

## 6. KVÆLSTOF- OG FOSFORTILFØRSEL TIL FJORDEN

Mariager Fjord modtager kvælstof og fosfor fra oplandet, atmosfæren, fjordbunden og Kattegat. Tilførslerne fra oplandet kommer dels fra spildevands- og dambrugsudledninger og dels fra landbrugs- og naturarealer.

I dette afsnit er der gjort rede for tilførslerne fra land og atmosfære, mens tilførslerne fra fjordbunden og fra Kattegat, er omtalt i kapitel 14.

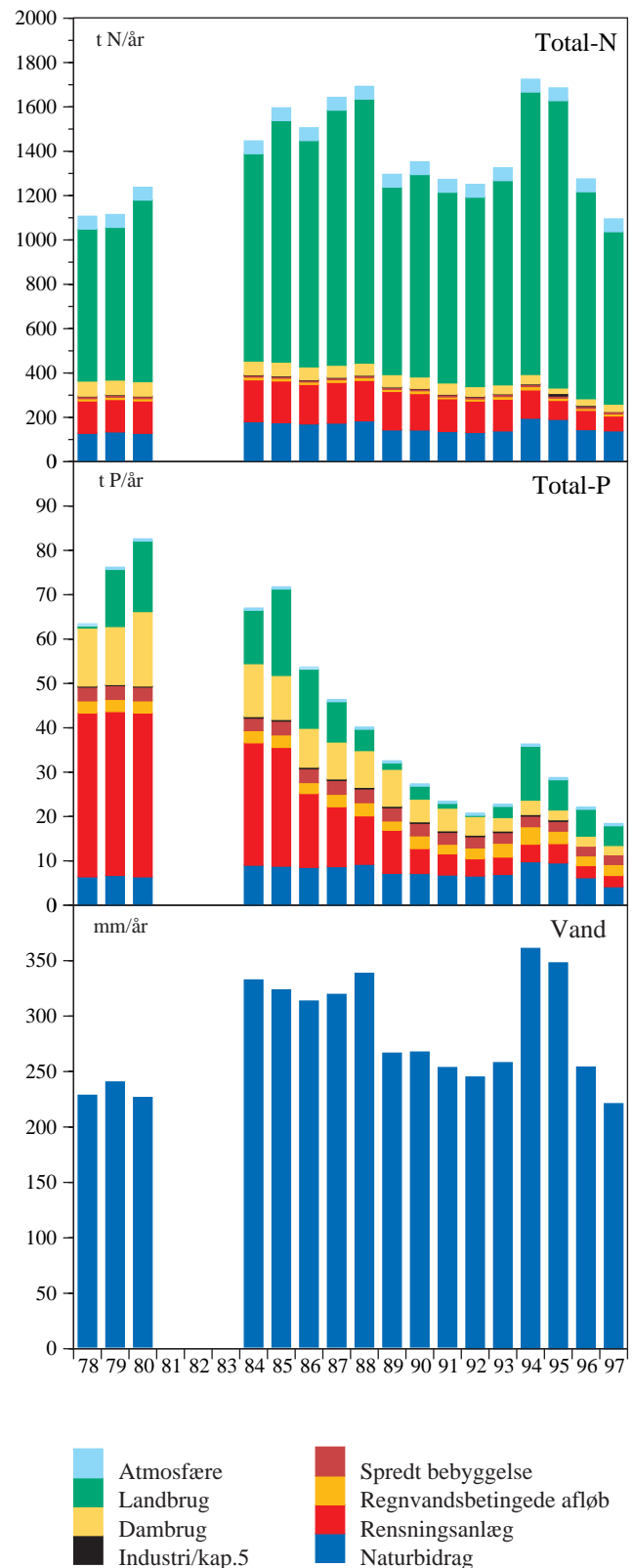
### 6.1 Ferskvandstilførslen

Ferskvandstilførslen til Mariager Fjord opgøres ud fra målinger ved faste vandføringsstationer i de større vandløb i oplandet. Der findes faste målestationer i Villestrup Å, Kastbjerg Å og Valsgård Bæk. Desuden måles vandføringen i forbindelse med prøvetagning i Onsild Å og Korup Å.

Jordbunds- og undergrundsforholdene er af betydning for, hvorledes vandet strømmer mod vandløbene. I oplandet til Mariager Fjord, hvor jordbunden er sandet, er der en stor nedsivning gennem rodzonen. Sprækker i kalkundergrunden bevirker, at nedsivende vand let føres til grundvandet. Fra grundvandet vil vandet senere nå frem til vandløbene. For en stor del af vandet vil det således tage lang tid (år), inden det når frem til vandløbene.

