

DW

NOTAT

BRABRAND SØ

Tilstand og udvikling

BRATISLAVA 80

BRATISLAVA 80

Indholdsfortegnelse

Indledning	s	3
Vand- og næringsstofbalance	s	5
Vandbalance.....	s	5
Næringsstofbalance	s	5
Kildeopsplitning	s	8
Reduktion af fosfortilførslen.....	s	9
Vandkemi	s	11
Fysisk/kemiske sammenhænge	s	17
Alger i Brabrand sø	s	19
Fremtidige udsigter	s	21

Indledning

Brabrand sø har igennem en lang årrække været meget stærkt belastet af først og fremmest store mængder spildevand. Tilstanden i søen var derfor i firserne meget dårlig.

Det blev derfor besluttet, at der dels skulle ske en markant reduktion i fosfortilførslen, dels skulle foretages en restaurering af søen i form af sedimentfjernelse. I 1988 blev denne sedimentfjernelse påbegyndt.

I forbindelse med restaureringen af Brabrand sø blev det endvidere besluttet, at søen skal overvåges hvert år - i hvertfald indtil oppumpningen af sediment er færdig. Århus Amt har derfor hvert år siden 1989 foretaget omfattende undersøgelser i søen.

Dette notat vil beskrive søens udvikling siden midten af 1980'erne samt tilstanden i søen i 1993.

Sedimentfjernelsen skal være afsluttet i 1995. Århus Amt vil udarbejde en mere omfattende rapport, hvor alle de parametre, som er blevet målt, vil blive inddraget, når søen "er faldet til ro", nogle år efter at sedimentfjernelsen er afsluttet.

Siden 1989 har Århus Amt foretaget undersøgelser i såvel søen som i tilløb og afløb efter de retningslinier, som er udstukket i forbindelse med Vandmiljøplanens overvågningsprogram for søer.

Dette indebærer, at søen undersøges for en række vandkemiske parametre og for fyto- og zooplanktonforekomster. Vandføring og de kemiske forhold i tilløb og afløb bliver ligeledes registreret løbende.

Siden 1989 er der således foretaget prøvetagning i søen 19 gange hvert år. En gang om måneden i vinterhalvåret - to gange om måneden i sommerperioden.

Vand- og næringsstofbalance

Vandbalance

Der er lavet vandføringsmålinger og udtaget vandprøver i både Århus Å, i Lyngbygårds Å og i afløbet fra Brabrand Sø.

Vandføringerne i Århus Å ved Skibby og i Lyngbygårds Å ved A 15 er beregnet vha. en kontinuert vandføringsstation. I afløbet er vandstanden registreret, men vandføringen er ikke målt. Dette er imidlertid blevet gjort i Århus Å ved Museumsbroen.

Disse manuelle vandføringsmålinger er blevet relateret til de to ovennævnte faste vandføringsstationer. Herved er fremkommet en vandføring, som senere er blevet arealkorrigeret til afløbet fra Brabrand Sø. Herved er altså fremkommet en beregnet vandføring i afløbet fra søen.

Endelig er der sket en beregning af vandføringen fra det opland omkring Århus Å, der ligger nedenfor stationen ved Skibby samt det øvrige opland omkring Brabrand Sø. Dette opland benævnes "umålt opland".

I 1993 blev der i alt tilført 93 mio m³ til søen i 1993. Den gennemsnitlige opholdstid i søen var 5 dage med en variation fra 3 dage i den vådeste del af året til ca. 14 dage i den tørreste.

Siden 1989 har vandtilførslen i Århus Å varieret mellem 40 og 70 mio m³ om året. I midten af firserne, som også var nedbørsrige år, var der dog også en tilsvarende eller

endog større årlig vandtilførsel.

Næringsstofbalance

Stofbalancen for Brabrand Sø er beregnet ved at kombinere vandføringsmålingerne med vandprøver taget i Århus Å ved Skibby, i Lyngbygårds Å ved A 15 og i afløbet fra Brabrand Sø. Derudover er der som nævnt et umålt opland til søen samt en punktkildetilledning direkte til søen fra regnvandsudløb og rensningsanlæg.

Stoftilførslen fra det umålte opland er beregnet ud fra oplandets areal og en gennemsnitlig arealrelateret afstrømning.

Tilledningen fra rensningsanlæggene er opgjort ud fra gennemsnittet af de døgnmålinger, der foretages som et led i afløbskontrollen (i almindelighed 12 målinger) og regnvandsudløbenes bidrag er beregnede værdier.

Kvælstof

I 1993 blev der tilført 872 ton kvælstof til Brabrand Sø. Det svarer til en vandføringsvægtet indløbskoncentration på 9,4 mg N/l.

Af disse 872 ton blev 719 ført videre ud af Brabrand Sø. Der var således i 1993 en kvælstoffjernelse/-sedimentation på 18 % af den tilførte mængde eller i absolutte tal på 153 ton.

I 1992 var kvælstoffjernelsen 7 - 10 % af den tilførte mængde.

Massebalance Brabrand Sø	Oplandsareal km ²	Vandtilførsel mio. m ³ /år	Total kvælstof ton N/år	Total fosfor ton P/år
Lyngbygårds Å	131,5	35,67	377	4,73
Århus Å	118,6	33,93	268	6,36
Umålt opland/grundvand	60,9	16,89	188	2,57
Atm. depos.			3	0,03
Punktkilder		6,31	36	4,80
Samlet tilførsel	311	92,8	872	18,49
Fraførsel		92,8	719	28,88
Intern retention/frigivelse (ton)			153	10,39
Intern retention/frigivelse (%)			18%	-56%

Tabel 1.

Massebalance for Brabrand sø i 1993.

Punktkilder direkte til søen omfatter regnvandsoverløb der har udløb nedstrøms Skibby samt Viby rensningsanlæg.

Figur 1 viser kvælstof til- og fraførslen fra Brabrand Sø i de sidste fem år.

Som det kan ses, er der typisk en mindre kvælstoftilbageholdelse hvert år. I 1989 ser det dog ud til, at der var en større transport ud af søen end ind. Årsagen hertil kan være, at 1989 var et tørt år. Vandets opholdstid i Brabrand Sø var derfor større end normalt og dermed har der øjensynligt været en mulighed for blågrønnalgerne i søvandet at fiksere og binde kvælstof fra atmosfæren.

Det kan altså konkluderes, at den største del af den tilførte kvælstof bliver ført igennem søen og ud i Århus Bugt.

Ser man på årstidsvariationen i kvælstoffjernelsen, viser det sig, at det stort set kun er i vintermånederne, der sker en fjernelse af kvælstof fra vandet

I sommerperioden er kvælstofniveauet i søen ikke så højt som i vintermånederne (den gennemsnitlige nitratkoncentration i sommeren 1993 var 0,85 mg N/l).

Det vurderes, at forklaringen på den manglende denitrifikation i sommerperioden er, at processen er kvælstofbegrænset.

Selvom denitrifikationen er temperaturafhængig og derfor forløber hurtigst om sommeren, er processen i Brabrand Sø altså primært styret af kvælstoftilgængeligheden.

Det er kun en mindre del af kvælstoffjernelsen, som sker ved sedimentation, idet den overvejende del af kvælstoftilførslen sker som nitrat.

Selvom kvælstoffjernelsen ikke udgør nogen stor andel af den samlede tilførsel, er den på størrelse med den kvælstoffjernelse der sker i andre søer.

Den gennemsnitlige kvælstoffjernelse fra de 37 søer i Vandmiljøplanens overvågningsprogram har således i 1992 og 1993 været ca. 50 g/m²/år.

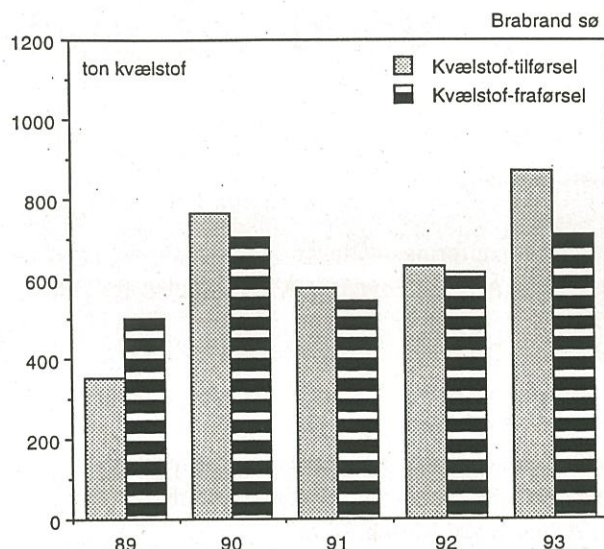
I Brabrand Sø var der en kvælstoffjernelse på 32 g/m²/år i 1992 og 100 g/m²/år i 1993. Som nævnt blev der fjernet 153 ton kvælstof i 1993.

Fosfor

I 1993 blev der tilført omkring 18,5 ton fosfor til Brabrand Sø. I de to foregående år har der været en fosfortilførsel af samme størrelsesorden.

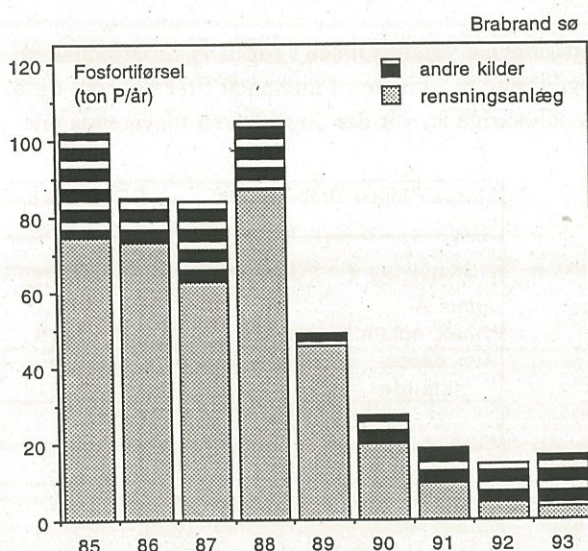
I forhold til fosfortilførslen i midten af firserne er der tale om en betragtelig reduktion. I 1988 var fosfortilførslen således over 100 ton (figur 2).

I søer af samme type som Brabrand Sø vil der naturligt være en fosfortilbageholdelse på 20 - 30 % af den



Figur 1.

Transporten af kvælstof til og fra Brabrand sø i årene 1989 til 1993.



Figur 2.

Fosfortilførsel til Brabrand sø fra 1985 til 1993 fordelt på rensningsanlæg og andre kilder.

tilførte fosfor.

I Brabrand Sø har der i de senere år været en væsentlig større transport af fosfor ud af søen end ind.

