

# Fosfor truer vandmiljøet

## - husdyrgødning er et stort problem

Aferskvaandsbiolog Lisbeth Wiggers, Århus  
Amts Natur- og Miljøkontor

I miljødebatten har der været meget fokus på kvælstof fra landbruget, men fosfor er et stigende problem på grund af stor tilførsel med husdyrgødning.

Fosfor er et værdifuldt næringsstof, der findes i husdyrgødning. Afgrøderne på markerne bruger fosfor, men fosfor er også det næringsstof, som er årsag til, at mange søer har det dårligt. For stor tilførsel af fosfor til søerne medfører, at der kommer mange planktonalger i vandet, det bliver uklart, så bundvegetationen ikke kan vokse. Reduceres fosfortilførslen, kan søen igen blive klarvand og opnå en god miljøtilstand med bundplanter, god fiskebestand og et alsidigt dyre- og planteliv.

Også fjordenes miljøtilstand er påvirket af fosfortilførslen. En forbedret miljøtilstand vil i de fleste fjorde være afhængig af, at både fosfor- og kvælstoftilførslerne reduceres.

Sammenhængen mellem fosfor og søers og fjordes miljøtilstand har været kendt i mange år, og det har været baggrunden for den massive indsats, der er gjort for at begrænse fosfortilførslen fra byernes spildevand og fra dambrug. Tilførslen fra disse kilder er reduceret med 80 - 90 % siden 1980'erne, fordi der er investeret store summer i spildevandsrensning og stillet krav til dambrugene om at reducere fosforbelastningen. Vi begynder nu at se effekten af indsatsen – en del søer har fået det bedre, og flere er på vej. I fjordene er fosfortilførslen blevet reduceret, og fosfor er i stigende grad blevet et begrænsende næringsstof for algevæksten.

### Kilder til fosfor

Ved starten af vandmiljøplanerne mente man, at det kun var punktkilder som byspildevand, industri og dambrug, der gav et fosforproblem. Men nu ved vi, at der også kan komme betydelige mængder fosfor fra dyrkede marker samt noget fra naturområder. Fosforkoncentrationen i vand fra landbrugsarealer er i gennemsnit 2 - 3 gange større end i vand fra naturarealer som skove og heder (se figuren i boksen øverst på modstående side). Sammenholdes fosfortilførslen fra punktkilder, land-



Gylle fra landbruget er en kilde til forurening. (Foto: Jørgen Dahlgaard)

brugsbidraget og baggrundsbidraget (den tilførsel, der ville være fra hele oplandet, hvis det lå hen i naturtilstand), er bidraget fra de tre kilder i samme størrelsesorden i mange oplande i dag. Landbrugsbelastningen er altså ikke ubetydelig – og hvad værre er: Der er stor sandsynlighed for, at den vil stige, da der i dag tilføres meget mere fosfor, end afgrøderne kan optage.

Fosfor kan føres til vandmiljøet ved erosion fra marker, der skråner ned mod vandløbene, ved udskylning af fine jordpartikler fra dræn og ved erosion i brinker og bund. Men fosfor kan også udvaskes i form af opløst fosfat fra en fosforberiget jord. Hidtil har der været mest fokus på tilførslen via erosion, men udvaskningen vil formentlig blive et større problem, hvis ikke der skabes en balance i landbrugets fosforregnskab.

### Fosforoverskud i landbruget

På landsplan er der så stor en tilførsel af fosfor med husdyrgødning, at dette alene stort set svarer til den mængde, der fjernes med afgrøderne. Hertil kommer tilførslen med handelsgødning, der er knap halvt så stor som tilførslen med husdyrgødning. Selvom tilførslen med handelsgødning er blevet mere end halveret siden 1980'erne, er der stadig et stort fosforoverskud.

Fordelingen er ikke jævn set over lan-

det. På Sjælland, hvor der ikke er så mange husdyr som i Jylland, er der et mindre fosforoverskud, og specielt planteavlbrug har brug for at anvende handelsgødning for at dække deres fosforbehov. I Jylland, hvor de fleste husdyr findes, er der derimod et stort fosforoverskud.

