

VANDMILJØ overvågning

Temarapport 1997

**Kilen
1996**



RINGKJØBING AMT

VANDMILJØAFDELINGEN

Løbenr.: 44

1997

Eksemplar nr.: 1/3

Miljøtilstanden i Kilen

Status 1996,
udvikling 1989-1996
og fremtidige udviklingsmuligheder

Udarbejdet for:
Ringkøbing Amt, Damstrædet 2, 6950 Ringkøbing

Udarbejdet af:
Bio/consult, Johs. Ewalds vej 42-44, 8230 Åbyhøj

Tekst
Bjarne Moeslund
Jette Mikkelsen

Rentegning:
Kirsten Nygaard

Redigering:
Berit Brolund

20.05.1997

Indholdsfortegnelse

Sammenfatning	I-III
Forord	1
1. Baggrundsmateriale	2
1.1. Vurdering af udviklingstendenser	2
2. Beskrivelse af Kilen og det topografiske opland	3
2.1. Beliggenhed og morfologi	3
2.2. Opland	3
2.3. Målsætning	3
3. Vand- og stofbalancer	7
3.1. Vandbalance	7
3.1.1. Nedbør og fordampning	7
3.1.2. Vandstand og volumenændringer	8
3.1.3. Vandbalance	9
3.1.4. Areal-specifik afstrømning	10
3.1.5. Afstrømningshøjde og vandets opholdstid 1996	10
3.1.6. Vandtilførsel og vandets opholdstid 1989-1996	11
3.2. Stofbalancer 1996	12
3.2.1. Jern:fosfor-forholdet	15
3.2.2. Denitrifikation og intern belastning	15
3.2.3. Areal-specifik næringsstofafstrømning og -belastning mv.	16
3.3. Stofbalancer og tilbageholdelse 1989-1996	16
3.4. Kildeopsplitning 1989-1996	17
3.5. Indløbskoncentrationer 1989-1996	19
4. De frie vandmasser - fysiske og kemiske forhold	21
4.1. Status 1996 og udvikling 1989-1996	21
4.1.1. Temperatur og ilt	22
4.1.2. Saltholdighed	24
4.1.3. Sigtdybde	25
4.1.4. Klorofyl-a	27
4.1.5. Suspenderet stof og glødetab	29
4.1.6. Kvælstof	31
4.1.7. Fosfor	33
4.1.8. Kvælstof-fosfor-forholdet	34
4.1.9. Relationer mellem sedimentet og vandet	36
4.1.10. pH og alkalinitet	36
4.1.11. Silicium	38
4.1.12. Jern	39
5. Sediment	41
5.1. Status 1996	41
5.1.1. Fosforfraktioner	42
5.1.2. Udvekslelig fosformængde	42

5.2. Udvikling 1987-1996	43
6. Plankton	45
6.1. Planteplankton 1996	45
6.1.1. Artssammensætning	45
6.1.2. Biomasse	45
6.2. Planteplankton 1989-1996	47
6.2.1. Artssammensætning	47
6.2.2. Biomasse	47
6.3. Relationer mellem planteplankton og fysisk-kemiske forhold	51
6.4. Dyreplankton 1996	52
6.4.1. Artssammensætning	52
6.4.2. Biomasse	53
6.4.3. Samspil mellem plante- og dyreplankton	55
<i>Størrelsesfordeling af planteplanktonbiomassen</i>	55
<i>Græsning</i>	55
6.5. Dyreplankton 1989-1996	56
6.5.1. Artssammensætning	56
6.5.2. Biomasse	56
6.5.3. Samspil mellem plante- og dyreplankton 1990-1996	59
<i>Størrelsesfordeling af planteplankton</i>	59
<i>Græsning</i>	60
6.5.4. Relationer mellem fysisk-kemiske forhold, plante- og dyreplankton, fisk og undervandsvegetation 1989-1996	61
7. Vegetation	62
8. Fisk	63
8.1. Artssammensætning	63
8.2. Antal og biomasse	64
8.3. Fiskefaunaens regulering	65
8.4. Fiskefaunaens økologiske betydning	65
9. Samlet vurdering	67
10. Referencer og rapporter vedrørende undersøgelser i Kilen	69
10.1. Referencer	69
10.2. Rapporter mv.	69
10.2.1. Samlerapporter	69
10.2.2. Fisk	70
10.2.3. Sediment	70
10.2.4. Plankton	70
10.2.5. Bundfauna	71
10.2.6. Øvrige	71
Bilag	72

Sammenfatning

Med undersøgelserne i 1996 foreligger der nu i regi af Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 8 års undersøgelser i Kilen, hvortil kommer et enkelt års undersøgelser forud for denne periode.

1996 har i vejrmæssig henseende været karakteriseret af meget små nedbørsmængder i foråret og sommeren. Trods betydelige mængder nedbør i årets sidste måneder har det ikke været tilstrækkeligt til at kompensere for de små mængder nedbør i den øvrige del af året, og 1996 fremstår derfor som det tørreste år i hele perioden med et nedbørsoverskud på kun 48 mm.

De små mængder nedbør har resulteret i en lille vandtilførsel fra oplandet, idet den samlede vandtransport til søen er opgjort til kun ca. 70% af den hidtil laveste vandtransport i 1995. Den lille vandtilførsel har resulteret i lang opholdstid for vandet i søen, og årsmiddelopholdstiden er beregnet til 251 døgn, hvilket er væsentligt større end de hidtidige sommeropholdstider.

Den ringe vandtilførsel har haft væsentlig indflydelse på den samlede stoftransport til søen. Kvælstofbelastningen har således været nede på ca. 71% af den hidtil laveste værdi i 1995, hvilket ikke er overraskende, eftersom kvælstofudvaskningen fra landbrugsarealer i almindelighed er proportional med vandafstrømningen. Anderledes forholder det sig med fosforbelastningen, som i 1996 har været lidt større end i 1995, da transporten var den hidtil laveste. Denne forskel kan dog for en dels vedkommende være begrundet i de usikkerheder, der er knyttet til opgørelsen af de samlede transporter, men en del af forskellen er sandsynligvis reel.

I absolutte tal har næringsstofftilførslerne (med forbehold for usikkerheder) i 1996 været de hidtil laveste, men fordi vandtilførslen samtidig har været den hidtil laveste, er de absolutte værdier ikke reelle udtryk for, om den potentielle næringsstofftilførsel fra oplandet mv. er ændret. For at vurdere dette forhold er der for hvert af årene i perioden 1989-1996 beregnet gennemsnitlige indløbskoncentrationer af kvælstof og fosfor. Disse beregninger viser, at kvælstofkoncentrationen har været svagt stigende, mens fosforkoncentrationen har været faldende, men ingen af udviklingstendenserne er statistisk signifikante. Det skal dog nævnes, at udviklingen i fosforkoncentrationen frem til og med 1995 har været statistisk signifikant, og årsagen til at tendensen for perioden som helhed ikke er signifikant er, at indløbskoncentrationen i 1996 har været væsentligt større end i 1995 og derfor afviger helt fra tendensen i den forudgående periode.

Vandmiljøet i Kilen er meget tydeligt præget af, at der sker periodiske indtrængninger af saltvand via slusen ved Struer. Først og fremmest er saltholdigheden, trods variationer, til stadighed så høj, at Kilen kan karakteriseres som en brakvandssø. Dernæst har indslusningen af saltvand særlig i de senere år medført periodiske lagdelinger af vandmasserne gennem dannelsen af et tyndt lag af saltvand umiddelbart over bunden. I forbindelse med denne lagdeling er der opstået iltsvind i de bundnære vandmasser, og det har haft vidtrækkende konsekvenser for søens tilstand, idet der som følge af iltsvindet

af en række andre dyreplanktonædende fiskearter, samt de dyreplanktonædende mysider, er det årsag til, at dyreplanktonet i Kilen er udsat for et så stort prædationstryk, at det i hele perioden har været ude af stand til at regulere mængden af planteplankton.

Set under ét har de seneste 8 års undersøgelser vist, at Kilen, trods reduktion af den eksterne fosforbelastning og en beskeden forbedring af vandets klarhed, er en sø med en stærkt forringet miljøtilstand, som ikke svarer til målsætningens krav.

De varierende indslusninger af saltvand gør det meget vanskeligt at vurdere, hvorledes reduktioner af fosforbelastningen vil påvirke søens tilstand, idet de almindeligt anvendte modeller ikke kan anvendes.

Hvis man som mål for søen har, at der skal kunne forekomme rodfæstet undervandsvegetation på en stor del af bunden, skal dybdegrænsen øges til mellem 3 og 4 meter, idet en væsentlig del af søens bundflade ligger i dette dybdeinterval.

Det kræver en meget radikal miljøforbedring, som bl.a. forudsætter en meget markant nedbringelse af den eksterne fosforbelastning samt en eliminering af den interne fosforbelastning. Hvor langt ned belastningen skal bringes, og hvor lang tid det vil vare, førend den udvekslelige fosforpulje i sedimentet skyllet ud af søen, er nærmest umuligt at vurdere. Hvis den interne belastning elimineres, hvilket kan vare meget lang tid, og hvis søen gøres fersk ved at forhindre indslip af saltvand, vil den nuværende middelindløbskoncentration af fosfor på ca. 130 $\mu\text{g/l}$ i en ligevægtssituation resultere i en søkoncentration på omkring 75 $\mu\text{g/l}$, som er målsætningens krav til sommermiddelkoncentrationen. Denne værdi er formodentlig lav nok til at sikre en sommermiddelsigt dybde på omkring 1 meter (målsætningens krav), men er langt fra lav nok til at sikre den sigt dybde, der skal til for at øge vegetationens dybdegrænse til 3-4 meter. For at opnå dette mål, skal sommermiddelsigt dybden øges til ca. 2 meter, hvilket forudsætter en nedbringelse af sommermiddelkoncentrationen af fosfor til 15-20 $\mu\text{g/l}$. Denne lave værdi forudsætter en nedbringelse af middelindløbskoncentrationen til under 25 $\mu\text{g/l}$, det vil sige mindre end koncentrationen i vandet fra udyrkede naturområder.

Konklusionen på de gennemførte overvejelser er, at det fastsatte krav til sigt dybden ikke er nok til at sikre forekomst af en veludviklet undervandsvegetation i Kilen, og at forekomst af undervandsvegetation på en stor del af søens bundflade vil kræve en nedbringelse af fosforbelastningen til et urealistisk lavt niveau. De strenge krav til fosforbelastningen kan i vid udstrækning henføres til søens bassinmorfologi, idet hovedparten af de bundflader, der skal bevokses for at opnå en veludviklet, økologisk betydningsfuld undervandsvegetation, ligger på stor dybde.

Problemerne i Kilen kan på den baggrund føres helt tilbage til etableringen af dæmningen, idet et tidligere fjordområde med stort vandskifte og stor stofudveksling med de øvrige fjordområder herved er blevet omdannet til et aflukket vandområde, hvor øget arealspecifik næringsstofbelastning, ophobning af fosfor og lavt vandskifte er årsag til væsentlige forringelser af miljøtilstanden.

Forord

Ringkjøbing Amt har i henhold til Miljøbeskyttelsesloven pligt til at føre tilsyn med tilstanden i vandløb, søer og kystnære områder. Derudover har amtet i henhold til Vandmiljøplanens Overvågningsprogram endvidere pligt til hvert år at gennemføre et intensivt tilsyn med de særligt udvalgte søer Kilen, Lemvig Sø og Søby Sø.

Undersøgelserne er hvert år blevet afrapporteret efter de retningslinier, der er afstukket af Miljøstyrelsen og Danmarks Miljøundersøgelser, og undersøgelsesresultater er årligt blevet indberettet til Danmarks Miljøundersøgelser, som har forestået den landsdækkende afrapportering.

Denne rapport indeholder en præsentation og vurdering af undersøgelsesresultater og data indsamlet i 1996. Disse data er endvidere indføjet i de eksisterende tidsserier, og der er foretaget en vurdering af udviklingen i søen frem til og med 1996. Med baggrund i Miljøstyrelsens "Paradigma for rapportering af Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1996" er der i rapporteringen lagt særlig vægt på at opstille forskellige scenarier til vurdering af, hvorledes miljøtilstanden vil blive ved forskellige indgreb i søen og den eksterne næringsstofbelastning mv.

1. Baggrundsmateriale

Indholdet i denne rapport er baseret på følgende data og undersøgelsesresultater:

Fysiske og kemiske forhold i de frie vandmasser (Ringkjøbing Amt)

Vandføring, vandkemi og stoftransport i tilløb og afløb (Ringkjøbing Amt)

Nedbør og fordampning (Forskningscenter Foulum og Danmarks Meteorologiske Institut)

Sediment (Vandkvalitetsinstituttet)

Plankton (Miljøbiologisk Laboratorium og Bio/consult as)

Fisk (Hansen & Wegner I/S og Fiskeøkologisk Laboratorium)

1.1. Vurdering af udviklingstendenser

Til vurdering af udviklingen i søens tilstand er der foretaget en regressionsanalyse af års- og sommermiddelværdier af fysiske og kemiske variabler samt beregnede værdier i øvrigt. For hver regressionsanalyse er angivet regressionskoefficienten R^2 , og det er endvidere angivet, om udviklingstendensen er statistisk signifikant. Signifikansniveauet er ved vurdering af udviklingen i hele perioden 1989-1996 fastlagt ved hjælp af en t-test, hvor det testes, om hældningskoefficienten på regressionslinien er $\neq 0$ (Norusis, 1996). Desuden er det undersøgt, om tendensen i delperioder har været signifikant ved en t-test, hvor $t = \sqrt{R^2 \cdot (N-2) / (1-R^2)}$, og hvor $N =$ antal datapunkter (Sokal & Rohlf, 1981).

2. Beskrivelse af Kilen og det topografiske opland

2.1. Beliggenhed og morfologi

Kilen er beliggende umiddelbart nordvest for Struer, se kortet side 4. Kilen var oprindelig en fjordarm med åben forbindelse til Limfjorden, men først i dette århundrede blev den afskåret fra fjorden gennem anlæggelsen af en dæmning med begrænset vandudveksling gennem en sluse. Siden da har Kilen været en brakvandssø med varierende saltholdighed.

Den S-formede sø er ca. 4 km lang og 250-1.250 m bred. Søen blev opmålt i 1989, se dybdekortet side 5, og de morfometriske data fremgår af tabel 1.

Areal	ha	334
Største dybde	m	6,5
Middeldybde	m	2,93
Volumen	m ³	9.800.000

Tabel 1. Morfometriske data for Kilen. Alle værdier er gældende ved vandspejlskote 0,2 m o. DNN.

Søbassinet er præget af en generelt stejl bundhældning i kystzonen, mens den centrale del af bassinet har en mere flad bund, hvori der dog findes en række dybere huller, fortrinsvis i den østlige del, hvor også søens dybeste parti findes.

2.2. Opland

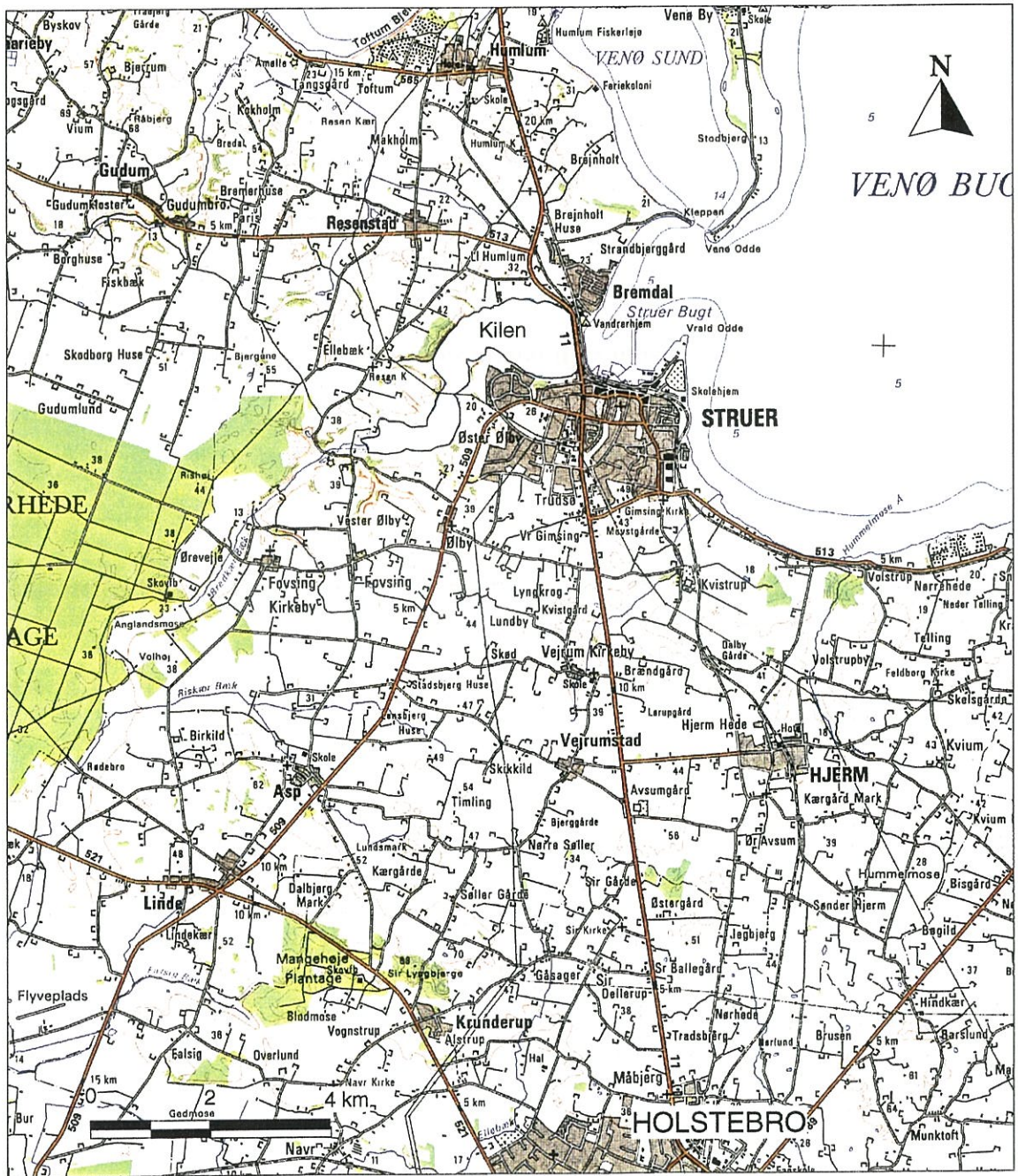
Kilen har et topografisk opland på ca. 3.500 ha, hvis afgrænsning fremgår af kortet side 6.

Jordbunden i oplandet består fortrinsvis af sandede og lerede jordarter, se bilag 1.2, der også viser den øvrige arealfordeling i oplandet.

2.3. Målsætning

Kilen er i Regionplan 1993-1997 målsat som A₁/B (Naturvidenskabeligt Interesseområde/sø med et naturligt plante- og dyreliv).

Som følge af især den intensive landbrugsmæssige udnyttelse af oplandsarealerne og dambrugsdrift på 4 dambrug ved tilløbene er Kilen genstand for en betydelig næringsstofbelastning, der gør, at søen ikke kan betragtes som kun svagt påvirket af menneskelige aktiviteter. Uklart vand er den mest iøjnefaldende effekt af de omfattende næringsstofftilførsler, og målsætningen kan af denne og adskillige andre årsager ikke betragtes som opfyldt.



KILEN

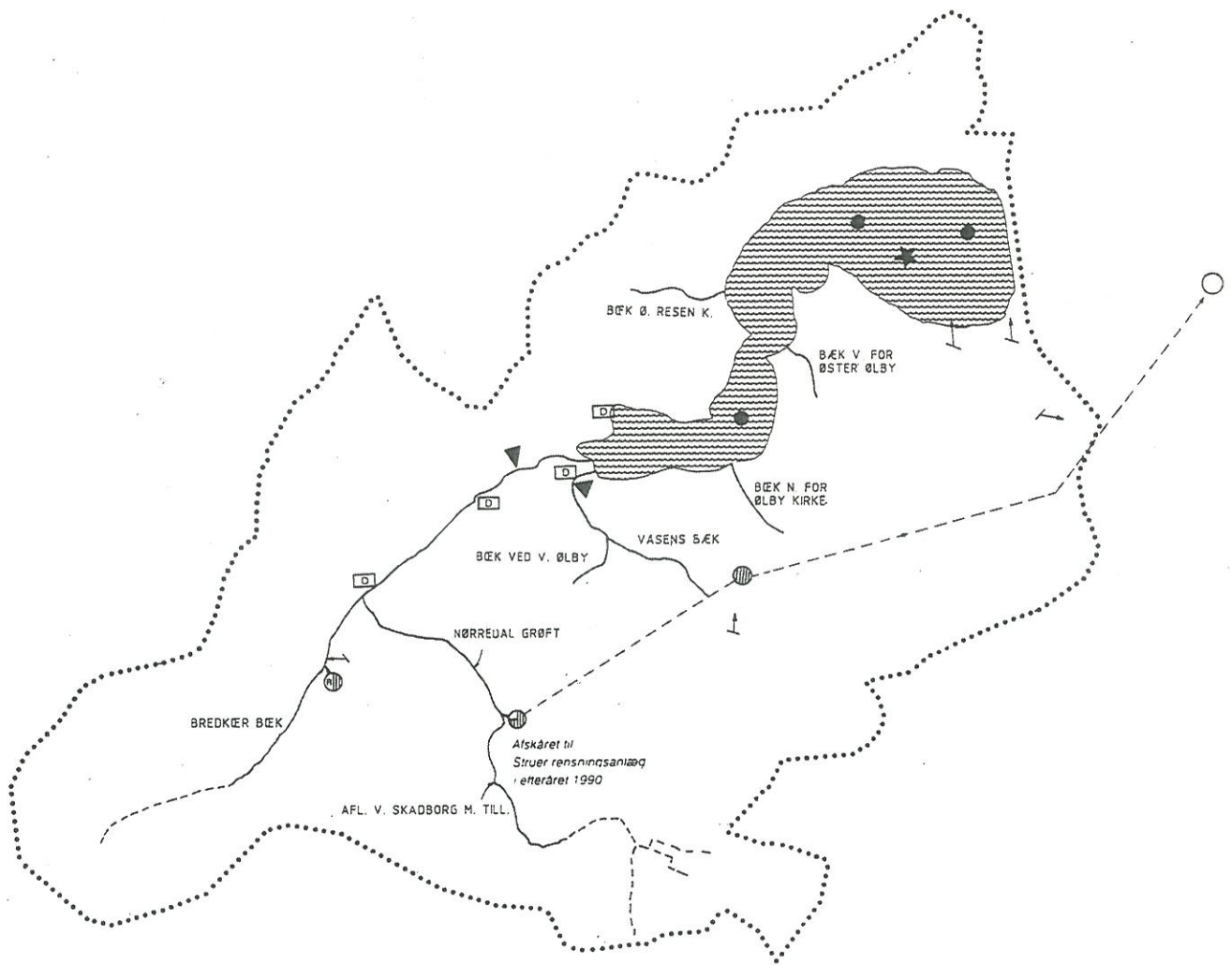
STRUER KOMMUNE RINGKJØBING AMT

Ekseklidener foretagne i juli-aug. 1989 med vandretøj 0,2 m over DNN (GSI).
Trykt af Tom Thomsen og publiceret af landsinspektør Thorkild Bay, dec. 1989



Ydegrænser for rumfangs indregning
efter luftfotos optaget 28.5.1988
af SCANNOVT I/S

RINGKJØBING AMTS RÅD og HOVEDUDVALG



-----	Oplandsgrænse
●	Zooplankton
★	Fysiske og vandkemiske målinger, fytoplankton og zooplankton (netprøve)
▼	Vandkemi- vandføringsmålinger

3. Vand- og stofbalancer

Grundlaget for opstilling af vand- og stofbalancer for Kilen er de løbende målinger af vandføring og stofkoncentrationer i de to tilløb Bredkær Bæk og Vasens Bæk samt målinger/beregninger af saltvandsbevægelserne gennem slusen i søens sydøstlige hjørne.