I 1992 blev der ført ca. 17,5 ton fosfor til søen, medens der kom knapt 20 ton ud af søen. Dvs. der kom ca. 15 % mere fosfor ud af søen, end der kom ind. I 1993 var tilførslen ca. 18,5 ton og fraførslen næsten 29 ton. I 1993 blev der altså ført omkring 50-60 % mere fosfor ud, end der kom ind.

Fosforfrigivelsen var ca. 6,5 g P/m²/år i 1993.

Også i de foregående år har der imidlertid været en større fosfortransport ud af søen end ind.

Den store reduktion i fosfortilførslen skete fra 1988 til 1989. Men som figur 3 viser, var der også i 1988 en aflastning af fosfor i søen. Det ses, at aflastningen i absolutte tal har været af nogenlunde samme størrelsesorden i de sidste fem år uanset fosfortilførslens størrelse.

Når fosforkoncentrationen i søvandet bliver mindre, hvilket er sket i Brabrand Sø, fordi fosfortilførslerne er blevet mindre, bliver forskellen mellem fosforkoncentrationen i sedimentet og i søvandet større.

Dette vil alt andet lige medføre en øget transport af fosfor fra sediment til vandfase. Derfor skulle man forvente, at nettoaflastningen var forøget i de senere år. Dette er øjensynligt ikke tilfældet. Her skal det pointeres, at der kun er data fra 1988, som repræsenterer tiden før reduktionen i de eksterne fosforkilder.

I 1983 viste undersøgelser, at der var en netto-fosfortilbageholdelse i søen (Århus Amt, 1984).

Årsagen til at nettoaflastningen ikke er blevet markant større, skal findes i, at der er bortgravet store mængder fosforrigt sediment fra søen.

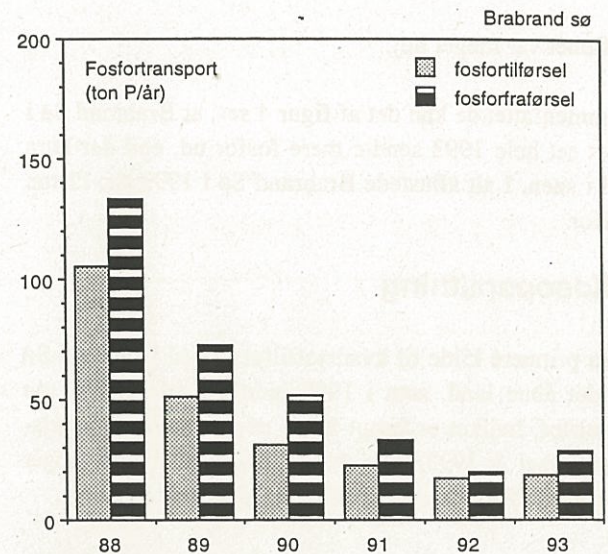
Det er tydeligt, at tilstanden i Brabrand Sø er ustabil og langt fra en normal situation.

Selvom der er en forholdsvis stor vandtilførsel til søen hele året og fosfortilførslen varierer i takt med vandtilførslen, er der dog stor forskel på transporten af fosfor til søen i de våde og de tørre måneder (figur 4).

Figur 4 viser, at fosfortilførslen i 1993 varierede mellem 3 - 4000 kg i januar og december til mindre end 1000 kg fra april til august.

Den gennemsnitlige vandføringsvægtede indløbskoncentration var i 1993 næsten 200 µg P/l.

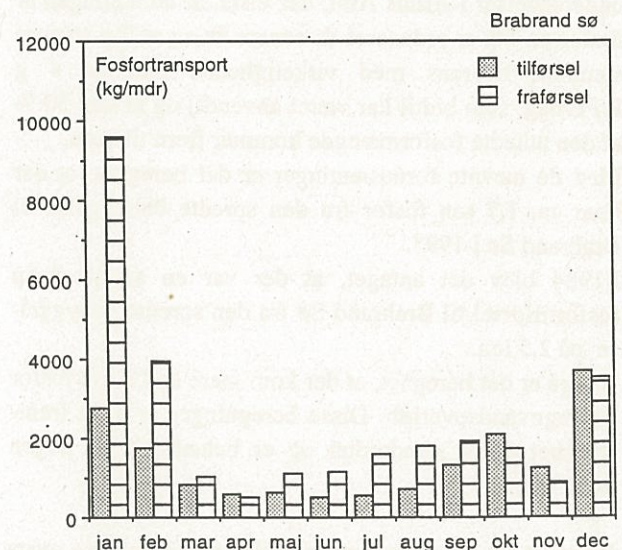
I de fleste næringsstofbelastede søer i Danmark ses en fosfortilførsel fra sedimentet til søvandet i sommer- og efterårsmånederne. Således også i Brabrand Sø, hvor der i perioden juni til september var en fosforfrigivelse på 700 til 1100 kg pr. måned.



Figur 3.

Fosfortransport ind og ud af Brabrand sø i perioden 1988 - 1993.

I modsætning til de fleste andre søer var der i Brabrand Sø i 1993 (og i 1992) også en stor nettotransport af fosfor ud af søen i vinterhalvåret. Specielt i januar og februar måned skete der en meget stor nettoaflastning af fosfor fra søen. Her skal det dog bemærkes at den beregnede fosfortransport ud af søen i januar er baseret på en måling i afløbet taget på en dag hvor vandstanden



Figur 4.

Den månedlige fosfortransport til og fra Brabrand sø i 1993

i afløbet var meget høj.

Sammenfattende kan det af figur 4 ses, at Brabrand Sø i stort set hele 1993 sendte mere fosfor ud, end der kom ind i søen. I alt aflastede Brabrand Sø i 1993 ca. 12 ton fosfor.

Kildeopsplitning

Den primære kilde til kvælstoftilførslen til Brabrand Sø er det åbne land, som i 1993 bidrog med ca. 750 ton kvælstof, hvilket er knapt 90 % af den samlede kvælstoftilførsel i 1993. De øvrige kilder er, hvad angår kvælstoftilførslen, uden betydning for Brabrand Sø.

For fosfors vedkommende er der flere betydende kilder. Det bidrag, der er bestemt med størst sikkerhed, er fosforudledningen fra rensningsanlæggene. Her blev der udledt 4 ton fosfor i 1993.

Fra dambrugene i oplandet kommer der i forhold til den totale fosformængde, der ledes til Brabrand Sø, kun en mindre mængde - i 1993 340 kg.

Udledningen fra den spredte bebyggelse er beregnet og bygger på erfaringer og gennemsnitstal, hvilket dermed gør at der er nogen usikkerhed om bidragets reelle størrelse.

Forudsætningerne for beregningerne er, at der i gennemsnit bor 3 personer pr. husstand, at der udledes 2 g P/PE/dag (disse 2 g P/PE/dag er fremkommet ud fra undersøgelser i Århus Amt, der viser, at udledningen af fosfor pr. PE er reduceret de senere år og at 2 g snarere stemmer overens med virkeligheden end de 4 g P/PE/dag, som hidtil har været anvendt) og at kun 50 % af den udledte fosformængde kommer frem til søen.

Med de nævnte forudsætninger er det beregnet, at der kom ca. 1,7 ton fosfor fra den spredte bebyggelse til Brabrand Sø i 1993.

I 1984 blev det antaget, at der var en samlet årlig fosfortilførsel til Brabrand Sø fra den spredte bebyggelse på 2,5 ton.

Videre er det beregnet, at der kom mere end 6 ton fosfor fra regnvandsoverløb. Disse beregninger er også fremkommet ud fra standardtal og er behæftet med nogen usikkerhed.

Bidraget fra det åbne land (naturlig afstrømning + overfladisk afstrømning som følge af jordbrug) er fremkommet som differencen mellem den totale fosfortransport til søen og summen af de øvrige kilder. I 1993 kom der ca. 6,3 ton fosfor fra det åbne land, heri er medregnet en aflastning fra Stilling-Solbjerg sø på ca. 1000 kg.

6,3 ton svarer til en gennemsnitlig arealrelateret udledning på 0,21 kg P/ha/år fra hele oplandet. Det er ikke væsentligt forskelligt fra det gennemsnit, som er fundet for en række oplande i landbrugsområder i Århus Amt i 1993.

Målsætning for Brabrand Sø

I recipientkvalitetsplanen for Brabrand Sø er det angivet, at der skal være en sigtddybde på 1 m i gennemsnit i sommerperioden.

Det er endvidere forudsat, at den samlede udledning af fosfor fra rensesanlæggene i oplandet højst må være 5 tons pr. år.

En sigtddybde på 1 m kræver, at fosforkoncentrationen i søvandet ikke overstiger 110 µg P/l som en gennemsnitlig sommerkoncentration.

Skal en sådan fosforkoncentration i søvandet kunne opnåes, må den gennemsnitlige vandføringsvægtede fosforkoncentration i tilløbsvandet være maksimalt 120 µg P/l i sommerperioden.

Den gennemsnitlige vandtilførsel til Brabrand Sø i måleårene siden 1975 har været 80 mio. m³ pr. år.

Anvendes disse 80 mio. m³ som udgangspunkt kombineret med en koncentration på 120 µg P/l er resultatet, at der maksimalt må tilføres ca. 10 ton fosfor til Brabrand Sø om året, hvis målsætningen i recipientkvalitetsplanen skal opfyldes.

I de seneste tre år er der blevet tilført 18 - 20 ton fosfor til søen hvert år.

Kildeopsplitning	Total kvælstof (ton N/år)	Total fosfor (ton P/år)
Renseanlæg	62	4,0
Regnvandsbetingede udledninger	28	6,1
Spredt bebyggelse	10	1,7
Dambrug		0,3
Åben land	752	6,3
Ialt	852	18,5

Tabel 2.

Fordelingen af kvælstof- og fosforkilderne i oplandet til Brabrand sø i 1993.

Tabel 3.

Vand- og næringsstofudledningerne fra rensningsanlæggene i oplandet til Brabrand sø samt den tildelte fosforkvote i 1993

	Årsvandføring (mio. m ³ /år)	Total kvælstof (kg N/år)	Total fosfor (kg P/år)	Fosforkvote (kg P/år)
Skovby	0,643	8035	310	181
Galten	1,032	6997	591	282
Sorring	0,096	1902	55	32
Lading	0,081	817	37	18
Jeksen	0,015	215	66	4
Hørning	1,276	7325	558	564
Låsby	0,270	4076	175	91
Harlev	0,497	2814	164	131
Solbjerg	0,321	1346	106	131
Årslev kro	0,022	613	20	20
Viby	6,177	25278	438	
Viby - udligningsbassin			406	3022
Borum	0,019	686	142	12
Ormslev	0,045	631	84	12
Hestehaveskolen	0,005	153	51	
Toustrup st.by	0,007	241	75	
Bjertrup	0,005	186	58	
Restaurant Stilling	0,003	111	35	500
Skytteledet, Ormslev	0,003	93	29	
Stautrup Camping	0,005	173	54	
Kolt Højskole	0,007	223	70	
Øvrige små landsbyer			478	
Ialt	10,529	61915	4002	5000

Reduktion af fosfortilførslen

Renseanlæg

Den fastsatte kvote på 5 tons fosfor pr. år er fordelt ud på de enkelte anlæg proportionalt med den målte belastning. Andelene er vist i den sidste kolonne i tabel 3. Der er ikke taget stilling til, om den målte belastning er et rimeligt udgangspunkt for fordelingen, eller om anlægsstørrelsen bør med i grundlaget. Opdelingen er derfor kun vejledende.