For hovedparten af vandløbene til Mariager Fjord sker en forholdsvis stor del af vandafstrømningen som en jævn tilførsel af grundvand. For Kastbjerg Å og Villestrup Å stammer omkring 60 % af vandafstrømningen fra det primære grundvand (vurderet ud fra sommer vandføringen). Den resterende del af vandafstrømningen sker mere overfladenært og vil nå frem til vandløbene umiddelbart eller samme år, som nedbøren er faldet.

Figur 6.1  
Tilførsel af kvælstof, fosfor og vand til Mariager Fjord i perioden 1978 - 1997. Kvælstof- og fosfortilførslen er opsplittet på de enkelte kilder til stoftilførslen.



Den store grundvandstilstrømning til vandløbene bevirker, at årstidsvariationen i vandføringen er mindre end i vandløb med mindre grundvandsbidrag. Desuden betyder dette, at år til år variationerne ligeledes bliver mindre.

Den årlige vandtilførsel til Mariager Fjord i årene 1978 til 1997 fremgår af figur 6.1, mens den månedlige tilførsel fremgår af bilag 6.1. Vandtilførslen varierer mellem  $128 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{år}$  (= 225 mm vand) i 1980 og  $206 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{år}$  (= 361 mm vand) i 1994 – i gennemsnit  $161 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{år}$  (= 282 mm vand).

## 6.2 Næringsstofftilførslen

Næringsstofftilførslen fra land til Mariager Fjord er opgjort som beskrevet i bilag 6.2.

Fra Mariager Fjords opland på 572 km<sup>2</sup> måles stoftransporten direkte fra de 377 km<sup>2</sup>. Ca. 65 % af den samlede kvælstoftilførsel og godt 80 % af den samlede fosfortilførsel fra land er målt direkte – dels gennem målingerne i vandløbene og dels ved målinger af udledninger fra punktkilderne.

De årlige tilførsler af kvælstof og fosfor i perioden 1978-1997 fremgår af figur 6.1, mens de månedlige tilførsler fremgår af bilag 6.1.

Kvælstoftilførslerne har i undersøgelsesperioden ligget mellem ca. 1100 t/år og 1700 t/år. De største tilførsler blev registreret i årene 1984-88 og 1994-95 (ca. 1400-1700 t/år), mens tilførslerne i de øvrige år har ligget på et relativt ensartet niveau (ca. 1100-1300 t/år). I 1997 er kvælstoftilførslen opgjort til 1095 t/år

Fosfortilførslerne har i undersøgelsesperioden ligget mellem 83 t/år og 18 t/år. De største tilførsler blev målt i perioden 1978-85 (66-83 t/år). Fra 1986 er der sket et fald, og i 1997 er fosfortilførslen opgjort til 18 t/år.

Som det fremgår af figur 6.1, er næringsstofftilførslerne fra land afhængige af vandafstrømningen og hermed af nedbøren. 1994 og 1995 var forholdsvis våde år med større næringsstofftilførsel end i 1996 og 1997, der havde mindre vandafstrømning.

I 1996 var oplandstabet af kvælstof (den samlede tilførsel i forhold til oplandsarealet) fra Mariager Fjords opland det størst fundne til fjorde og havbokse på

landsplan (DMU, 1997b). 1996 var som nævnt et forholdsvis nedbørsfattigt år. På grund af den mindre variation i vandtilførslen fra Mariager Fjords opland, er kvælstoftilførslen ikke faldet så meget som i de fleste øvrige oplande. At tilførslen fra Mariager Fjords opland har været størst på landsplan i 1996, skyldes til dels den store grundvandsandel i vandløbene, men et højt kvælstofindholdet i det grundvand, der når frem til vandløbene, er ligeledes en væsentlig årsag.

### Vandføringsvægtede koncentrationer

Omgrenges næringsstofftilførslen i 1997 til vandføringsvægtede koncentrationer (den samlede stofftilførsel divideret med den samlede vandtilførsel), har koncentrationen for kvælstof været 8,2 mg N/l og for fosfor 138 µg P/l. Den vandføringsvægtede kvælstofkoncentration er på højde med eller højere end for andre fjorde i Århus Amt og f.eks. Limfjorden. Fosforkoncentrationen for tilførslen fra land er på niveau med eller mindre end for øvrige fjorde, hvilket skyldes, at bidraget fra spildevand er mindre end for de fleste øvrige fjorde (Århus Amt, 1996).

