

## Natur- og miljøeffekter af mulige VMP III virkemidler i relation til landbrug

Dette notat beskriver mulighederne for at kvantificere sammenhænge mellem virkemidler, landbrugsdrift og miljøeffekter i vandområder med hovedvægt på næringssaltudvaskning fra dyrkede arealer og heraf følgende eutrofiering af søer og marine områder.

Notatet omfatter desuden emission af ammoniak fra landbrugsdrift og effekterne heraf på terrestrisk og akvatisk natur, samt de fysiske påvirkninger af vandløb, som er udføres af hensyn til den landbrugsmæssige udnyttelse af lavbundsarealer, især i ådalene.

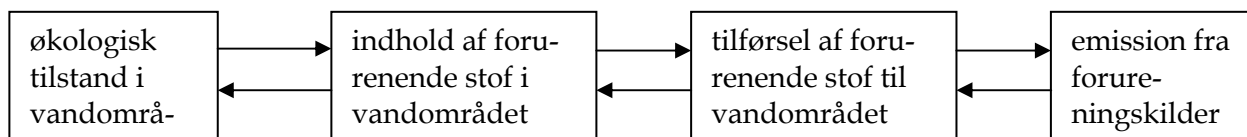
*Med notatets begrænsede omfang har det ikke været muligt at inkludere alle forhold af betydning, men der er lagt vægt på at beskrive de forhold, som har størst og mest generel betydning.*

### Angrebsvinkel

Udgangspunktet for vurderingerne i dette notat følger EU Vandrammedirektivets princip om, at der tages udgangspunkt i de økologiske forhold i vandområderne (vandkemiske og ressourcemæssige forhold i grundvandsområder). Årsagssammenhængen mellem økologisk tilstand og forureningskilder er skitseret i nedenstående figur, der samtidig viser princippet for, hvorledes den nødvendige reduktion af forureningskilder fastsættes, dersom målet for den økologiske tilstand i vandområdet ikke er opfyldt.

Ud fra forskellen mellem den målsatte tilstand og den aktuelle økologiske tilstand beregnes, hvor meget vandområdets indhold af forurenende stof skal reduceres for at målsætningen kan opfyldes. Herefter beregnes, hvor meget tilførslen til vandområdet skal reduceres for at opnå dette, og endelig skal der efter en kvantificering af de bidragende forureningskilder træffes beslutning om, hvilke kilder, der skal reduceres med hvor meget for at opnå den nødvendige reduktion i tilførsel til vandområdet, for at målsætningen kan opfyldes.

Hvis påvirkning af den økologiske kvalitet i et vandområde har andre årsager end udledning af forurenende stoffer, bliver beslutningsdiagrammet anderledes end i figur 1, f.eks. ved ændring af de fysiske forhold i vandløb. Dersom de samfundsmæssige omkostninger til opnåelse af en god økologisk kvalitet i et vandområde er ude af proportion med miljøforbedringerne, kan der fastsættes en målsætning med lempeligere krav.



Figur 1.

*Vandløb, søer og marine områder:*

*Beslutningsdiagram for fastsættelse af acceptabel emission fra forureningskilder fra venstre mod højre og årsagssammenhæng mellem emission og økologisk kvalitet fra højre mod venstre..*

## Indledning

### Andre forureningskilder end jordbrug: Spildevand

Vurdering af muligheder for forbedring af miljøtilstanden i et vandområde og målopfyldelse forudsætter generelt, at alle væsentlige forureningskilder, incl. spildevandsudledninger i oplandet, inddrages i vurderingerne.

Dette notat omfatter dog ikke påvirkning af vandområder fra andre kilder end landbrugsdrift, f.eks. spildevand. I mange vandområder er tilførslen af fosfor og organisk stof med spildevand stadig en væsentlig forureningskilde på trods af, at udledningerne er stærkt mindskede i løbet af de seneste årtier. For de fleste vandområder er næringsalte fra landbrugsdrift den største kilde til eutrofiering, bortset fra åbne havområder, hvor tilførsel fra tilgrænsende havområder normalt er den største kilde.

### **Påvirkningsfaktorer og påvirkede vand- og naturområder**

De forskellige landbrugsrelaterede påvirkninger har forskellig virkning i de forskellige typer af vand- og naturområder. I dette notat omtales kun de vigtigste, som er:

- Eutrofiering af søer og fjorde som følge af tab af N og P ved dyrkning af jorden og heraf følgende øgede algemængder og evt. iltsvind.
- Belastning i de indre farvande med næringsalte
- Forøgelse af nitratindhold i grundvand som følge af udvaskning af nitrat ved dyrkning af jorden.
- Eutrofiering af terrestrisk og akvatisk natur som følge af tab af ammoniak fra stald og mark til atmosfæren.
- Fysisk påvirkning af vandløb og ådale som følge af vandløbsvedligeholdelse og (tidligere) vandløbsregulering.

Der er således kun få påvirkningsfaktorer af generel betydning for landbrugets påvirkning af det enkelte vandområde. Dette letter i høj grad en kvantificering af årsagssammenhænge.

### **Nøglevandområder vedrørende eutrofiering fra landbrug er søer og fjorde**

De forøgede tilførsler af fosfor og kvælstof er årsag til den økologisk vigtigste forureningspåvirkning, eutrofieringen, af danske søer og marine områder. Der er ikke dokumenteret betydelige miljømæssige virkninger af næringsaltberigelse i danske vandløb. Langt størstedelen af udvaskning af N og P fra dyrkede arealer passerer søer og fjorde på vej mod havet, og eutrofieringen forårsaget af danske kilder er langt kraftigere her end i åbne havområder.

Virksomheden af en reduktion af danske kilder til forurening med P og N vil være langt større i søer og fjorde, hvor stort set hele forureningsbidraget kommer fra Danmark, end i de åbne marine områder, hvor kun en mindre del af forureningen kommer fra danske kilder.