Hvis kvoten på 5 tons skal overholdes, skal renseanlæggene i gennemsnit reducere fosforindholdet med 97-98 %.

Bidraget fra spildevandsanlæggene var i 1993 på ca. 4 ton.

Som tabel 4 viser, er der dog mange rensningsanlæg, der kan reducere udledningen af fosfor yderligere. Det skal understreges, at kvoten er vejledende og at rensningsanlæggene generelt overholder udlederkravene.

Ser man nærmere på spildevandsudledningerne fra oplandets rensningsanlæg, viser det sig, at årsagen til at fosforkvoten på 5 ton var opfyldt i 1993 hovedsagligt var en ekstrem god rensning på Viby rensningsanlæg med en gennemsnitskoncentration på 0,07 mg P/l svarende til en reduktion på 99 %. Målinger frem til okto-

ber 1994 viser, at udledningen i 1994 bliver væsentlig højere (gennemsnitskonc. 0,23 mg P/l).

Det gælder for mange af de øvrige rensningsanlæg, at disse udledte mere end fosforkvoten. I 1993 var det således blandt de større anlæg kun Solbjerg og Hørning rensningsanlæg sammen med Viby, der ikke overskred fosforkvoten.

Ormslev og Borum er under udbygning for fosforreduktion, og for de øvrige anlæg bør der ved en optimering af driften kunne ske en yderligere reduktion af udledningen.

For de helt små landsbyer uden fælles renseanlæg er udledningen anslået til 850 kg P/år. Her kan der kun forventes en mindre reduktion (til ca. 500 kg P/år) i takt med forbedring af septik-tanke, øget nedsivning etc.

Udledningerne fra rensningsanlæggene vil variere fra år til år. Generelt er der ikke grundlag for at nedsætte kvoten for renseanlæggene, men ved optimal drift af alle anlæg bør resultatet af den samlede udledning ligge mellem 3,5 og 4,5 ton fosfor pr. år.

Regnvandsbetingede udledninger

Udledningerne fra regnvandsledningerne i de separat-kloakerede oplande og fra overløbsbygværkerne i de fælleskloakerede oplandebidrager med en stor del af den samlede fosfortilførsel til Brabrand Sø (ca. 30 % jvf.

tabel 2)

En yderligere reduktion i tilledningen af fosfor må derfor nødvendigvis omfatte regnvandsoverløbene.

Belastningsopgørelserne er baseret på grove forudsætninger om arealernes befæstelsesgrader, spildevandets sammensætning, kloaknettes udformning og funktion mv. og de er derfor behæftede med stor usikkerhed. Den anførte stofmængde er formodentligt overestimeret. Er dette tilfældet er den samlede fosfortilførsel til Brabrand sø tilsvarende overestimeret.

En meget stor del regnbetingede udledninger kommer fra oplande i Århus kommune. Man er her i gang med en detaljeret beskrivelse af kloaknettet og i en kombination med måling og prøvetagning vil der indenfor ca. 2 år foreligge en langt bedre opgørelse af belastningen. Disse beregninger vil bidrage til et bedre grundlag for en vurdering af hvilke foranstaltninger der kan og bør gennemføres.

Et detaljeret billede af bidraget fra regnvandsoverløbene viser, at de største fosformængder (beregnete værdier) i 1993 kom fra :

Viby/Holme via Døde å :	1662 kg P
Åbyhøj/Brabrand via Voldbæk :	985 kg P
Åbyhøj/Brabrand direkte til søen :	657 kg P

Et stort fosforbidrag til Brabrand Sø kommer således igennem Døde å dels fra spildevand dels fra regnvandsoverløbene. I 1993 blev der ialt ledt ca. 2,5 ton fosfor igennem Døde å. Her skal det erindres, at fosforudledningen fra Viby rensningsanlæg i 1993 var meget lille. I 1994 bliver udledningen væsentligt større og den samlede transport i Døde Å vil derfor i et "normalt" år snarere nærme sig eller overskride 4 ton fosfor pr. år.

Døde å har udløb i Brabrand Sø i den østlige ende ikke særligt langt fra afløbet fra søen.

Det er et spørgsmål i hvor høj grad, der sker en fuldstændig opblanding i søen af vandet fra Døde å. Umiddelbart kunne man måske forvente, at en del af åvandet vil strømme direkte til afløbet - også under hensyntagen til vestenvinden, som jo er den dominerende vindretning i dette land.

En undersøgelse af strømforholdene i Brabrand sø vil give svar på dette spørgsmål.

Viser det sig, at der sker en mere eller mindre total opblanding vil en afskæring direkte til afløbet være til stor gavn for søen.

Spredt bebyggelse

Ved en fortsat udvikling i anvendelsen af fosfatfrie vaskemidler og forbedring af ejendommenes renselanlæg - herunder nedsivning kan belastningen fra den spredte bebyggelse nedbringes.

Dambrug

Belastningen fra dambrug udgør en meget lille del af fosfortilførslen til Brabrand Sø.

Det åbne land

Skal recipientkvalitetsplanens målsætning opfyldes, er det nødvendigt, at der sker en reduktion i fosfortilførslen fra alle kilder i oplandet. Altså også en reduktion i bidragene fra det åbne land.

En ændret gødningspraksis specielt på de vandløbsnære arealer og en yderligere braklægning af bl.a. skrånende arealer vil reducere fosforafstrømningen fra de dyrkede jorde.

Det er klart, at enhver reduktion i udledningen af fosfor vil være til gavn for Brabrand Sø, uanset om den årlige fosfortilførsel begrænses til 10 ton.

Vandkemi

Der er blevet taget vandprøver i søen 19 gange i løbet af 1993. I det følgende vil årstidsvariationen i søen blive beskrevet for de forskellige parametre.

Fra 1989 til 1992 er der lavet en tilsvarende intensiv prøvetagning som i 1993. De ældste målinger, som her er medtaget, er fra 1975.

I perioden 1975 til 1989 er Brabrand Sø blevet undersøgt i enkelte år og med en varierende prøvetagningsfrekvens.

Målingerne i 1993 vil blive sammenlignet med tidligere målerårs resultater såvel før som efter 1989.

Sigtdybde og klorofyl

Sigtdybden i søen varierer som i enhver anden sø meget fra sommer til vinter. I vintermånederne i 1993 var sigtdybden mere end en meter i næsten hele perioden (figur 5).

I løbet af foråret blev lysforholdene i søen gradvist dårligere. Fra marts til juli faldt sigtdybden således fra mere end en meter til ca. 30 cm. I samme periode steg algebiomassen målt som klorofyl tilsvarende og på det tidspunkt, hvor sigtdybden var mindst i 1993, var klorofylkoncentrationen den højest registrerede i 1993.

Der er således ingen tvivl om, at algemængden har en væsentlig indflydelse på lysforholdene i søen.

Sammenlignes målingerne i 1993 med tidligere års registreringer ses det, at der ikke er sket nogen væsentlig ændring i lysforholdene i søen i årets første halvdel. Det ses ligeledes, at der i hvertfald ikke er sket nogen forbedring i sigtdybden i juni og juli. Faktisk var målingerne i 1993 i disse to måneder de laveste siden 1975.

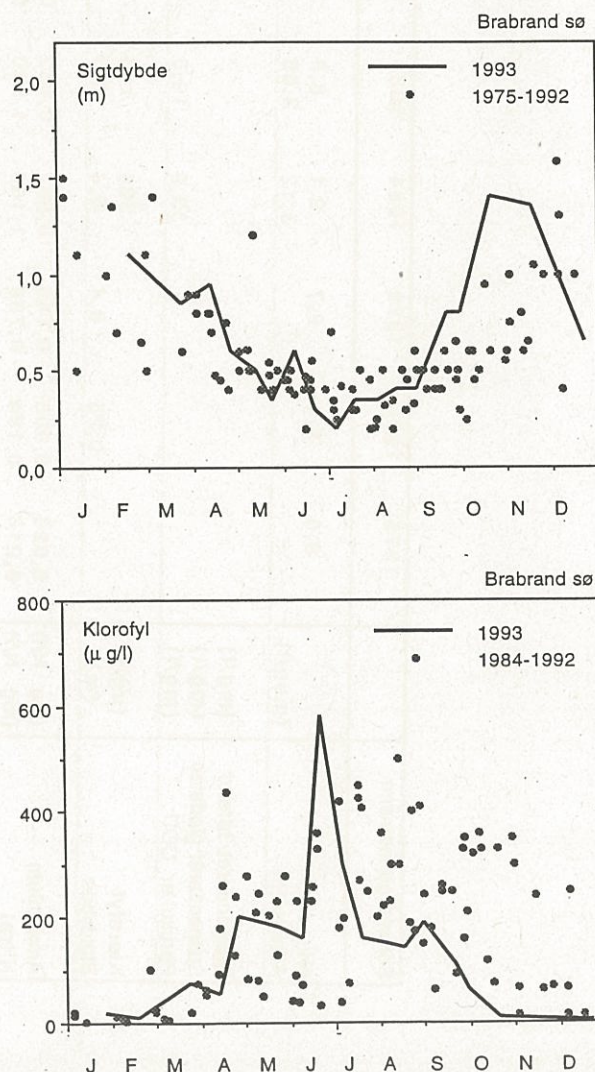
Bortset fra de meget høje klorofylkoncentrationer, som blev målt i slutningen af juni/starten af juli (næsten 600 $\mu\text{g/l}$), var klorofylindholdet i søen i sommermånederne omkring 200 $\mu\text{g/l}$. Den gennemsnitlige koncentration i sommermånederne var 208 $\mu\text{g/l}$ i 1993. Dermed er der ikke sket nogen væsentlig ændring i det gennemsnitlige klorofylindhold i søen.

Sigtdybden steg gradvist fra september til november, i takt med at indholdet af alger og dermed klorofylkoncentrationen faldt. I oktober og november var der en forholdsvis stor sigtdybde (næsten 1,5 m) sammenlignet med de tidligere år.

Tilsvarende var klorofylindholdet i søen lavere end i de

foregående år i perioden fra august til december.