Målestationerne i de to tilløb dækker et oplandsareal på i alt 21,42 km², benævnt det målte opland. De resterende 13,60 km² af det samlede opland benævnes det umålte opland.

Beregningerne af vand- og (nærings)stofftilførslen fra det umålte opland er gennemført på grundlag af målingerne i Bredkær Bæk (kvælstof) og Bæk øst for Resen Kirke (fosfor). Det antages i den forbindelse, at den arealspecifikke afstrømning fra det umålte opland svarer til middelaflstrømningen fra de målte oplande, og at næringsstofindholdet i det tilstrømmende vand fra det umålte opland kan beskrives ved de vandføringsvægtede gennemsnitsindhold af næringsstoffer i vandet fra de målte oplande (se bilag 2.0. for en mere detaljeret beskrivelse). På grund af vanskelighederne ved at fastlægge den samlede vandtransport ud af søen er det ikke muligt at fastlægge størrelsen af den direkte grundvandstilstrømning.

3.1. Vandbalance

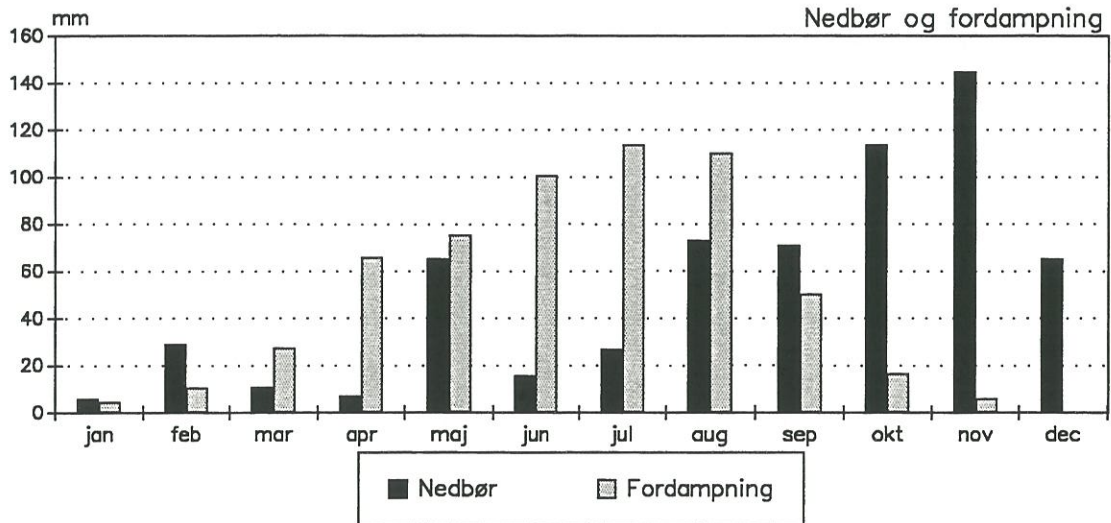
3.1.1. Nedbør og fordampning

Variationen af den månedlige nedbør og fordampning (korrigerede værdier) er vist i figur 1, mens værdierne er vist i bilag 2.2.

Den samlede nedbør er i 1996 opgjort til 631 mm, mens fordampningen er opgjort til 583 mm, svarende til at der på årsbasis har været et nedbørsoverskud på 48 mm. Dette overskud er primært fremkommet i det nedbørsrige 4. kvartal, da ikke mindre end 51% af årsnedbøren faldt, samtidig med at fordampningen kun var ca. 4% af årsværdien.

I øvrigt har 1996 i nedbørsmæssig henseende været bemærkelsesværdig derved, at årets 4 første måneder var meget nedbørsfattige, idet der i den periode kun faldt 8,5% af årsnedbøren. Også de følgende 3 måneder var nedbørsfattige, idet der i den periode kun faldt 17% af årsnedbøren. Set under ét faldt der i årets første 7 måneder kun ca. 25% af årsnedbøren, og det er et noget usædvanligt mønster.

Årsnedbøren på 631 mm var noget lavere end årsnedbøren i 1995 på 852 mm og kun godt halvt så stor som årsnedbøren i 1994, der var på hele 1.152 mm.

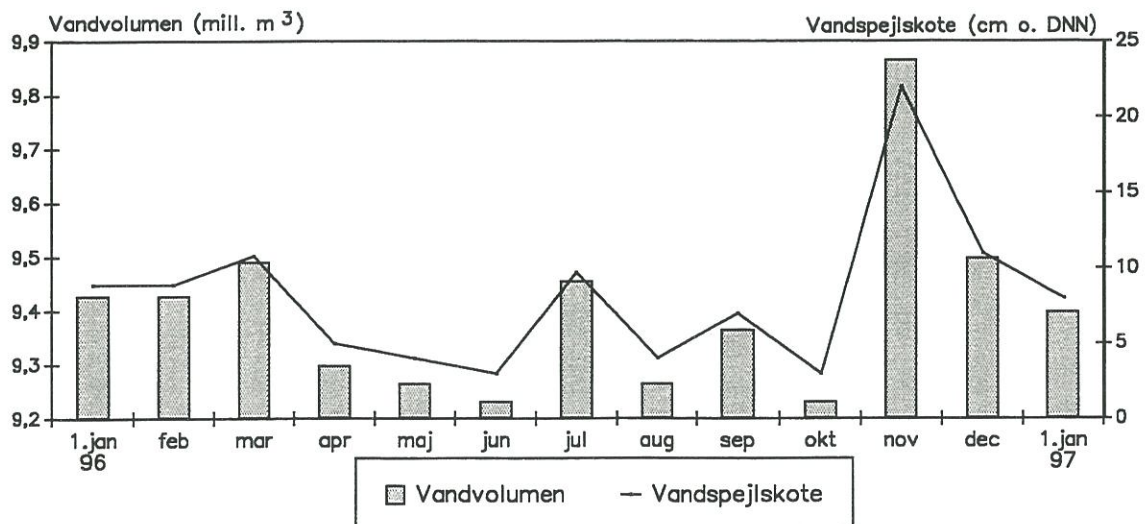


Figur 1. Oversigt over den månedlige nedbør og fordampning (korrigerede værdier) ved Kilen i 1996.

3.1.2. Vandstand og volumenændringer

Vandstanden i Kilen reguleres ved hjælp af slusen i søens sydøstlige hjørne. Slusens formål er at forhindre højvande i Kilen. Slusen reguleres manuelt, og der har gennem årene været anvendt skiftende slusepraksis. I perioden 1986-1993 blev der således tilstræbt en maksimering af vandskiftet med en maksimal vandspejlskote i Kilen på +0.5 m o. DNN. Siden 1994 er vandstanden dog søgt holdt under +0,2 m o. DNN.

I 1996 har vandstanden i søen varieret mellem minimum 3 cm i oktober og 22 cm i november, og årsmiddelvandstanden er beregnet til 8,1 cm. Figur 2 viser variationen af vandstanden og vandvolumenet i 1996.



Figur 2. Oversigt over variationen af vandstand og vandvolumen (månedsmiddelværdier) i Kilen i 1996.

Søens vandvolumen er 9,8 mill. m³ ved en vandstand på 20 cm, og det betyder, at vandvolumenet har været så lavt som ca. 9,369 mill m³ ved minimumsvandstanden og ca. 9,867 mill. m³ ved maksimumsvandstanden.

3.1.3. Vandbalance

På baggrund af de løbende målinger af vandføringen i tilløbene samt den estimerede vandtilførsel fra det umålte opland og kendskabet til saltvandsindtrængningen via slusen og værdierne for nedbør og fordampning er der redegjort for den samlede vandtilførsel til søen. Det skal bemærkes, at der ikke er tale om en egentlig vandbalance, idet vandtransporten i afløbet ikke kendes med tilstrækkelig stor nøjagtighed til, at de samlede tilførsler kan afstemmes mod de samlede fraførsler. Det antages derfor, at de samlede tilførsler svarer til de samlede fraførsler. Årsvandbalancen for 1996 er vist i tabel 2, mens månedsvandbalancerne er vist i bilag 1.1.

Det ses af tabellen, at ca. 59% af den samlede vandtilførsel stammer fra oplandet, mens ca. 28% er indstrømmende saltvand, og ca. 13% er nedbør. Det betyder, at den samlede vandtilførsel består af ca. 72% ferskvand og ca. 28% saltvand.

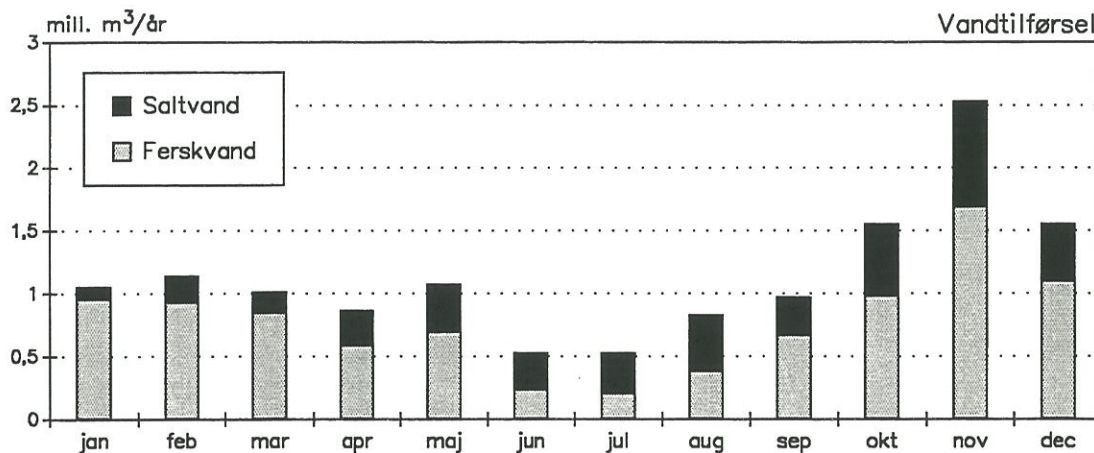
Cirka 88% af den samlede vandmængde forlader søen via afløbet, mens de resterende 12% afgives til atmosfæren ved fordampning.

	Vandmængde mill. m ³ /år	% af total
Bredkær Bæk	4,299	27,5
Vasens Bæk	1,454	9,3
Umålt opland	3,439	22,0
Nedbør	2,106	13,5
Saltvand	4,348	27,7
Samlet tilførsel	15,646	100
Afløb	13,699	87,6
Fordampning	1,947	12,4
Samlet fraførsel	15,646	100

Tabel 2. Omtrentlig vandbalance for Kilen 1996.

Fordelingen af den samlede fersk- og saltvandstilførsel i de enkelte måneder i 1996 er vist i figur 3.

Tilførslen af ferskvand følger i en vis udstrækning nedbøren, mens tilførslen af saltvand følger et mere uigennemskueligt mønster; dog synes ringe ferskvandstilførsel og stor fordampning i årets første halvdel at medføre indslusning af begrænsede mængder saltvand, mens stigende ferskvandstilførsel i årets sidste måneder tillader et betydeligt indslip af saltvand i forbindelse med udslusning af store mængder ferskvand.



Figur 3. Oversigt over tilførslen af ferskvand og saltvand til Kilen i de enkelte måneder i 1996.

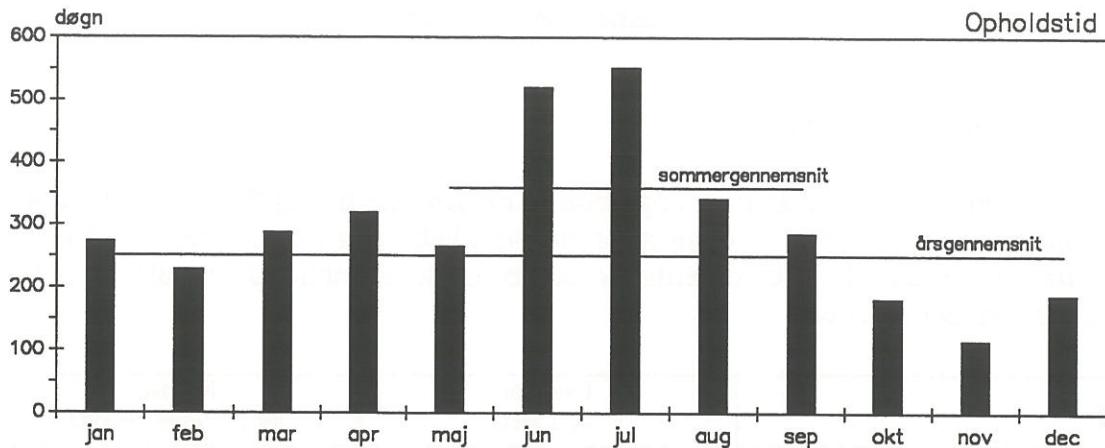
3.1.4. Arealspecifik afstrømning

Den arealspecifikke afstrømning fra oplandet som helhed (Bredkær Bæk, Vasens Bæk og det umålte opland) kan for 1996 beregnes til 8,3 l/s/km². Eftersom ferskvandstilførslen i 1996 var den laveste i hele perioden 1989-1996, er også den arealspecifikke afstrømning i 1996 den hidtil laveste, jf. tabel 4.

3.1.5. Afstrømningshøjde og vandets opholdstid 1996

Med en samlet afstrømning via afløbet på 13,699 mill. m³ i 1996 kan afstrømningshøjden (søvolumen) beregnes til 1,40 meter. Denne værdi er så lav, at Kilen kan karakteriseres som et vandområde med en forholdsvis lille hydraulisk belastning. Dette forhold kan henføres til vandområdets store areal i forhold til vandtilførslen, og var dæmningen beliggende længere mod vest, ville afstrømningshøjden, og dermed vandskiftet i søen have være væsentligt større.

Vandets gennemsnitlige opholdstid kan beregnes til 251 døgn for året som helhed og til 360 døgn som gennemsnit for sommerperioden (maj-sept.). Den gennemsnitlige opholdstid i de enkelte måneder er vist i figur 4 og bilag 1.1.



Figur 4. Oversigt over variationen af vandets middelopholdstid i Kilen i de enkelte måneder i 1996. De vandrette linier angiver vandets års- og sommerrmiddelopholdstider.

3.1.6. Vandtilførsel og vandets opholdstid 1989-1996

Tabel 4 indeholder en oversigt over vandtilførsel og -fraførsel samt vandets opholdstid i de enkelte år i perioden 1989-1996.

År	Ferskvand via tilløb og målt opland	Saltvand via sluse	Samlet vandtilførsel via tilløb og sluse	Nettonedbør	Samlet vandfraførsel via sluse	Opholdstid	
1989	År	15,003	6,371	21,374	0,860	22,234	164
	Som.	5,521	1,940	7,461	0,656	6,805	219
1990	År	15,060	6,402	21,463	2,089	22,552	155
	Som.	5,039	2,002	7,040	0,324	7,364	205
1991	År	15,065	6,413	21,192	1,280	22,472	162
	Som.	5,713	2,108	7,750	-0,270	7,480	199
1992	År	13,551	7,313	20,864	1,789	22,653	161
	Som.	4,515	2,249	6,764	-0,269	6,495	231
1993	År	13,485	5,162	18,647	1,280	19,927	183
	Som.	4,622	2,010	6,632	-0,171	6,461	231
1994	År	16,069	8,181	24,241	2,220	26,461	138
	Som.	5,714	3,076	8,790	0,304	9,094	167
1995	År	13,341	5,323	18,664	1,134	19,798	172
	Som.	4,981	1,356	6,337	-0,318	6,019	223
1996	År	9,192	4,348	13,540	0,158	13,699	251
	Som.	2,881	1,735	4,616	-0,663	3,953	360

Tabel 4. Oversigt over karakteristiske års- og sommerværdier for vandtilførsel til og -fraførsel (mill. m³) fra Kilen samt vandets års- og sommerrmiddelopholdstider i perioden 1989-1996

Det kan konstateres, at både års- og sommerrmiddelopholdstiden varierer meget fra år til år. Således har årsmiddelværdien i perioden 1989-1996 været så lav som 0,38 år og

så høj som 0,69 år, mens sommermiddelværdien har været så lav som 0,46 år og så høj som 0,99 år. Sidstnævnte betyder, at vandskiftet generelt er ringe i sommerperioden, og i visse måneder er der stort set ikke noget vandskifte.

3.2. Stofbalancer 1996

Bilag 2 indeholder en detaljeret opgørelse af de samlede til- og fraførsler af kvælstof og fosfor på månedsbasis og opgjort for året som helhed og for sommerperioden (maj-september). I det følgende er værdierne sammenstillet til omtrentlige balancer for året og for sommerperioden.

	Kvælstof kg i året	Kvælstof kg i sommerperioden
Bredkær Bæk	38.916 (45,3%)	12.072 (46,5%)
Vasens Bæk	9.508 (11,1%)	2.339 (9,0%)
Umålt opland	24.292 (28,3%)	6.554 (25,3%)
Atmosfærisk nedfald	6.672 (7,8%)	2.780 (10,7%)
Struer Bugt	4.116 (4,8%)	1.205 (4,6%)
Umålte punktkilder	2.400 (2,8%)	1.000 (3,9%)
Samlet tilførsel	85.904 (100%)	25.950 (100%)
Afløb	32.776 (38,2%)	4.888 (18,8%)
Sedimentation og denitrifikation	45.200 (52,6%)	18.058 (69,6%)
Magasinændring	7.928 (9,2%)	3.004 (11,6%)
Balancesum	85.904 (100%)	25.950 (100%)

Tabel 5. Omtrentlig kvælstofbalance for Kilen 1996.

	Fosfor, kg i året	Fosfor, kg i sommerperioden
Bredkær Bæk	907 (46,9%)	260 (41,7%)
Vasens Bæk	143 (7,4%)	30 (4,8%)
Umålt opland	336 (17,4%)	115 (18,4%)
Atmosfærisk nedfald	50 (2,6%)	20 (3,2%)
Struer Bugt	345 (17,9%)	136 (21,8%)
Umålte punktkilder	151 (7,8%)	63 (10,1%)
Samlet tilførsel	1.932 (100%)	624 (100%)
Afløb	1.694 (87,7%)	458 (73,4%)
Sedimentation	572 (29,6%)	-484 (-77,6%)
Magasinændring	-334 (-17,3%)	651 (104,3%)
Balancesum	1.932 (100%)	624 (100%)

Tabel 6. Omtrentlig fosforbalance for Kilen 1996.

Også for jern, der især tilskrives stor betydning i forbindelse med binding af fosfor i sedimentet, er der opstillet en omtrentlig balance, se tabel 7.

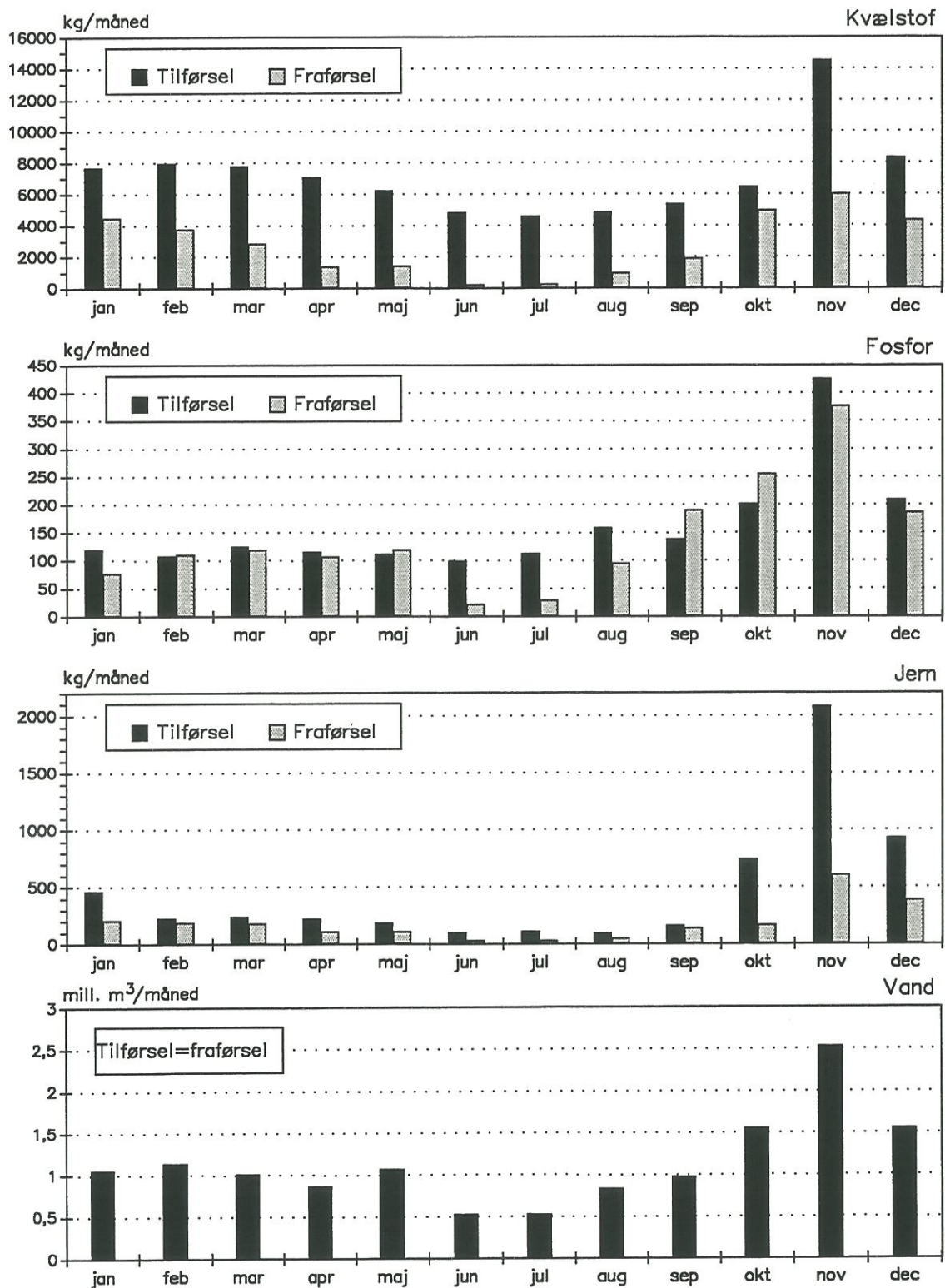
	Jern, kg i året	Jern, kg i sommerperioden
Bredkær Bæk	3.113 (55,6%)	375 (55,6%)
Umålt opland (incl. Vasens Bæk)	2.490 (44,4%)	300 (44,4%)
Samlet tilførsel	5.603 (100%)	675 (100%)
Afløb	2.246 (40,1%)	373 (55,2%)
Sedimentation	3.119 (55,7%)	305 (45,2%)
Magasinændring	238 (4,2%)	-3 (-0,4%)
Balancesum	5.603 (100%)	675 (100%)

Tabel 7. Omtrentlig jernbalance for Kilen 1996.