Ved at planlægge reduktionen i dyrkningsbidraget, således at målsætninger for søer og fjorde kan opfyldes, vil det samtidig blive sikret, at det danske dyrkningsbidrag ikke forhindrer målopfyldelse i mere åbne marine områder, herunder de åbne dele af de indre danske farvande. *Derfor foreslås, at vurderinger af sammenhænge mellem landbrugsdrift, udvaskning af næringsalte og eutrofiering af vandområder tager udgangspunkt i virkningerne i søer og fjorde.*

Samme argumentation holder ikke nødvendigvis for spildevandsudledning og N bidrag via atmosfæren, da disse bidrag i mindre grad transporteres gennem søer og fjorde.

### **Sammenhænge mellem næringsalttilførsel og eutrofieringstilstand**

#### *Vandløb*

Tilførsel af fosfor og nitrat giver ikke væsentlige miljøproblemer i danske vandløb.

#### *Søer*

Søer i landbrugsoplande er eutrofierede som følge af udvaskning af næringsalte fra oplandet. Ofte giver også spildevand et væsentligt fosforbidrag. I de fleste tilfælde mindskes eutrofieringspåvirkning og algemængde mest effektivt ved at reducere fosfortilførslen. Ved fosforkoncentrationer i søvandet på under ca. 0,05 – 0,1 mg P/l vil der ofte være omtrent proportionalitet mellem tilførsel

af tilgængeligt fosfor og algemængde i vækstperioden. Virkning af at mindske tilførslen af fosfor viser sig dog først med års eller årtiers forsinkelse, fordi ophobet fosfor i søsedimentet frigøres og forsinker reduktionen i fosforindhold i søvandet. I en del søer reguleres algemængden især af den tilgængelige kvælstofmængde. Dette gælder især søer med lang hydraulisk opholdstid, der muliggør, at en stor del af den tilførte nitrat denitrificeres. Empiriske modeller kan for de forskellige søtyper give en god beskrivelse af generelle sammenhænge mellem tilførsel af næringsalte og de generelle eutrofieringsparametre som klorofyl, sigtdybde og fiskebestande. Den nødvendige reduktion i fosforudvaskningen fra oplandet for at opfylde målsætningen vil variere fra sø til sø og bl.a. afhænge af målsætningen, størrelsen af andre fosforkilder i oplandet, andelen af omdriftsarealer og dyrkningsforhold i oplandet og jordbunds- og erosionsforhold i oplandet.

#### *Fjorde og lukkede marine områder*

I fjorde og lukkede marine områder med væsentlig ferskvandstilførsel bestemmes næringssaltindhold, algemængde og eutrofieringsgrad hovedsageligt af, hvor store fosfor og kvælstofmængder, der tilføres fra land. Algemængden reguleres i de fleste områder både af fosforindholdet i vandet (især forår og forsommer) og af kvælstofindholdet (især eftersommer). Der vil ofte være omtrent proportionalitet mellem tilførsel af et algebegrænsende næringssalt og algemængden i vandområdet, dog således at algemængden ændres meget hurtigt ved ændringer i kvælstoftilførsel, mens ændringer som følge af ændret fosfortilførsel vil være flere år om at vise sig på grund af fosforudveksling mellem vand og sediment. Empiriske modeller kan for de forskellige typer af vandområder give en god beskrivelse af generelle sammenhænge mellem tilførsel af næringsalte og de generelle eutrofieringsparametre som klorofyl, sigtdybde og udbredelse af undervandsvegetation.

#### *De indre danske farvande*

Også for de mere åbne marine områder er der omtrent proportionalitet mellem næringssalttilførsel og næringssaltkoncentrationer i havvandet. For Kattegat-Bælthavet er det beregnet, at de danske bidrag til indholdet af plantetilgængeligt kvælstof omkring år 2000 var ca. 1/3. Algemængden i de åbne farvande er især reguleret af den tilgængelige kvælstofmængde, som altså kun delvis reguleres af tilførslerne fra Danmark. Også for de mere åbne farvande er det muligt for det enkelte vandområde at opstille empiriske modeller for sammenhænge mellem næringssalttilførsel og de generelle eutrofieringsparametre, såsom næringssaltkoncentration, algemængde (klorofyl), algeproduktion, sigtdybde og udbredelse af undervandsvegetation. Dermed kan der for det enkelte marine område laves beregninger af effekt af konkrete reduktioner i kvælstoftilførsel. Virkning af en mindsket kvælstoftilførsel vil slå igennem umiddelbart efter reduktionen. Der er også opstillet dynamiske model til beskrivelse af eutrofieringssammenhænge.

#### *Terrestriske naturarealer*

Som naturarealer betegnes ekstensivt udnyttede landbrugsarealer uden for omdrift (halvkulturaréaler) og naturarealer uden landbrugsmæssig udnyttelse. De arealer, som gødskes (f.eks. nogle græsningsenge), har en naturkvalitet, som er stærkt påvirket af gødskning, og tilførsel af ammoniak fra atmosfæren er en væsentlig årsag til eutrofieringspåvirkning af de terrestriske naturarealer. Mest følsomme overfor ammoniaktilførsel er de næringsfattige naturtyper som højmoser, klitheder, heder og hedesøer, hvor der sker påvirkning af plantelivet ved ammoniaktilførsler, der er lavere end de aktuelle tilførsler fra atmosfæren de fleste steder i Danmark i dag.

En reduktion af emissionerne af ammoniak vil kunne mindske det generelle niveau for ammoniakdeposition i Danmark, fordi en stor del af indholdet af ammoniak i luften stammer fra dansk landbrug. En stor del af en ammoniakemission vil normalt afsættes inden for få km fra kilden. Derfor vil en stor indsats mod ammoniakkeilder i nærheden af vigtige og sårbare naturområder være af særlig stor naturmæssig betydning for disse områder. Der er udviklet modeller til beregning af, hvor meget ammoniakdepositionen kan mindskes på sådanne arealer ved en reduktion af emissionen fra lokale kilder.