Selvom klorofylindholdet forblev på et meget lavt niveau året ud, faldt sigtdybden fra midten af november. Årsagen hertil er, at indholdet af suspenderet bundmateriale blev større i perioden pga. vindpåvirkning. Som det senere skal behandles, er det altså ikke udelukkende indholdet af alger, der er afgørende for lysforholdene i søen.



Figur 5.

Årstidsvariationen for sigtdybde (øverst) og klorofylkoncentration (nederst) i Brabrand sø i 1993 sammenlignet med perioden fra 1975 til 1992.

Sommergennemsnit	1975	1976	1978	1984	1988	1989	1990	1991	1992	1993
pH	9,0	9,4	8,7	9,1	8,8	9,2	9,2	9,0	9,2	8,7
Alkalinitet (meq/l)				3,12	3,05	3,31	3,10	2,68	2,37	2,55
Suspenderet tørstof (mg/l)								43,5	40,5	49,2
Suspenderet glødetab (mg/l)								23,3	19,5	24,0
Partikulær COD (mg/l)				33,9	19,0	32,4	28,3	22,6	19,7	28,5
Klorofyl (µg/l)				334	166	193	288	198	222	208
Sigtde (m)		0,25	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
Ammonium (mg N/l)	0,029	0,005	0,149	0,062	0,132	0,107	0,097	0,110	0,041	0,073
Nitrat (mg N/l)	0,216	0,194	0,756	1,160	1,540	0,601	0,788	1,320	0,843	0,847
Total kvælstof (mg N/l)	3,90	3,73	3,60	4,68	6,17	3,35	3,10	3,43	3,13	2,96
Orthofosfat (µg P/l)	341	636	332	372	338	317	285	115	66	74
Total fosfor (µg P/l)	966	1674	933	951	800	924	836	503	408	465
Opløst silicium (mg Si/l)				2,24	3,53	1,63	1,59	1,71	1,91	2,34

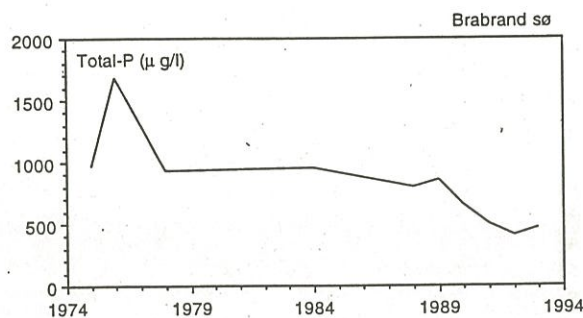
Tabel 4.

Sommergennemsnit af de kemiske og fysiske parametre, der er målt i Brabrand sø i måleårene fra 1975 til 1993.

Årsgennemsnit	1975	1976	1978	1984	1988	1989	1990	1991	1992	1993
pH	9,1	8,7	8,5	8,5	8,3	8,9	8,7	8,5	8,7	8,4
Alkalinitet (meq/l)				3,00	2,96	3,21	2,83	2,81	2,48	2,57
Suspenderet tørstof (mg/l)							32,9	29	28,2	28,2
Suspenderet glødetab (mg/l)							15,4	15,1	13,5	13,2
Partikulær COD (mg/l)			13,4	19,8	12,4	24,1	17,9	15,7	13,6	17,9
Klorofyl (µg/l)				185	99	172	160	145	156	107
Sigtdybde (m)		0,30	0,65	0,70	0,65	0,65	0,70	0,80	0,70	0,80
Ammonium (mg N/l)	0,017	0,416	0,193	0,132	0,120	0,126	0,138	0,092	0,058	0,076
Nitrat (mg N/l)	1,19	1,80	4,37	3,80	3,88	2,79	4,04	3,33	4,47	4,56
Total kvælstof (mg N/l)	5,21	4,41	6,87	6,25	7,26	5,19	5,90	4,99	6,34	6,17
Orthofosfat (µg P/l)	269	478	283	296	259	305	208	104	46	67
Total fosfor (µg P/l)	830	1237	704	641	553	757	542	364	290	292
Opløst silicium (mg Si/l)				3,37	3,85	3,23	3,26	3,14	3,04	3,27

Tabel 5.

Årsgennemsnit for de kemiske og fysiske parametre, der er målt i Brabrand sø i måleårene fra 1975 til 1993.



Figur 6.

Den gennemsnitlige koncentration af total fosfor i sommermånederne i Brabrand sø fra 1975 til 1993.

Fosfor

Fosforkoncentrationen i Brabrand Sø er reduceret i de senere år, som det ses på ovenstående figur (figur 6). I 1993 var den gennemsnitlige sommerkoncentration dog stadig så høj som 465 µg P/l.

På figur 7 kan det ses, at der er nogen variation i indholdet af fosfor i søen igennem året. I vinterhalvåret var koncentrationen i 1993 mellem 2 og 300 µg P/l, hvori- mod koncentrationen steg i løbet af sommeren og nåede et maksimum på over 800 µg P/l i juli måned.

Årsagen til stigningen i fosforkoncentrationen i sommerperioden er primært en meget stor frigivelse af fosfor fra sedimentet.

Som allerede beskrevet er der en fosforfrigivelse fra sedimentet i størstedelen af året.

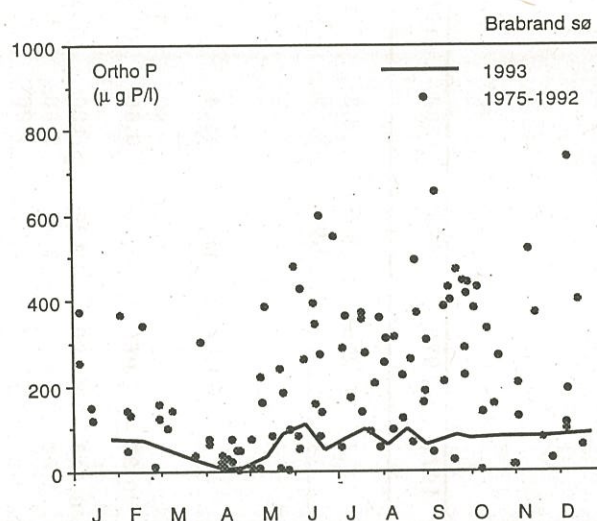
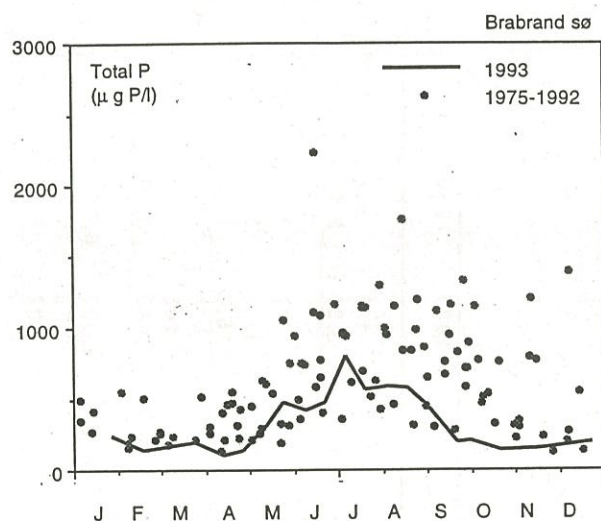
I vinterhalvåret er det vand- og stoftilførsels størrelse der er afgørende for fosforfrigivelsen.

I sommerperioden er omsætningen og dermed iltindholdet ved sedimentoverfladen af afgørende betydning for fosforfrigivelsen.

Der måles også stadig relativt høje koncentrationer af opløst fosfor (orthofosfat) i søen. Det var således kun i en kort periode i april under kiselalgernes forårsopblomstring, at der var forholdsvist lave koncentrationer af opløst fosfor i søvandet. D. 14/4 1993 blev der målt en orthofosfatkoncentration på 5 µg P/l som det laveste i 1993. Det var således kun på denne prøvetagningsdato, at algernes vækst har været begrænset af indholdet af orthofosfat.

Det kan derfor konkluderes, at der er så store fosforkoncentrationer i Brabrand Sø, at det ikke er indholdet af fosfor, der regulerer algebiomassen.

Ligesom for total fosfor er der sket en betragtelig reduktion i indholdet af opløst fosfor i søen i de sidste ti år. I



Figur 7.

Årstidsvariationen i indholdet af total fosfor (øverst) og orthofosfat (nederst) i Brabrand sø i 1993 sammenlignet med perioden fra 1975 til 1992.

1989 var den gennemsnitlige sommerkoncentration 317 µg P/l - i 1993 74 µg P/l.

Udviklingen går således den rette vej. Endnu er fosforniveauet blot så højt primært pga. intern belastning, at biologien i søen ikke har reageret på den reduktion, der er sket i indholdet af fosfor i søvandet..

Kvælstof

Kvælstofkoncentrationen i søen afspejler i vid udstrækning kvælstoftransporten til søen og dermed afstrømningen fra de dyrkede jorde i oplandet.

I vintermånederne er kvælstofkoncentrationen høj (omkring 10 mg N/l) og i sommerperioden væsentligt lavere. Den gennemsnitlige koncentration af total kvælstof i Brabrand Sø var i sommerperioden i 1993 2,96 mg N/l.

Også fra år til år er det primært afstrømningens størrelse, som er bestemmende for kvælstoftilførslen. I de sidste fem år har afstrømningen været væsentligt mindre, end den var i midten af firserne.

Derfor har kvælstoftransporten også været faldende i perioden. Ser man på den vandføringsvægtede indløbskoncentration for kvælstof, er der imidlertid ikke sket nogen væsentlige ændringer i de seneste 10 - 15 år.

I 1993 var den vandføringsvægtede indløbskoncentration 9,2 mg N/l.

Nitratindholdet i Brabrand Sø varierer med afstrømningsforholdene. I den våde del af året er indholdet af nitrat høj (mellem 5 og 10 mg N/l) og udgør næsten hele kvælstofpuljen. I sommerperioden med den relativt lille vand- og stoftilførsel er der imidlertid et væsentligt lavere nitratkoncentration i søen (figur 8).