Fordelingen af de samlede tilførsler og fraførsler af vand, kvælstof, fosfor og jern på årets måneder er vist i figur 5.

Det kan på grundlag af figuren konstateres, at variationsmønsteret for de samlede tilførsler af kvælstof, fosfor og jern i meget vid udstrækning er bestemt af variationsmønsteret for vandtilførslen, omend med en vis variation mellem de enkelte stoffer.

Variationsmønsteret i vandtilførslen genfindes også i de variationsmønsteret for de samlede fraførsler af kvælstof, fosfor og jern, men med en betydeligt større forskel mellem de enkelte stoffer. Stor denitrifikation er årsag til, at der året igennem er stor forskel mellem tilførsler og fraførsler af kvælstof, og omfattende frigivelse af fosfor fra sedimentet i sommerperioden er årsag til, at fraførslerne i de første efterårsmåneder overstiger de samlede tilførsler, og til, at der i årets sidste måneder ikke er stor forskel mellem tilførsler og fraførsel. For jerns vedkommende er forskellene mellem tilførsler og fraførsel mindst i årets første halvdel, mens der i anden halvdel er stor forskel, hvilket kan tages som udtryk for, at der i den periode ophobes betydelige mængder jern i søen.



Figur 5. Oversigt over fordelingen af de samlede tilførsler og fraførsler af kvælstof, fosfor og jern på årets måneder til og fra Kilen 1996.

3.2.1. Jern:fosfor-forholdet

Sammenholder man de samlede tilførsler af jern og fosfor, kan jern:fosfor-forholdet beregnes til $5.603/1.932 = 2,9$ for året og $675/624 = 1,1$ for sommeren. Sammenholder man på tilsvarende vis de samlede fraførsler af jern og fosfor, kan jern:fosfor-forholdet beregnes til $2.246/1.694 = 1,3$ for året og $373/458 = 0,8$ for sommeren.

Jern:fosfor-forholdet i tilførslerne ligger langt under den værdi på 15, som almindeligvis antages at være nødvendig for at sikre en effektiv jernbinding af fosfor i iltede sedimenter. Det betyder, at der i tilførslerne af de to stoffer er en alvorlig ubalance, som bevirker en ringe mulighed for jernbinding af fosfor i sedimentet.

Jern:fosfor-forholdet i fraførslerne er noget mindre end i tilførslerne, og det betyder, at der i 1996 er ophobet mere jern end fosfor i søens bund og vandmasser, således at jern:fosfor-forholdet øges ved stoffernes passage gennem søen. Det er denne proces, der er årsag til, at jern:fosfor-forholdet næsten over alt i søens sediment overstiger 15, jf. afsnit 5.

3.2.2. Denitrifikation og intern belastning

I kvælstofbalancen tabel 5 ses det, at mere end 50% af den samlede tilførsel sedimenteres og denitrificeres. Ud fra sedimentets målte indhold af kvælstof, se afsnit 5, kan sedimentationen af kvælstof på søbunden skønsmæssigt opgøres til væsentligt mindre end 10% af den samlede mængde på 45.200 kg. Det kan på den baggrund konstateres, at ca. halvdelen af den tilførte kvælstofmængde fjernes ved denitrifikation. Omregnet svarer den samlede årlige denitrifikation til en kvælstoffjernelse fra søen på ca. 37 mg/m²/døgn. Denne værdi ligger nær medianen (44 mg/m²/døgn) for samtlige søer i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram i perioden 1989-1995, men ligger under 25%-kvartilen (43-81 mg/m²/døgn) for de søer, hvor kvælstofbalancen er opgjort med størst sikkerhed, jf. (Jensen et al., 1996). Den lave værdi skal utvivlsomt ses i relation til Kilens store areal i forhold til oplandet og især afstrømningen herfra, idet kvælstofbelastningen pr. arealenhed i søen derved bliver forholdsvis lille.

I fosforbalancen tabel 6 ses det, at der på årsbasis har været en tilbageholdelse på 572 kg. Til gengæld har der i sommerperioden været frigivelse (= intern belastning) af ca. 484 kg. Hovedparten af den frigivne mængde er blevet i søen og har der resulteret i en stigning i søvandets fosforindhold. Den interne belastning på 484 kg i sommerperioden svarer til en frigivelse på 0,95 mg/m²/døgn (= en tilbageholdelse på -0,95 mg/m²/døgn). Tilbageholdelsen af fosfor i året som helhed svarer til en sedimentation på 1,12 mg/m²/døgn, hvilket er noget højere end medianen (0,40 mg/m²/døgn) for de søer med den bedst beskrevne fosforbalance og på niveau med medianen (-0,21-2,0 mg/m²/døgn) for samtlige søer i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram i perioden 1989-1995, jf. (Jensen et al., 1996).

I tabel 8 er vist den interne fosforfrigivelse i 1996.

	Intern fosforbelastning (kg)	
	Året	Sommer
1993	980	-2.199
1994	-84	-1.206
1995	1.708	-2.682
1996	572	-484

Tabel 8. Oversigt over frigivelsen af fosfor fra sedimentet i Kilen (= interne belastning) i 1996; til sammenligning er vist værdierne i de forudgående år. Positive værdier angiver sedimentation og negative værdier angiver frigivelse, dvs. intern belastning.

3.2.3. Arealsspecifik næringsstofafstrømning og -belastning mv.

Med et samlet opland på 3.502 ha kan den samlede afstrømning af næringsstoffer mv. fra oplandet til Kilen (samlede tilførsler excl. bidrag fra Struer Bugt) i 1996 beregnes til 75.116 kg kvælstof, 1.537 kg fosfor og 5.603 kg jern, svarende til arealspecifikke afstrømninger på 21,449 kg/ha/år, 0,439 kg/ha/år og 1,600 kg/ha/år. Disse værdier ligger for kvælstofs vedkommende nær medianen for dyrkede oplande med punktkilder i perioden 1989-1995 (13,0-28,1 kg/ha/år) og for fosfors vedkommende lidt under medianen (0,36-0,67 kg/ha/år), jf. (Windolf, 1996).

Set i forhold til den samlede vandtilførsel fra oplandet til Kilen svarer disse værdier til vandføringsvægtede middelindløbskoncentrationer på: kvælstof 5,548 mg/l; fosfor 0,128 mg/l og jern 0,527 mg/l. Disse værdier ligger for kvælstofs vedkommende meget nær medianen (5,7 mg/l) for samtlige søer i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram i perioden 1989-1995, for fosfors vedkommende lidt over medianen (0,11 mg/l) og for jerns vedkommende lidt over 25%-kvartilen (0,40 mg/l) for de søer med den bedst beskrevne jernbalance og nær medianen (0,35-0,51 mg/l) for samtlige søer med jernbalance, jf. (Jensen et al., 1996).

I Kilen har de samlede tilførsler af kvælstof, fosfor og jern i 1996 givet anledning til arealspecifikke belastninger på: kvælstof 70 mg/m²/døgn; fosfor 1,6 mg/m²/døgn og jern 5,2 mg/m²/døgn. Kvælstofbelastningen ligger meget lavt i forhold til medianen for søerne i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram, mens fosforbelastningen ligger noget under medianen, og jernbelastningen ligger nær 25%-kvartilen, jf. (Jensen et al., 1996).

3.3. Stofbalancer og tilbageholdelse 1989-1996

Stofbalancerne for årene 1989-1995 er beskrevet i de tidligere udarbejdede rapporter om tilstanden i Kilen.

Tabel 9 indeholder en oversigt over mængderne af fraførte og tilbageholdte næringsstoffer i hele perioden 1989-1996.

År	Fraførsel via afløb (kg)		Tilbageholdelse (kg)	
	Kvælstof	Fosfor	Kvælstof	Fosfor
1989	46.600 (12.321)	4.061 (1.981)	78.843 (32.427)	-307 (-645)
1990	56.273 (15.775)	4.966 (2.433)	74.088 (23.148)	-1.486 (-1.267)
1991	49.467 (15.349)	3.895 (1.874)	82.676 (34.975)	-646 (-776)
1992	45.582 (12.934)	2.563 (1.338)	99.136 (32.594)	242 (-437)
1993	45.496 (12.832)	2.845 (1.418)	88.857 (32.901)	-398 (-530)
1994	60.204 (18.920)	3.336 (1.930)	93.511 (34.980)	-367 (-864)
1995	50.762 (11.059)	2.631 (1.220)	69.839 (32.501)	-678 (-499)
1996	32.776 (4.888)	1.694 (458)	53.128 (21.062)	238 (166)

Tabel 9. Oversigt over fraførte og tilbageholdte mængder af kvælstof og fosfor fra og i Kilen i årene 1989-1996. Tallene i parentes er sommerværdier.

Som tidligere anført er sedimentationen af kvælstof af begrænset omfang, mens denitrifikationen er betydelig. Set i det lys kan det konstateres, at hovedparten af den tilførte kvælstofmængde i alle årene 1989-1996 denitrificeres, mens hovedparten af resten forlader søen via afløbet. Der bemærkes dog en betydelig år-til-år-variation i forholdet mellem fraførte og tilbageholdte (\approx denitrificerede) mængder af kvælstof - et forhold, som bl.a. kan henføres til variationer i vejrforholdene, afstrømningsmønsteret og opholdstiden.

For fosfors vedkommende ses det, at der i de fleste år har været en negativ tilbageholdelse, hvilket er ensbetydende med, at der er fraført mere fosfor, end der er tilført som følge af en betydelig frigivelse af fosfor fra sedimentet. Sammenholder man værdierne i tabel 9 med værdierne i tabel 8, kan det konstateres, at frigivelsen af fosfor er meget stor i forhold til de mængder, der på årsbasis forlader søen via afløbet. Det giver anledning til at antage, at vandskiftet i søen er begrænsende for, hvor stor en del af den frigivne mængde fosfor, der forlader søen via afløbet og dermed for, hvor hurtigt søens sediment bliver aflastet for fosfor. Forholdet har været særlig udtalt i 1996, da vandtilførslen var den hidtil laveste, og hvor søen både på års- og på sommerbasis har tilbageholdt fosfor, trods en betydelig frigivelse fra sedimentet i sommerperioden.

3.4. Kildeopsplitning 1989-1996

Der er for hvert år foretaget en opsplitning af de samlede kvælstof- og fosfortilførsler på en række kilder, se tabel 10.

År	Kvælstof (kg pr. år)								
	Spredt bebyggelse	Landbrugsbidrag	Naturbidrag	Åbne land i alt	Dambrug	Byspildevand	Struer Bugt	Atmosfærisk bidrag	Total
1989	906 (1%)	69.533 (55%)	24.005 (19%)	94.444 (75%)	8.137 (6%)	1.213 (1%)	14.969 (12%)	6.680 (5%)	125.443
1990	906 (1%)	77.666 (60%)	19.578 (15%)	98.150 (75%)	7.573 (6%)	860 (1%)	17.098 (13%)	6.680 (5%)	130.361
1991	906 (1%)	75.995 (57%)	22.598 (17%)	99.499 (75%)	7.994 (6%)	512 (-%)	17.546 (13%)	6.680 (5%)	132.231
1992	906 (1%)	90.125 (62%)	21.817 (15%)	112.848 (77%)	5.876 (4%)	246 (-%)	20.068 (14%)	6.680 (5%)	145.718
1993	906 (1%)	84.838 (63%)	21.576 (16%)	107.320 (79%)	7.042 (5%)	274 (-%)	14.037 (10%)	6.680 (5%)	135.253
1994	270 (-%)	103.140 (67%)	28.924 (19%)	132.330 (86%)	6.972 (5%)	200 (-%)	7.531 (5%)	6.680 (5%)	153.710
1995	270 (-%)	75.639 (63%)	24.014 (20%)	99.923 (83%)	7.338 (6%)	1.516 (1%)	5.144 (4%)	6.680 (4%)	120.601
1996	270 (-%)	57.571 (64%)	12.864 (14%)	71.010 (79%)	6.598 (7%)	1.500 (2%)	4.116 (5%)	6.680 (7%)	85.904

År	Fosfor (kg pr. år)								
	Spredt bebyggelse	Landbrugsbidrag	Naturbidrag	Åbne land	Dambrug	Byspildevand	Struer Bugt	Atmosfærisk bidrag	Total
1989	309 (8%)	413 (11%)	870 (23%)	1.592 (42%)	1.369 (36%)	364 (10%)	379 (10%)	50 (1%)	3.754
1990	309 (9%)	772 (22%)	768 (22%)	1.849 (53%)	889 (26%)	260 (7%)	432 (12%)	50 (1%)	3.480
1991	309 (10%)	563 (17%)	783 (24%)	1.655 (51%)	961 (30%)	139 (4%)	441 (14%)	50 (2%)	3.246
1992	309 (11%)	387 (14%)	678 (24%)	1.374 (49%)	692 (25%)	189 (7%)	500 (18%)	50 (2%)	2.805
1993	309 (13%)	247 (10%)	539 (22%)	1.095 (45%)	771 (32%)	167 (7%)	364 (15%)	50 (2%)	2.447
1994	70 (2%)	799 (27%)	787 (27%)	1.656 (56%)	640 (22%)	70 (2%)	553 (19%)	50 (2%)	2.969
1995	70 (4%)	258 (13%)	574 (29%)	902 (46%)	574 (29%)	101 (5%)	326 (17%)	50 (2%)	1.953
1996	70 (4%)	429 (22%)	441 (23%)	940 (49%)	477 (25%)	120 (6%)	345 (18%)	50 (3%)	1.932

Tabel 10. Oversigt over kilder til den samlede kvælstof- og fosfortilførsel til Kilen i perioden 1989-1996. Tallene i parentes angiver den procentuelle andel af den samlede tilførsel.

Tabellen viser ikke overraskende, at oplandet med dominans af landbrugsarealer er kilde til hovedparten af den samlede kvælstofbelastning (75-86%). Det betyder, at forudsætningen for at nedbringe kvælstofbelastningen er, at arealbidraget fra de dyrkede arealer nedbringes i overensstemmelse med intentionerne i Vandmiljøplanen.

På tilsvarende vis viser tabellen, at mere end halvdelen af fosfortilførslerne skyldes menneskelige aktiviteter i oplandet. Den del af disse, der vedrører dyrkningen af oplandsarealerne er årsag til op mod en fordobling af arealbidraget fra oplandsarealerne, og eftersom den dyrkningsbetingede fosforudledning næppe kan reduceres på kort sigt,

vil en nedbringelse af fosforudledningen til Kilen kræve, at især bidragene fra dambrug, spredt bebyggelse og byspildevand reduceres, idet de tilsammen udgør op mod en trediedel af den samlede tilførsel.

Bidraget fra Struer Bugt, som tilføres sammen med indstrømmende saltvand, udgør også en væsentlig del (10-19%) af den samlede belastning, og det stiller saltvandsindslusningen til Kilen i et særligt lys. Med den nuværende interne belastning fra sedimentet vil det være ønskeligt at øge vandskiftet i søen. Det kan ske ved at øge saltvandsindslusningen, idet fosforkoncentrationen i Struer Bugt ligger væsentligt lavere end fosforkoncentrationen i Kilen, især om sommeren. Det gør det umiddelbart vanskeligt at vurdere effekten af øget saltvandsindslusning, idet erfaringen er, at der er stor forskel fra år til år med hensyn til fosforfrigivelsen fra sedimentet.

Der kan dog næppe herske nogen tvivl om, at der i perioder med stor frigivelse og deraf følgende høje fosforkoncentrationer i søvandet kan være en positiv effekt af at øge vandskiftet. Således blev der i det nedbørsfattige år 1996 ophobet store mængder fosfor i søens vandmasser, og en betydelig del af disse mængder kunne formodentlig være blevet skyllet ud af søen, dersom vandskiftet i denne var blevet øget. Det skal dog nævnes, at et øget vandskifte med Struer Bugt ikke er uproblematisk, idet saltvandet har vist sig at medføre et betydeligt iltsvind i de bundnære vandmasser, hvilket ikke blot fremmer frigivelsen af fosfor fra sedimentet, men også medfører betydelig miljømæssige problemer i søen.

I 1996 var vandskiftet mellem Kilen og Struer Bugt mindre end normalt. Ferskvandstilførslen var samtidig lille, og saltholdigheden var derfor alligevel høj, jf. senere. Dannelsen af et saltspringlag og ringe udskiftning af de bundnære vandmasser var medvirkende årsag til et betydeligt iltsvind i lange perioder i 1996. Et større og hyppigere vandskifte ville formodentlig kunne have udskiftet det iltfattige bundvand i Kilen med mere iltrigt saltvand fra Struer Bugt og derved have begrænset iltsvindshændelserne.

3.5. Indløbskoncentrationer 1989-1996

Til vurdering af udviklingen i næringsstofbelastningen i perioden 1989-1996 er der beregnet middelindløbskoncentrationer af kvælstof og fosfor på årsbasis, se tabel 11. Beregningerne er foretaget ved division af de samlede årlige kvælstof- og fosfortilførsler med de samlede vandtilførsler (incl. saltvand).

For kvælstofs vedkommende kan det konstateres, at årsmiddelkoncentrationen i alle årene 1990-1996 har ligget over værdien fra 1989, og tilmed med en svagt stigende tendens. Gennemsnitsværdien for årene 1990-1996 er 109%, og det må tages som udtryk for, at belastningen med kvælstof ikke har været for nedadgående, men snarere i stigning i perioden efter 1989.

For fosfors vedkommende kan det konstateres, at årsmiddelkoncentrationen i alle årene 1990-1996 har ligget lavere end i 1989 og tilmed med en markant faldende tendens.

Gennemsnittet for årene 1990-1996 er beregnet til 76 % af 1989-værdien, og det må tages som et klart udtryk for en faldende tendens i fosforbelastningen.

År	Middelindløbskoncentrationer (mg/l)		Middelindløbskoncentrationer procent af 1989-værdier	
	Kvælstof	Fosfor	Kvælstof	Fosfor
	År	År	År	År
1989	5,642 (6,964)	0,169 (0,213)	100 (100)	100 (100)
1990	5,780 (7,013)	0,154 (0,189)	102 (101)	91 (89)
1991	5,884 (7,141)	0,144 (0,175)	104 (103)	85 (82)
1992	6,433 (8,191)	0,124 (0,150)	114 (118)	73 (70)
1993	6,787 (8,210)	0,123 (0,141)	120 (118)	73 (66)
1994	5,809 (7,997)	0,112 (0,132)	103 (115)	66 (62)
1995	6,092 (7,976)	0,099 (0,112)	108 (115)	59 (53)
1996	6,271 (8,746)	0,141 (0,170)	111 (126)	83 (80)

Tabel 11. Oversigt over beregnede middelindløbskoncentrationer af kvælstof og fosfor i årene 1989-1996. I tabellens højre halvdel er vist indløbskoncentrationerne i procent af 1989-værdierne. Tallene i parentes viser beregnede middelindløbskoncentrationer og procenter under anvendelse af samlede næringsstofførsler minus bidraget med indstrømmende saltvand i forhold til samlede vandtilførsler minus saltvand.

Årsmiddelindløbskoncentrationen af kvælstof har i perioden 1989-1996 varieret inden for intervallet 5,642-6,787 mg/l. Disse værdier ligger noget under 75 %-fraktilen (6,32-10,74 mg/l) for samtlige søer i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram i årene 1989-1995, jf. (Jensen et al., 1996) og karakteriserer Kilen som temmelig hårdt belastet med kvælstof. Ser man kun på bidragene fra oplandet + det atmosfæriske bidrag, varierer værdierne inden for intervallet 6,964-8,746 mg/l, og disse værdier ligger over 75 %-fraktilen og karakteriserer dermed oplandsbidraget af kvælstof som meget højt. Udviklingstendensen for oplandsbelastningen er den samme som for hele belastningen.

Årsmiddelindløbskoncentrationen af fosfor har i perioden 1989-1996 varieret inden for intervallet 0,099-0,169 mg/l. Disse værdier ligger lidt under 75 %-fraktilen (0,116-0,213 mg/l) for samtlige søer i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram i årene 1989-1995, jf. (Jensen et al., 1996) og karakteriserer Lemvig Sø som temmelig hårdt belastet med fosfor. Ser man kun på bidragene fra oplandet + det atmosfæriske bidrag, varierer værdierne inden for intervallet 0,112-0,213 mg/l, og disse værdier er på niveau med 75 %-fraktilen og karakteriserer dermed oplandsbidraget af fosfor som meget højt. Udviklingstendensen for oplandsbelastningen er den samme som for hele belastningen.

Set under ét kan det konstateres, at kvælstofbelastningen i perioden har været svagt stigende, og at Vandmiljøplanens intentioner ikke er slået igennem i oplandet til Kilen. Omvendt forholder det sig for fosfor, idet belastningen har været jævnt faldende gennem hovedparten af perioden, og til trods for en markant højere belastningsprocent i 1996. Det skal dog nævnes, at den totale tilførsel i 1996 har været af samme størrelse som i 1995, men at vandtilførslen har været ca. 50 % mindre, hvorfor indløbskoncentrationen er steget med ca. 50 %.

4. De frie vandmasser - fysiske og kemiske forhold

4.1. Status 1996 og udvikling 1989-1996

I det følgende er de målte variabler præsenteret og kort kommenteret, mens bilag 3 indeholder en samlet oversigt over de målte værdier i perioden 1989-1996. Bilag 4 indeholder en samlet oversigt over beregnede månedsmiddelværdier, sommermiddelværdier og årsmiddelværdier for de målte variabler.

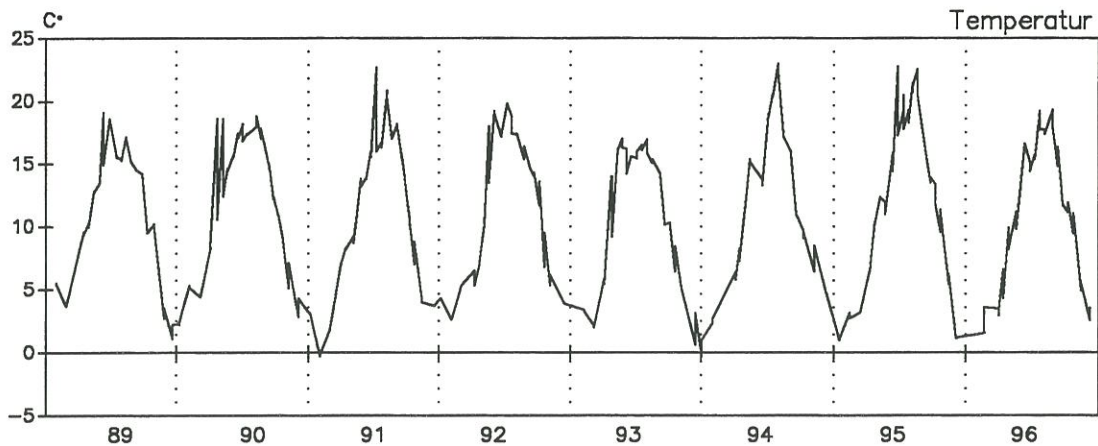
Til belysning af udviklingen i perioden 1989-1996 er der for de vigtigste variabler foretaget en regressionsanalyse af års- og sommermiddelværdierne, og der er foruden regressionskoefficienten R^2 angivet, om udviklingstendensen er statistisk signifikant.

I nogle tilfælde, hvor der eksempelvis har været en udvikling i én retning i en del af perioden og i en anden retning i en andel af perioden, er der foretaget en regressionsanalyse af data fra delperioderne, og der er foruden regressionskoefficienten angivet, om udviklingstendensen i delperioden er signifikant.