### Tidshorisonter for effekt

Der vil være meget store variationer i, hvor lang tid det varer, inden virkningen af ændringer i udvaskning af næringssalte og emission af ammoniak slår igennem i de økologiske forhold i vandområder og terrestriske naturområder. Meget overordnet kan disse forskelle illustreres med følgende:

- Ændringer i ammoniakemission vil i løbet af *meget kort tid* (dage-uger) ændre ammoniakdeposition, men effekten på økosystemet vil først vise sig efter en årrække.
- Et ændret gødskningsniveau for kvælstof på dyrkede arealer vil i løbet af *få år* medføre tilsvarende ændring i nitratindhold i det vand, der strømmer til vandløb gennem dræn og ved overfladeafstrømning.
- En etablering af permanent vegetationsdække (evt. udtagning af omdrift) vil i løbet af *meget få år* mindske udvaskningen og i løbet af *meget få år* mindske N og P tilførslen til vandløb gennem dræn og overfladisk afstrømning.
- Det vil vare *mange år* før virkning på tilførsel til overfladevand viser sig ved reduktion af fosfortilførsel til omdriftsarealer. Det samme gælder for den del af nitratudvaskningen, som transporteres via grundvand til overfladevand.
- For de fleste vandige og terrestriske økosystemer vil tidshorisonterne for ændringer i dyre- og plantelivet ved reduktion af belastninger være fra adskillige år til årtier. Eksempler på områder med hurtig responstid er vandløb og ændringer i mængden af fytoplankton i marine områder ved ændret kvælstoftilførsel. Lang responstid er der for ændringer som følge af mindskede fosfortilførsler til søer og i nogen grad til fjorde.

Forsinkelser i de økologiske virkninger af indsats vanskeliggør en hurtig vurdering af, om de opnåede forbedringer i økologisk kvalitet og vandkvalitet svarer til de forventede. Derimod kan den forsinkede respons ikke tages som et udtryk for, at indsatsen er mindre relevant og påkrævet, når der sker sådanne forsinkelser.

## Eutrofiering af vandområder som følge af dyrkningsbetinget udvaskning

### Vurderinger bør knyttes til årsagssammenhænge

Vurdering af effekten af forskellige virkemidler til reduktion af landbrugspåvirkning omfatter en sekvens af emner til sammenkædning af virkemiddel og effekt. Med udgangspunkt i det konkrete miljøproblem, eutrofiering af vandområdet, vil sekvensen for vurdering af behov for indsats følge nedenstående årsagssekvens fra F til A, mens effekterne af indsats følger årsagssekvensen fra A til

F. Ændring i de biologiske forhold i vandområdet.

E. Ændring i N og P indhold i vandområdet.

D. Ændringer i transport gennem vandløb og grundvand til vandområdet.

C. Ændringer i tab til omgivelserne (udvaskning af N og P, afgivelse af ammoniak til luften).

B. Driftsændringer i mark og i stald.

A. Virkemidler (generelle reguleringer, lokalitetsspecifikke reguleringer, økonomiske tilskyndelser).

I det følgende gives en vurdering af mulighederne for at kvantificere sammenhænge mellem ovennævnte emner.

**A → B: Virkemidlers indflydelse på driftsforhold**

Behandles ikke i dette notat.

**B → C: Driftsændringers betydning for tab af næringssalte**

Virkingen af mulige driftsændringer er kendte med meget forskellig grad af præcision. I det følgende er givet en grov, generel karakteristik af det kvantitative kendskab til sammenhænge mellem driftsændringer og N og P tab.

*Godt kendskab til effekt*

- Udtagning af omdrift: Generel effekt på udvaskning og transport af N og P ud af opland og til grundvand er kvantitativt godt kendt ud fra målinger i dyrkede og udyrkede oplande.
- Udvasning af nitrat fra rodzonen: Modeller til beskrivelse af sammenhænge mellem driftsform (afgrøde, gødningsmængde, jordtype m.v.) er udviklede, f.eks. DAISY og N-LES.

*Nogen kendskab til effekt*

- Ændring i tilbageholdelse af næringssalte i ådale ved udtagning af omdrift og mulighed for oversvømmelse. Den mindskede næringssaltudvaskning fra arealer, der tages ud af omdrift, er godt kendt, jf. ovenfor. Betydningen heraf er desuden særlig stor, fordi udvaskningen umiddelbart strømmer til vandløb uden reduktion undervejs. Hertil kommer så den næringssaltmængde, der aflejres/denitrificeres, fordi vandløbet ved høje vandføringer oversvømmer lavbundsarealer, samt den næringssaltmængde, der ikke når frem til vandløbet fra de bagvedliggende, dyrkede arealer, fordi drænen er afbrudt. Disse næringssalttilbageholdende virkninger af genoprettede vådområder kan være mange gange større end den tidligere udvaskning fra de dyrkede lavbundsarealer, men tilbageholdelsen vil variere stærkt efter de lokale forhold.

*Ringe kendskab til effekt*

- Sammenhæng mellem udvaskningen af fosfor og de faktorer, der regulerer denne udvaskning, f.eks. jordens fosforstatus, meteorologiske forhold, jordbundsforhold, dyrkningsform og topografi.
- Sammenhæng mellem dræning af morænejord og udvaskning af fosfor og kvælstof.
- Virkning af erosionsdæpende foranstaltninger på udvaskning af fosfor.

**C → D: Ændring i næringssalttilførsel til vandområde ved ændring i landbrugstab.***Tilførsel via luft*

Ændringer i atmosfærisk deposition på både terrestriske naturarealer og på vandområder ved ændrede emissioner kan med nogen sikkerhed beregnes ved eksisterende luftkvalitetsmodeller.