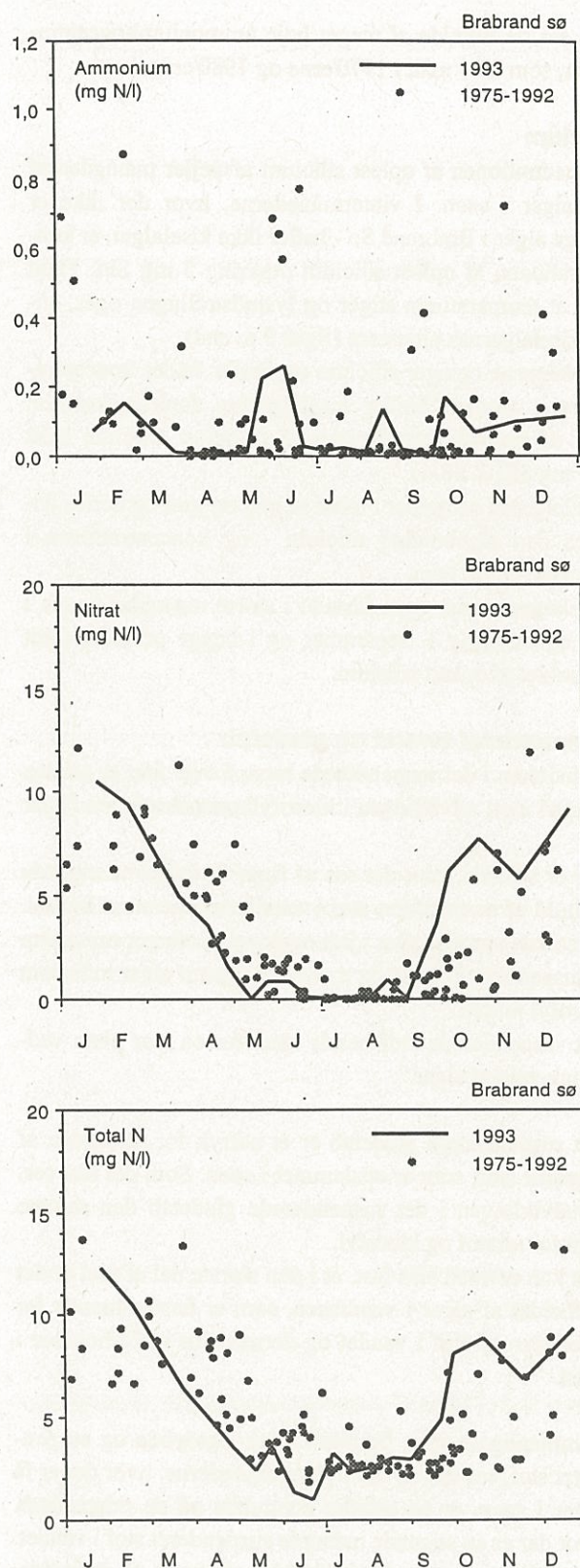
I flere perioder i sommeren 1993 er der målt nitratkoncentrationer mindre end 0,05 mg N/l og ammoniumkoncentrationer på mindre end 0,01 mg N/l.

Det er derfor muligt, at algernes vækst i Brabrand Sø har været begrænset af mangel på tilgængeligt kvælstof under kiselalgerne forårsmaksimum, ved de høje algebiomasser i juli og under blågrønalgerne maksimum i august.

For både ammonium og nitrat ses en midlertidig stigning i koncentrationerne umiddelbart efter kiselalgerne maksimum i foråret og i sommerperioden. Årsagen hertil er den frigivelse af algebundet kvælstof, som sker ved omsætningen af de sedimenterede alger.

I løbet af september, hvor algebiomassen falder, samtidigt med at de eksterne tilførsler stiger, øges koncentrationerne af såvel ammonium og nitrat som total kvælstof.

Ligesom der ikke har været nogen væsentlig udvikling i de gennemsnitlige kvælstofkoncentrationer, har variationen over året i 1993 stort set været den samme, som den der er registreret i de foregående år. Dog har den forbedrede rensning af spildevandet medført, at der ikke læn-



Figur 8.

Årstidsvariationen i indholdet af ammonium (øverst), nitrat (i midten) og total kvælstof (nederst) i Brabrand sø i 1993 sammenlignet med perioden fra 1975 til 1992.

gere ses de tilfælde af meget høje ammoniumkoncentrationer, som blev målt i 1970'erne og 1980'erne.

Silicium

Koncentrationen af opløst silicium afspejler mængden af kiselalger i søen. I vintermånederne, hvor der ikke er mange alger i Brabrand Sø - heller ikke kiselalger, er koncentrationen af opløst silicium omkring 5 mg Si/l. I takt med at temperaturen stiger og lysindstrålingen øges, stiger kiselalgerne biomasse (figur 9 øverst).

Kiselalgerne optager silicium og derfor falder koncentrationen i vandet. Under kiselalgerne forårsmaksimum blev de laveste koncentrationer af opløst silicium målt (0,1 mg Si/l d. 13/4).

Kiselalgerne henfalder i løbet af maj og juni og derfor frigives den algebundne silicium - og koncentrationen i søvandet stiger igen.

Kiselalgerne var også tilstede i større mængder i søen i juli og omkring 1. september og i begge perioder faldt indholdet af opløst silicium.

Suspenderet tørstof og glødetab

Variationen i det suspenderede tørstof over året er næsten parallel med udviklingen i klorofylkoncentrationen (figur 9).

Der er således, som det ses af figur 9, et jævnt stigende indhold af suspenderet stof i vandfasen igennem foråret. De største værdier nåes i juli og derefter aftager mængden af suspenderet stof, i takt med indholdet af alger målt som klorofyl falder.

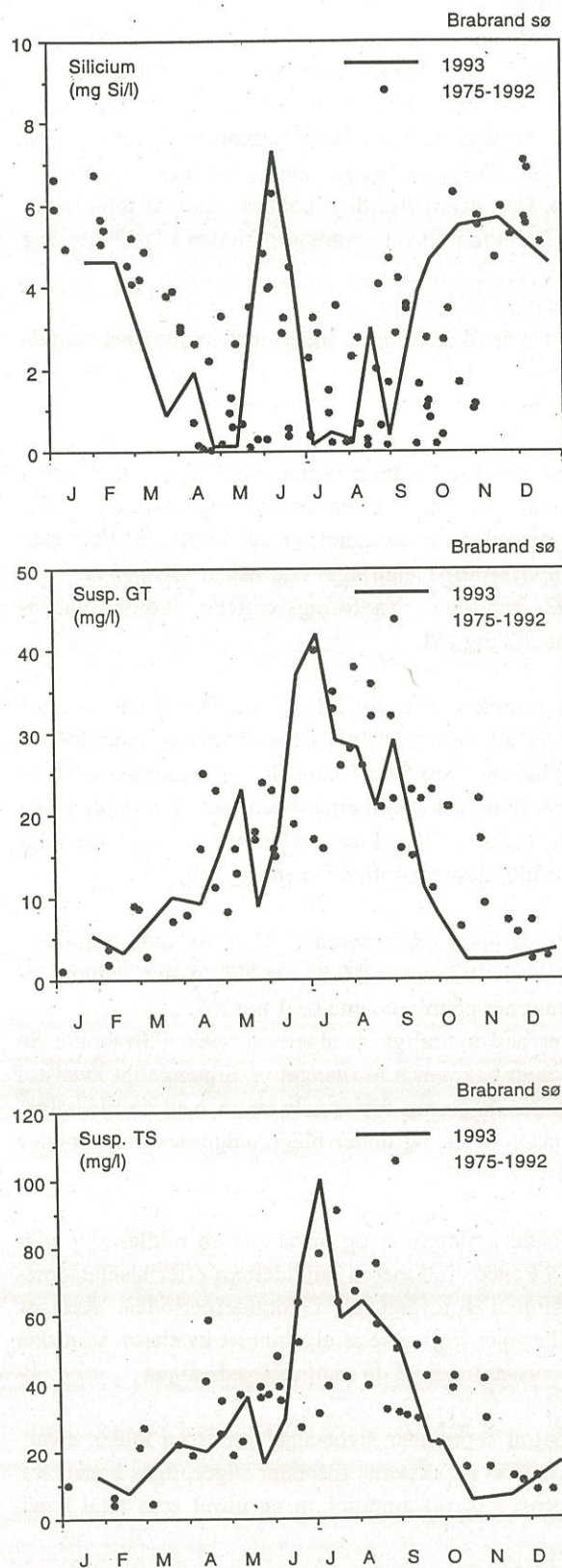
Det suspenderede stof består altså for en stor parts vedkommende af alger.

Det suspenderede glødetab er et udtryk for mængden af organisk stof, som er opslemmet i søen. Som det kan ses, er udviklingen i det suspenderede glødetab den samme som for tørstof og klorofyl.

Det kan dermed slås fast, at i den største del af året er det indholdet af alger i vandfasen, som er bestemmende for mængden af stof i vandet og dermed for lysforholdene i søen.

Sammenligner man figurerne over sigtddybe og suspenderet stof, ses det, at der i vintermånederne, hvor der er få alger i søen, er en mindre sigtddybe på de tidspunkter, hvor der er en stigende mængde suspenderet stof i vandet. Figuren over suspenderet glødetab viser, at på dette tidspunkt af året består det suspenderede stof ikke af alger. Ophvirvling af sedimenteret materiale har altså også en indflydelse på lysforholdene i søen specielt i vinterhalvåret.

Sammenhængen mellem sigtddybe, algemængde og suspenderet stof vil blive nærmere behandlet nedenfor.



Figur 9.

Årstidsvariationen i indholdet af opløst silicium (øverst), suspenderet tørstof (i midten) og suspenderet glødetab (nederst) i Brabrand sø i 1993 sammenlignet med perioden fra 1975 til 1992.

Fysisk/kemiske sammenhænge

Selvom der er sket en reduktion i fosforindholdet i Brabrand Sø i de sidste ti år, har sigtddyben og dermed lysforholdene ikke ændret sig tilsvarende.

Den dårlige sigtddybe skyldes primært den store algebiomasse.

Som nævnt har ophvirvling af sedimentet imidlertid også en betydning for lysforholdene. Det viser sig nemlig, at der faktisk er en bedre sammenhæng mellem det suspenderede tørstof og sigtddyben, end der er mellem klorofylmængden og sigtddyben (figur 10).

Det er klart, at mængden af klorofyl ikke altid giver det rette billede af mængden af alger i vandet. Afhængig af algetype vil indholdet af klorofyl i forhold til f.eks. vådvægten være forskelligt.

Det er også klart, at det suspenderede tørstof og klorofylkoncentrationen ikke er uafhængige størrelser.

Det er allerede vist, at der er et højt indhold af suspenderet stof på de tidspunkter af året, hvor der er mange alger og der dermed er et højt klorofylindhold i vandet.

De viste sammenhænge viser derfor blot, at opslemning af suspenderet materiale og dermed den mængde af suspenderet stof, som ikke består af levende alger, har en væsentlig indflydelse på sigtddyben og dermed på lysforholdene i søen.

Det er specielt i den kolde del af året, hvor der ikke er mange alger i vandet, at vindpåvirkning og opslemmet materiale har en effekt på sigtddyben.