4.1.1. Temperatur og ilt

Temperaturkurven for Kilen udviser et regelmæssigt forløb gennem hele perioden 1989-1995 med de år-til-år-variationer, som skyldes variationer i vejrforholdene og de variationer over årene, som skyldes årstidernes skiftende vejr, se figur 6.

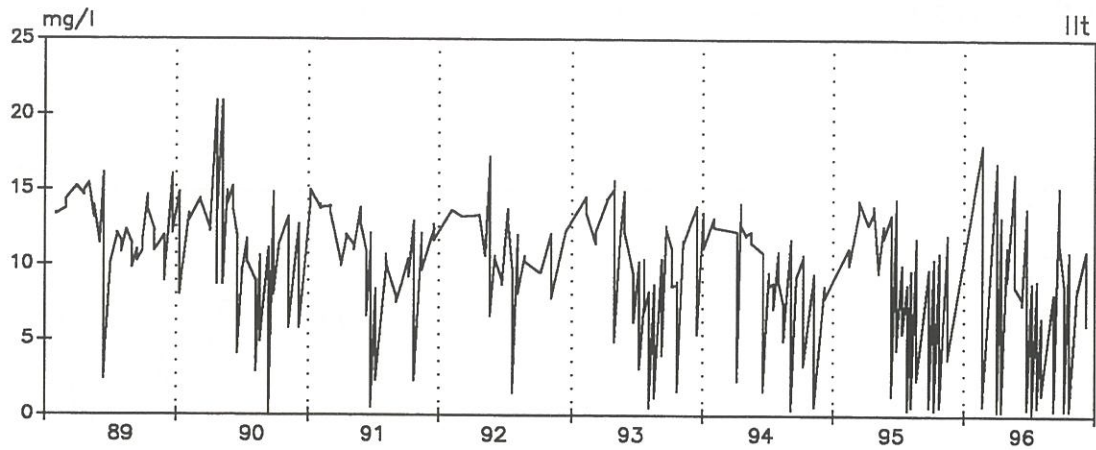
Et andet væsentligt forhold, som kan ses af figur 6, er at temperaturen i almindelighed er den samme gennem hele vandsøjlen, hvilket er ensbetydende med, at vandmasserne ikke er temperaturlagdelte.



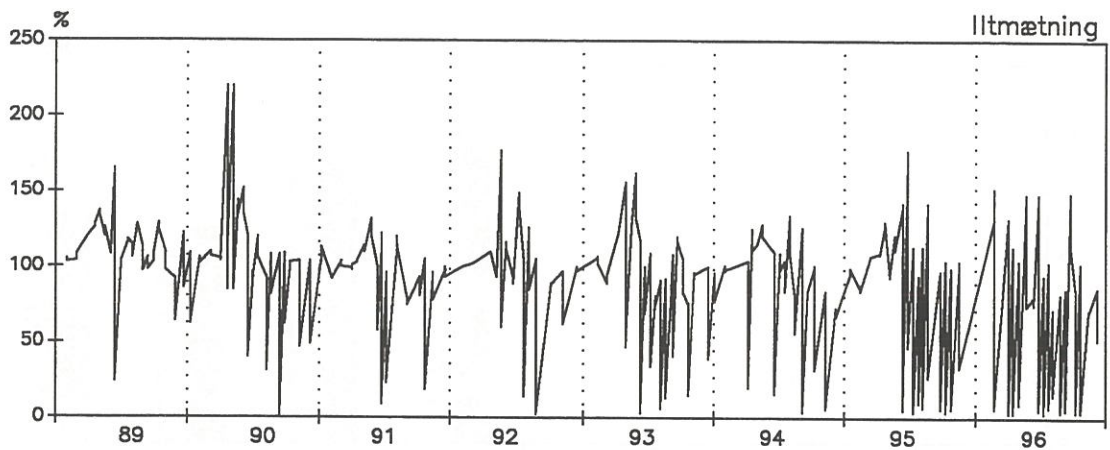
Figur 6. Oversigt over variationen af temperaturen i Kilen 1989-1996. Bemærk: kurven viser for hver prøvetagningsdag ned gennem hele vandsøjlen.

Iltindholdet i vandet i Kilen udviser i store dele af de enkelte år en betydelig variation fra overflade til bund, og der er hvert år registreret meget lave værdier i sommerperioden, se figur 7 og 8. Figuren viser endvidere tydeligt, at der i periodens sidste del er registreret betydeligt flere iltvindshændelser i de bundnære vandmasser end i periodens første del.

Denne forskel skal utvivlsomt ses i sammenhæng med den øgede indslusning af saltvand i periodens sidste del, og de lave iltkoncentrationer i bundvandet er i god overensstemmelse med de observationer af iltfrit sediment med belægninger af svovlbakterier, som er gjort i forbindelse med sedimentundersøgelserne, jf. afsnit 5.



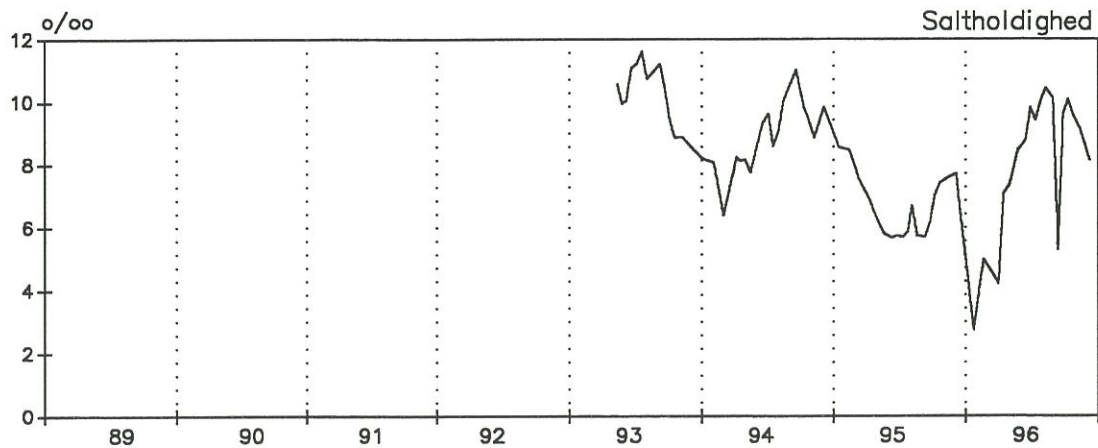
Figur 7. Oversigt over variationen af iltindholdet i Kilen i perioden 1989-1996. Bemærk, at forskellen mellem maksimums- og minimumsværdier på de enkelte måledage er udtryk for forskelle i iltkoncentrationen mellem overflade og bund.



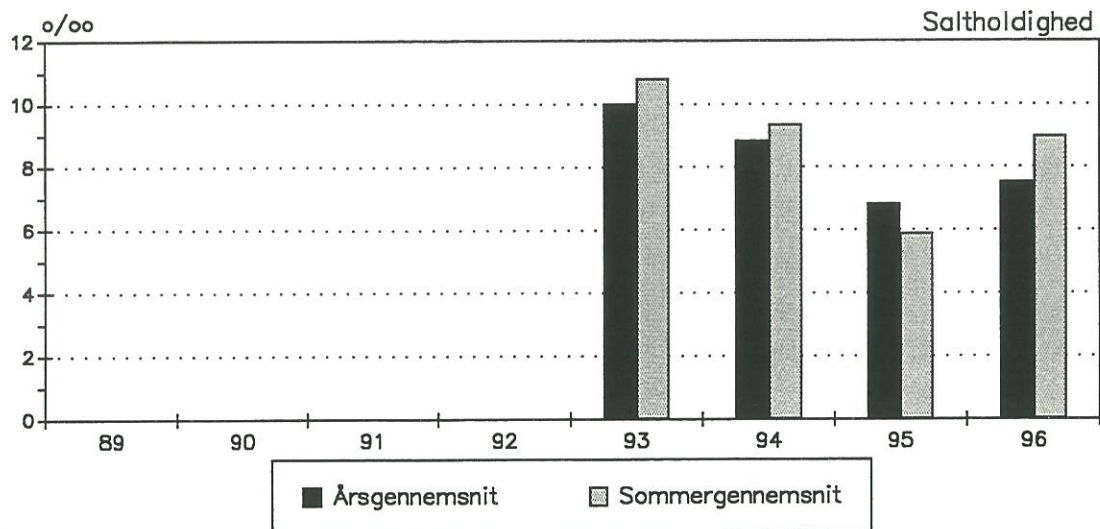
Figur 8. Oversigt over variationen af iltmætningen (%) i Kilen i perioden 1989-1996. Bemærk, at forskellen mellem maksimums- og minimumsværdier på de enkelte måledage er udtryk for forskelle i iltmætningen mellem overflade og bund.

4.1.2. Saltholdighed

Saltholdigheden er først målt fra foråret 1993 og har siden da varieret betydeligt fra år til år og over årene, se figur 9 og 10.



Figur 9. Oversigt over variationen af saltholdigheden i Kilen i perioden 1993-1996.



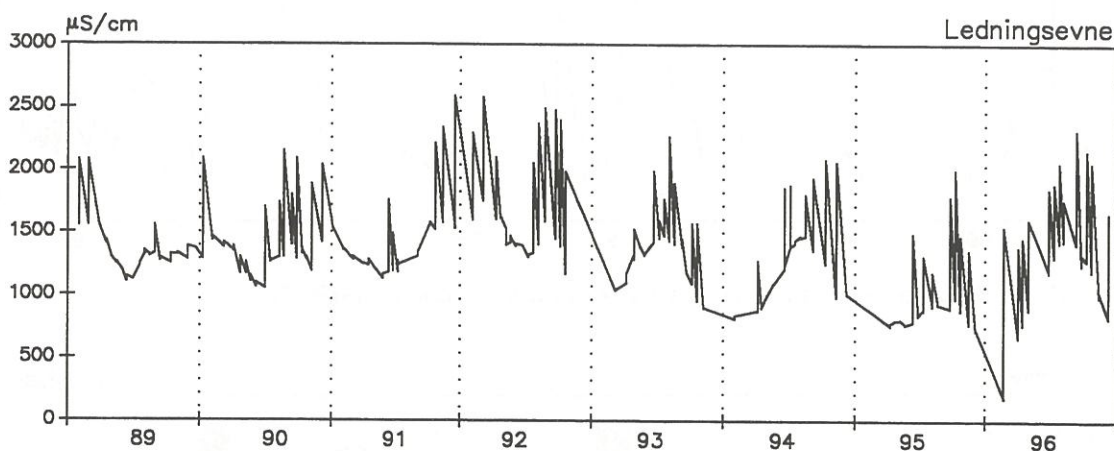
Figur 10. Oversigt over variationen af års- og sommermiddelsaltholdigheden i Kilen i perioden 1993-1996.

Saltholdigheden er en meget vigtig variabel i Kilen, og at dømme ud fra målingerne er det vanskeligt at opretholde et stabilt saltholdighedsmiljø i søen.

I den korte årrække, hvorfra der foreligger målinger, har saltholdighedsmiljøet således varieret fra brakt i 1993 og 1994 til fersk-brakt i 1995 og første halvdel af 1996 og senest igen mere brakt i sidste halvdel af 1996.

Variationen over årene er forårsaget af den årstidsbetingede variation i vejr-, nedbørs- og afstrømningsforholdene, men også vejret og vandstanden i Struer Bugt samt en mere eller mindre tilfældig og skiftende slusepraksis har haft stor betydning.

Saltholdigheden i årene før 1993 er som nævnt ikke målt, men der foreligger målinger af ledningsevnen, se figur 10a.



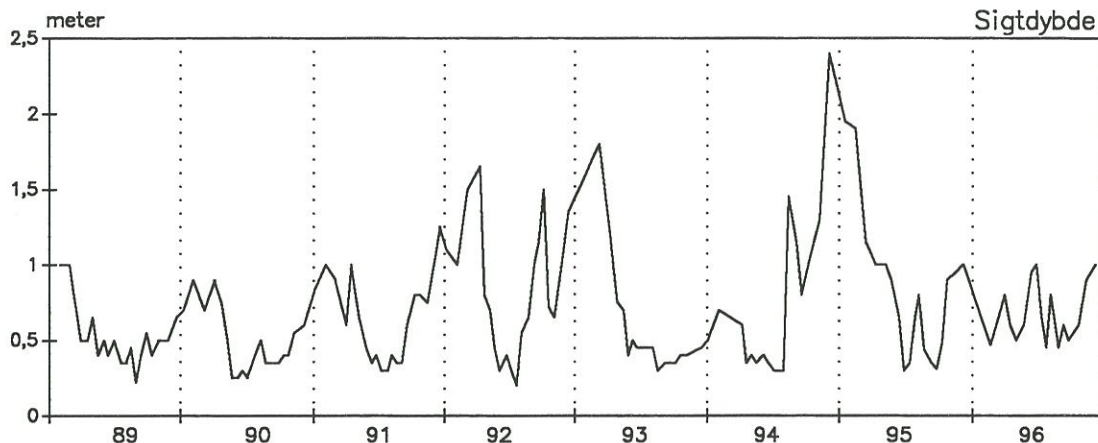
Figur 10a. Oversigt over variationen af ledningsevnen i Kilen i perioden 1989-1996. Bemærk at forskellen mellem maksimums- og minimumsværdier på de enkelte måledage er udtryk for forskelle i ledningsevnen mellem overflade og bund.

Målingerne af ledningsevnen tyder på, at indslusningen af saltvand steg fra et ret ensartet niveau i slutningen af 1991 og resulterede i den hidtil højeste saltholdighed i 1992. Målingerne af ledningsevnen tyder også på, at der med den øgede indslusning af saltvand er introduceret mere udtalt og hyppig lagdeling af vandmasserne med hensyn til saltholdighed.

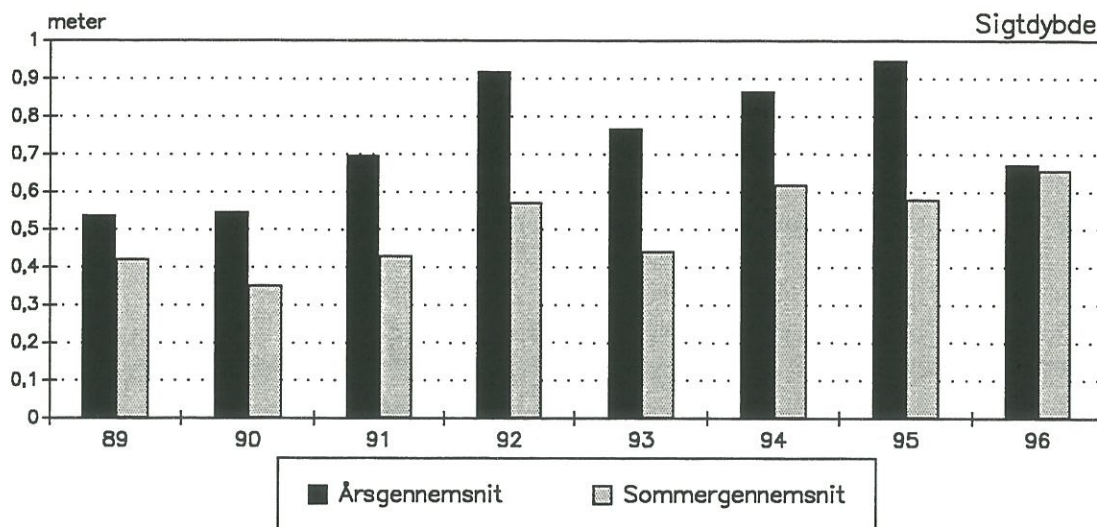
4.1.3. Sigtdybde

Sigtdybden har gennem hele perioden 1989-1996 ligget på et temmelig lavt niveau, men dog med betydelig år-til-år-variationer og betydelig variation over årene, se figur 11 og 12.

Det bemærkes, at sigtdybden i stort set alle årene har ligget under 0,5 meter i dele af sommerhalvåret, og at værdierne i vinterhalvåret kun når over 1 meter i nogle af årene. En gennemgang af datamaterialet viser, at mindre end 10% af samtlige observationer er større end 1 meter, og at ca. 30% af samtlige observationer er mindre end 0,5 meter. Det er derfor ikke overraskende, at sommerrmiddelsigtdybden varierer inden for et snævert interval omkring 0,5 meter (0,35-0,66 m), og at årsmiddelsigtdybden varierer omkring 0,7 meter i et tilsvarende snævert interval (0,54-0,95 m).



Figur 11. Oversigt over variationen af sigtdybden i Kilen i perioden 1989-1996.

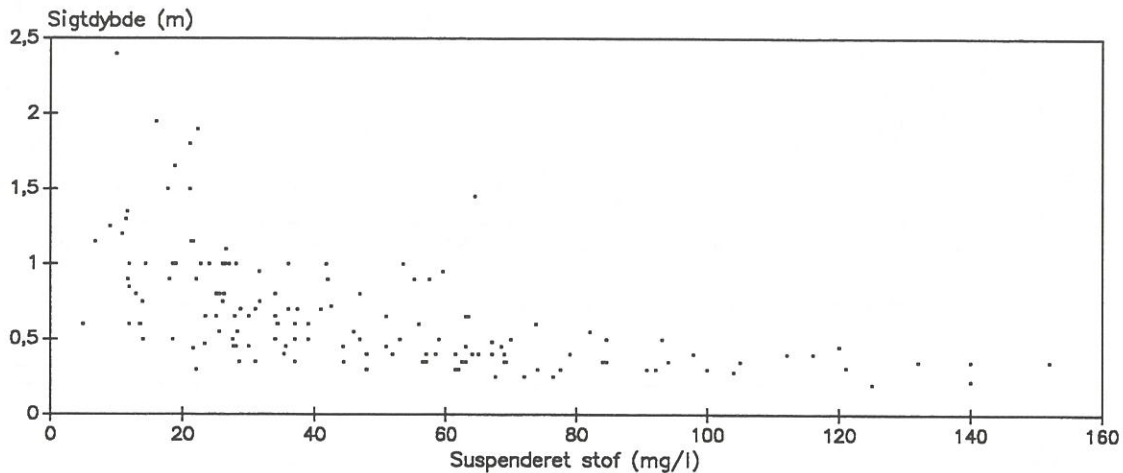


Figur 12. Oversigt over variationen af års- og sommermiddelsigtdybden i Kilen i perioden 1989-1996.

En regressionsanalyse af middelværdierne viser en stigende, statistisk signifikant tendens for årsmiddelværdierne ($R^2 = 0,60$) og for sommermiddelværdierne ($R^2 = 0,85$).

Middelsigtdybden for hele perioden 1989-1996 er beregnet til 0,75 meter, og denne værdi ligger meget nær 25%-fraktilen (0,61-0,87 m) for samtlige søer i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram i årene 1989-1995, jf. (Jensen et al., 1996), og på tilsvarende vis ligger også sommermiddelsigtdybderne nær 25%-fraktilen (0,47-0,56 m). Disse værdier placerer entydigt Kilen blandt de mest uklare søer, ikke blot i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram, men i det hele taget.

Sammenholder man sigtddybden med koncentrationen af suspenderet stof, ses det velkendte kurveforløb, figur 13, og det kan også her konstateres, at i hovedparten af tiden er sigtddybden mindre end 1 meter som følge af høje koncentrationer af suspenderet stof. Ligesom i mange andre søer synes koncentrationen af suspenderet stof også i Kilen at skulle ned under 10-15 mg/l, førend sigtddybden overstiger 1 meter, og så lave koncentrationer af suspenderet stof har i perioden 1989-1996 været ganske fåtallige.



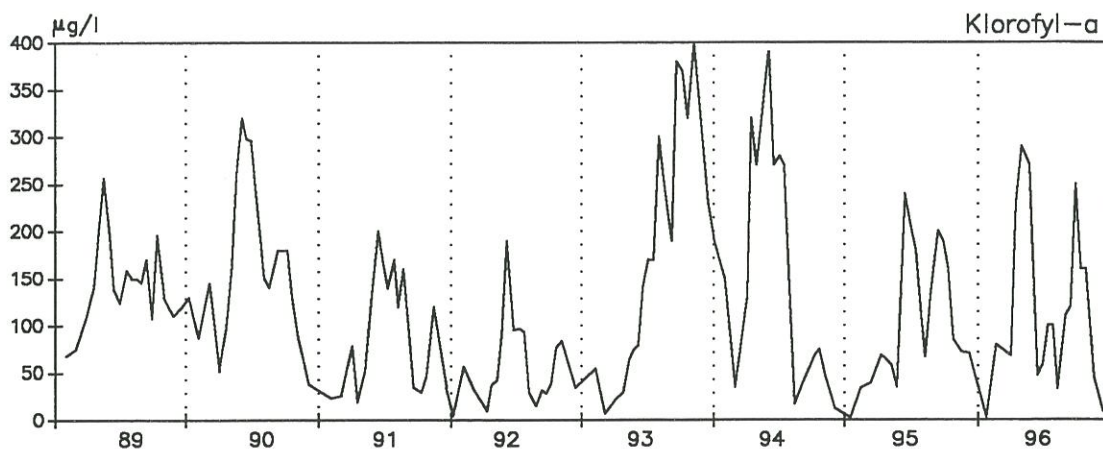
Figur 13. Oversigt over sammenhængen mellem koncentrationen af suspenderet stof og sigtddybden i Kilen i perioden 1989-1996.

4.1.4. Klorofyl-a

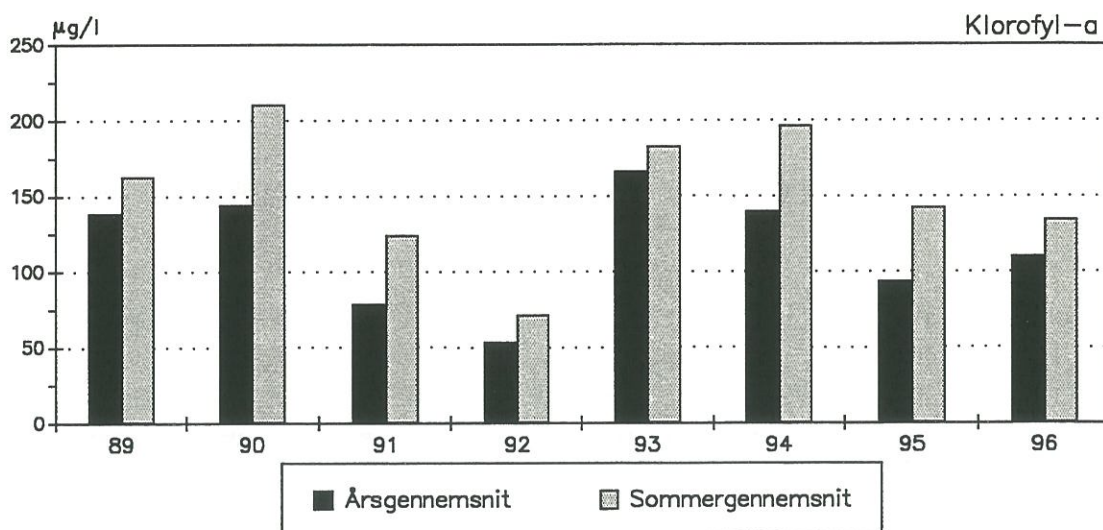
Koncentrationen af klorofyl-a har gennem hele perioden 1989-1996 ligget på et temmelig højt niveau, omend med betydelig år-til-år-variation og betydelig variation over årene, se figur 14 og 15.