*Tilførsel med vand*

Ved tilførsel gennem overfladisk afstrømning og dræning og efterfølgende transport gennem vandløb direkte til det aktuelle vandområde vil ændringen i udvaskningen stort set medføre samme ændring i stoftilførsel til vandområdet, da retentionen undervejs vil være lille. Der er derfor *god sikkerhed* på beregninger af ændringer i tilførsel.

Hvis tilførslen via overfladisk afstrømning og dræning og efterfølgende transport gennem vandløb oversvømmer ådale eller løber gennem søer og/eller fjorde med væsentlig opholdstid vil der ske en fjernelse/tilbageholdelse af fosfor (sedimentation) og kvælstof (især ved denitrifikation) undervejs til det aktuelle vandområde. Dette medfører en moderat øget relativ usikkerhed på beregningen af ændringen i tilførslen til vandområdet. Retentionen undervejs medfører desuden, at reduktionen i næringssalttilførslen til vandområdet (målt i t/år) bliver mindre end reduktionen i udvaskningen, og at der for fosfors vedkommende kan være en stor tidsforsinkelse (årtier) på ændring i tilførsel til vandområdet på grund af frigørelse af fosfor, ophobet i sedimenter undervejs.

Hvis transporten af næringssalte sker *med grundvandet* vil der ofte ske en betydelig tilbageholdelse/omsætning af næringssalte, og næringssalte vil nå frem til det aktuelle vandområde med store tidsforsinkelser (årtier eller mere). Der vil derfor generelt være stor usikkerhed på den beregnede ændring i tilførsel til vandområdet, og jo større retentionen er undervejs, desto mindre bliver ændringen i tilførslen til vandområdet.

De sikreste beregninger af ændringer kan foretages for nitrat, hvis udvaskningen sker direkte til grundvandsmagasiner uden denitrifikation undervejs, f.eks. højtliggende kalkmagasiner under sand. Beregninger af ændringer er også generelt mindre usikre for nærliggende grundvandmagasiner end for fjernere liggende overfladevandområder.

*Generelt er der stor usikkerhed på de beregnede tilførsler og på tidshorisonter for ændringer ved transport gennem grundvand.*

#### **D → E: Ændring af N og P koncentration i vandet ved ændring af tilførsel.**

*Ændringer i næringssaltkoncentrationer i vandområder som følge af ændringer i tilførsel (ændring af koncentration i det tilførte vand) kan beregnes med simple modeller med god sikkerhed både for søer, fjorde og grundvand. Også for de indre danske farvande er der modeller til sådanne beregninger. Koncentrationsændringerne vil oftest omtrent være proportionale med ændringer i den totale tilførsel. Der vil ofte være tidsforsinkelse på indtrædelse af ligevægt for fosfor på grund af frigivelse af fosfor fra sedimentet, og for kystvande med vandudveksling med de tilstødende farvande skal denne vandudveksling kendes, for at ændringer i koncentrationer kan beregnes.*

#### **E → F: Ændring i de biologiske forhold ved ændring af N og P koncentration.**

*Ændringer i de kvantitative parametre, der ofte bruges til at karakterisere eutrofieringstilstand såsom den totale mængde af fytoplankton (klorofyl), sigtdybde og dybdegrænse for fasthæftet vegetation kan beregnes med god sikkerhed ud fra ændringer i næringssaltkoncentrationer i vandområdet.*

*De økologiske ændringer ved en eutrofiering er generelt knyttet til den øgede mængde af organisk stof i vandet. De økologiske ændringer kan være betydelige, uden at der sker væsentlige ændringer i iltforholdene. Risiko for dårlige iltforhold afhænger i høj grad af dybde- og opblandingsforhold i det enkelte vandområde. Der kan derfor ikke opstilles generelle sammenhænge mellem eutrofieringsgrad og risiko for lave iltkoncentrationer på tværs af de forskellige typer af vandområder, men sådanne sammenhænge kan opstilles for det enkelte vandområde.*

*Hvis algemængden i et vandområde (sø eller fjord) begrænses af mangel på fosfor og/eller kvælstof i en større eller mindre del af vækstperioden, vil der ofte som gennemsnit være omtrent proportionalitet mellem reduktionen i næringssaltindhold og reduktionen i algemængde i denne del af året, dersom ændringerne er så små, at der ikke sker mere principielle ændringer i økosystemet. Det koncentrationsniveau for tilgængeligt N og P, som kan bevirke næringssaltbegrænsning af algemængden, afhænger stærkt af vandområdets karakter og kan f.eks. for fosfors vedkommende variere fra ca. 0,01 til 0,1 mg P/l. Om en reduktion af næringssaltkoncentrationen vil føre til en reduktion i algemængden afhænger heller ikke kun af, om algerne aktuelt lider af mangel på det pågældende stof, men af om koncentrationen kan bringes så langt ned, at det bliver begrænsende.*

*Der vil ofte være et samspil mellem fosfor- og kvælstofbegrænsning i søer og fjorde, således at fosfor begrænser algemængden i forårs- og forsommerperioden, mens der oftere er kvælstofmangel i eftersommeren. Ikke parallelle ændringer i N og P tilførsel har givet øget fosforbegrænsning i mange søer og fjorde i de seneste årtier.*

De biologiske forhold styres dog af mange andre faktorer end næringssaltindhold, og der er store naturbetingede forskelle fra år til år både i disse andre faktorer (lys, temperatur, opblandingsforhold m.v.), naturbetingede variationer i plante- og dyrelivet og naturbetingede variationer i næringssalttilførsel. Derfor ses en naturbetinget variation i de biologiske kvalitetsparametre, og gen-

nemsnitsværdier for de ovennævnte generelle, karakteriserende parametre, ofte med op til en faktor 2 fra år til år.

Med så store naturbetingede variationsintervaller kan kun meget dramatiske ændringer i vandkvalitet eftervises ved sammenligning af målinger fra det ene år til det næste, og selv om der foretages målinger hvert år før og efter en ændring, skal der være en ret stor kvalitetsforskel, for at den kan eftervises ved målinger.