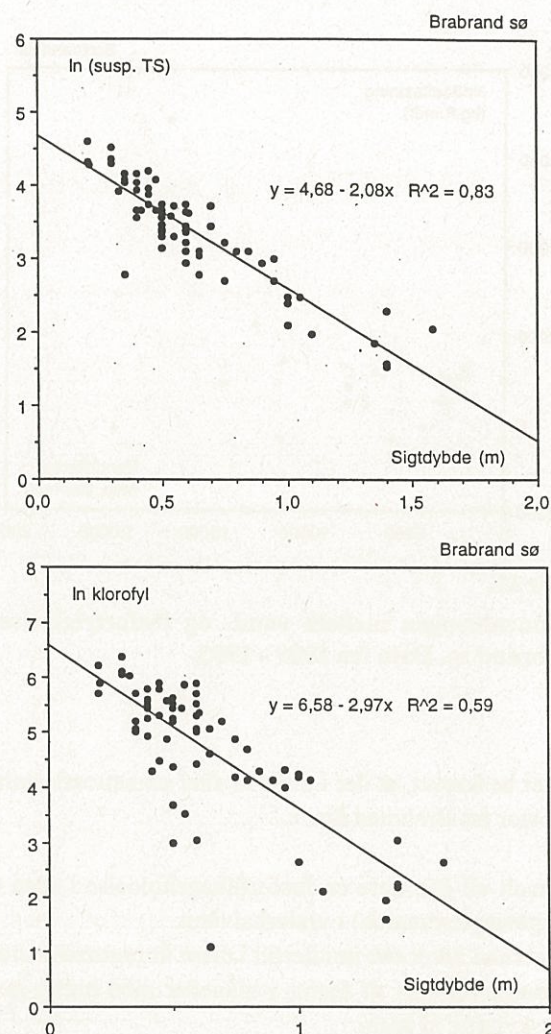
Forholdet mellem fosfor og kvælstof kan afsløre noget om hvilket næringsstof, der er begrænsende for algernes vækst.

Forholdet mellem fosfor og kvælstof i alger er i litteraturen normalt angivet som 1 : 7.

Ser man på forholdet mellem den opløste fosfor og den opløste kvælstof i søvandet i Brabrand Sø, viser det sig, at der i visse perioder fra maj til september ikke er 7 gange så meget kvælstof i søvandet, som der er fosfor. Hvis der er tale om en næringsstofbegrænsning på disse tidspunkter, er der i så fald altså tale om en kvælstofbegrænsning.

I den øvrige del af året er forholdet mellem de to næringsstoffer større end 1 : 7 og derfor er det altså her fosfor, der i forhold til algerne behov er det begrænsende stof.

Som nævnt er der dog ikke på disse tidspunkter så små fosformængder i søvandet, at der kan være tale om en

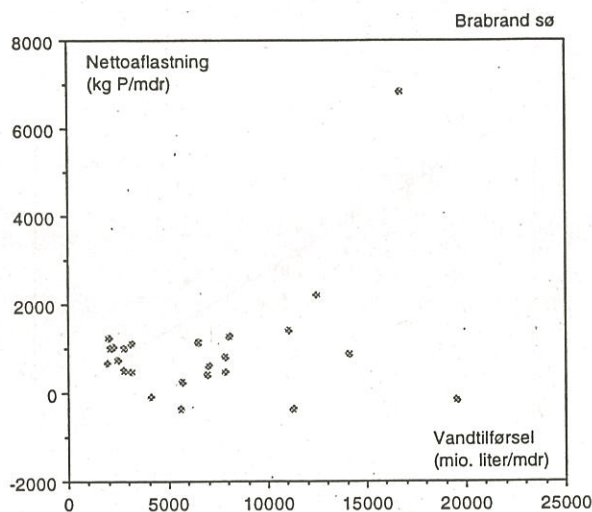


Figur 10.

Sammenhængen mellem sigtddybe og suspenderet tørstof og sigtddybe og klorofylindhold i Brabrand sø. Data fra perioden 1989 - 1993.

fosforbegrænsning.

Det er sandsynligt, at algerne i Brabrand sø vil blive fosforbegrænsede når en ligevægtstilstand er opnået og målsætningen opfyldt.



Figur 11.

Sammenhængen mellem vand- og fosforfrigivelse i Brabrand sø. Data fra 1989 - 1993.

Det er beskrevet, at der i disse år sker en nettoafkastning af fosfor fra Brabrand Sø.

Normalt vil der være en fosfortilbageholdelse i søen (i en ligevægtssituation) i vinterhalvåret.

I Brabrand Sø er der imidlertid i disse år registreret store nettoudskylninger af fosfor i måneder med hurtig gennemskylning af søen.

Det er derfor ikke kun i sommer- og efterårsmånederne, at der sker en stor nettotransport af fosfor ud af søen. Figur 11 viser dog, at der ikke er nogen egentlig sammenhæng mellem aflastningens størrelse og vandgennemstrømningen i den pågældende måned.

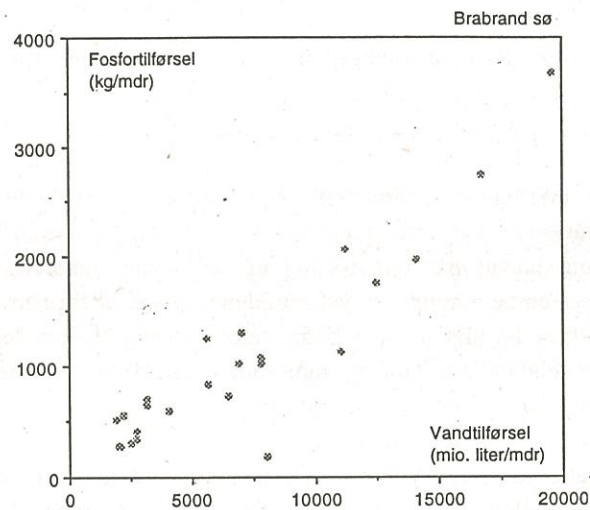
Derimod er der - ikke overraskende - en klar sammenhæng mellem de månedlige fosfortilførsler og vandtilførsler.

I de fleste søer vil den største fosforfrigivelse finde sted i sommer og efterårsmånederne, når iltindholdet ved sedimentoverfladen bliver lavt og pH og temperaturen stiger.

I Brabrand Sø sker der også en væsentlig fosforfrigivelse og aflastning på dette tidspunkt af året.

Til gavn for Brabrand Sø er der en relativ stor vandgennemstrømning også på de tidspunkter i sommerhalvåret, hvor fosforfrigivelsen er stor. Dette medfører, at der sker en stor transport af fosfor ud af søen.

Den pulje af lettilgængelig fosfor, som i disse år bliver blotlagt ved bortpumpningen af sediment, vil dermed hurtigt blive skyllet ud af søen.



Figur 12.

Sammenhængen mellem vand- og fosfortilførsel i Brabrand sø. Data fra 1989 - 1993.

Den store fosforfrigivelse fra sedimentet er den primære forklaring på, at fosforkoncentrationen i søvandet er væsentlig højere end koncentrationen i indløbsvandet. Resultatet for Brabrand Sø er, at sigtddybe og lysforhold ikke har ændret sig væsentligt, selvom de eksterne fosfortilførsler er blevet reduceret i de forløbne ti - femten år.

På lidt længere sigt kan den store fosforfrigivelse betragtes som et gode, idet fosforpuljen i sedimentet hurtigt bliver reduceret og forudsætningerne for at tilstanden i søen kan ændres dermed hurtigere vil være til stede.

Alger i Brabrand sø

Der bliver taget algeprøver i Brabrand sø med samme hyppighed som prøverne til vandkemi. I 1993 blev der taget 19 prøver igennem året.

Indsamling af algeprøver er foretaget hvert år siden 1989. I nærværende notat er præsenteret data fra 1993 og som sammenligningsgrundlag også data fra 1991.

Algeprøverne er oparbejdet efter retningslinierne anvist i Vandmiljøplanens overvågningsprogram. Dvs. at der er lavet beregninger på arts- og slægtsniveau både mht. vådvægt, kulstof, individantal og størrelsesfordeling.

I notatet er præsenteret værdier på slægtsniveau i mg vådvægt/l.

Figur 13 viser, at det hovedsagligt er kiselalger, der dominerer i Brabrand sø. I juni og juli var der en mindre opblomstring af blågrønalger. De øvrige algegrupper var kun tilstede i meget små mængder.

Det kan også ses, at der er en stor algebiomasse i søen i sommerperioden. I 1993 var der i årets fem første måneder dog en relativt beskedne algemængde (under 20 mg vv/l). I løbet af juni steg algebiomassen voldsomt og nåede et maksimum på ca. 100 mg vv/l omkring 1. juli. Efter en mindre reduktion nåede algemængden igen ca. 100 mg vv/l i starten af september.

Derefter faldt algebiomassen forholdsvis hurtigt og i årets sidste to måneder var der en algebiomasse på mindre end 1 mg vv/l i søvandet.

Sammenlignes 1993 med 1991 kan det ses, at der ikke er sket nogen væsentlig ændring i hverken algemængde eller sammensætning.

Det er i 1993 ligesom i 1991 langt overvejende kiselalger, der dominerer i søen. Også i 1991 var der en mindre opblomstring af blågrønalger i juli.

Til forskel fra 1993 var der i 1991 en stor opblomstring af kiselalger i april måned. Det vurderes, at dette er udtryk for en naturlig variation forårsaget af forskellige vind- og vejrforhold i de to år. Det typiske billede vil være en relativ stor opblomstring af kiselalger i løbet af foråret.

Sammenlignes sommergennemsnittene for de to år, er der ikke nogen markant forskel (40 mg vv/l i 1991 - 45 mg vv/l i 1993).

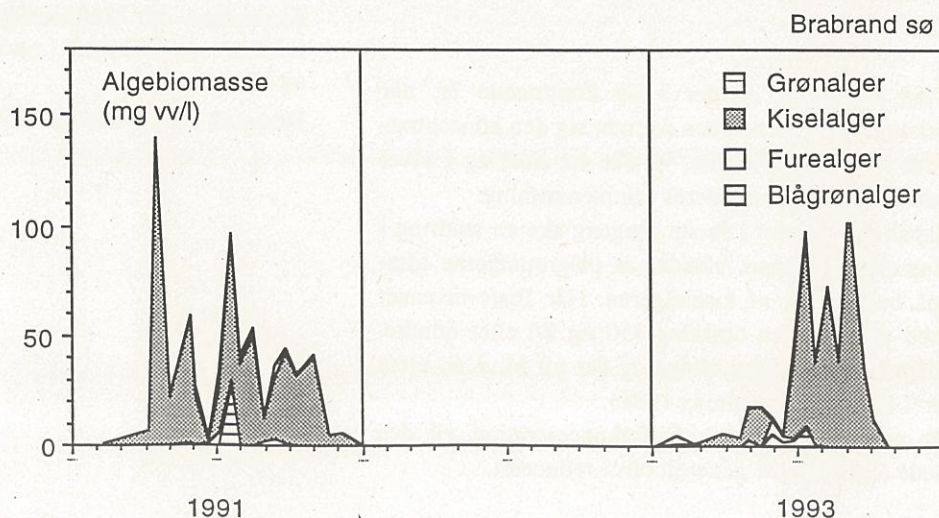
Til gengæld er der faktisk en forholdsvis stor forskel i den gennemsnitlige årlige algebiomasse for de to år.