De regionale forskelle afspejles i den årlige opgørelse af fordelingen af de såkaldte fosfortal på de marker, hvor det er målt. Fosfortal er et udtryk for jordens fosforstatus i forhold til planternes behov. Figuren i boksen (nederst på modstående side) viser fordelingen for nogle af regionerne. Det ses, at fosfortal gennemgående ligger højest i Nord- og Vestjylland, lidt lavere i Østjylland og lavest på Sjælland.

### Jorden er blevet mere fosformættet

Landbrugsjorden kan binde store mængder fosfor. Tilførsel af fosfor med gødning har derfor ikke været anset for at være noget problem, og der er ingen regler for, hvor meget fosfor der må tilføres fra landbruget i Danmark – i modsætning til i flere andre europæiske lande. Når der gødskes med husdyrgødning, sker det ud fra husdyrgødningens indhold af kvælstof. Fosforindholdet i gødningen er imidlertid større i forhold til planternes behov, og gødskning med husdyrgødning vil derfor som regel medføre, at der tilføres mere fosfor, end

der fjernes med afgrøderne. Fosfor vil derfor ophobes i jorden, når der år efter år tilføres mere end der fjernes.

### Vandopløseligt fosfor

Når jordens fosformætning stiger, reduceres evnen til at binde fosfor. Danmarks JordbrugsForskning har udført undersøgelser, der viser, at der er en sammenhæng mellem jordens fosfortal og vandopløseligt fosfor. Vandopløseligt fosfor vil potentielt kunne udvaskes. Ved fosfortal 2 - 4 er mængden af vandopløseligt fosfor så stor, at det vil svare til en koncentration på 100 - 200 mikrogram fosfor pr. liter. Det vil udgøre et miljømæssigt problem, hvis vand fra rodzonen skulle nå frem til en sø eller fjord med dette indhold af opløst fosfor.

Hovedparten af de undersøgte jorde var i slutningen af 1990'erne så fosformættede, at indholdet af vandopløseligt fosfor var kritisk højt. De husdyrgødede jorde lå højest. En sammenligning med prøver fra begyndelsen af 1980'erne viste desuden, at stigningen havde været størst på jord, der havde fået tilført husdyrgødning.

Hvis fosfortal 2 - 4 svarer til det niveau, hvor der er en udvaskningsrisiko, er der risiko for, at søer og fjorde kan forurennes med fosfor fra en stor del af dansk landbrugsjord.

### Fosfor i vandløb

Men en høj fosforkoncentration i rodzonevandet er ikke nødvendigvis ensbetydende med, at vandet når frem med dette fosforindhold til vandløb, søer og fjorde. Fosfor vil kunne bindes i underjorden på vandets vej frem mod vandløbene, hvis der ellers er tid og bindingskapacitet nok. Der har en større bindingsevne end sand, og i jord med et vist lerindhold vil der derfor kunne ske en binding. Dette forudsætter dog, at vandet kommer i kontakt med jorden og ikke kun strømmer hurtigt frem via store sprækker.

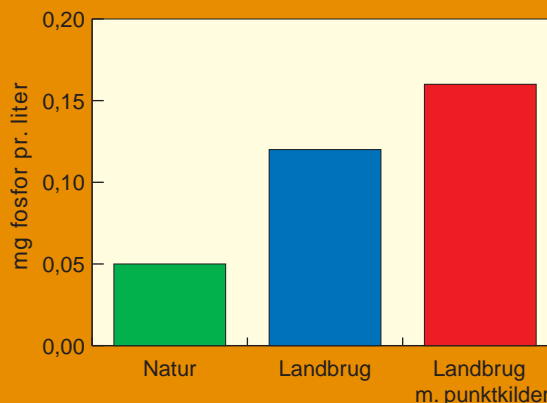
Sandjord har lavere bindingsevne, men til gengæld vil en større del af strømmingen kunne ske gennem jord, der er mere vandgennemtrængelig end lerjorden. De største koncentrationer af opløst fosfor måles i vandløb på sandjord (boks næste side).