Det bemærkes, at 1989 og 1990 var præget af vedvarende høje værdier, selv i vinterperioderne, mens 1991 og 1992 var præget af både lave vinter- og sommerværdier. I 1993 og 1994 var vinterværdierne lave, mens sommerværdierne nåede det hidtil højeste niveau, samtidig med at perioden med høje værdier var lang, og det er årsag til, at middelværdierne i de to år er de højeste i perioden. I 1995 og 1996 var værdierne igen noget lavere, men dog så høje, at middelværdierne var væsentligt højere end i 1992-1993.

Det markante fald i klorofylkoncentrationen i årene 1990-1992, og de hidtil laveste middelværdier i 1992 skal utvivlsomt ses i sammenhæng med saltholdigheden, der netop i 1992 antages at have været den hidtil højeste i hele perioden 1989-1996 (Ringkjøbing Amtskommune, 1996). Saltholdigheden har dels en direkte effekt på planteplanktonets vækstbetingelser, dels en indirekte effekt i form af et stort vandskifte og den deraf følgende fortynding af søens vandmasser.



Figur 14. Oversigt over variationen af koncentrationen af klorofyl-a i Kilen i perioden 1989-1996.



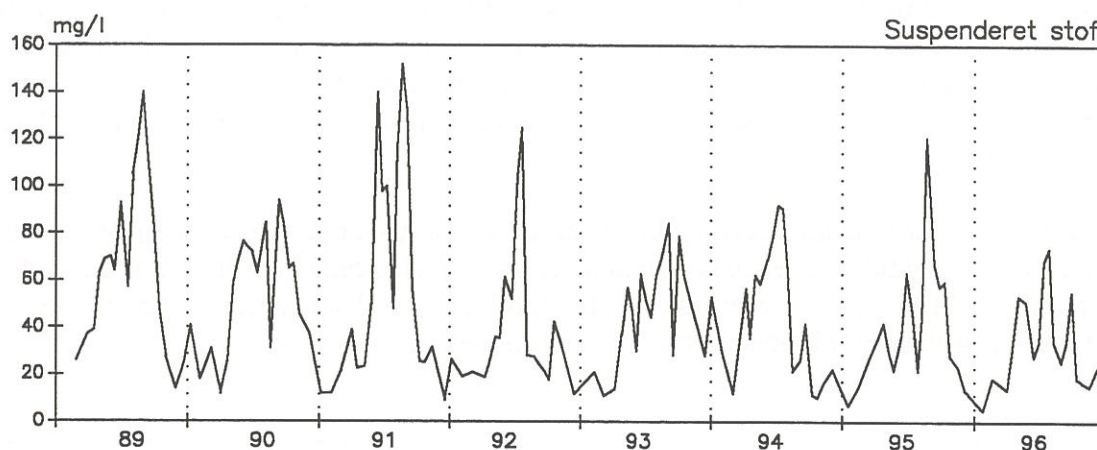
Figur 15. Oversigt over variationen af års- og sommermiddelværdierne af klorofyl-a i Kilen i perioden 1989-1996.

En regressionsanalyse af års- og sommermiddelværdierne viser, at der ikke har været nogen statistisk signifikant udvikling i løbet af perioden 1989-1996.

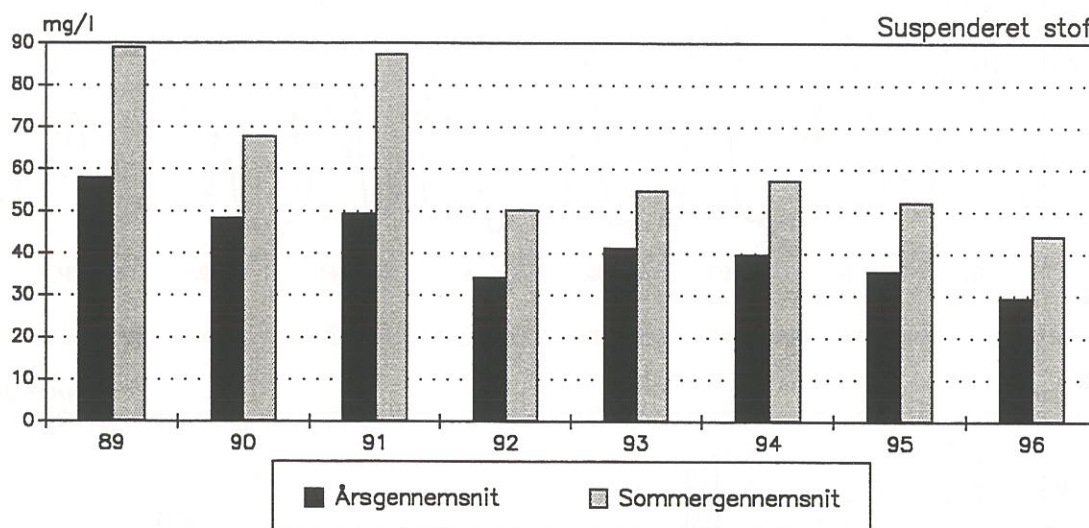
Middelværdien af klorofyl-a i hele perioden 1989-1996 er beregnet til 116 µg/l, og sammen med maksimumkoncentrationer på op til ca. 400 µg/l placerer den værdi Kilen blandt de mest klorofylrige søer i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram, hvor 75% kvartilen på års- og sommerbasis er 62-108 µg/l henholdsvis 115-147 µg/l i perioden 1989-1995 (Jensen et al., 1996).

4.1.5. Suspenderet stof og glødetab

Koncentrationen af suspenderet stof har gennem hele perioden 1989-1996 ligget på et forholdsvis højt niveau, omend med betydelig år-til-år-variation og betydelig variation over året, se figur 16 og 17.



Figur 16. Oversigt over variationen af koncentrationen af suspenderet stof i Kilen i perioden 1989-1996.

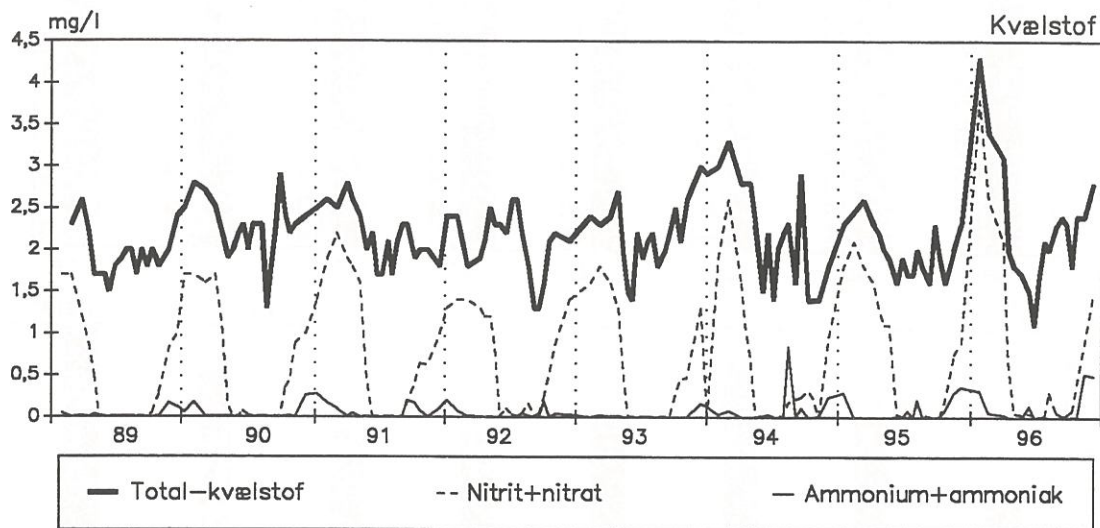


Figur 17. Oversigt over variationen af års- og sommermiddelkoncentrationen af suspenderet stof i Kilen i perioden 1989-1996.

Tidsseriekurven for koncentrationen af suspenderet stof udviser en svagt faldende tendens i løbet af perioden fra 1989-1996, og en regressionsanalyse af årsmiddelværdierne viser et signifikant fald ($R^2 = 0,78$) fra 1989 til 1996. Sommermiddelværdierne ligger højt i første del af perioden, men udviser efter et markant fald fra 1991 til 1992 ikke samme faldende tendens som årsmiddelværdierne.

4.1.6. Kvælstof

Koncentrationen af kvælstof har gennem hele perioden 1989-1996 ligget på et forholdsvis højt niveau, omend med nogen år-til-år-variation og betydelig variation over året, se figur 20 og figur 21.

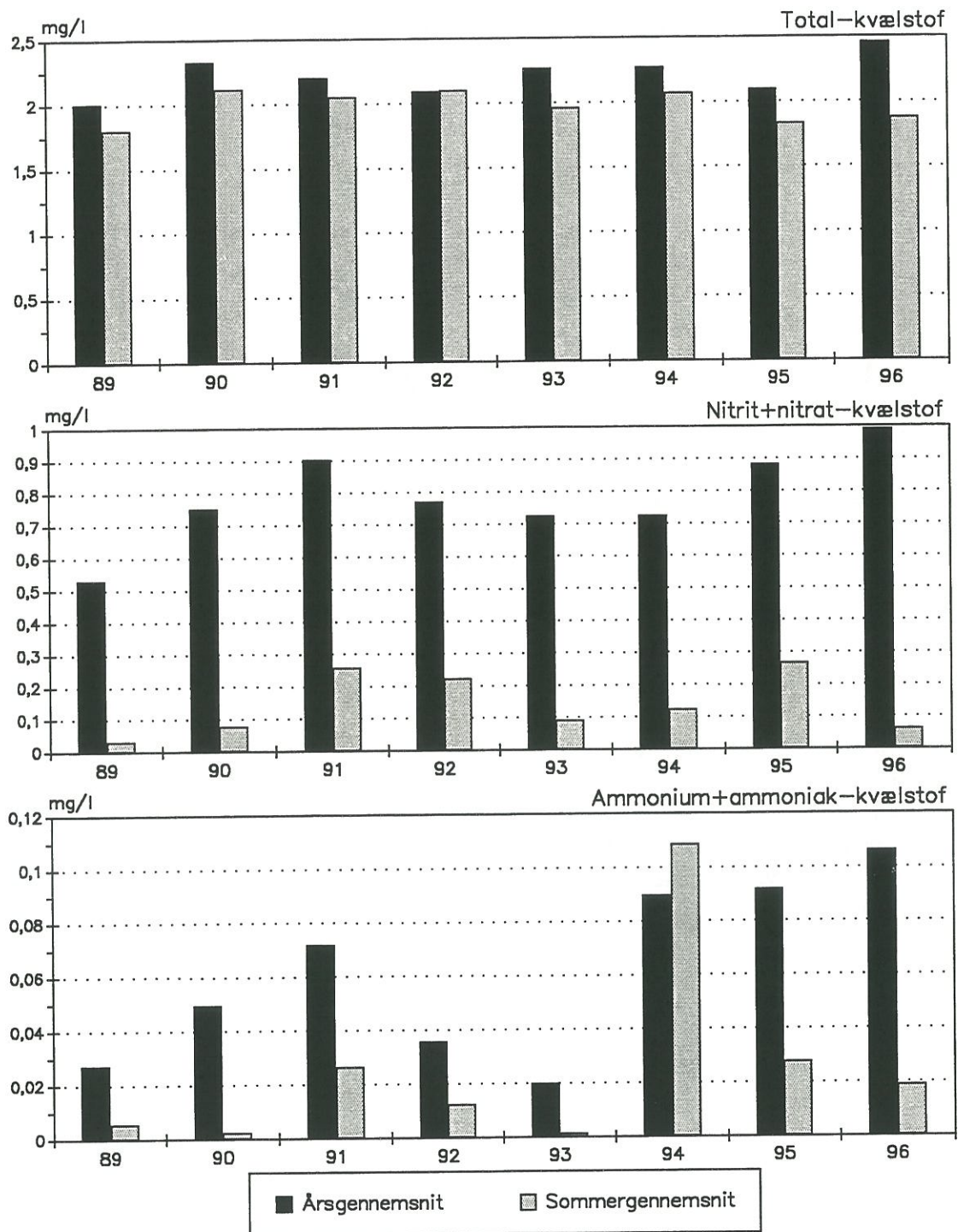


Figur 20. Oversigt over variationen af koncentrationen af kvælstof i Kilen i perioden 1989-1996.

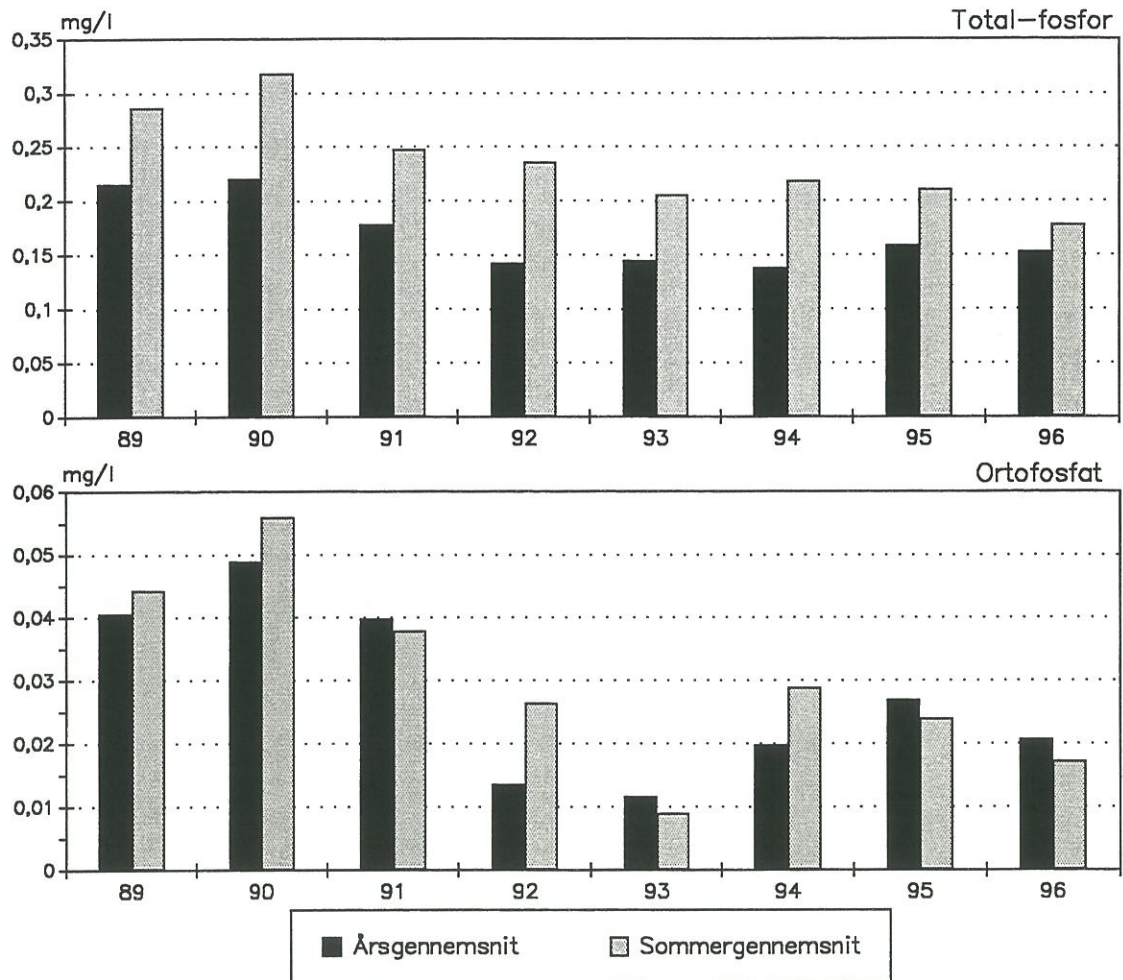
Kurveforløbet for total-kvælstof og nitrit+nitrat er det typiske for vande med et landbrugsopland, nemlig høje værdier i vinterhalvåret, når afstrømningen fra oplandet er stort og lave værdier i sommerhalvåret, da afstrømningen fra oplandet almindeligvis er mindst, og da forbruget af uorganisk kvælstof er størst. Koncentrationen af nitrit+nitrat når typisk ned på værdier nær nul i løbet af maj og forbliver på dette lave niveau i indtil flere måneder, afhængig af afstrømningen fra oplandet.

Gennemsnitsværdierne for de to kvælstoffraktioner i hele perioden 1989-1996 er beregnet til 2,218 mg/l (total-kvælstof) og 0,787 mg/l (nitrit+nitrat). Disse værdier ligger nær årsmedianværdierne for samtlige søer i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram (1,79-2,29 mg/l total-kvælstof og 0,56-0,84 mg/l nitrit+nitrat) i perioden 1989-1995 (Jensen et al., 1996).

En analyse af data viser en svagt stigende tendens for årsmiddelværdierne gennem perioden for både total-kvælstof ($R^2 = 0,22$), nitrit+nitrat ($R^2 = 0,47$) og ammonium+ammoniak ($R^2 = 0,51$), men kun for nitrit+nitrat og ammonium+ammoniak er stigningen statistisk signifikant. Sommermiddelværdierne viser ingen statistisk signifikant udvikling i op- eller nedgående retning. Den stigende tendens for ammonium+ammoniak kan hænge sammen med de mere udtalte iltsvindshændelser i de senere år, idet de har affødt et mere reduceret miljø i sedimentet og de bundnære vandmasser.



Figur 21. Oversigt over variationen af års- og sommermiddelkoncentrationen af total-kvælstof, nitrit+-nitrat-kvælstof og ammonium+ammoniak-kvælstof i Kilen i perioden 1989-1996.

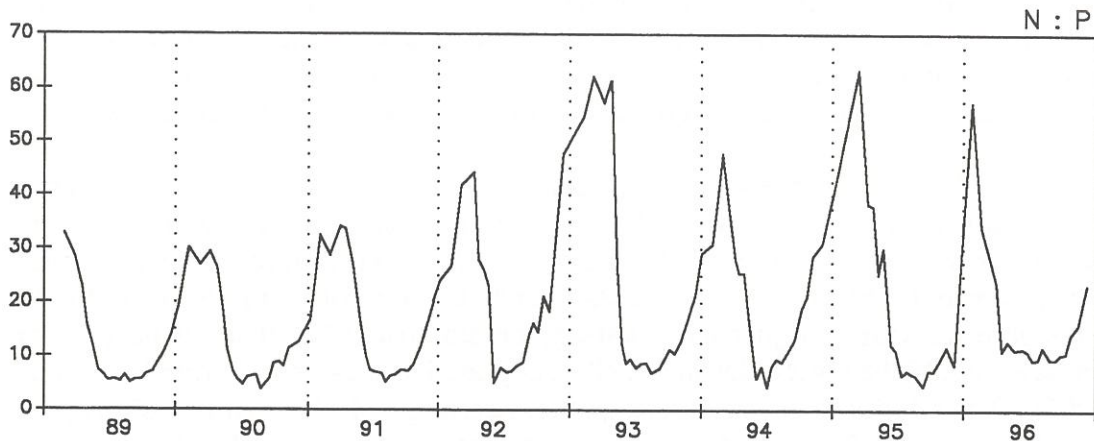


Figur 23. Oversigt over variationen af års- og sommermiddelkoncentrationen af total-fosfor og opløst fosfor i Kilen i perioden 1989-1996.

Trods den faldende tendens ligger Kilen med årsmiddelværdier for hele perioden 1989-1996 på 0,169 mg/l total-fosfor og 0,028 mg/l ortofosfat over henholdsvis nær årsmedianværdierne for søerne i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram (0,104-0,128 mg/l total-fosfor og 0,018-0,031 mg/l ortofosfat), mens sommermiddelværdierne for hele perioden på 0,238 mg/l total-kvælstof og 0,030 mg/l ligger over sommermedianværdierne på 0,111-0,159 mg/l total-kvælstof og 0,013-0,039 mg/l ortofosfat, jf. (Jensen et al., 1996).

4.1.8. Kvælstof-fosfor-forholdet

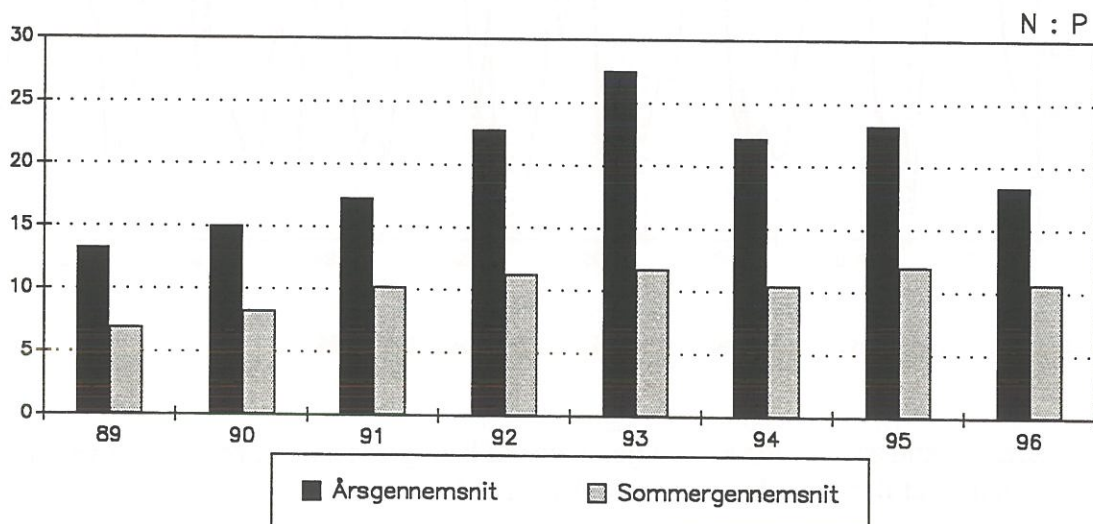
Variationen i N:P-forholdet i perioden 1989-1996 er vist i figur 24, mens figur 25 viser variationen i års- og sommermiddelforholdet.



Figur 24. Oversigt over variationen af N:P-forholdet i Kilen i perioden 1989-1996.

Der bemærkes en meget regelmæssig sæsonvariation i N:P-forholdet med høje værdier i vinterhalvåret og lave værdier i sommerhalvåret. Dette variationsmønster hænger i sagens natur nøje sammen med variationsmønstrene for kvælstof og fosfor. Derudover bemærkes det, at N:P-forholdet i sommerperioden i de fleste år når ned på eller lidt under den værdi (ca. 7), der er gældende for levende planteplankton.

Sidstnævnte indikerer i overensstemmelse med de lave koncentrationer af uorganisk kvælstof og de høje sommerkoncentrationer af ortofosfat, at der i sommerperioden generelt er underskud af kvælstof, som derfor kan antages at være begrænsende for planteplanktonets udvikling i Kilen. Eller omvendt: der er i sommerperioden et overskud af uorganisk fosfor, som ved øgede koncentrationer af uorganisk kvælstof kan forventes at danne grundlaget for højere biomasser af planteplankton.



Figur 25. Oversigt over variationen af års- og sommermiddelværdierne af N:P-forholdet i Kilen i perioden 1989-1996.