I 1991 var der som nævnt en stor opblomstring af kiselalger i forårmånederne og der var også en betragtelig algemængde relativt sent på året. I 1993 kom der først mange alger i søen i løbet af juni og de forsvandt mere eller mindre helt igen allerede omkring 1. oktober.

Derfor var algebiomassens årsgennemsnit i 1991 37 mg vv/l hvorimod det i 1993 kun var 28 mg vv/l.

Som allerede nævnt må variationen dog henføres til en naturlig år til år svingning.

Figur 13.
Algernes årstidsvariation fordelt på grupper i Brabrand sø i 1991 og i 1993.



På figur 14 er præsenteret biomassen af blågrønalger, grøn-alger og kiselalger i mg vådvægt/l for årene 1991 og 1993 i Brabrand sø.

Blågrønalgerne havde ikke nogen væsentlig større udbredelse i 1993 sammenlignet med 1991. Begge år var der en begrænset mængde af blågrønalger i søen og blågrønalgerne var kun til stede midt på sommeren.

Grønalgerne findes i søen stort set hele året. De optræder dog kun i meget små mængder sammenlignet med den totale biomasse. Heller ikke for grønalgerens vedkommende var der nogen forskel i gruppens tilstedeværelse i søen i 1991 og i 1993.

Kiselalgerne er som nævnt den alt dominerende gruppe i Brabrand sø.

I 1991 var der en større opblomstring af kiselalger i foråret. En opblomstring som ikke blev registreret i 1993. Det må anses for sandsynligt, at situationen i 1991 var den normale - at der altså normalt er en opblomstring af kiselalger i forårsmånederne.

Til gengæld var der en større mængde af kiselalger i Brabrand sø i sommeren 1993 end i 1991.

Alt i alt vurderes det, at den variation, som kan ses de to år imellem, er en naturlig år til år variation.

Som man kan se, var biomassen heller ikke forskellig fra 1991 til 1993. Begge år havde en meget høj kiselalgebiomasse på omkring 100 mg vv/l, når der var flest kiselalger.

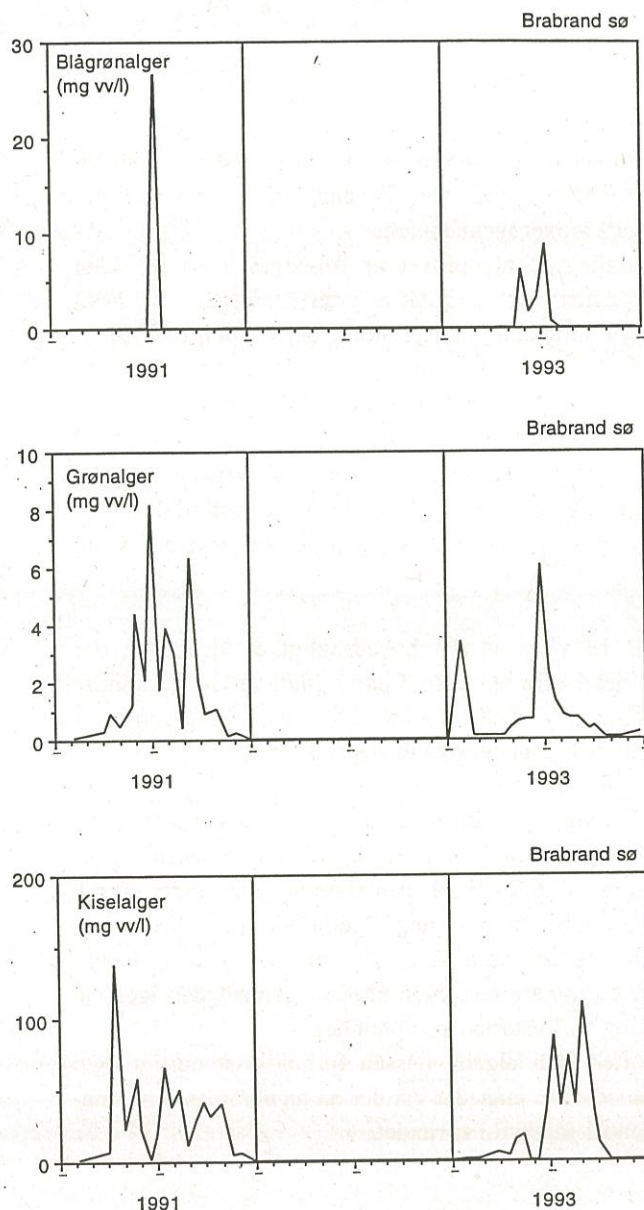
Det er allerede nævnt i afsnittet om klorofyl og sigtddybde, at der ikke har været nogen væsentlig udvikling i algebiomasse. Heller ikke i sammensætningen er der sket nogen væsentlige ændringer fra 1991 til 1993.

Reduktionen i fosforindholdet i Brabrand sø har dermed ikke været så stor, at den har haft en indflydelse på algerne.

Det må forventes, at der i de kommende år, når fosforkoncentrationen i søen nærmer sig den koncentration, der er i indløbsvandet, vil ske en ændring i såvel algerne biomasse som i deres sammensætning.

Sandsynligvis vil der i første omgang ske en ændring i algesammensætningen, således at blågrønalgerne tiltager på bekostning af kiselalgerne. Når fosforniveauet når ned på et niveau omkring 150 µg P/l eller mindre, vil blågrønalgerne igen aftage og der vil blive en mere varieret algesammensætning i søen.

I takt med en aftagende fosforkoncentration vil den samlede algemængde generelt blive reduceret.



Figur 14.

Biomassen af blågrønalger (øverst), grøn-alger (i midten) og kiselalger (nederst) i Brabrand sø i 1991 og i 1993.

Bemærk de forskellige Y-akser.

Fremtidige udsigter

Der er i de senere år ofret et meget stort beløb i Brabrand sø's opland for at skabe forudsætninger for en bedre tilstand i søen.

Sedimentfjernelse er et af tiltagene. Endnu er oppumpningen af sediment ikke afsluttet.

Det er sandsynligt, at tilstanden i søen langsomt vil ændres, når oppumpningen er færdig.

Under oppumpningen er der fjernet store mængder fosforrigt sediment. Der er imidlertid også blotlagt nogle sedimentlag, som stadig har et forhøjet indhold af fosfor. Derfor vil der sandsynligvis i de kommende år fortsat ske en fosforfrigivelse fra sedimentet.

Her skal det bemærkes, at fosforfrigivelsen er afhængig af søbundens areal. Ved oppumpningen er sedimentets overflade blevet forøget og dermed er det areal, hvorover der kan frigives fosfor, også øget.

Alt i alt medfører det, at der i disse år sker en stor fosforfrigivelse fra sedimentet.

Det er derfor ikke uventet, at der ikke er sket nogle ændringer i søens tilstand endnu.

Forudsætningerne for en ændring i søens tilstand er imidlertid blevet bedre i de senere år. Først og fremmest er fosfortilførslerne fra oplandet reduceret.

Reduktionen i den samlede fosfortransport til søen kan naturligvis aflæses i den vandføringsvægtede indløbskoncentration.

Figur 15 viser den vandføringsvægtede indløbskoncentration af fosfor for Lyngbygårds Å, Århus Å og den totale indløbskoncentration.

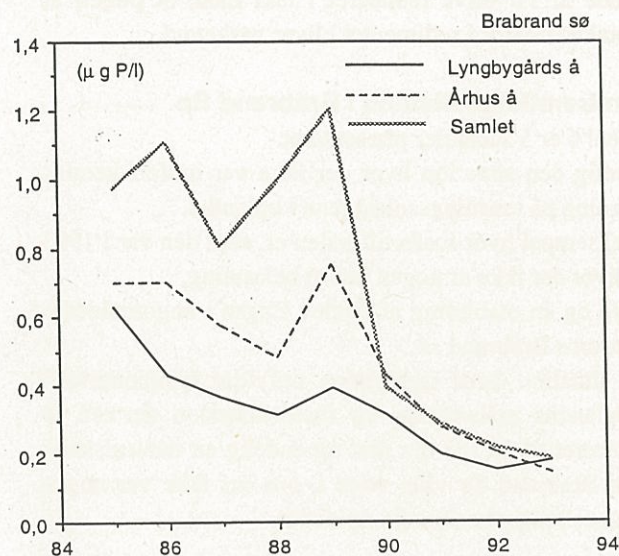
Det ses, at der er sket en betragtelig reduktion i såvel Århus Å som i Lyngbygårds Å.

Skal forudsætningerne for en tilfredsstillende tilstand i Brabrand Sø være til stede er det nødvendigt, at den vandføringsvægtede indløbskoncentration ikke overstiger 120 µg P/l.

I 1993 var årsgennemsnittet i Lyngbygårds Å ca. 180 µg P/l medens gennemsnitskoncentrationen i Århus Å var ca. 140 µg P/l.

Den samlede vandføringsvægtede indløbskoncentration var knapt 200 µg P/l, fordi der kommer relativt meget fosfor direkte til Brabrand Sø bl.a. i form af regnvandsbetingede udledninger.

Der er således ingen tvivl om, at det er nødvendigt med



Figur 15.

Den vandføringsvægtede fosforkoncentration i Lyngbygårds å og i Århus å opstrøms Skibby samt den samlede vandføringsvægtede fosforkoncentration i indløbsvandet til Brabrand sø i perioden 1985 til 1993.

yderligere reduktioner i de eksterne fosfortilførsler, om tilstanden i Brabrand Sø skal opfylde målsætningen for søen.

Udviklingen i fosforkoncentrationen i Brabrand Sø har været parallel med den, som er set i tilløbet (figur 16).

Fosforkoncentrationen er således blevet reduceret meget i de forløbne 5 - 10 år i søen.

Selvom der er sket en betragtelig reduktion, er der dog stadig tale om et højt fosforniveau. I 1993 var den gennemsnitlige fosforkoncentration i sommerperioden mere end 450 µg P/l. Det vil altså sige, at fosforniveauet skal reduceres til mindre end en tredjedel af det nuværende sommerniveau.

Den reduktion, som er sket i fosforniveauet i Brabrand Sø, er ikke nok til, at der endnu er indtruffet nogen forandringer i den biologiske tilstand i søen.

