- DMU: *Næringsstoffer - arealanvendelse og naturgenopretning*, TEMA-rapport fra DMU, nr. 13, København: DMU 1997.
- DMU & DJF: *Vandmiljøplan II - faglig vurdering*, København: Danmarks Miljøundersøgelser & Danmarks JordbrugsForskning Januar 1998.
- DMU & DJF: *Vandmiljøplan II . Midtvejsevaluering*, København: Danmarks Miljøundersøgelser & Danmarks JordbrugsForskning 2000a.
- DMU & DJF: *Kvælstofbalancer i dansk landbrug. Mark og staldbalancer*, København: Danmarks Miljøundersøgelser & Danmarks JordbrugsForskning 2000b.
- Forureningsrådet: *Plantenæringsstoffer. Jord*. Publikation nr. 16, 1971.
- Knudsen, Leif, Spelling Østergaard, Hans & Schultz, Ejnar: *Kvælstof - et næringsstof og et miljøproblem*, Århus: Landbrugets Rådgivningscenter 2000.
- Miljøministeriet: *Handlingsplan mod forureningen af det danske vandmiljø med næringsalte*, 31. januar 1987.
- Miljøministeriet: *Handlingsplan for en bæredygtig udvikling i landbruget*, 9. april 1991.
- Miljø- og Energiministeriet: *Statslig udmelding til regionplanrevision 2001*, 1998.
- Miljøstyrelsen: *Nitrat i drikkevand og grundvand i Danmark*, Redegørelse fra Miljøstyrelsen, København: Miljøstyrelsen Oktober 1983.
- Miljøstyrelsen: *NPO-redegørelsen*. København: Miljøstyrelsen August 1984.
- Miljøstyrelsen: *Vandmiljø-98*. Redegørelse fra Miljøstyrelsen. Nr. 2. København: Miljøstyrelsen, 1998.
- Ministeriet for fødevarer, landbrug og fiskeri & Miljø- og Energiministeriet: *Midtvejsevaluering af vandmiljøplan II*, 26. april 2001.
- Naturrådet: *Notat vedrørende evaluering af vandmiljøplanerne*, November 2000 (www.naturrådet.dk).
- Schrøder, Hans: *Udviklingen i kvælstofbelastningen fra dansk landbrug og konsekvenserne for vandmiljøet*, Vandkvalitetsinstituttet, April 1984.
- Wilhelmudvalget: *En rig natur i et rigt samfund*, København: Miljø- og Energiministeriet 2001.