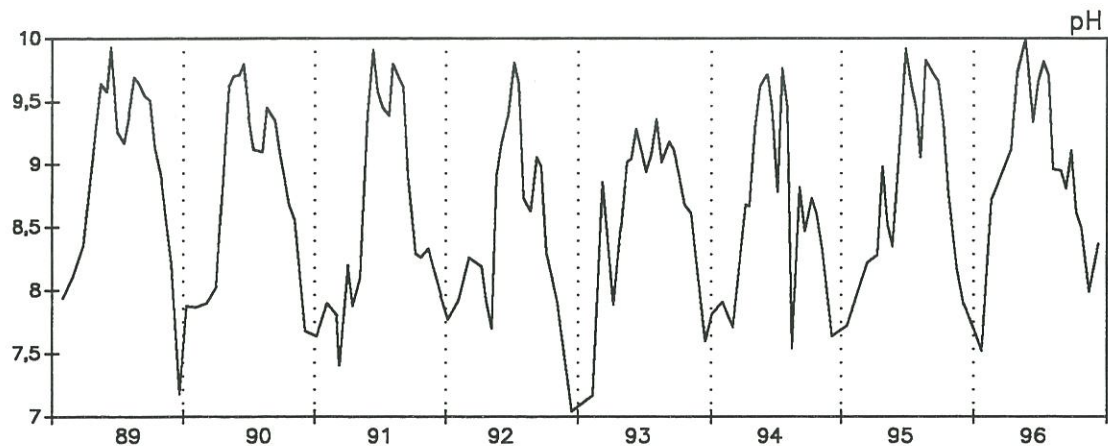
4.1.9. Relationer mellem sedimentet og vandet

Der foreligger ikke undersøgelser af fosforfrigivelsen fra sedimentet til vandet, se afsnit 5, men de årligt tilbagevendende stigninger i vandets indhold af ortofosfat i sommerperioden er tydelige indikationer af, at der sker en omfattende frigivelse af fosfor fra bunden, selvom den er fundet at have lavere koncentrationer af fosfor end mange andre søer i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram (Vandkvalitetsinstituttet, 1997).

Der er ved sedimentundersøgelserne fundet belægninger af hvide svovlbakterier på sedimentoverfladen, og det tyder klart på, at sedimentet selv sent på året er iltfrit, og derudover tyder de mange svovlbakterier på, at sedimentet er blevet kraftigt svovlberiget via saltvandet fra Stuer Bugt. Den seneste forskning har vist, at indslusning af saltvand i tidligere ferskvandsmiljøer kan forårsage en stor frigivelse af jernbundet fosfor på grund af en sulfidbetinget opløsning af ellers uopløselige jern-fosfor-forbindelser (Jensen, 1997). Det er derfor ikke usandsynligt, at en væsentlig del af den store fosforfrigivelse, som hver sommer finder sted i Kilen, er betinget af saltvandsindslusningen.

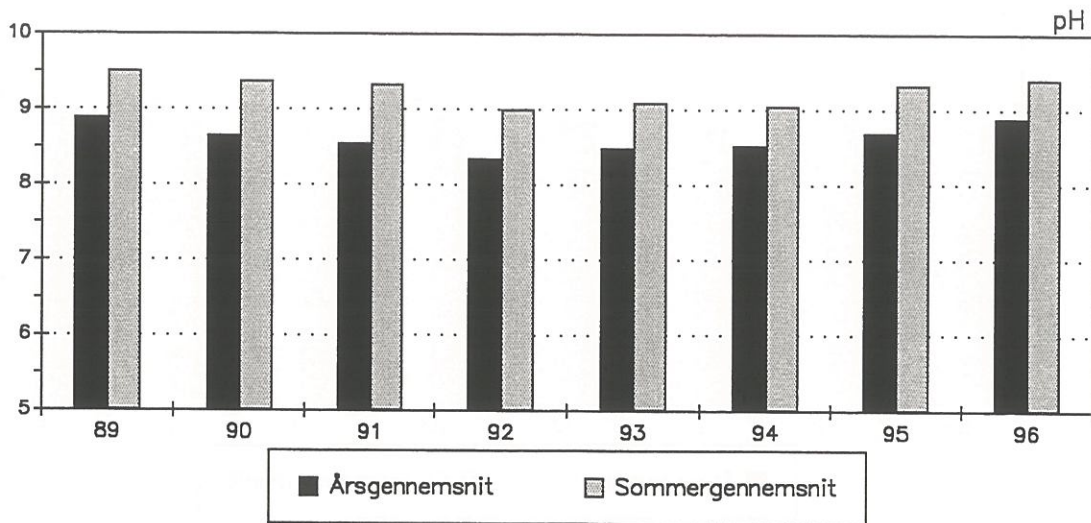
4.1.10. pH og alkalinitet

pH har i perioden 1989-1996 konstant ligger over 7. pH-kurven udviser en regelmæssig variation mellem lave vinterværdier og høje sommerværdier. Amplituden er typisk 1,5-2 pH-enheder, og i sommerperioden når værdien typisk op i intervallet 9,5-10, se figur 26. År-til-år-variationen er ringe, se figur 27.



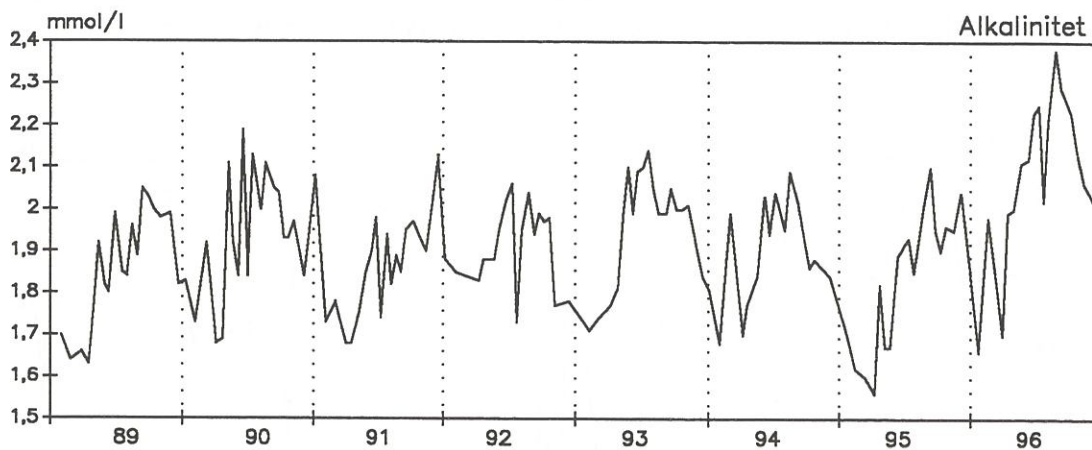
Figur 26. Oversigt over variationen af pH i Kilen i perioden 1989-1996.

Værdierne i sommerperioden er så høje, at de må betragtes som et problem for vandmiljøet i Kilen, idet der bl.a. kan opstå skader på fisk.

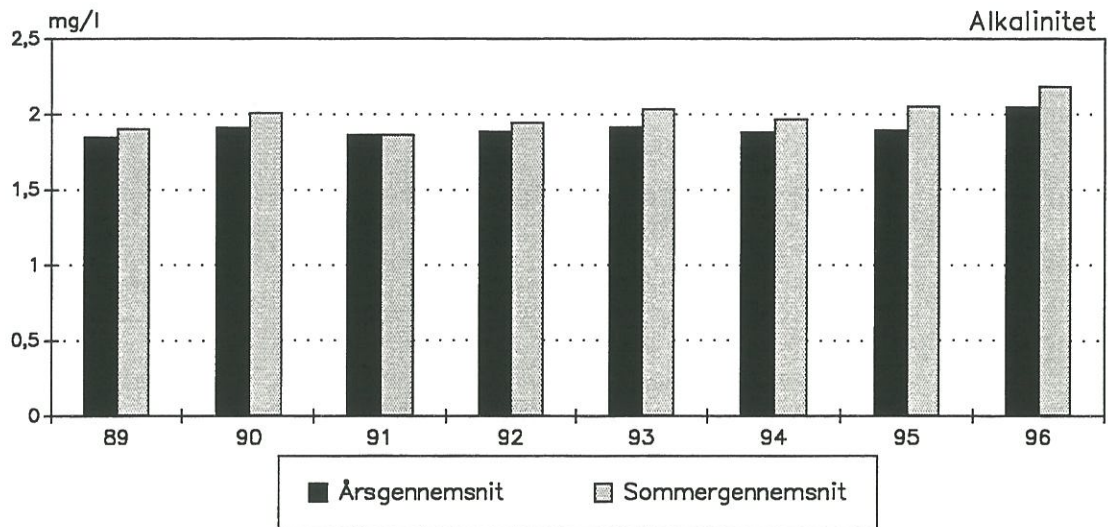


Figur 27. Oversigt over variationen af års- og sommermiddelværdierne af pH i Kilen i perioden 1989-1996.

Alkaliniteten en regelmæssig variation over årene med høje sommerværdier og lavere vinterværdier, se figur 28, og når der ses bort fra det nedbørsfattige år 1996, er år-til-år-variationen meget ringe, se figur 29.



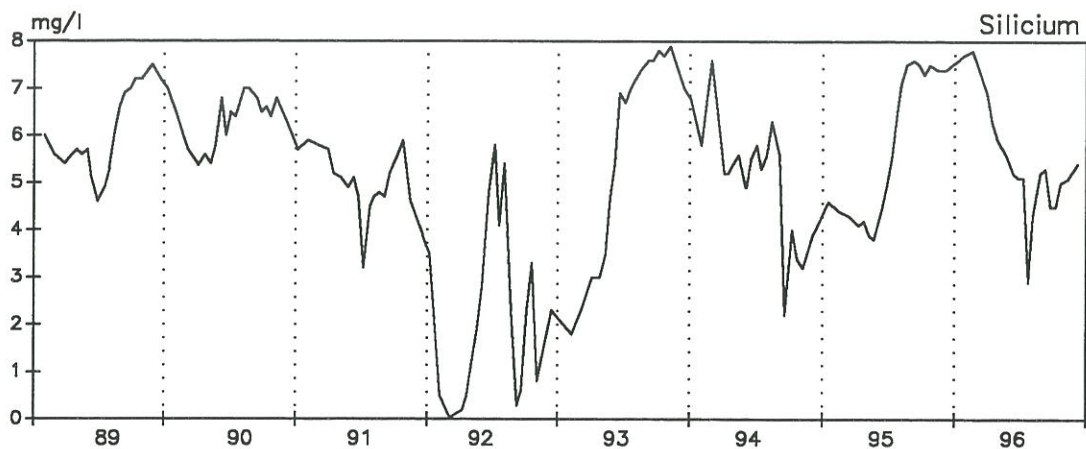
Figur 28. Oversigt over variationen af alkaliniteten i Kilen i perioden 1989-1996.



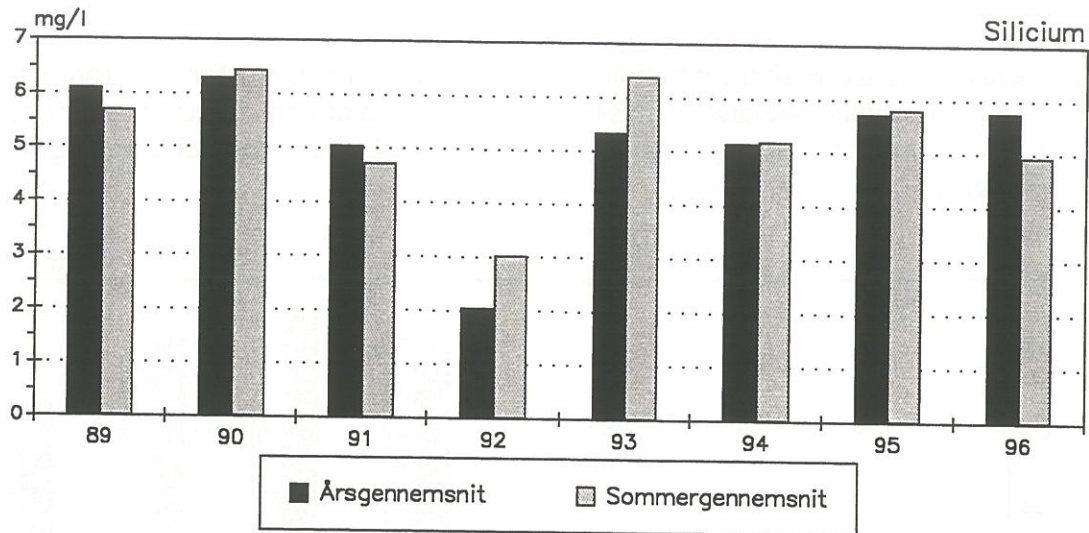
Figur 29. Oversigt over variationen af års- og sommermiddelværdierne af alkaliniteten i Kilen i perioden 1989-1996.

4.1.11. Silicium

Koncentrationen af opløst silicium udviser en forholdsvis ringe variation over årene, og kun i 1992 når koncentrationen ned på så lave værdier, at de har kunnet virke begrænsende for især kiselalgenes vækst, se figur 30. Dette markant fald i koncentrationen er også tydeligt afspejlet i års- og sommermiddelmålingerne, se figur 31.



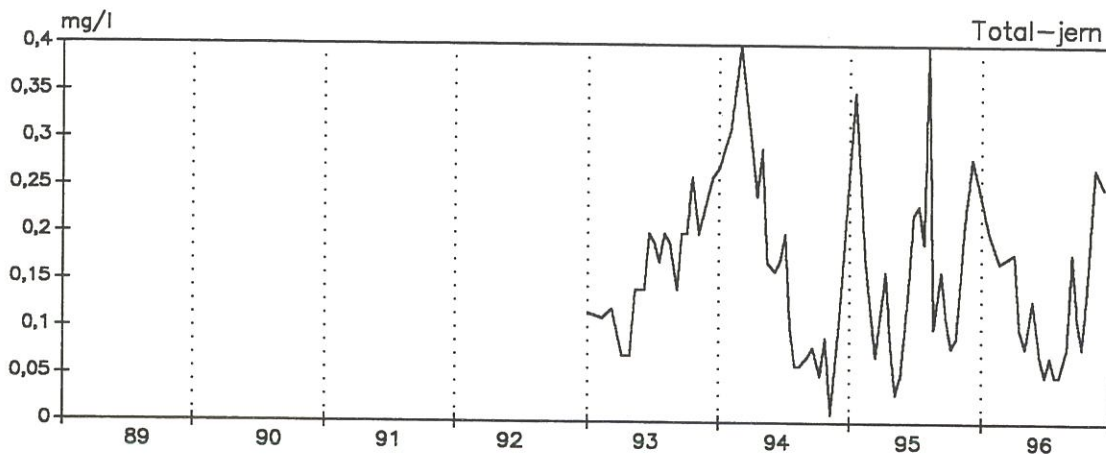
Figur 30. Oversigt over variationen af koncentrationen af silicium i Kilen i perioden 1989-1996.



Figur 31. Oversigt over variationen af års- og sommermiddelkoncentrationerne af silicium i Kilen i perioden 1989-1996.

4.1.12. Jern

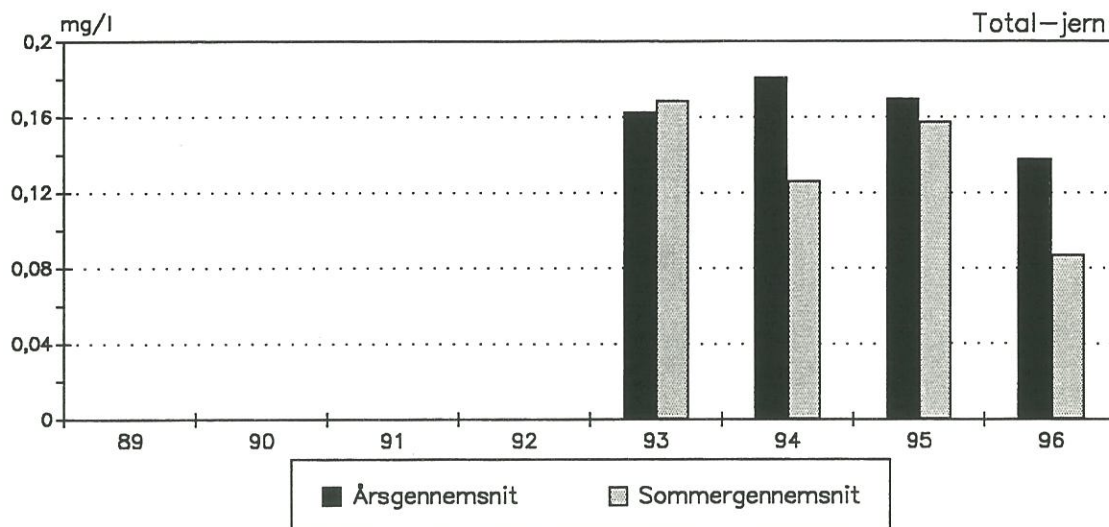
Koncentrationen af total-jern er målt i årene 1993-1996, og i den periode har der været stor variation både over årene og årene imellem, se figur 32 og figur 33.



Figur 32. Oversigt over variationen af koncentrationen af total-jern i Kilen i perioden 1989-1996.

De betydelige variationer skyldes dels tilførslernes afhængighed af afstrømningen fra oplandet og dels sedimentdynamikken med tidvise frigivelser af jernbundet fosfor.

Koncentrationerne af total-jern ligger på et forholdsvis lavt niveau set i forhold den gennemsnitlige indløbskoncentration. Dette forhold kan dels henføres til fortyndingen med indstrømmende saltvand og dels til sedimentationen af jern. Sidstnævnte er tidligere vist at være af stort omfang, således at der til stadighed sker opkoncentrering af jern i sedimentet.



Figur 33. Oversigt over variationen af års- og sommermiddelkoncentrationerne af total-jern i Kilen i perioden 1989-1996.

5. Sediment

Der er i perioden 1989-1996 gennemført undersøgelser af sedimentet i årene 1992 og 1996, og derudover er der foretaget en sedimentundersøgelse i 1987. Den seneste undersøgelse i 1996 er afrapporteret i et særskilt notat: "Sedimentundersøgelse af Kilen 1996" (Ringkjøbing Amtskommune, 1997), og heri er resultaterne af undersøgelsen i 1996 beskrevet og sammenholdt med de tidligere undersøgelser. I det følgende er der kort gjort rede resultaterne af den seneste undersøgelse og udviklingen i forhold til de forudgående undersøgelser.

5.1. Status 1996

Det skal indledningsvis nævnes, at der ved prøvetagningen er konstateret belægninger af hvide svovlbakterier på alle tre stationer, og at der på to af stationerne endvidere er konstateret lugt af svovlbrinte. Disse observationer er tydelige indikationer af, at sedimentet har været iltfrit i nogen tid forud for prøvetagningen, og at de helt bundnære vandmasser sandsynligvis også har været iltfrie.

Disse observationer skal ses i relation til forekomsten af et udbredt tæppe af kulturslam, hvis tykkelse varierer fra ca. 20 cm i den østlige del til ca. 30 cm i den vestlige del af søen, og hvis dybdemæssige udbredelse varierer fra ca. 1 meter og udefter i den nordlige del til ca. 3 meter og udefter i den sydlige del.

Sedimentets sammensætning er i 1996 beskrevet på grundlag af prøvetagninger på 3 stationer, alle beliggende på dybt vand, se kortet side 4.

Resultaterne af sedimentanalyserne er vist i bilag 5.

Der ses på alle tre stationer et stigende tørstofindhold ned gennem sedimentet, hvilket sammen med et faldende glødetab er et tydeligt udtryk for, at søens oprindelige bund gennem de senere år er blevet overlejret af et stadig mere løst og vandigt lag af kulturslam med et stigende indhold af organisk stof. Forskellen mellem overflade og bund i sedimentsøjlerne er ikke overraskende størst i søens østlige del, der før afdæmningen lå i direkte kontakt med Struer Bugt, mens forskellen er mindst i den vestlige del af søen, der selv før afdæmningen var sedimentationsområde med deraf følgende høje værdier for glødetab i selv de dybereliggende lag.

I konsekvens af, at søens oprindelige sediment i dag er dækket af et lag kulturslam, er koncentrationen af fosfor på alle tre stationer højest i overfladen og derfra aftagende ned gennem sedimentet - et forhold, der tydeligt afspejler stigende fosforudledninger til søen i dette århundrede. Det skal dog nævnes, at også sedimentet i næringsfattige søer viser samme fordeling med de højeste fosforkoncentrationer i de øverste sedimentlag, hvilket tyder på en transport fra de dybereliggende til de overfladenære sedimentlag. Fosforindholdet i sedimentet i Kilen angives at ligge inden for normalområdet på 1-3 g/kg tørstof for søerne i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram.

Også koncentrationen af kvælstof er faldende ned gennem sedimentet, men i langt mindre udtalt grad end for fosfors vedkommende. Det hænger utvivlsomt sammen med, at kvælstof løbende omsættes via denitrifikation og frigives til atmosfæren.

Koncentrationen af jern er på alle tre stationer lavere i sedimentets øverste få cm end i den øvrige del af sedimentet, som trods mindre variationer har ensartede koncentrationer, både vertikalt og horisontalt. De lavere jernkoncentrationer i sedimentets øverste lag skal utvivlsomt ses i sammenhæng mellem den løbende sedimentation og frigivelse af jernbundne fosforforbindelser som følge af iltsvind i sedimentet og de bundnære vandmasser. Derudover skal der i denne forbindelse peges på betydningen af saltvandets indhold af svovl. De seneste undersøgelser har nemlig vist, at indslusning af saltvand i tidligere ferske eller næsten ferske vandområder kan resultere i en øget sulfiddannelse i sedimentet, hvorved ellers tungtopløselige jern-fosfor-forbindelser kan gå i opløsning og resultere i ikke blot betydelig fosforfrigivelse, men også frigivelse af jern, jf. (Jensen, 1997).

Jern:fosfor-forholdet varierer på alle tre stationer fra 8,7-17,6 i overfladen til op mod 100 eller mere i de dybere sedimentlag. Værdierne i overfladelaget ligger for lavt til at sikre en fast jernbinding af fosfor, og når dertil lægges, at søens sediment i dag er udsat for høje koncentrationer af sulfid og svovlbrinte, må det antages, at sedimentets evne til en effektiv jernbinding af fosfor er alvorligt svækket. Det betyder, at fosforfrigivelse ikke blot finder sted ved direkte iltsvind i de bundnære vandmasser, men også under iltede forhold, idet sulfid og svovlbrinte i forening med sedimentets høje indhold af organisk stof forårsager iltsvind i selv de øverste sedimentlag, som indikeres af belægningerne af hvide svovlbakterier ved prøvetagningen i 1996.

5.1.1. Fosforfraktioner

En fraktionering af fosforpuljen i sedimentet har vist, at 70-80% af den samlede fosformængde er bundet i organisk stof, mens 20-30% er bundet til jern. Til gengæld er mængden af calciumbundet fosfor forsvindende lille, se figur 34.

5.1.2. Udvekslelig fosformængde

Ud fra kendskabet til kulturslammets udbredelse og tykkelse samt resultaterne af de seneste sedimentundersøgelser i Kilen er den samlede mængde fosfor opgjort til ca. 56 tons.

Mængden af udvekslelig fosfor (let adsorberet + jernbundet + dele af organisk bundet fosfor) er opgjort til ca. 13 tons i de øverste 10 cm, ca. 17 tons i de øverste 15 cm og ca. 21 tons i de øverste 20 cm af sedimentet. Vandkvalitetsinstituttet anfører i rapporten om sedimentundersøgelsen i 1996 (Ringkjøbing Amtskommune, 1997), at ovennævnte mængder antagelig er større end de reelt udvekslelige mængder, dels fordi den organisk bundne del antages at blive frigivet langsomt, og dels fordi fosfor vil forblive bundet til jern, dersom bundvandet ikke bliver iltfrit, men dette synspunkt bestrides i nogen grad af de seneste undersøgelser, som har belyst betydningen af sulfid for frigivelsen af fosfor

fra sedimentet (Jensen, 1997). Det er derfor næppe urealistisk at antage, at de angivne værdier er realistiske, måske endog lidt underestimerede udtryk for den frigivelige fosforpulje i søen.