### 6.2.1 Kildeopsplitning

I tabel 6.1 er vist, hvor stor en del af den samlede kvælstof- og fosfortilførsel, der i 1997 stammede fra spildevand, dambrug, industri, regnvandsbetingede udledninger (overløb fra fælles kloakerede arealer og overfladevand fra separat-kloakerede områder), spredt bebyggelse, landbrug, naturbidrag og det atmosfæriske bidrag på fjorden.

Tabel 6.1

Fordelelsen af kvælstof- og fosfortilførslen fra de forskellige kilder i 1997.

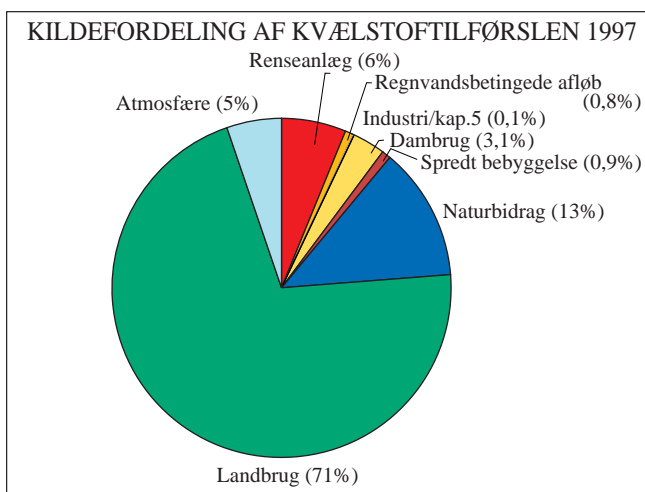
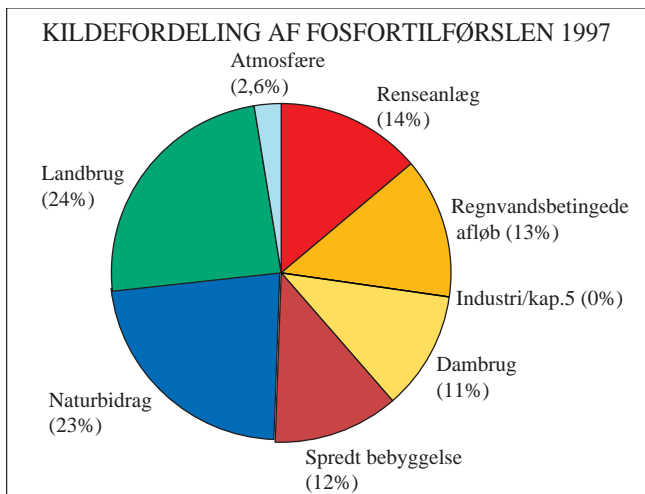
	Kvælstof		Fosfor	
	t/år	%	t/år	%
Renseanlæg	67	6	2,5	14
Industri	1	0,1	0,0	0,0
Dambrug	34	3	2,1	11
Regnvandsbetingede udledninger	9	0,8	2,5	13
Spredt bebyggelse	9	0,9	2,2	12
Naturbidrag	139	13	4,2	23
Landbrug	777	71	4,5	24
Atmosfære	57	5	0,5	2,6
I alt	1095		18,4	

Bidraget fra spildevand, regnvandsbetingede udledninger, dambrug, industri og spredt bebyggelse er opgjort som beskrevet i bilag 6.2.

Baggrundsbidraget beskriver, hvad næringsstofftilførslen ville have været, såfremt der ikke var nogen menneskelig påvirkning. Baggrundsbidraget beregnes for det samlede opland til Mariager Fjord, d.v.s. også for de arealer, der dyrkes eller er dækket af bymæssig bebyggelse. Beregningen af baggrundsbidraget bygger på vandafstrømningen samt normtal for stofkoncentrationer fundet ved målinger i vandløb, der ligger i naturområder, f.eks. vandløb i skov- og hedeområder, hvor der hverken er punktkilder eller landbrug i oplandene.

Landbrugsbidraget beregnes som differensen mellem den samlede tilførsel og de øvrige kilder. Landbrugsbidraget er således udtryk for, hvor meget den samlede tilførsel øges som følge af landbrugsmæssige aktiviteter.