Virkingen af en næringssaltbetinget reduktion i algemængden vil ikke være begrænset til den periode, hvor algerne vækst konkret er næringssaltbegrænset. Virkingen af denne begrænsning vil oftest forplante sig ud over perioden med næringssaltbegrænsning, f.eks. fordi græssere har fået bedre mulighed for at holde algemængden nede. I nogle vandområder (visse lavvandede søer) synes algemængden dog gennem hele vækstsæsonen at ligge på et vedvarende højt niveau, reguleret af næringssaltmængde og lysindstråling.

### **Punktvis opsummering vedrørende reduktion af N og P bidrag**

- Formålet med og udgangspunktet for VMP III er at mindske eutrofieringspåvirkning af akvatiske og terrestrisk natur. Regulering af landbrugets driftsforhold er ikke en del af formålet, men en konsekvens, der bør afstemmes efter formålet.
- Væsentlig P reduktion opnås ikke umiddelbart ved at reducere gødskning til niveau med høstet afgrøde. Herved fastholdes udvaskningen omtrent på det nuværende niveau. Dog undgås en forøgelse af fosforindhold i jorden i forhold til jordens bindingskapacitet.
- Tidshorisonter for effekt af foranstaltninger vil være meget forskellige. En reduktion af NH<sub>3</sub> emission til atmosfæren virker umiddelbart, og udvaskning af NO<sub>3</sub> gennem overfladisk afstrømning og dræn vil kunne ændres på få år. Derimod er der meget lange tidshorisonter for ændring i jordens P indhold og for reduktion i NO<sub>3</sub> indhold i grundvand og grundvandsbidrag til eutrofiering. Ændringer i vegetationsdække, herunder udtagning af omdrift, vil medføre hurtige ændringer.
- Mulighederne for at øge retentionen af N og P undervejs mod sø, fjord og hav er forskellige afhængig af transportvej. Der kan næppe opnås større ændringer i retention i grundvand, søer og fjorde, men der er muligheder i ådale og drænedede arealer.
- Større reduktioner i tilførsel til vandområder forudsætter de fleste steder kildereduktioner i omtrent samme forhold og omfang.
- Ved stor retention af N og P mellem kilde og vandområde opnås kun lille miljøeffekt ved kildereduktion.
- Flere natur- og miljøhensyn kan tilgodeses ved udtagning af omdrift, hvorved udvaskningen af næringssalte vil nærme sig den naturlige baggrundsværdi for udvaskning. Forureningsbidraget til grundvand og overfladevand vil hermed være fjernet, og der vil være mulighed for, at der kan etablere sig værdsat terrestrisk natur på arealerne. Samtidig undgås erosion og dermed tilførsel af materiale, som aflejres i vandløb.
- En ekstensiv dyrkningsform i omdrift giver ikke mulighed for, at der dannes terrestriske naturarealer.
- En reduktion af næringssalttilførsel til et vandområde skal være af et betragteligt omfang i forhold til den hidtidige tilførsel, for at ændringer i de økologiske forhold vil kunne måles, oftest endda kun ved måleserier gennem mange år. Dette er ikke et udtryk for, at mindre ændringer ikke har økologisk betydning, men da mange generelle økologiske parametre kan variere med f.eks. en faktor 2 fra år til år, er det vanskeligt af eftervise mindre ændringer ved målinger i vandområderne.
- Effekterne af mulige og besluttede reduktioner i næringssalttilførsel bør sandsynliggøres gennem modelberegninger.

- Fosformængden, der p.t. omsættes i den animalske produktion, er i en størrelsesorden hvor det sandsynligvis er muligt at opnå balance for det danske landbrugsareal uden en ophobning af fosfor i jorden.

## Forøgelse af nitratindehold i grundvand som følge af udvaskning af nitrat ved dyrkning af jorden

Indsats mod dyrkningsbetingede forøgelser af nitratindehold i grundvand, og dermed i vandforsyningsboringer, vil i princippet være nogle af de samme foranstaltninger, som nævnt ovenfor under eutrofiering af overfladevandområder.

De relevante typer af indsats omfatter

- udtagning af omdrift (incl. skovrejsning),
- reduktion af kvælstoftilførsel,
- ændring i afgrøde og dyrkningsform.

Et grundvandsmagasin kan dels påvirkes af dyrkning af jorden umiddelbart over magasinet eller ved tilstrømning af grundvand, som er dannet ved nedsivning på fjernereliggende arealer og som har et forhøjet nitratindehold som følge af dyrkningen af disse fjernere arealer.

Effektberegninger kompliceres af, at vandtilførsel til grundvandsmagasiner oftest sker ved nedsivning fra rodzonen gennem heterogene geologiske lag. Det vanskeliggør beregning af vandets transportveje og af evt. nitratreduktion undervejs fra rodzone til grundvandsmagasin og under strømning i grundvandsmagasinet.

Indsats til beskyttelse af grundvandet mod nitratforurening kan ligesom for overfladevand rette sig dels mod en generel reduktion af nitratudvaskning fra rodzonen og dels mod en målrettet, særlig indsats i områder med ringe nitratreduktion undervejs mod grundvandsmagasinet.

Selv med gode muligheder for at beregne virkning af ændret arealanvendelse på nitratindeholdet i det vand, der forlader rodzonen, er det vanskeligt at beregne virkningen heraf i et grundvandsmagasin, dels på grund af de geologiske lags heterogenitet dels på grund af et generelt manglende kendskab til strømningsvejene og nitratreduktion.