Ser man den udvekslelige fosformængde i sedimentets øverste ca. 20 cm i relation til negative fosfortilbageholdelser på 307-1.486 kg/år, kan det med et simpelt skøn konstateres, at det vil vare minimum ca. 15 år, førend den udvekslelige pulje er bragt ud af søen.

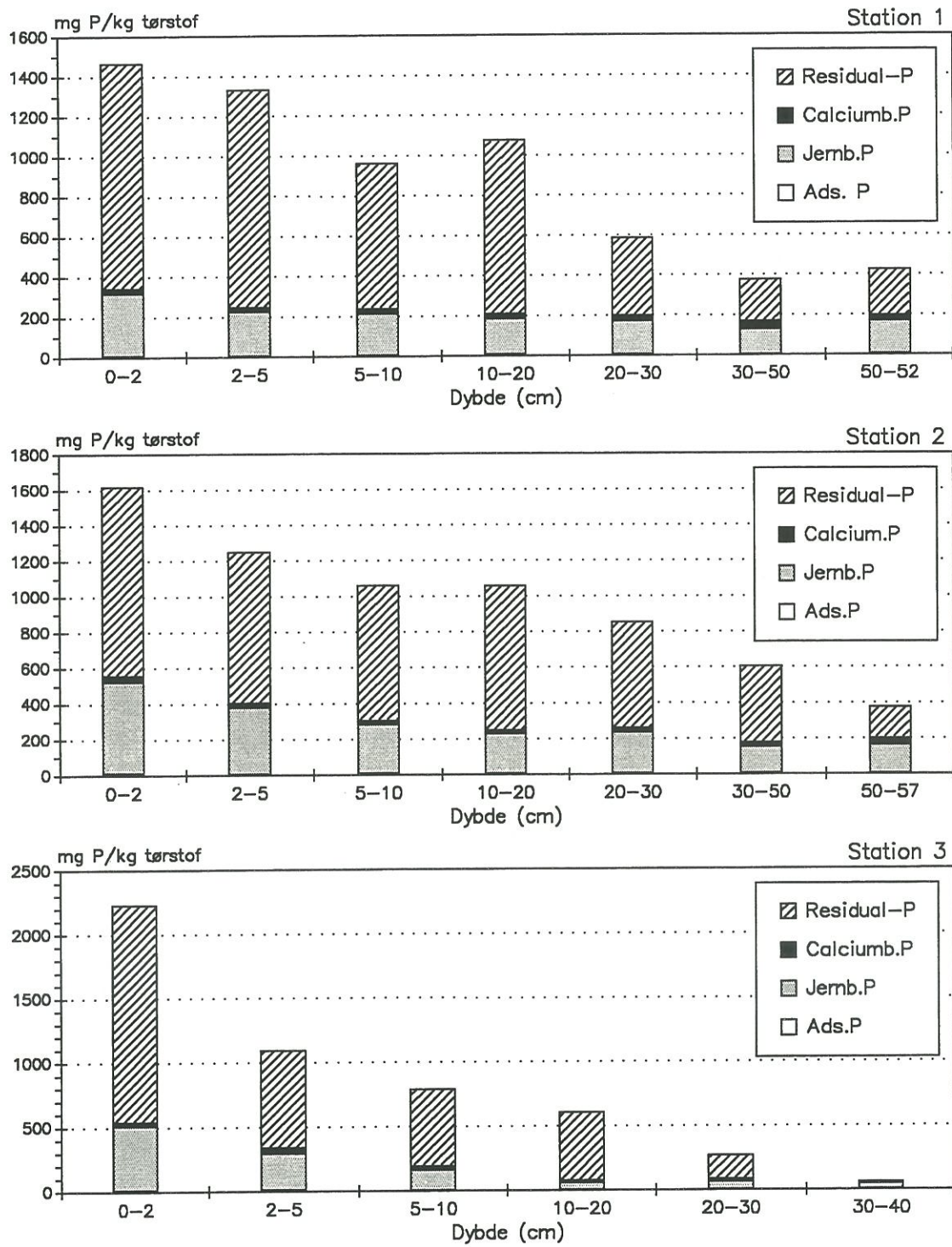
5.2. Udvikling 1987-1996

Samtlige tre sedimentundersøgelser i 1987, 1992 og 1996 har givet en nogenlunde enslydende karakteristik af sedimentet i Kilen.

I de dybere dele af søbassinet findes der et 20-30 cm tykt lag kulturslam, hvis indhold af organisk stof og fosfor er langt højere end i de dybereliggende, oprindelige sedimentlag.

Ved de tre undersøgelser er fosforindholdet i de øverste 20-30 cm af sedimentet opgjort til 44 t, 67 t og 56 t, hvilket under hensyntagen til usikkerhederne ved sådanne undersøgelser må tages som udtryk for, at mængden af fosfor i sedimentets øverste lag er i størrelsesordenen 55 tons.

Trods den i forhold til de eksterne tilførsler store mængde fosfor i sedimentet ligger koncentrationen af fosfor inden for normalområdet og endda i den lavere del af variationspekteret for søerne i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram. Dertil kommer, at jern:fosfor-forholdet i søen er så højt, at der teoretisk set skulle være en god jernbinding af fosfor i sedimentet. Ikke desto mindre er søen hvert år genstand for en betydelig frigivelse af fosfor. Selvom forskningen i processerne endnu ikke er tilendebragt, synes der at være grundlag for at antage, at indslusning af svovlrigt saltvand over tidligere ferske søsedimenter kan accelerere fosforfrigivelsen, hvorved de tidligere antagelser om jern:fosfor-forholdet ikke mere holder stik.



Figur 34. Oversigt over sammensætningen af fosforpuljen ned gennem sedimentet på tre stationer i Kilen i 1996.

6. Plankton

Plante- og dyreplanktonet i Kilen er i 1996 beskrevet på grundlag af 17 prøvetagninger. Resultaterne af plante- og dyreplanktonundersøgelserne er præsenteret i særskilte notater (Bio/consult, 1997 og Miljøbiologisk laboratorium, 1997).

6.1. Planteplankton 1996

6.1.1. Artssammensætning

Der er i 1996 registreret i alt 90 arter/identifikationstyper inden for 13 hovedgrupper, tabel 12.

Blågrønalger (Cyanophyceae)	16
Rekylalger (Cryptophyceae)	8
Furealger (Dinophyceae)	14
Gulalger (Chrysophyceae)	2
Skælbærende gulalger (Synurophyceae)	1
Kiselalger (Diatomophyceae)	17
Gulgrønalger (Tribophyceae)	1
Stilikalger (Prymnesiophyceae)	1
Øjealger (Euglenophyceae)	1
Prasinophyceae	1
Grønalger (Chlorophyceae)	20
Autotrofe flagellater	4
Heterotrofe flagellater	4

Tabel 12. Oversigt over hovedgrupper og antal/identifikationstyper i de enkelte hovedgrupper af planteplankton i Kilen 1996.

Planteplanktonsamfundet er ikke særligt artsrigt. Grønalger, hvoraf de chlorococcale former udgør de fleste, kiselalger, blågrønalger og furealger er de dominerende grupper med hensyn til antal arter/identifikationstyper. Disse 4 grupper tilsammen udgør 74% af det samlede antal arter/identifikationstyper.

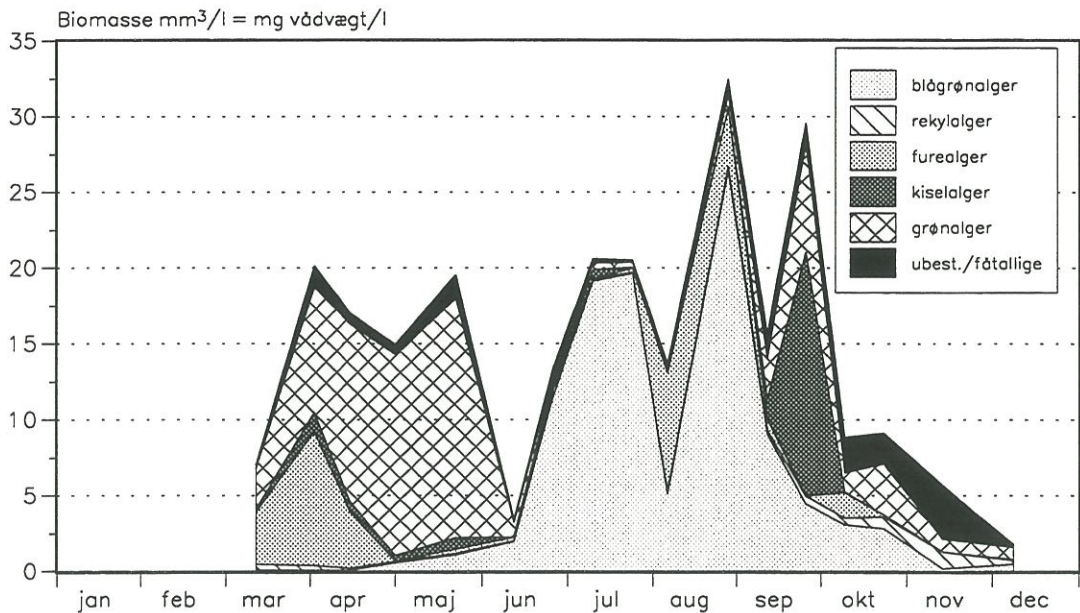
Af de fundne arter/identifikationstyper er de 13 marine, hvoraf de fleste er furealger.

6.1.2. Biomasse

Volumenbiomassens forløb og sammensætning af planteplankton i 1996 er vist i figur 35.

Planteplanktonbiomassen i Kilen 1996 varierer mellem 1,78 mm³/l i december og 32,48 mm³/l i slutningen af august. Gennemsnittet for sommerperioden maj-september er 18,11 mm³/l og på årsbasis 14,93 mm³/l.

Planteplanktonbiomassen har haft 5 maksima: I begyndelsen af april (20,15 mm³/l) med dominans af grønalger (*Chlorella* sp.) og furealger (den marine art *Katodinium rotundatum* og thekate former 20-50 µm), i slutningen af maj (19,56 mm³/l) med dominans af *Chlorella* sp., i juli (20,61 mm³/l) med dominans af kolonidannende chroococcale blågrønalger (primært *Aphanothece* cf. *smithii* og *Lemmermanniella pallida*), i slutningen af august (32,48 mm³/l) med dominans af samme arter som i juli og i slutningen af september (29,57 mm³/l) med dominans af centriske kiselalger < 10 µm og *Chlorella* sp.



Figur 35. Planteplanktonbiomassens forløb fordelt på hovedgrupper i Kilen, 1996.

Planteplanktonsamfundet har haft meget varierende biomasseniveauer og skiftende dominansforhold mellem furealger, grønalger, blågrønalger, kiselalger og heterotrofe flagellater.

I marts og begyndelsen af april dominerer furealgerne (*Katodinium rotundatum*). *Chlorella* sp. subdominerer indtil midt i april, hvor den overtager dominansen under subdominans af thekate furealger 20-50 µm. *Chlorella* sp. dominerer indtil midt i juni, hvor kolonidannende chroococcale blågrønalger (*Aphanothece* cf. *smithii* og *Lemmermanniella pallida*) bliver de vigtigste. Blågrønalgerne dominerer derefter biomassen ved de fleste prøvetagninger indtil slutningen af oktober, undtagen i begyndelsen af august, hvor den marine furealge *Oxyrris marina* har maksimum og i slutningen af september, hvor centriske kiselalger < 10 µm har maksimum. I slutningen af oktober og i december er *Chlorella* sp. atter vigtigste art, mens heterotrofe flagellater < 15 µm er de vigtigste i november.

I dele af 1996 udgør marine arter en betydelig andel af biomassen, hvoraf de vigtigste er *Oxyrris marina*, *Katodinium rotundatum*, *Ebria tripartita*, cf. *Gymnodinium sanguineum* og solitære celler af *Chaetoceros* spp.

Saltholdigheden varierer i 1996 mellem ca. 3‰ og ca. 10‰, lavest i årets første måneder og højest i sommerperioden. Maksima af de forskellige marine arter kan dog ikke direkte relateres til ændringer i saltholdigheden. Derimod afspejler de vekslende dominansforhold mellem de marine arter snarere et naturligt populationskift mellem arter og artsgrupper i egentlige marine områder.

Oxyrris marina, der havde maksimum i begyndelsen af august i perioden, hvor iltsvindet ved bunden var størst, er netop karakteristisk ved ofte at optræde med store populationer under iltsvind.

6.2. Planteplankton 1989-1996

6.2.1. Artssammensætning

Planteplanktonsamfundet kan i perioden 1989-1996 karakteriseres ved et ensartet brakvandssamfund i årene 1989, 1990 og 1991, hvor blågrønalgene, med *Cyanonephron styloides* som vigtigste art, dominerer i 1989 og grønalgene, med *Chlorella* sp. som vigtigste art, dominerer i 1990 og 1991.

I 1992 sker et markant skift til et mere artsrigt og marint præget planktonsamfund, hvor arter som *Thalassiosira* spp., *Skeletonema costatum*, *Oxyrris marina* og *Prorocentrum minimum* dominerer. Det marine samfund består ind i en kort periode af 1993, med dominans af *Skeletonema costatum* og *Protoperdinium* sp., hvorefter resten af 1993 og begyndelsen af 1994 igen har været et ensartet brakvandssamfund med dominans af *Chlorella* sp.

I sidste del af 1994 og første del af 1995 og 1996 var der igen store biomasser af marine arter, først cf. *Gymnodinium sanguineum* og senere *Chaetoceros socialis* og *Katodinium rotundatum*. Resten af 1996 er et brakvandssamfund, med kortvarig dominans af marine arter (*Oxyrris marina*) i august og ellers med dominans af dels småcellede kolonidannende blågrønalg, *Aphanothece* cf. *smithii* og *Lemmermaniella pallida* og dels *Chlorella* sp.

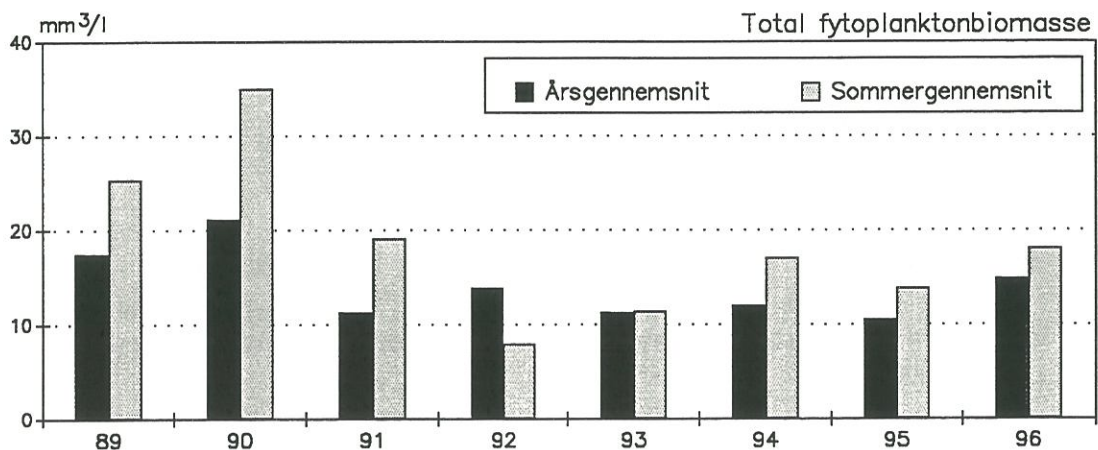
Perioderne domineret af marint plankton er meget forskellige med hensyn til artssammensætning, mens perioderne med brakvandssamfund har dominans af enkelte arter, hvoraf *Chlorella* sp. er den mest betydende.

6.2.2. Biomasse

Figur 36 viser års- og sommermiddelbiomasser af planteplankton for perioden 1989-1996.

Planteplanktonbiomassen har været høj i hele perioden 1989-1996 varierende fra 10,56 mm³/l til 17,53 mm³/l årgennemsnitligt og fra 8,01 mm³/l til 35,10 mm³/l sommergennemsnitligt, med de største gennemsnitlige biomasser i 1989 og 1990. Sommergennemsnittet har været højere end årgennemsnittet undtagen i 1992 og 1993. I 1992 forekom det største maksimum allerede i februar (76 mm³/l) med *Thalassiosira* udgørende 98% af den samlede biomasse. I 1993 var års- og sommermiddelbiomassen lige store som følge af flere store maksima fordelt over hele perioden.

En regressionsanalyse af årsmiddelkoncentrationerne af planteplankton viser en svagt faldende tendens ($R^2 = 0,32$), og det samme gør en analyse af sommermiddelværdierne ($R^2 = 0,30$).



Figur 36. Års- og sommermiddelbiomasse af planteplankton i Kilen for perioden 1989-1996.

Figur 37 viser års- og sommermiddelbiomasser af udvalgte hovedgrupper af planteplankton for perioden 1989-1996.

De store år til år variationer i artssammensætning og biomasse kan først og fremmest forklares ved de meget varierende indslusninger af saltvand gennem perioden, jf. afsnit 4.1.2. En tiltagende indslusning af saltvand i slutningen af 1991 og en formodentlig meget høj indslusning af saltvand i 1992 bevirker, at der sker en betydelig ændring i planktonsamfundet i 1992. Artssammensætningen skifter fra små arter med bred salttolerance til større, mere typiske marine arter. De varierende niveauer af saltvandsindslusninger i perioden 1993-1996 medfører store år-til-år-forskelle i planteplanktonsamfundene.

For blågrønalgerne har der generelt, både på årsbasis og i sommerperioden, været aftagende biomasser i perioden frem til 1995, hvorefter biomassen er tiltagende i 1995 og 1996. Dominansforholdene mellem arterne skifter gennem perioden, men de vigtigste arter har været *Cyanonephron styloides* indtil 1994, *Aphanothece smithii*, *Aphanothece* sp. og *Lemmermanniella pallida* i 1995-1996, der alle er småcellede kolonier med celler $< 2 \mu\text{m}$.

En regressionsanalyse af årsmiddelværdierne af blågrønalger i hele perioden viser ingen ændring af blågrønalgebiomassen i perioden ($R^2 = 0,08$).

Rekylalgebiomassen har generelt været størst årsgennemsnitligt med en tiltagende biomasse indtil 1992, hvorefter biomassen aftog indtil 1996. Værdierne for sommerperioden tiltager indtil 1993, hvorefter niveauet er lavere i 1994 og 1995 og tiltaget igen i 1996.

Rekylalger, der er forstyrrelsestolerante r-strateger, ses ofte mellem maksima af andre grupper og kan periodevis udgøre store andele af planteplanktonbiomassen, især først og sidst på året, hvor vandmiljøet oftest er mere omskifteligt end i sommerperioden. Biomassen af rekylalger var størst i 1992, 1993 og 1996; men det formodes ikke, at udsving i rekylalgebiomassen er direkte relateret til udsving i saltholdigheden, men snarere til turbulens generelt.

Furealgernes biomasse har været meget lille i perioden 1989-1991 både årsgennemsnitligt og i sommerperioden. Fra 1992 til 1996 var furealgebiomassen af meget varierende størrelse og vekslende mellem høje og lave henholdsvis sommerværdier og årsværdier. De dominerende furealger i perioden er alle marine arter, med store år-til-år-variationer mellem de dominerende arter.

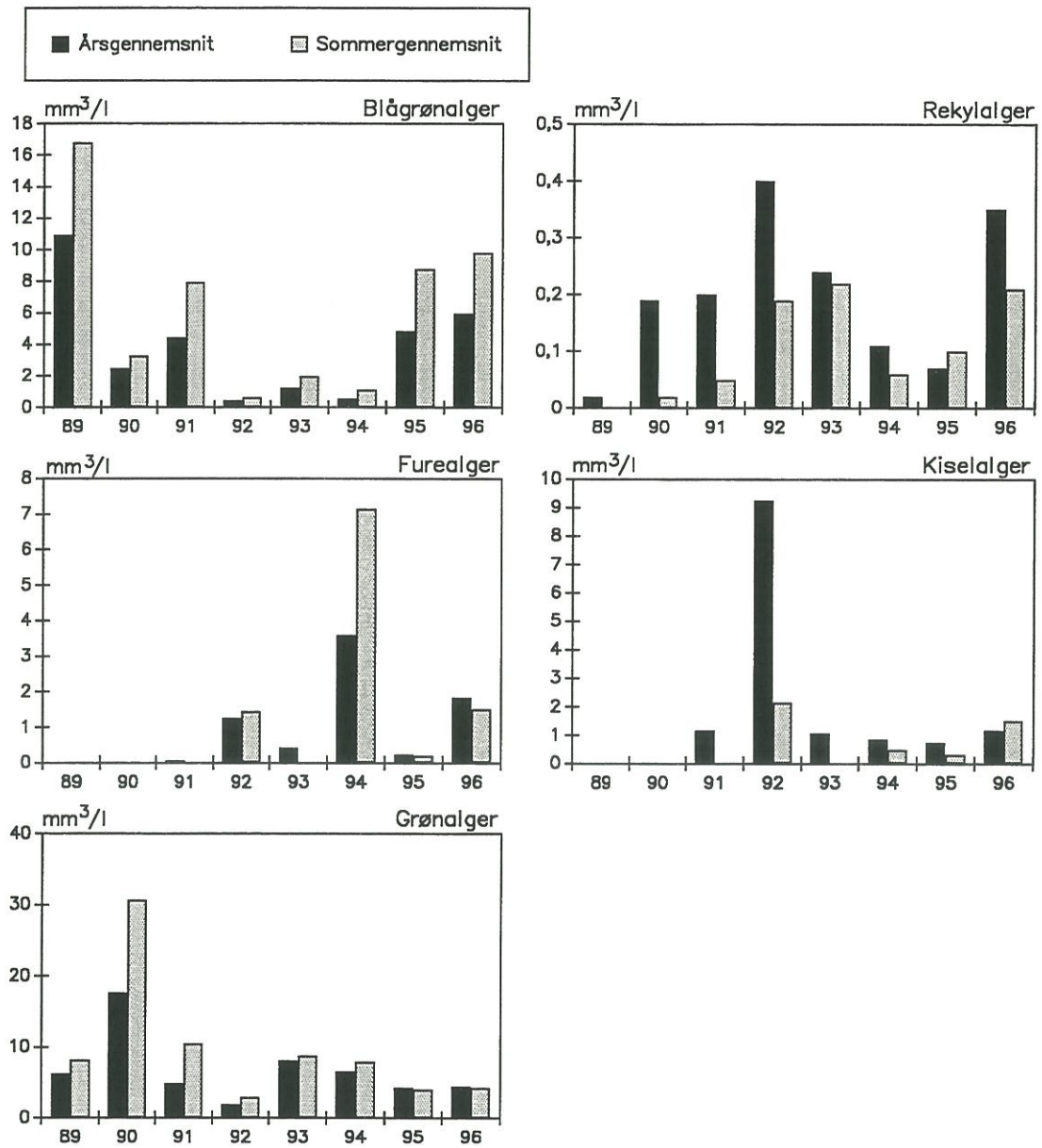
Specielt kan nævnes *Oxyrris marina*, en bundlevende art, der er kendt for at optræde under iltsvindshændelser. Arten dominerede i 1992, 1995 og 1996, hvor iltsvindet ved bunden var tiltagende gennem perioden. I 1993 og 1994 dominerede andre marine arter, henholdsvis *Protoperdinium* spp. (forårs- og efterårsformer) og *Gymnodinium sanguineum* (en sommerform, der opblomstrer sporadisk, men på samme tidspunkt i alle de marine områder, hvor den normalt optræder).