Figur 6.2  
Fordelingen af kvælstof- og fosfortilførslen til Mariager Fjord i 1997.



Kildefordelingen som præsenteret i tabel 6.1 og figur 6.2 viser, at 71 % af kvælstoftilførslen i 1997 kom fra landbruget. Punktkilderne bidrog samlet set med omkring 10 % af kvælstoftilførslen.

For fosfor udgjorde punktkilderne (minus spredt bebyggelse) 38 % og landbruget 24% af tilførslen.

Intensive målinger af stoftransport i andre vandløb har vist, at fosfortransporten kan være en del underestimeret ved den normale punktprøvetagning, idet en stor del af transporten kan finde sted i løbet af kort tid i forbindelse med pludselige stigninger i vandføringen. I vandløb med stor variation i vandføringen vil problemet med underestimering ved punktprøvetagning være størst. Da vandføringsvariationerne i vandløbene omkring Mariager Fjord er begrænsede, formodes fosfortransporten at være rimeligt bestemt (formentlig inden for 10% afvigelse), men dog stadig med en tendens til underestimering. Dette indebærer, at landbrugsbidraget tilsvarende vil være underestimeret, og i kildefordelingen som vist i tabel 6.1 må størrelsen af landbrugsbidraget derfor betragtes som et minimums-estimat.

Fosfor bindes i modsætning til kvælstof i jorden. Dette betyder, at udvaskning af fosfat (opløst fosfor) ikke har været anset for et problem. Nyere undersøgelser peger imidlertid på, at den mætning, der efterhånden er sket af jorden på grund af tilførsel af mere fosfor med gødning end der fjernes med afgrøderne, kan medføre, at der også sker en udvaskning af fosfat. Sandede oplande med stor husdyrtæthed synes at have størst fosfatindhold i vandløbsvandet (Wiggers & Vægter, 1997). For Kastbjerg Å måles der større koncentrationer af fosfat i vinterperioden end i mindre sandede oplande, og vinterkoncentrationerne er desuden større end sommerkoncentrationerne, hvilket kunne pege på, at der sker en udvaskning af fosfat. Transporten af fosfat udgør godt halvdelen af den samlede fosfortransport i Kastbjerg Å. En øget udvaskning af fosfor vil have indflydelse på fosfortilførslen til Mariager Fjord.

Bidraget fra det åbne land beskriver den del af tilførslen, der stammer fra landbrug, naturbidrag samt spredt bebyggelse. Bidraget fra det åbne land pr. ha vil bl.a. afhænge af, hvor stor en del af oplandet, der er opdyrket samt hvor stor vandafstrømningen er. Når der tages hensyn til forskelle i vandafstrømning og dyrkningsgrad, ligger bidraget af kvælstof og fosfor fra Mariager Fjords åbne land i den øvre ende af det interval, der ses for en lang række oplande. Dette kan tolkes således, at landbrugsbidraget tilsvarende ligger lidt over,

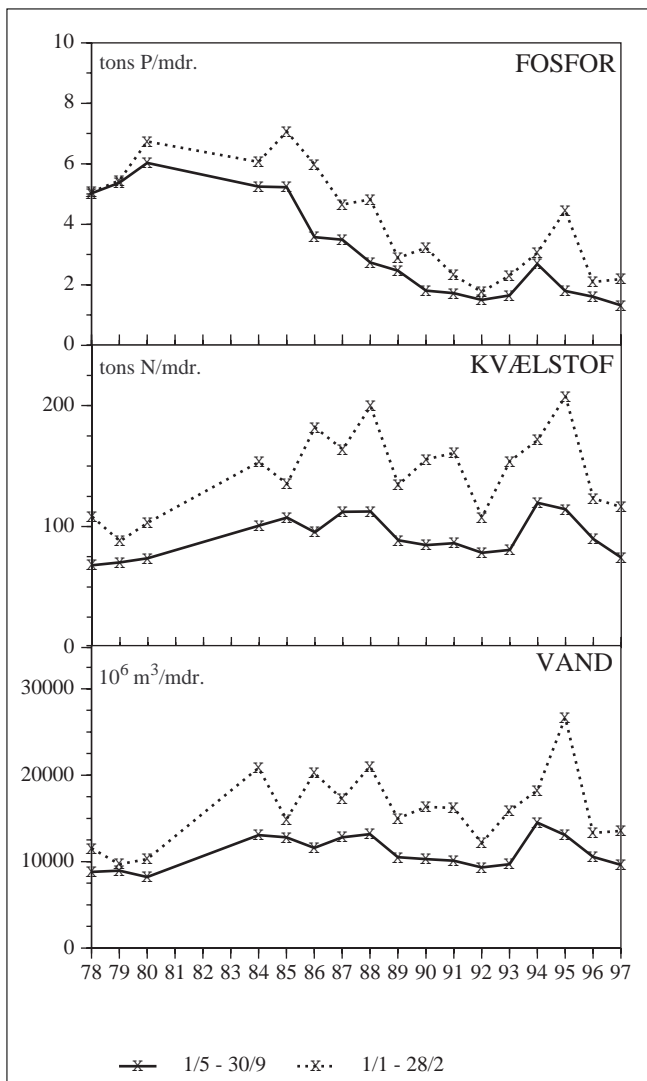
hvad der gennemsnitligt ses for en række øvrige oplande. I bilag 6.3 er nærmere redegjort for dette.