### Fosfor fra husdyrgødning er problemet

Et større indhold af fosfor i landbrugsjorden vil give en større risiko for, at tilførslen af fosfor til søer og fjorde stiger – både i form af større fosforindhold i jordpartikler, der tilføres fra marker nær vandløb, og i form af øget risiko for udvaskning.

Problemet kan løses meget enkelt – der bør ikke tilføres mere fosfor, end der fjernes med afgrøderne. I områder, hvor markerne allerede har en høj fosformætning – svarende til fosfortal over fx 4 – kan der være behov for over en årrække at tilføre mindre fosfor, end der fjernes, for at reducere jordens fosfortal og hermed udvaskningsrisikoen.

## Fosforudledning

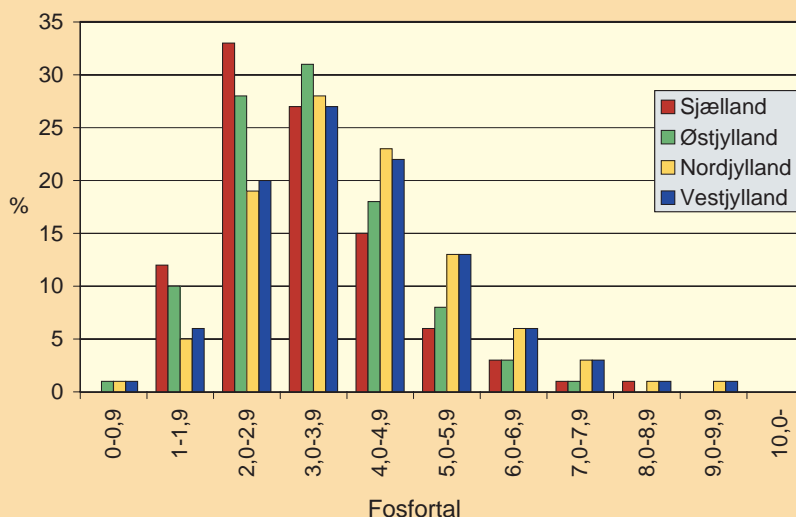


(Grafik: Forfatteren). Kilde: Vandløb 2001. Faglig rapport fra DMU, nr. 422, 2002

Der er stor forskel på udledningen af fosfor fra dyrkede landbrugsområder og naturområder. Landbruget er i dag den væsentligste kilde til fosfor i vandløbene. Figuren viser den gennemsnitlige koncentration af totalfosfor i år 2001 i vandløb i forskellige områder. Gennemsnittet er såkaldte vandføringsvægtede årsmiddelværdier (standardafvigelser er henholdsvis 0,03 ; 0,07 & 0,06).

tration af totalfosfor i år 2001 i vandløb i forskellige områder. Gennemsnittet er såkaldte vandføringsvægtede årsmiddelværdier (standardafvigelser er henholdsvis 0,03 ; 0,07 & 0,06).

## Fosfortal



Den procentvise fordeling af fosfortal i markerne, hvor det er målt i 2001. Der er vist resultater for Nordjylland, Vestjylland, Østjylland og Sjælland. (Grafik: Forfatteren)

Fosfortal er et udtryk for jordens fosforstatus set i relation til planternes behov. Af figuren fremgår det, at fosfortallet gennemgående ligger højest i Nord- og Vestjylland, lidt lavere i Østjylland og lavest på Sjælland. En mark med et fosfortal på 2 - 4 behøver ikke tilførsel af fosfor. Kommer fosfortallet over 2 - 4, stiger udvaskningsrisikoen. I 2001 har en stor procentdel af markerne et fosfortal på mere end 4. Fosfortallene er steget

siden 1950'erne som følge af en netto-tilførsel, og med det nuværende fosforoverskud i landbruget vil de fortsat stige. En nettotilførsel gennem tid på omkring 250 kg fosfor/ha – typisk svarende til 10 - 25 års gødskning med husdyrgødning (se boksen om fosfor og harmonikrav) – vil som tommelfingerregel give en stigning på én i fosfortallet – mest på sandjord, hvor bindingsevnen for fosfor er mindre end i lerjord.