I områder, hvor der sker en denitrifikation af udvasket nitrat på dets vej mod grundvandsmagasinet, er grundvandet mindre udsat for stigning i nitratindehold som følge af dyrkning af jorden. Vurderinger af virkning af nitratudvaskning i sådanne områder bør dog inkludere både de ændringer, der sker i jordens reduktionskapacitet, og i beliggenheden (dybden) af overgangszonen mellem et højt og lavt redoxpotentiale i jorden. De vigtigste miljømæssige problemer, forbundet med ændringer i redoxzonerne, er en opbrugning af reduktionskapacitet og en oxidation af pyrit ( $\text{FeS}_2$ ), med samtidig dannelse af svovlsyre og opløst jern, der kan forurene både grundvand og vandløb. Processen vil variere fra sted til sted afhængig af forekomsten af reducerende forbindelser. Det vil især være organisk stof, pyrit og ferrojern, der bl.a. kan have betydning. Dannelsen af svovlsyre og ferrojern behøver ikke altid at få de store miljømæssige konsekvenser. Det afhænger også her af geologien, hvor f.eks. kalk i undergrunden medfører en neutralisering og immobilisering. Selv om udvasket nitrat i visse områder i dag stort set denitrificeres i grundvandsmagasiner, kan denne udvaskning altså alligevel medføre miljøproblemer både på kort og lang sigt.



Hidtil har det været anset for mest hensigtsmæssigt at regulere nitratforureningsproblemer i grundvand med en generel, landsdækkende regulering for langt størstedelen af de dyrkede arealer, mens nitratforureningsproblemer i særligt sårbare områder supplerende kan reguleres med målrettede og mere restriktive reguleringer inden for det nødvendige geografiske område.

Ved vurdering af miljøgevinster ved særlig indsats til beskyttelse af et grundvandsområde bør inddrages virkningen i overfladevandområder og terrestrisk natur af indsatsen. Positiv betydning for terrestrisk natur forudsætter dog normalt, at arealer udtages af omdrift, f.eks. til skov eller rekreative udnyttelser med vedvarende plantedække.

## **Eutrofiering af terrestrisk og akvatisk natur som følge af tab af ammoniak fra bygninger og mark til atmosfæren**

### **Forureningsproblemet**

Terrestriske naturarealer og vandområder kan forurennes af ammoniak, tilført gennem luften fra afkast fra staldbygninger, gødningsopbevaring, fra gødningshåndtering og -udbringning og fordampning fra mark. Næringsfattige naturtyper som hedesøer, højmoser, heder og overdrev forurennes særlig let, og ammoniak fra landbrug giver et mindre bidrag til eutrofieringen af de øvrige søer og af de marine områder. Artssammensætningen på mange af de terrestriske naturarealer ændres dog også, hvis den ekstensive drift på arealerne ændres eller ophører.

For de terrestriske naturarealer er tilførslen af ammoniak og nitrogenoxider (især stammende fra forbrændingsprocesser) fra luften mange gange større end den naturbetingede tilførsel. Vegetationen på de terrestriske naturtyper ændrer sig som følge af denne stærkt øgede kvælstoftilgængelighed, og ændringerne (påvirkningerne) af plante- og dyrelivet stiger i takt med forøgelse af  $\text{NH}_3$  og  $\text{NO}_x$  tilførslen fra atmosfæren. Heder og overdrev forurennes ved blot moderate forøgelser i N deposition.

### **Mulig indsats**

#### *Den generelle, landsdækkende forurening*

Indsats mod det generelle forureningsbidrag af ammoniak fra landbrugsbidrag til de ikke særligt sårbare terrestriske og akvatiske naturområder reguleres mest hensigtsmæssigt gennem nationale reguleringer, afstemt efter de generelt opnåelige reduktioner i forureningspåvirkning (skove, enge, søer, fjorde og havområder) i forhold til omkostningerne ved at gennemføre reduktionerne og under hensyntagen til opfyldelse af Vandrammedirektivet og Habitatdirektivet.

Eksisterende meteorologiske luftkvalitetsmodeller kan med god nøjagtighed beregne virkningen af formindskede emissioner af ammoniak på depositionen af kvælstofforbindelser fordelt over Danmark.

Midlerne til at mindske emissionerne er de velkendte: reduktion af ammoniakfordampning fra stald, opbevaringsanlæg og udbringning. Metoderne kan f.eks. være overdækning af gylletanke, nedfældning af ajle og gylle, gylleseparering, forsuring af gylle og rensning af afkastluften fra stalde. En del af disse foranstaltninger er iværksat.

#### *Forurening af sårbare/højt målsatte områder*

For at give en tilstrækkelig beskyttelse (til opfyldelse af bl.a. Vandrammedirektivet og Habitatdirektivet) af de særligt sårbare naturområder (eller de særligt højt målsatte) er det hensigtsmæssigt at differentiere emissionskrav til landbrugsdrift, idet generelle krav ellers skulle være meget restriktive for at undgå forurening af disse sårbare områder (heder, hedesøer og moser).

Eksisterende sprednings- og depositionsmodeller kan med god nøjagtighed beregne virkningen af formindskede emissioner af ammoniak i lokale områder på depositionen af kvælstofforbindelser på nærliggende naturarealer.

Metoderne til at opnå tilstrækkeligt lave emissioner fra landbrug i afgrænsede områder nær sådanne udpegede naturarealer vil være de samme som nævnt ovenfor under den generelle, landsdækkende forurening, blot med mere vidtgående emissionskrav og evt. med andre begrænsninger, f.eks. vedrørende lokalisering af dyrehold.

#### *Modelberegninger af effekt af indsats*

Der bør foretages modelberegninger både af de generelle effekter af yderligere restriktioner på emissioner og af effekter i udvalgte særligt følsomme områder ved forskellige typer af regulering og indsats. En fremtidig fastsættelse af konkrete skærpede krav af hensyn til særligt sårbare områder bør ske på grundlag af modelberegninger af miljøeffekten.

Indsats til reduktion af emissionen af ammoniak vil ofte kunne føre til en tilsvarende reduktion af lugtgener fra dyrehold.