### 6.2.2 Udviklingen i tilførslen

Som det fremgår af figur 6.1 er der sket et markant fald i fosfortilførslerne til fjorden fra omkring 83 t/år i 1980 til 18 t/år i 1997. I 1997 var den samlede fosfortilførsel således reduceret med 73-78 % i forhold til tilførslerne i perioden 1978-85. Fosfortilførslen var hermed på niveau med Vandmiljøplanens mål, der er en 80 % reduktion af fosfortilførslen.

Faldet i fosfortilførslerne skyldes primært en væsentlig forbedring i spildevandsrensningen, der har reduceret udledningen fra renseanlæg fra ca. 37 til ca. 3 tons, men også en reduktion i udledningen fra dambrug fra

Figur 6.3  
Den gennemsnitlige månedlige tilførsel af fosfor, kvælstof og vand beregnet for sommerperioden (1/5 - 30/9) og vinterperioden (1/1 - 28/2) i årene 1978-1997.



ca. 16 til ca. 2 tons. Variationer i landbrugsbidraget i de senere år hænger sammen med forskelle i nedbør og hermed vandafstrømning.

Figur 6.3 viser udviklingen i den gennemsnitlige tilførsel pr. måned beregnet for hhv. vinter (1/1 - 28/2) og sommer (1/5 - 30/9). Også på disse periodemidler ses et tydeligt fald i fosfortilførslerne.

En non-parametrisk analyse (Kendall's tau-b) af den tidlige udvikling i års-, sommer- og vintertilførslerne til Mariager Fjord viser i alle tilfælde signifikante fald i fosfortilførslerne.

Figur 6.1 og figur 6.3 viser tilsvarende udviklingen i kvælstoftilførslerne på års-, sommer- og vinterbasis. Kendall's tau-b test viser ingen signifikant udvikling i kvælstoftilførslerne i undersøgelsesperioden. Kvælstoftilførslerne er derimod signifikant korrelerede med vandtilførslerne. Vandmiljøplanens mål om en 50 % reduktion af kvælstoftilførslen i forhold til niveauet i 1980'erne er således ikke opfyldt for Mariager Fjord.

Selvom spildevands- og dambrugsbidraget er faldet gennem perioden, betyder det kun lidt for den samlede tilførsel af kvælstof, idet landbrugsbidraget er den dominerende kilde.

For elleve vandløb i oplandet til Mariager Fjord er der foretaget tidsserieanalyser af udviklingen i kvælstofkoncentrationerne korrigeret for forskelle i vandafstrømning (Kronvang et al., 1998). Analysen er for de ni vandløb udført for perioden fra 1983 - 1985 til 1996 og for to vandløb fra 1989 til 1996. Koncentrationerne af kvælstof har siden midten af 1980'erne været signifikant stigende i fem ud af de elleve vandløb. Kun i et vandløb er koncentrationen faldet signifikant (Hodal Bæk), mens der i de øvrige fem vandløb også er en stigende tendens (resultaterne af den statistiske analyse fremgår mere detaljeret af bilag 6.4).

Dette er et bemærkelsesværdigt resultat set i relation til resultater fra bearbejdning af tidsserier af kvælstofdata fra hele landet (Vandmiljøplanens Overvågningsprogram), idet der her gennemgående blev observeret et fald i kvælstofkoncentrationerne (DMU, 1997b).