Ganske få landbrugsområder vil have fosfortal under fx. 2, hvor der af hensyn til afgrødernes vækst kan være behov for en nettotilførsel. På en del af disse marker kan det lave fosfortal dog skyldes, at jorden har en meget dårlig evne til at tilbageholde fosfor – fx vandlidende jord, der i perioder er

iltfri. Her kan evnen til at binde fosfor være dårlig, og det lave fosfortal kan være udtryk for, at der allerede sker en stor udvaskning. På sådanne marker bør tilførslen af fosfor også begrænses, da risikoen for udvaskning vil være stor.

I boksen med fosfor og harmonikrav er

# Nitrat og fosfor under vinterafstrømning

I en række vandløb, som ligger i landbrugsoplande uden væsentlige punktkilder, er der regelmæssigt målt indhold af næringsstoffer igennem nogle år. Om vinteren er udvaskningen størst. For hvert vandløb og vintersæson er beregnet en mediankoncentration af både nitrat og fosfat. En større nitratkoncentration er et tegn på, at der sker udvaskning fra landbrugsjorden: Vil der så også kunne måles en større koncentration af fosfat i disse landbrugspåvirkede vandløb?

## Sand-områder

I vandløb i oplande med sandjord er der en sammenhæng mellem nitrat- og fosfatindholdet: Fosfatindholdet er gennemgående større i vandløb med et vist nitratindhold. Da fosfatindholdet i disse vandløb ikke kan forklares med udledninger fra spildevand eller fra spredt bebyggelse og heller ikke et højere naturligt fosfatindhold, er forklaringen sandsynligvis udvaskning fra landbrugsjorden.

## Ler-områder

I vandløbene i oplande med lerjord er der ikke så klar en sammenhæng. Fosfatkoncentrationerne ligger lavere end i sandjordsoplandene og er tilsyneladende ikke så afhængige af nitratkoncentrationerne. Årsagen kan tildels være, at der sker en større binding af fosfat på vandets vej fra rodzonen frem mod vandløbene i disse



Afstrømning til vandløb. (Foto: Bent Lauge Madsen)

lerjordsoplande – men herudover kan det spille en rolle, at husdyrtætheden og dermed fosforoverskuddet ofte er størst på de sandede jorde. Undersøgelser har vist, at en fortsat ophobning af fosfor i lerjord også kan føre til en øget udvaskning, formentlig via store sprækker (makroporer), når “transportvejene” efterhånden mættes med fosfor.

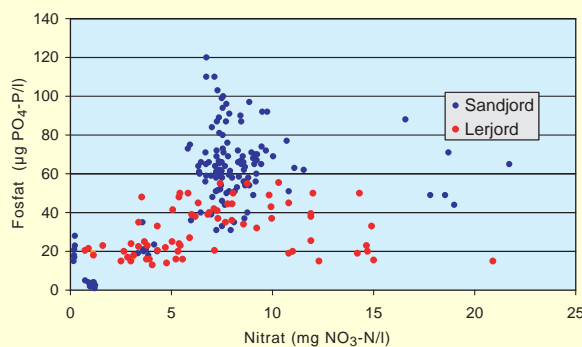
## Erosion

Fosfortransporten kan også ske ved ero-

sion og tilførsel af jordpartikler til vandløbene. Målinger i vandløb viser, at andelen af partikelbundet fosfor typisk udgør mellem halvdelen og to tredjedele af transporten i vandløb i lerjordsoplande, I sandjordsoplande derimod er det den opløste fosforandel, der udgør fra halvdelen til to tredjedele. Også disse resultater peger på, at udvaskning af opløst fosfat er den største kilde til fosfatbelastningen fra sandjordsoplandene.

I oplande med lerjord er det den partikelbundne transport, der dominerer. På skrånende arealer mod et vandløb kan der ske en overfladisk afstrømning af fosforrige jordpartikler ved kraftig nedbør, når jorden kun har et sparsomt plantedække, fx vintersæd eller ligger bar (fotoet ovenfor). Fine fosforholdige jordpartikler kan også skylle ned i dræn og føres til vandløb ad denne vej, og jord og fosfor kan tilføres fra brinker og bund ved vandløbets erosion. Da jorden gennem længere tid er blevet mere fosforholdig, og da de relativt “glatte” vintersædsmarker er blevet større og mere udbredte, er risikoen for fosfortilførsel via erosion fra markerne blevet større.