## **Fysiske påvirkninger, især af vandløb og ådale som følge af vandløbsvedligeholdelse og (tidligere) vandløbsregulering**

### **Forureningsproblemet**

Den vigtigste årsag til kulturbetinget forringelse af de økologiske forhold og biodiversitet i danske vandløb er i dag, at vi gennem de tidligere vandløbsreguleringer og gennem vandløbsvedligeholdelse har ensformiggjort de fysiske forhold i vandløbene og dermed forringede leveduligheder for dyr og planter. Vigtige elementer heri er, at vandløbenes naturlige dynamik med erosion og aflejring og de heraf følgende varierede bundforhold oftest er ændret til en ensartet sandbund, der giver ringe leveduligheder for mange vandløbsdyr. Vegetationen i vandløb gøres også artsfattig ved grødeskæring, som giver dominans af de få plantearter, der favoriseres af denne beskæring.

Vandløbsregulering og grødeskæring er foretaget/foretages af hensyn til landbrugsdriften på de tilgrænsende lavbundsarealer. Især dyrkningen af omdriftsarealer forudsætter at arealerne ikke er vandlidende, mens slet (græs/hø) og græsning på lavbundsarealer ikke er så følsomme overfor høj vandstand eller vinteroversvømmelser.

VMP III kan derfor kun bringes til at omfatte beskyttelse af de danske vandløb mod uønskede påvirkninger fra landbrugsdrift, hvis den også omfatter indsats til afhjælpning af de fysiske påvirkninger af vandløb.

Påvirkningen af de fysiske forhold i vandløb medfører ikke en forurening i traditionel forstand (med forurenende stoffer). Forarmelsen af de biologiske forhold kan dog være lige så omfattende som ved ret stærk forurening med spildevand, men en fysisk påvirkning af en vandløbsstrækning medfører normalt ikke, som for spildevandudledning og næringssaltudvaskning, at der føres forurenende stof videre ned gennem vandløbssystemet med forurening også længere nedstrøms til følge.

Forbedringer i de biologiske forhold ved ophør af fysisk påvirkning og evt. vandløbsrestaurering indtræffer derfor på den konkrete strækning, hvor naturforholdene bedres.

### **Indsats for at give mere naturlignende fysiske forhold i vandløb**

Det vigtigste middel til at få natur- og miljømålsætninger for vandløb opfyldt er at give vandløbet mulighed for at skabe et naturligt forløb med afvekslende bund- og bredforhold.

Nogle vandløb vil, hvis de får lov at passe sig selv uden vandløbsvedligeholdelse, i løbet af en kortere årrække selv skabe sig et sådant varieret forløb. Dette gælder især for vandløb med stort fald og kraftig og eroderende vandstrøm.

Mange vandløb i Danmark har dog så lille fald og strømhastighed, at de ikke i løbet af få årtier af sig selv vil kunne ændre deres strømleje, bundsubstrat og vandløbsprofil væsentligt. Her vil det være nødvendigt at gennemføre fysiske foranstaltninger for at sikre en tilbagevenden til mere naturlignende fysiske forhold. Disse foranstaltninger kan f.eks. være egentlige vandløbsrestaureringer eller hævnning af vandløbsbund og/eller indskrænkning af vandløbsbredde på udvalgte strækninger.

### **Konsekvenser af indsats til forbedring af vandløbsfysiske forhold**

Hovedelementet i forbedringer af de fysiske forhold er, at vandløbet får et mere naturligt forløb ofte med en bundkote, der ligger højere og med mere varierede bredder. Dette vil øge vandstanden i vandløbet og ofte forudsætte, at vandløbet ikke begrænses strikt til det regulerede leje.

#### *Konsekvenser for landbrugsdrift*

Konsekvenserne af et mere naturligt vandløbsleje for landbrugsdriften på de tilstødende arealer afhænger meget af landskabets (ådalens) karakter. Mindst vil påvirkningen af driftsmulighederne være omkring vandløb, der løber med godt fald i en snæver ådal, mens de største konsekvenser vil være i brede, opdyrkede ådale omkring vandløb med et lille fald.

I sidstnævnte type af vandløb/ådal vil ophør af grødeskæring og evt. gennemførelse af en vandløbsrestaurering ofte umuliggøre den hidtidige dyrkning af jorden på store arealer. Hvor ådalen består af humusrige jorder, vil jorden dog ofte have sat sig, således at dyrkningen alene af denne grund vanskeliggøres eller måske med tiden bliver umulig.

#### *Konsekvenser for den terrestriske natur i ådalene*

I ådalene er der sammenhæng mellem plante- og dyrelivet i vandløbet og på de tilgrænsende arealer. En større biodiversitet i vandløbet har derfor i sig selv en positiv betydning også for den terrestriske natur. De største konsekvenser for den terrestriske natur af et mere naturligt vandløbsforløb vil dog være

- højere vandstand på natur- og halvkulturrealer i dalbunden end hidtil,
- hidtidige omdriftsarealer må opgives og bliver efterhånden til naturarealer eller halvkultur (græsning/høslet).

Den højere vandstand på eksisterende naturarealer kan skyldes dels en højere vandstand i vandløbet og dels ophør af dræning af lavbundsarealerne. Dette kan ændre de eksisterende naturværdier på arealerne, og det kan vare årtier, inden et tilpasset plante- og dyreliv har indfundet sig i overensstemmelse med de ændrede, men mere naturlige fugtighedsforhold. De naturmæssige fordele og ulemper på det enkelte areal kan kun bedømmes ved en konkret vurdering af lokaliteten.

Der er derimod ingen tvivl om, at en udtagning af vandlidende arealer af omdrift medfører en styrkelse af naturværdierne i en ådal, uanset om arealet får lov at henligge uden drift og efterhånden udvikler sig til natur, eller det udnyttes ekstensivt til afgræsning eller høslet. Sådanne uopdyrkede ådale vil generelt øge værdien af de eksisterende naturarealer, fordi der skabes større sammenhængende naturområder.