En analyse af indholdet af nitrat i vandløbsvandet i sommerperioden (hvor grundvandsbidraget er det dominerende i vandløbet) viser for Kastbjerg Å, Vive Møllebæk og Karls Møllebæk en stigning i koncentrationerne gennem årene (Århus Amt, 1995c og Nordjyllands Amt, upubliceret). Koncentrationsstigningerne

kan være et udslag af et stigende indhold af nitrat i grundvandet, men det kan ikke udelukkes, at kvælstoffjernelsen ved denitrifikation i vandløbene er blevet mindre på grund af en mindre forurening med organisk stof.

Stigningen i koncentrationerne har i Kastbjerg Å med den længste tidsserie været størst i årene 1975 til 1985. Ud fra gødningsstatistik på landsplan vides det, at den største stigning i gødningstilførsel skete i årene 1950 til 1980. Såfremt stigningen i nitratindholdet om sommeren afspejler den forøgede kvælstofgødsning, og såfremt udviklingen i gødningstilførslen til Mariager Fjords opland har været som for landet som helhed, ses der en forsinkelse i stigningen i vandløbskoncentrationerne på højst 25 år i forhold til stigningen i gødningstilførslen. Dette kan være en indikation af, at alderen af det grundvand, der når frem til vandløbene formentlig ikke er ældre end omkring 25 år.

### 6.3 Kvælstoftilførsels afhængighed af afstrømningsmønsteret

En forholdsvis stor del af vandafstrømningen kommer fra grundvandstilførslen til vandløbene. Om sommeren løber der stort set kun grundvand i vandløbene. Såfremt der ikke sker nogen tilførsler fra punktkilder, afspejler koncentrationerne om sommeren grundvandets stofindhold. Vandføringen under sommerminimum antages at være tilstrømningen af grundvand.

Beregninger for vandløbene i oplandet til Mariager Fjord i perioden 1992 til 1996 viser, at mellem halvdel og to tredjedele af kvælstoftransporten generelt kommer fra grundvandsafstrømningen (regnet ud fra sommervandføringen) – dog er Korup Å og specielt Brødens Grøft mere præget af overfladenært vand.

Hovedparten af vand- og kvælstoftilførslen til vandløbene sker således via grundvand, der enten trænger frem direkte i vandløbene eller i kildevæld. Såfremt det fremtrængende grundvand ikke i særlig stor grad siver gennem engområder, vil „våde enge“ kun i begrænset omfang kunne medvirke til en reduktion af kvælstoftilførslerne til fjorden.

Ved nedsivningen til grundvandet ser man i mange oplande, at der sker en kvælstoffjernelse (denitrifikation) i jorden således, at det grundvand, der når frem til vandløbene, er mindre nitratholdigt. En forudsætning for denne proces er, at vandet når ned i iltfrie omgivelser i undergrunden.

De høje koncentrationer af kvælstof i vandløbsvandet om sommeren viser imidlertid, at hovedparten af vandet ikke stammer fra iltfrit miljø. Der sker således ikke nogen væsentlig kvælstoffjernelse. Nitratindholdet i det vand, der når frem til vandløbene, er derfor i høj grad bestemt af den nitratedsivning, der sker gennem rodzonen.

Selvom hovedparten af vand- og kvælstofafstrømningen foregår via grundvandet, kommer en del af vandet og kvælstoftransporten fra den mere overfladenære afstrømning. Såfremt nitratedsivningen gennem rodzonen reduceres, vil det umiddelbart give sig udslag i denne del af afstrømningen. Dette er blandt andet dokumenteret i målinger i rodzonen under et større antal marker i mindre landbrugsoplande (DMU 1997c), ligesom det var åbenlyst, at den større nitrattransport i vandløbene efter tørkesommeren i 1992 var et umiddelbart respons på dette. Effekten af en mindre rodzonedesivning vil således kunne måles i vandløbene – og hermed i tilførslerne til Mariager Fjord umiddelbart, men i første omgang kun slå igennem på den overfladenære del af vandafstrømningen. Først på længere sigt, når grundvandskoncentrationerne falder, vil den fulde effekt ses.

### 6.4 Næringsstofftilførslerne i 1997

I figur 6.4 er vist den månedlige tilførsel af kvælstof, fosfor og vand i 1997. Til sammenligning er vist de gennemsnitlige tilførsler på månedsbasis i 1978-1996 for vand og kvælstof og i 1992-96 for fosfor.