Koncentrationen af fosfat og nitrat under vinterafstrømning i en række vandløb. Hvert punkt repræsenterer median af målte koncentrationer i et vandløb i perioden 1/10 til 31/3. Der indgår data fra 30 vandløb. Vandløbene er inddeelt i forhold til, om det overvejende er sandjordsoplande, eller om det er oplande med et vist lerindhold. Nitrat kan betragtes som en “indikator” for landbrugs-påvirkning. (Grafik: Forfatteren. Kilde: Wiggers, L., 2001: Fosfor - grænsen er nået. Vand & Jord, september 2001, 99-101)



Note: “lerjord” er oplande, hvor jordtyperne grovsandet jord og finsandet jord udgør mindre end 5 %, “sandjord” er oplande med mere end 5 %.

der for forskellige dyrearter vist, hvor meget fosfor der tilføres pr. ha ved udspreddning af den maksimalt tilladte mængde husdyrgødning. Der sker en fosforfjernelse med afgrøderne svarende til omkring 20 kg fosfor/ha – lidt mere på lerjord og i kvægbrugssædskifter og mindre på sandjord. Ud fra tilførsel og fjernelse kan man bestemme, hvor stor en nettotilførsel der sker ved gødsning med husdyrgødning ved de tilladte regler. Den største nettotilførsel sker fra burhøns og fra mink.

## Stop for ophobning af fosfor

For svinebrug er det muligt at reducere gødningens fosforindhold ved at anvende fytase – et enzym, der øger fosfordnyttelsen i foderet – og ved at anvende foderfosfater, der let optages af grisene. For slagtesvin vil der næsten kunne opnås fosforbalance ved dette tiltag – for søer vil der fortsat være et fosforoverskud ved den maksimale tilførsel. Foder med fytase anvendes i stigende grad i svineproduktionen. For kvæg vil fytase ikke øge fosforud-

nyttelsen i foderet, og hermed vil der ikke kunne opnås nogen bedring af balancen.

Hvis ophobningen af fosfor i jorden skal stoppes, skal tilførslen begrænses. Dette kan ske ved at reducere den mængde husdyrgødning, der udspreddes pr. ha. I tabellen i boksen på modstående side er beregnet, fra hvor mange dyreenheder der kan udspreddes husdyrgødning, hvis der skal være fosforbalance. Fosforbalance kan fx opnås ved at fordele husdyrgødningen også på de arealer, der i dag ikke får husdyr-

# Fosfor og harmonikrav

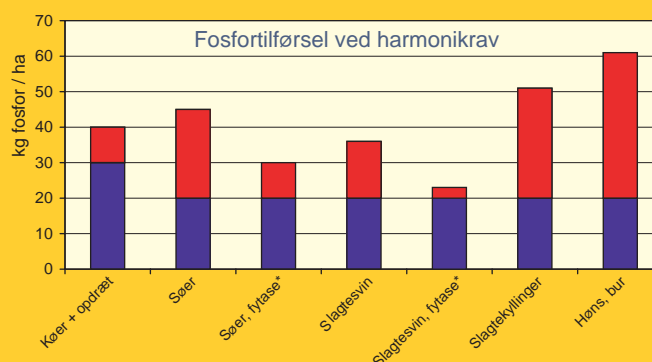
Tabellen viser, hvor meget fosfor (P), der er i gødning fra 1 dyreenhed (de) for forskellige dyrearter, hvor stor gødningsmængde, der maksimalt må udbringes pr. ha ifølge husdyrgødningsbekendtgørelsen, hvilken fosformængde dette svarer til, samt hvilket fosforoverskud dette vil medføre. Ved beregning af fosforoverskud regnes med en fjernelse med afgrøderne på 20 kg P/ha, dog 30 kg P/ha for kvægbrug med flere grovfoderarealer.

For slagtesvin (ved fodring uden enzymet fytase) vil der være et fosforoverskud på omkring 16 kg P/ha, for søer 25 kg P/ha og for slagtekyllinger 31 kg P/ha. I sidste kolonne er beregnet, fra hvor mange dyreenheder, der vil kunne udbringes husdyrgødning pr. ha ved fosforbalance.