Algemængden - her præsenteret som mængden af klorofyl - er ikke ændret de seneste fem år. Tilsvarende er sigtddybden uændret i den sidste ti års periode (figur 17).

Der kan ikke forventes nogen væsentlige ændringer i til-

standen i søen før fosforkoncentrationen bliver reduceret markant i forhold til 1993-niveauet.

Det kan dog forventes at søkoncentrationen i de kommende år vil blive reduceret i takt med, at puljen af overskudsfosfor i sedimentet bliver vasket ud.

Den fremtidige tilstand i Brabrand Sø

I tabel 6 er 5 scenarier præsenteret.

Nemlig den situation hvor der ikke var indført kemisk rensning på rensningsanlæggene i oplandet.

Et eksempel hvor fosfortilførslen er, som den var i 1993 og hvor der ikke er nogen intern belastning.

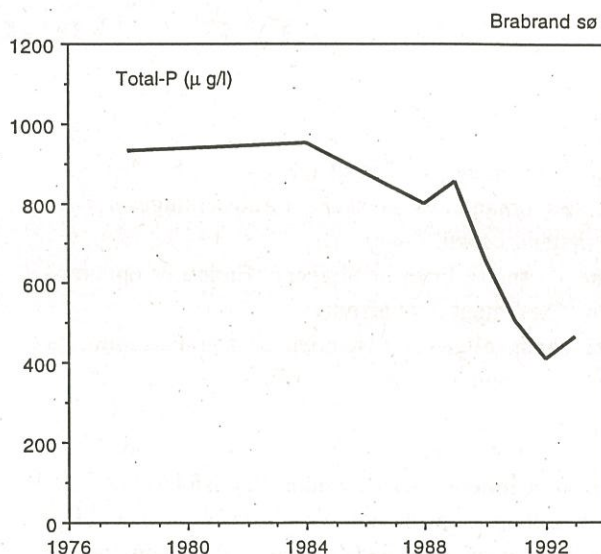
Ditto og en etablering af Årslev Engsø i engområderne opstrøms Brabrand sø.

En situation hvor sigtddyden opfylder recipientkvalitetsplanens målsætning og fosfortilførslen dermed er reduceret til 10 ton om året og endelig en naturtilstand, som Brabrand Sø ville være i, om der ikke var nogen menneskelig påvirkning i oplandet.

Hvis de eksterne fosfortilførsler forbliver på det samme niveau som i 1993, kan man forvente, at sigtddyden i Brabrand Sø, når den overskydende fosfor er vasket bort, vil blive omkring 0,7 m som et gennemsnit i sommerperioden. Dermed vil recipientkvalitetsplanens målsætning på 1 m altså ikke være opfyldt.

I tabellen kan man se, at det er nødvendigt, at den eksterne fosfortilførsel reduceres til et niveau omkring 10 ton om året, før en sigtddybe i sommermånederne på 1 m kan opnåes.

Antages det, at udledningen af fosfor fra rensningsanlæggene opfylder fosforkvoten på hvert enkelt rensningsanlæg, således at udledningen fra rensningsanlæggene bliver optimal, hvilket vil sige omkring 4 ton P



Figur 16.

Den gennemsnitlige fosforkoncentration i sommermånederne i Brabrand sø fra 1978 til 1993.

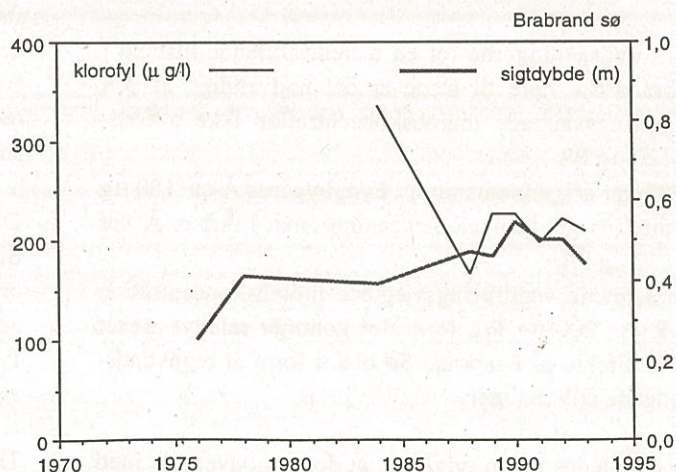
pr. år (altså den mængde, der kom fra rensningsanlæggene i 1993) og at fosforafkastningen i Stilling/Solbjerg sø aftager, således at denne sø kommer i ligevægt med sine fosfortilførsler, hvilket vil reducere fosfortilførslen til Brabrand Sø med 500 - 1000 kg om året, da vil indløbskoncentrationen til Brabrand Sø blive på ca. 185 mg P/l og sigtddyden omkring 0,8 m.

Etablering af Årslev Engsø vil naturligvis have en effekt på forholdene i Brabrand Sø.

Hvad angår fosforkoncentrationen i indløbsvandet til Brabrand Sø, er det anslået i Jeppesen et al (1991), at koncentrationen af fosfor i indløbsvandet til søen vil blive reduceret med ca. 40 µg P/l, hvis vandet fra såvel

Figur 17.

Den gennemsnitlige sommersigtddybe og koncentration af klorofyl i Brabrand sø fra 1976 til 1993.



Århus Å som Lyngbygårds Å bliver ledt igennem en "forsøg" først ved et fosforniveau på knapt 200 µg P/l i indløbsvandet.

Det er her forudsat at denne forsøg - Årlev Engsø - skal udformes således, at der dannes nogle laguner af et vist volumen.

En etablering af Årlev Engsø vurderes at reducere indløbskoncentrationen til ca. 145 µg P/l og dermed vil det sandsynligvis kunne forventes, at sigtddybden vil blive knapt 1 m som et sommergennemsnit, når Stilling/Solbjerg sø i øvrigt har indstillet sig i en ligevægt og gennemsnitskoncentrationen af fosfor herfra bliver omkring 80 µg P/l.

Som nævnt blev der tilført 2,5 ton fosfor via Døde å til Brabrand Sø i 1993. I de hidtidige beregninger er det antaget, at Døde å bliver opblandet fuldstændigt i Brabrand sø. Det er dog ikke givet, at dette er tilfældet. Det vil kun en egentlig undersøgelse af strømningsforholdene kunne afsløre.

Antages det, at der kun sker en delvis opblanding af Døde å's vandmængder i Brabrand sø kombineret med den forventning, at den beregnede fosformængde, som kommer fra regnvandsoverløbene, er overestimeret, da vil den samlede vandføringsvægtede indløbskoncentration for fosfor sandsynligvis blive omkring 120 µg P/l, når de ovennævnte forudsætninger er opfyldt.

Det vil betyde 100 - 110 µg P/l i søvandet og en sigtddybde på ca. 1,0 m som et sommergennemsnit.

Det vil dermed være overvejende sandsynligt, at Brabrand Sø vil kunne opfylde recipientkvalitetsplanens målsætning

Til sammenligning er det slutteligt vist, at en sigtddybde på 1 m og en fosfortilførsel på ca. 10 ton om året er langt fra den tilstand, som ville være i søen, hvis der

ikke var nogen menneskelig påvirkning.

Med en sigtddybde i sommerperioden på 1,0 m vil der være mulighed for at en stor del af Brabrand Sø kan blive dækket af undervandsvegetation.

Normalt antager man, at undervandsplanterne er i stand til at vokse til dybder, der svarer til sommersigtddybden. I Brabrand Sø vil det betyde, at der kan være vegetation på knapt halvdelen af søens areal.

Herved vil der være skabt fordelagtige forhold for en varieret fauna og fiskebestand i søen til gavn også for livet ovenover vandoverfladen.

I 1988 blev der lavet en fiskeundersøgelse i Brabrand sø. Fiskesammensætningen og -mængden har sandsynligvis ikke ændret sig væsentligt siden da. Resultatet af undersøgelsen var, at de dominerende fisk såvel antal som biomasse mæssigt er skalle og brasen. Disse to fiskearter kan i store mængder fastholde søen i en eutrofieret tilstand, selvom næringsstofindholdet bliver reduceret. Skallerne spiser fortrinsvist dyreplankton, som ellers skal holde algerne nede og brasen sørger igennem deres fødesøgning i en ekstra stor resuspension og frigivelse af fosfor fra sedimentet.

Det kan derfor vise sig at være nødvendigt, at foretage en opfiskning af bl.a. disse fisk, for at en ændret tilstand i søen skal indtræffe.

Det skal pointeres, at Årlev Engsø ikke kun vil forbedre fosforforholdene i Brabrand Sø.

Det er beregnet, at kvælstoftilbageholdelsen i Årlev Engsø og Brabrand Sø under et vil øges med omkring 10 % om året.

Yderligere vil sedimentationen af det materiale, der føres med Århus Å, primært ske i Engsøen. Tilsandingen af Brabrand Sø vil derfor kun ske i et beskedent omfang.

	indløbsmængde (ton P/år)	indløbskonc. (mg P/l)	søkonc. (mg P/l)	sigtddybde (m)
1989 niveau	110	1,375	1,231	0,2
Ekstern P-tilf. på niveau som i 1993, ingen intern belast.	16,1	0,200	0,180	0,7
Etablering af Årlev Engsø, Stilling/Solbjerg sø i ligevægt	11,6	0,145	0,130	ca. 1,0
Målsætning opfyldt	9,6	0,120	0,105	> 1,0
Naturtilstand	2,8	0,035	0,031	2,0

Tabel 6.

Eksempler på den gennemsnitlige fosforkoncentration og sigtddybden i Brabrand sø om sommeren ved 3 givne årlige fosfortilførsler. Der er ved beregningerne regnet med en gennemsnitlig årlig vandtilførsel på 80 mio. m³.

Referencer

Jeppesen, E. et al (1991) : Etablering af et sø/vådområde opstrøms Brabrand sø.
Rapport fra DMU og COWIconsult.

Århus amt (1979) : Undersøgelser og modelberegninger for Århus Å.
Teknisk rapport fra Vandkvalitetsinstituttet.

Århus Amt (1985) : Betænkning vedr. Brabrand sø.
Teknisk rapport, Teknisk Forvaltning, Århus Amt.

Århus Amt (1987) : Brabrand sø 1984
Teknisk rapport, Teknisk Forvaltning, Århus Amt.

Århus Amt (1988) : Overvågning af fuglebestande i Brabrand sø 1988.
Teknisk rapport fra Ornis Consult.

Århus Amt (1989a) : Fiskefaunaen i Brabrand sø. Status 1988.
Teknisk rapport, Teknisk Forvaltning, Århus Amt.

Århus Amt (1989b) : Statusnotat vedr. restaureringen af Brabrand sø.
Notat, Teknisk Forvaltning, Århus Amt.