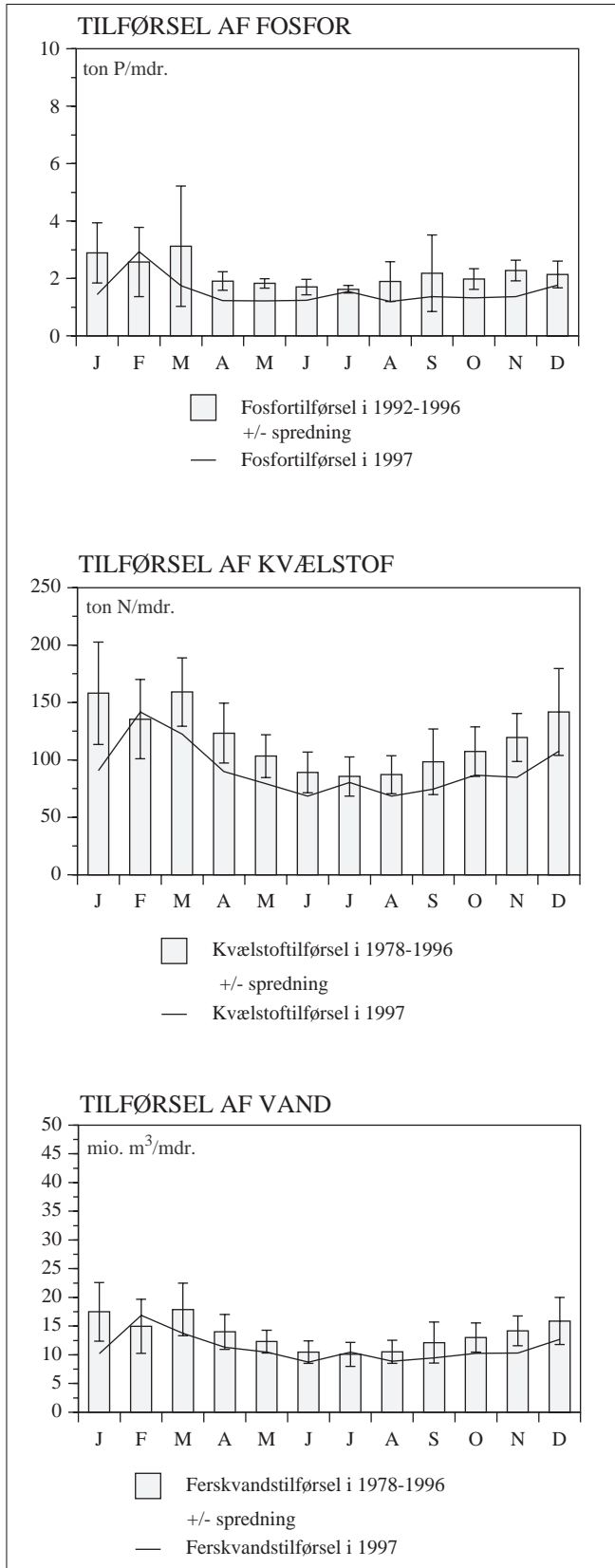
Det fremgår, at næringsstofftilførslerne i 1997 gennemgående har været mindre end i de foregående år.

#### Betydningen af den kraftige nedbør i slutningen af juli

Den kraftige nedbør i slutningen af juli måned (se kapitel 5) medførte en stigning i vandafstrømningen i vandløbene omkring Mariager Fjord. Nedbøren og dermed stigningen i vandafstrømningen var størst syd for fjorden. Kvælstofkoncentrationerne i det afstrømmende vand var lidt mindre end i den forudgående og efterfølgende periode – sandsynligvis fordi en stor del af vandet løb af overfladisk. Den store vandafstrømning betød imidlertid, at transporten af kvælstof til fjorden blev forøget i dagene fra den 27. juli til den 1. august 1997.

Ud fra målinger i Kastbjerg Å og Villestrup Å kan det anslås, at transporten af kvælstof til Mariager Fjord i

Figur 6.4  
 Tilførslen af kvælstof, fosfor og vand til Mariager Fjord i 1997. Til sammenligning er vist den gennemsnitlige tilførsel i årene 1978 - 1996 (kvælstof og vand) og årene 1992 - 96 (fosfor) samt spredningen.



disse dage blev forøget med i størrelsesordenen 10 tons, heraf ca. 7 tons i form af nitrat. Herudover anlås kvælstoftilførslen med regnvand direkte på fjorden til at være i størrelsesordenen 6 tons. Under normale forhold vil transporten af kvælstof fra oplandet (inklusive diverse punktkilder) være i størrelsesordenen 80-100 tons om måneden i sommermånederne, mens tilførslen fra atmosfæren ville have været ubetydelig uden nedbør.