\*Beregning for søer og slagtesvin, hvor der i foderet er anvendt fytase og lettest optagelige foderfosfater i svinefoderet.

	kg P/de	Max. tilførsel de/ha	kg P/ha	Overskud kg P/ha	Ved balance de/ha
Køer + opdræt	17,3	2,3	40	10	1,7
Søer	32	1,4	45	25	0,6
Søer, fytase*	21	1,4	30	10	1,0
Slagtesvin	26	1,4	36	16	0,8
Slagtesvin, fytase*	16	1,4	23	3	1,3
Slagtekyllinger	30	1,7	51	31	0,7
Høns, bur	36	1,7	61	41	0,6

På figuren er fosfor-overskuddet vist med rødt. Kyllinger og høns giver det største overskud pr. hektar med de nuværende regler. (Grafik: Forfatteren)



gødning, men kun handelsgødning, således at handelsgødningsforbruget bliver mindre, og det samlede fosforoverskud reduceres.

Men da der i dag er et fosfor-overskud – primært i Jylland – beregnet alene ud fra anvendelse af husdyrgødning, skal der herudover enten eksporteres fosfor til øerne eller produceres mindre fosfor i husdyrgødningen. En eksport af fosfor vil lettest kunne ske efter en opkoncentrering af fosfordelen i gyllen ved en gylleseparering. Fosfor vil primært være knyttet til den fiberholdige fraktion, der kan filtreres eller centrifugeres fra den tynde mere kvælstofholdige fraktion. Med det nuværende husdyrhold kan det blive nødvendigt også at eksportere fosfor ud af landet for at opnå fosforbalance i landbruget.

Hvis ophobningen af fosfor i landbrugsjorden fortsætter som nu, vil fosfortilførs-

len til søer og fjorde stige – og hermed vil den miljøgevinst, som spildevandsrensning og krav til dambrug og industri har givet, kunne sættes over styr. Det er vigtigt, at der tages fat på at få løst dette overgødningsproblem og den fosforophobning, der sker på husdyrbrugene. Tilførsel af fosfor via erosion vil hovedsageligt være knyttet til de vandløbsnære arealer, men risiko for udvaskning vil være et problem, der vedrører hele oplandet til de fosforfølsomme søer og fjorde. Hvis jorden først er blevet overmættet med fosfor, vil udvaskning kunne blive en stigende og næsten umulig fosforkilde at kontrollere, da fosfor kan "sive" ud af den mættede jord i en lang årrække – selv hvis tilførslen begrænses.

Denne artikel er oprindeligt trykt i *Aktuel Naturvidenskab*, nr. 2-2003.

## Litteratur:

Grant, R., 2000: Fosforbalancer i dansk landbrug. DJF rapport, Markbrug nr. 34, 9-15.

Knudsen, L., 2000: Fosforproblematikken set ud fra et landbrugsmæssigt synspunkt. DJF rapport, Markbrug nr. 34, 89-95.

Rubæk, G.H. m.fl. 2000: Er danske jorde mættede med fosfor? DJF rapport, Markbrug nr. 34, 17-30.

Wiggers, L., 2001: Fosforgrænsen er nået. Vand & Jord, september 2001, 99-101.

Kronvang, B., m.fl. 2001: Fosfor i jord og vand - udvikling, status og perspektiver. Faglig rapport fra DMU nr. 380.

## EKSPERTER I JORD, VAND OG MILJØ

- Geotekniske undersøgelser
- Forureningsundersøgelser
- Hydrogeologiske undersøgelser
- Havbundsundersøgelser
- Kystsikring af sandstrande
- Grundvandsboringer til vandforsyninger
- Modellering af olie-og gasreservoirer
- Grundvandssænkingsanlæg
- Jordankre
- Oprensning af forurening

**GEO** Geoteknisk Institut

GEO • Maglebjergvej 1 • P.O.Box 119 • DK-2800 Lyngby • Tlf:4588 4444 • Fax:4588 1240 • www.geoteknisk.dk