En beskrivelse og kvantificering af forbedringerne af den terrestriske natur i ådale (afledet af /i sammenhæng med forbedringer i de vandløbsfysiske forhold) forudsætter en konkret vurdering af det enkelte område. De samlede natur- og miljøforbedringer vil dog generelt være store, fordi der opnås forbedringer på 3 områder ved ophør af omdrift i ådale:

- Der sker en genskabelse af natur på de terrestriske arealer i ådalen, herunder økologiske forbindelser mellem de eksisterende naturarealer.

- Den vigtigste miljøpåvirkningsfaktor, fysiske forstyrrelser, for danske vandløb fjernes, idet behov for vandløbsvedligeholdelse forsvinder, og vandløbene kan skabe deres eget naturlige forløb, evt. hjulpet af vandløbsrestaurering.
- Lavbundsarealernes evne til at tilbageholde/fjerne næringsalte fra oplandet genskabes til gavn for nedstrøms liggende søer og marine områder.

#### *Konsekvenser for næringsalttilbageholdelse*

En udtagning af lavbundsarealer i ådale af omdrift i forbindelse med retablering af mere naturlige vandløbsfysiske forhold og evt. ophør af dræning af lavbundsarealerne vil mange steder kunne få væsentlig betydning for næringsalttransporten gennem vandløbet og dermed for eutrofieringspåvirkningen af nedstrøms liggende søer og marine områder. Reduktionen i næringsalttransport skyldes flere forhold, bl.a.

- vandløbets transport af partikulært fosfor aflejres på de oversvømmede arealer ved høj vandføring, når der er mest erosionsmateriale i vandløbet,
- dyrkningsbidrag af fosfor og kvælstof undgås fra de arealer, der tages ud af omdrift,
- fjernelse af dræn medfører at den hidtidige næringsalttransport gennem dræn tilbageholdes/omsættes inden næringsaltene når frem til vandløbet.

#### **Samlede konsekvensvurderinger og interesseafvejninger**

Beslutning om en retablering af mere naturlige fysiske og hydrologiske forhold i et vandløb og en ådal bør naturligvis træffes efter en konkret vurdering af konsekvenserne for naturværdierne i vandløb og ådal og i nedstrøms liggende søer og fjorde og af de landbrugsmæssige konsekvenser. Samlet set synes en udtagning af arealer i omdrift og naturgenopretning i ådalene at være en omkostningseffektiv mulighed for opfyldelse af natur- og miljømål, fordi der opnås natur- og miljøforbedringer på flere områder, og fordi dyrkningsværdien af arealer i ådale ofte er mindre end andre omdriftsarealer. En naturgenopretning i en ådal vil normalt forudsætte, at alle lavbundsarealer i et område inddrages, idet en øget vandstand på arealerne ikke følger ejendomsgrænser, men højdekurver.

#### **Fysiske påvirkninger af søer og marine områder**

Mange søer og marine områder er påvirkede af landvinding eller højvandsbeskyttelse. Søer er herved forsvundet. Mange marine områder har fået ændret deres naturlige udstrækning og den oversvømmelsesdynamik, der tidligere resulterede i f.eks. oversvømmelse af tidligere strandenge, som nu er inddigede og opdyrkede, f.eks. arealer langs Randers Fjord. Også højvandslukker dæmper denne oversvømmelsesdynamik, for at mindske oversvømmelser af bl.a. landbrugsarealer, f.eks. Ringkøbing Fjord. Uden disse oversvømmelser sker der ikke aflejring og omsætning af næringsalte på disse arealer, og økologiske sammenhænge mellem vand og land kan være brudt. Forholdene kan være sammenlignelige regulerede vandløb i kunstigt afvandede ådale, og for nogle fjorde årsag til, at Vandrammedirektivets mål vanskeligt kan opfyldes.

## **Opsummering**

#### **Mulighed for effektvurdering**

Der er generelt gode muligheder for at lave vurdering af virkning af mindsket udvaskning af næringsalte og mindre ammoniakemission på næringsalttransport og på de økologiske forhold, men de naturgivne forhold er så forskellige, både mellem de forskellige dyrkede arealer og mellem de påvirkede vandområder og naturarealer, at vurderingerne må laves for det enkelte område og dets opland.

Størst usikkerhed i effektvurderingerne knytter sig til betydningen af omsætning og tilbageholdelse af nitrat, der transporteres med vand gennem grundvandsmagasiner og til forudsigelse af ændringer i fosfortilførsel til vandområderne som følge af indsats mod fosforudvaskning fra dyrkede arealer.

### **Forudsigelse af økologisk effekt**

Virksomheden på de økologiske forhold i søer og fjorde af reduktioner i næringsstoftilførsel vil være forskellig for de forskellige typer af vandområder. Virkningerne på de generelle kvalitetsparametre, som f.eks. klorofyl, sigtdybde og vegetationsdybdegrænse, kan ved brug af simple modeller forudsiges med god sikkerhed, mens det generelt ikke er muligt at forudsige ændringer på artsniveau.

Illustration af sandsynlige effekter af forskellige driftsændringer og virkemidler kan hensigtsmæssigt beskrives gennem scenarieberegninger for udvalgte vandområder og deres oplande.

### **Virkemidler virker forskelligt**

Forskellige virkemidler, der kan give samme ændring i udvaskning af fosfor eller kvælstof, vil kunne have forskellig natur- og miljømæssig virkning, ikke blot afhængig af de påvirkede vandområders natur, men også fordi et virkemiddel vil medføre andre ændringer end ændring i udvaskning af det pågældende stof. F.eks. kan en reduktion i udvaskning af nitrat opnås ved at mindske gødningstilførslen til et areal. Samme reduktion kan opnås ved at tage en del af dette areal helt ud af omdrift, og samtidig vil udvaskningen af fosfor mindskes, og der vil være mulighed for, at der dannes terrestrisk natur på det udtagne areal. Sådanne forskelle kan have indflydelse på, hvilke indsatser der anses for mest hensigtsmæssige for at beskytte det enkelte vandområde eller grundvandsmagasin.