Der er foretaget beregninger og vurderinger af, hvilken betydning overløb fra byernes kloaksystemer og tilledning af overfaldevand fra separat-kloakerede områder (regnvandsbetingede udledninger) kan have haft for kvælstofudledningerne under den store nedbør. Resultaterne viser, at den udledning af kvælstof, der kan tilskrives de regnvandsbetingede udledninger, er begrænset (i størrelsesordenen 10 %) i forhold til den stigning i tilførslen, der er registreret.

### Sammenfatning

Den årlige ferskvandstilførsel til Mariager Fjord har i årene 1978 til 1996 varieret mellem 128 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/år (=225 mm vand) og 206 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/år (=361 mm vand) afhængigt af nedbørsmængden. Grundvandstilførslerne til vandløbene udgør omkring 60% af den samlede vandtilførsel. År til år variationerne i ferskvandstilførslerne til fjorden er derfor mindre end i mange andre oplande.

Kvælstoftilførslerne har i undersøgelsesperioden ligget mellem ca. 1100 t/år og 1700 t/år. De største tilførsler blev registreret i årene 1984-88 og 1994-95 (ca. 1400-1700 t/år), mens tilførslerne i de øvrige år har ligget på et relativt ensartet niveau (ca. 1100-1300 t/år). I 1997 er kvælstoftilførslen opgjort til 1095 t/år. Variationerne skyldes hovedsageligt forskelle i nedbøren. Der er ikke nogen signifikant udvikling i undersøgelsesperioden, og Vandmiljøplanens mål om en 50 % reduktion af kvælstoftilførslen i forhold til niveauet i 1980'erne er således ikke opfyldt for Mariager Fjord.

Landbruget bidrog i 1997 med 71% af kvælstoftilførslen og punktkilder med omkring 10%.

Kvælstofindholdet korrigeret for forskelle i vandafstrømning har været signifikant stigende i fem ud af elleve vandløb i oplandet og vist stigende tendens i yderligere fem vandløb. Kvælstofbelastningen pr. oplandsareal er den størst fundne på landsplan i 1996, hvilket til dels kan tilskrives et højt kvælstofindhold i det tilstrømmende grundvand.

Fosfortilførslerne har i undersøgelsesperioden ligget mellem 83 t/år og 18 t/år. De største tilførsler blev målt i perioden 1978-85 (66-83 t/år). Fra 1986 er der sket et signifikant fald, og i 1997 er fosfortilførslen opgjort til 18 t/år. Fosfortilførsel er således reduceret med 73-78 % i forhold til tilførslerne i perioden 1978-85, og dermed på niveau med Vandmiljøplanens mål, der er en 80 % reduktion af tilførslen.

Faldet i fosfortilførslerne skyldes primært en væsentlig forbedring i spildevandsrensningen, idet udledningerne fra renseanlæg er faldet fra ca. 37 til ca. 3 tons. Også udledningen fra dambrug er reduceret væsentligt – fra ca. 16 til ca. 2 tons.

Punktkilderne (minus spredt bebyggelse ) bidrog i 1997 med 38 % af fosfortilførslen og landbruget med omkring 24%.

Næringsstofftilførslerne i 1997 har ligget lavere end i de foregående år på grund af mindre nedbør og deraf følgende lavere vand- og stofafstrømning. Kraftig nedbør i slutningen af juli måned anslås at have forøget tilførslen af kvælstof fra land med i størrelsesordenen 10 ton og fra atmosfæren (regn) med i størrelsesordenen 6 ton (normaltilførsel i sommermånederne er 80 - 100 ton pr. måned).

Kvælstofindholdet i grundvandet har været stigende fra midten af 1970'erne til i dag. Den store tilførsel af kvælstofholdigt grundvand til vandløbene kan pege i retning af, at våde enge kun i begrænset omfang vil kunne medvirke til en reduktion af kvælstoftilførslerne til fjorden.

En nedsat udvaskning fra rodzonen vil umiddelbart have effekt på kvælstofindholdet i den del af vandet, der kommer overfladenært frem til vandløbene. Den fulde effekt af en reduktion i rodzoneudvaskningen vil dog først ses efter en række år, når også kvælstofindholdet i grundvandet falder.