En regressionsanalyse af furealgernes årsmiddelværdier viser en svagt stigende tendens gennem perioden ($R^2 = 0,29$).

Kiselalger har ikke haft betydning på årsbasis i 1989 og 1990 og i sommerperioden fra 1989 til 1991. Fra efteråret 1991 forekom vekslende biomasseniveauer af kiselalger, med de højeste værdier på årsbasis de fleste år svarende til, at kiselalgerne oftest har maksimum i forårs- og efterårsperioden. De marine arter har domineret de fleste år - således i efteråret 1991, i foråret 1992 (*Thalassiosira* spp.), i efteråret 1992, foråret 1993 og februar 1995 (*Skeletonema costatum*), i 1991, 1994, 1995 og 1996 (*Chaetoceros* spp.). Alle de marine arter kan betegnes som r-strateger, der ofte forekommer i brakke kystnære områder. Små centriske kiselalger (fersk/brak) dominerer i slutningen af 1996.

Grønalgerne har haft vekslende biomasseniveauer perioden igennem. Sommermiddelværdierne er størst alle årene undtagen i 1995 og 1996, hvor de er på samme niveau som årsværdierne. Forskellen på års- og sommerværdier er størst i 1990 og 1991 svarende til, at biomasserne af *Chlorella* sp. var meget store i sommerperioderne disse år. Dominerende hele perioden har været *Chlorella* sp.

En regressionsanalyse af grønalgenes årsmiddelværdier viser en svagt faldende tendens ($R^2 = 0,32$).



Figur 37. Års- og sommermiddelbiomasser af blågrønalger, rekyalger, furealger, kiselalger og grønalger i perioden 1989-1996, Kilen.

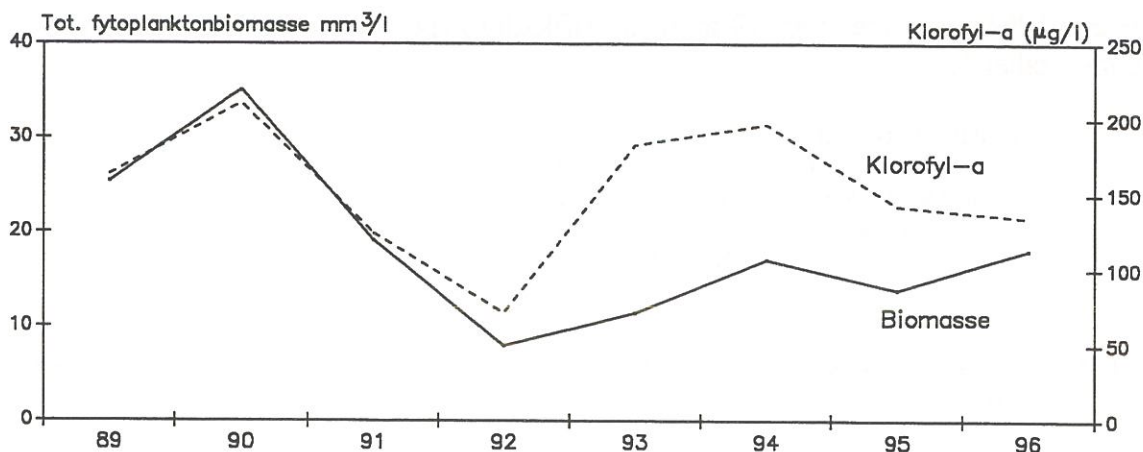
Sammenfattende er der en svag tendens til aftagende års- og sommermiddelværdier af planteplanktonbiomasse gennem perioden 1989-1996. Sammensætningen af biomassen har bevæget sig mod et mere marint præget samfund i overensstemmelse med en formodentlig højere saltholdighed fra 1992-1996 end i første del af perioden.

Sammenlignes planteplanktonbiomassens niveau i Kilen med værdierne for samtlige søer i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram (Jensen et al., 1996) ligger Kilen med sommermiddelværdier på 19,1-35,1 mm³/l lidt over 75%-fraktilene for 1989-1991 (18,8-28,7 mm³/l). For 1992 ligger værdien (8,0 mm³/l) mellem 25%-fraktile (6,7 mm³/l) og medianen (11,2 mm³/l) og for 1993-1995 ligger værdierne (11,5-18,1 mm³/l) mellem medianerne (8,6-11,7 mm³/l) og 75%-fraktile (15,2-21,7 mm³/l).

6.3. Relationer mellem planteplankton og fysisk-kemiske forhold

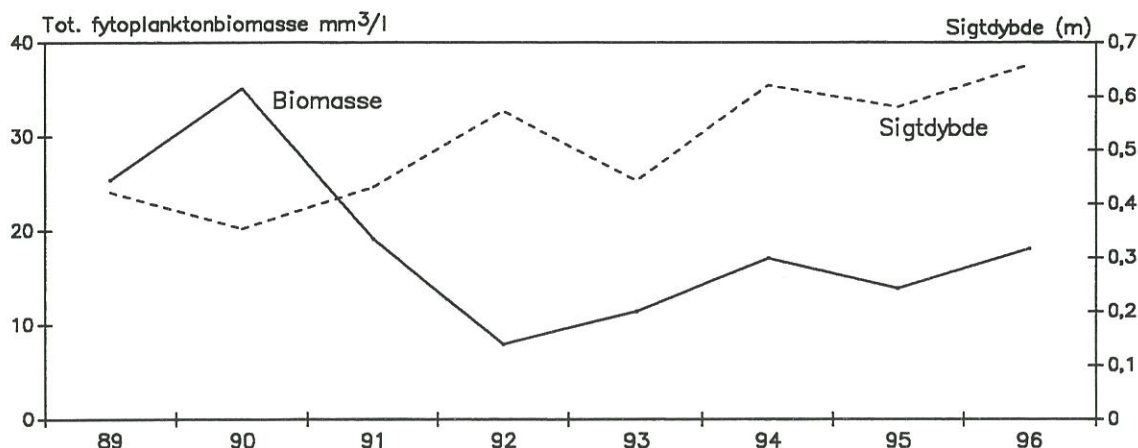
Planteplanktonbiomassens høje niveau er i overensstemmelse med både høje værdier af kvælstof og fosfor. Værdierne for total-kvælstof og nitrit+nitrat-kvælstof ligger, jf. afsnit 4.1.6., nær medianen for årsmiddelværdierne hele perioden, mens værdierne (sommersmiddel) for total-fosfor og ortofosfat ligger nær 75%-fraktile i første del af perioden og nærmere medianen i sidste del af perioden fra 1992-1996. Variationen i forløbet af fosforkoncentrationerne svarer nogenlunde til forløbet af planteplanktonbiomassens niveau gennem perioden, jf. afsnit 6.2.2, dog udviser planteplanktonbiomassen en stigende tendens i 1996, der ikke afspejles i værdierne for fosfor.

En sammenligning af klorofyl-a værdier og planteplanktonbiomasser (sommersmiddelværdier), figur 38, viser en god korrelation gennem perioden. Den varierende afstand mellem de to kurver er et udtryk for forskelligt indhold af klorofyl-a/volumenenhed, hvor indholdet kan variere fra ca. 1-20 µg/volumenenhed. For alle år gælder, at forholdet mellem klorofyl-a og volumen ligger inden for det angivne interval. Således var klorofyl-a/volumenenhed 16 µg/mm³ i 1993, hvor grønalgerne udgjorde 77% af den totale biomasse, hvilket er i overensstemmelse med at grønalger har et højt indhold af klorofyl-a/volumenenhed (17-20 µg/mm³).



Figur 38. Koncentrationen af klorofyl-a og volumenbiomassen af planteplankton (sommersmiddelværdier) i perioden 1989-1996 i Kilen.

En sammenligning af sigtdybder og planteplanktonbiomasser (sommerrmiddelværdier), figur 39, viser en god korrelation gennem første del af perioden fra 1989 til 1993 og en mindre god korrelation i sidste del af perioden, hvilket muligvis kan henføres til en ændret planteplanktonsammensætning.



Figur 39. Sigtdybder og volumenbiomasser af planteplankton (sommerrmiddelværdier) i perioden 1989-1996 i Kilen.

Planteplanktonbiomassens sammensætning er i overensstemmelse med artssammensætningen i andre brakvandsområder med en høj næringssaltkoncentration. Jf. afsnit 6.2.2 er planteplanktonsammensætningen i høj grad påvirket af de tidvise indslusninger af saltvand.

6.4. Dyreplankton 1996

6.4.1. Artssammensætning

Der er i 1996 registreret i alt 19 arter/identifikationstyper inden for følgende hovedgrupper, tabel 13.

Hjuldyr (Rotatoria)	9
Dafnier (Cladocera)	6
Calanoide vandlopper (Calanoida)	2
Cyclopoide vandlopper (Cyclopoida)	1
Harpacticoide vandlopper (Harpacticoida)	1

Tabel 13. Oversigt over hovedgrupper og antal arter/identifikationstyper i de enkelte hovedgrupper i Kilen 1996.

Med kun 19 registrerede arter/identifikationstyper må dyreplanktonsamfundet betegnes som artsfattigt.

Der forekom flest arter inden for hjuldyr og dafnier, der tilsammen udgør 79% af arterne.

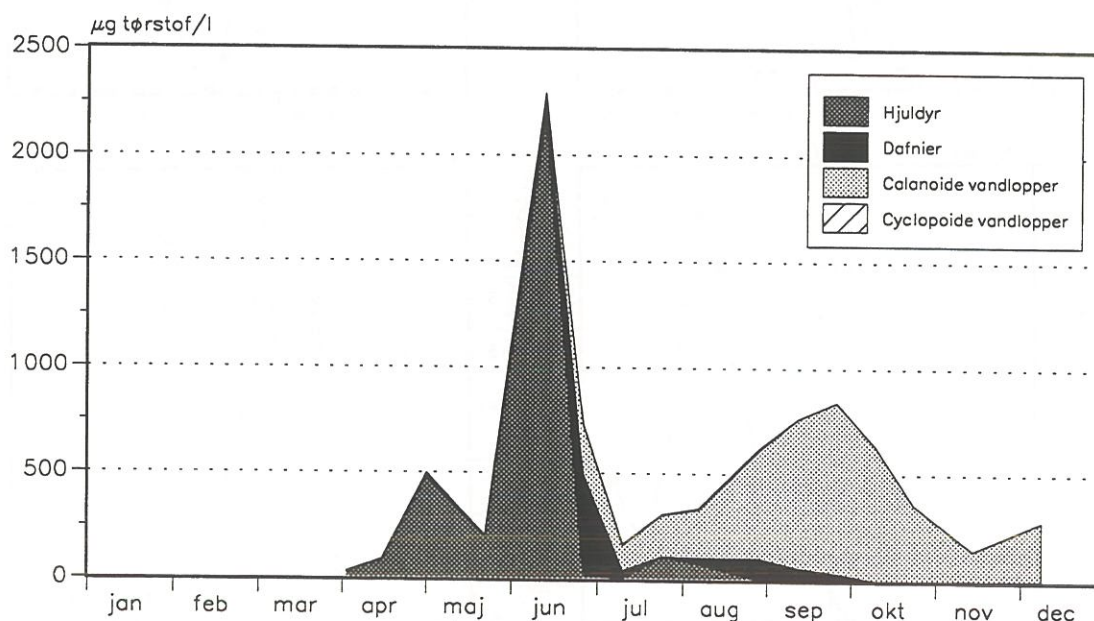
De registrerede arter er karakteristiske for brakvandsområder, de calanoide vandlopper *Eurytemora affinis* og *Acartia* spp., og nogle er egentlige marine arter - således dafnierne *Podon* spp. *Acartia tonsa* forekommer også i egentlige marine områder.

6.4.2. Biomasse

Volumenbiomassens forløb og sammensætning af dyreplankton i 1996 er vist i figur 40.

Dyreplanktonbiomassen i Kilen 1996 har varieret mellem 34 $\mu\text{g TV/l}$ i april og 2.294 $\mu\text{g TV/l}$ i juni. Gennemsnittet for sommerperioden maj-september er 689 $\mu\text{g TV/l}$ og på årsbasis 398 $\mu\text{g TV/l}$.

Dyreplanktonbiomassen havde ét stort maksimum og 2 mindre toppe: I begyndelsen af maj (499 $\mu\text{g TV/l}$) med dominans af hjuldyr (*Synchaeta* spp. og *Keratella cruciformis*), midt i juni (2294 $\mu\text{g TV/l}$) et meget stort maksimum af hjuldyr, hvor *Keratella cruciformis* udgør 79% af biomassen og i slutningen af september (841 $\mu\text{g TV/l}$), hvor de calanoide vandlopper *Eurytemora affinis* og nauplier tilsammen udgør 89% af den totale biomasse.



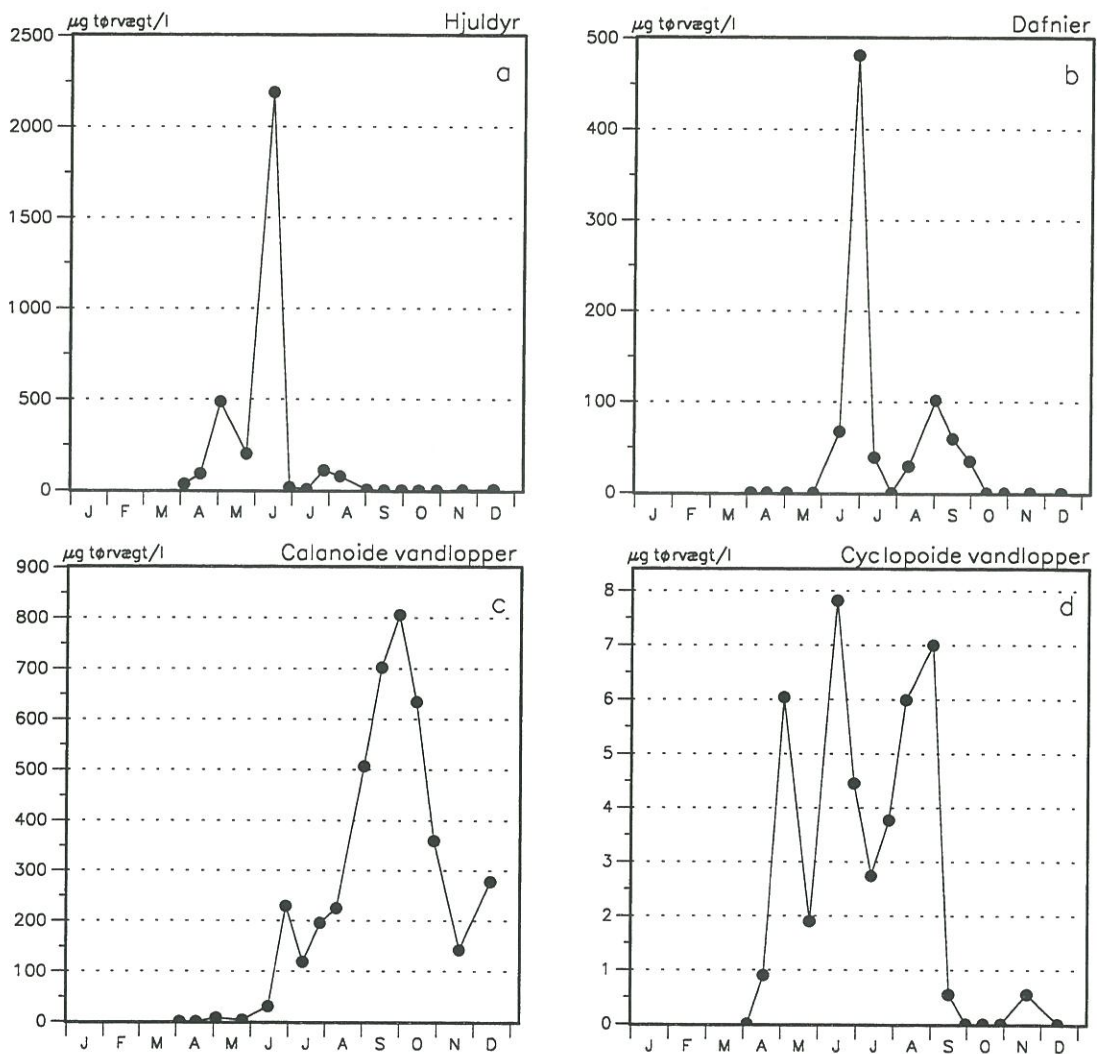
Figur 40. Dyreplanktonbiomassens forløb fordelt på hovedgrupper i Kilen 1996.

Hjuldirene dominerer fra periodens begyndelse, hvoraf *Synchaeta* spp. og *Keratella cruciformis* var de vigtigste, og frem til slutningen af juni, hvor dominansen overtages marine dafnier og calanoide vandlopper, *Podon polyphemoides* og *Eurytemora affinis*. Fra midt i juli og perioden ud dominerer de calanoide vandlopper *Eurytemora affinis* og nauplier.

De cyclopoide vandlopper, der kun var repræsenteret med copepoditter, udgør i hele perioden < 2% af den totale biomasse og har således ikke betydning for dyreplanktonbiomassens niveau.

Dyreplanktonsamfundet i 1996 har været domineret af såkaldte brakvandsarter, der tåler varierende saltholdighed.

Udviklingen af dyreplanktonbiomassen inden for de enkelte hovedgrupper ses af figur 41.



Figur 41. Dyreplanktonbiomassens forløb fordelt på de enkelte hovedgrupper, hjuldyr, dafnier, calanoide vandlopper og cyclopoide vandlopper i Kilen 1996.

6.4.3. Samspil mellem plante- og dyreplankton

Størrelsesfordeling af planteplanktonbiomassen

I 1996 befandt 60% af volumenbiomassen sig i størrelsesgruppen $< 20 \mu\text{m}$, 38% i gruppen $20\text{-}50 \mu\text{m}$, mens kun 2% var $> 50 \mu\text{m}$ på årsbasis. I sommerperioden var der ca. lige stor biomasse af arter $< 20 \mu\text{m}$ og arter $20\text{-}50 \mu\text{m}$, mens gruppen $> 50 \mu\text{m}$ kun har udgjort 1%.

På intet tidspunkt i perioden blev arter i størrelsesgruppen $> 50 \mu\text{m}$ betydende; dermed var stort set hele planteplanktonbiomassen i 1996 direkte tilgængelig for de fleste dyreplanktonformer.

Græsning

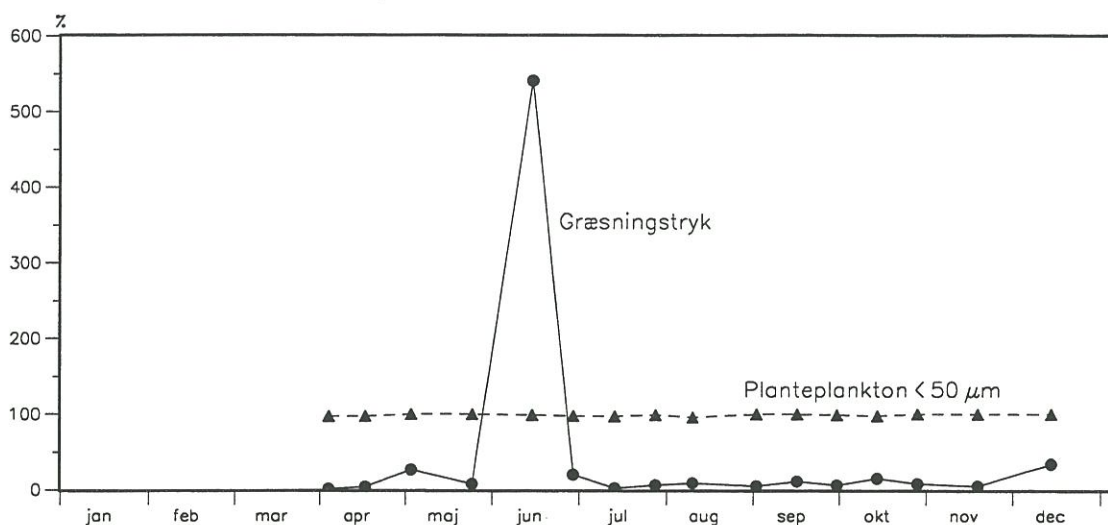
I bilag 7.6 er en oversigt over zooplanktonets fødeoptagelser fordelt på grupper samt en tabel over de potentielle græsningstryk og græsningstider på planteplanktonbiomassen $< 50 \mu\text{m}$.

Ud fra de observerede kulstofbiomasseniveauer ($196\text{-}3.556,6 \mu\text{g C/l}$) af fytoplanktonformer $< 50 \mu\text{m}$ har dyreplanktonet beregningsmæssigt ikke været fødebegrænset på noget tidspunkt.

Dyreplanktonet udøvede beregningsmæssigt et græsningstryk på den tilgængelige fytoplanktonbiomasse på mellem 1% og 541% med værdier på $< 10\%$ i størstedelen af perioden. Højere værdier ses, foruden maksimummet i juni, i begyndelsen af maj (27%) under hjuldyrenes første maksimum, i slutningen af juni (20%), under dafniernes maksimum samt i begyndelsen af oktober (15%), under maksimum af *Eurytemora affinis* og i december (34%), hvor planteplanktonbiomassen var aftaget til et lavt niveau.

Sammenfattende har dyreplanktonet kun midt i juni beregningsmæssigt været i stand til at nedgræsse planteplanktonet. Resten af perioden har græsningen været meget lidt betydende for planteplanktonets biomasseniveau.

Sidst kan nævnes at der i Kilen 1996 er registreret en del forekomster af ciliater - således i april, maj, juni, juli, oktober og november. Ciliaterne, der bl.a. græsser på de små planteplanktonarter, kan periodevis have haft betydning for biomassens niveau.



Figur 42. Oversigt over dyreplanktonets potentielle græsningstryk på planteplankton < 50 μm i Kilen 1996. Til sammenligning er vist < 50 μm -fraktionens procentuelle andel af den samlede planteplanktonbiomasse.

6.5. Dyreplankton 1989-1996

6.5.1. Artssammensætning

Generelt kan dyreplanktonsamfundet i Kilen i undersøgelsesperioden 1989-1996 karakteriseres som et artsfattigt brakvandssamfund. De dominerende individer har været calanoide vandlopper (*Eurytemora affinis* og nauplier.) i store dele af perioden, især i periodens begyndelse fra 1989-1992, hvorefter specielt arter af hjuldyr (*Synchaeta* spp., *Brachionus urceolaris*, *Keratella colearis tecta*, *Brachionus quadridentatus*, *Keratella cruciformis*, og *Hexarthra* spp., periodevis har været betydende. Mindre populationer af små dafnier har periodevis optrådt kortvarigt (*Bosmina longirostris* og *Podon* spp., hvoraf sidstnævnte er marin). De cyclopoide vandlopper har været meget lidt repræsenteret - kortvarigt i maj 1992, i juli-august 1994 og i 1996 fra april til september med meget små populationer.

De marine *Podon*-arter optræder først fra 1992 og bliver mere betydende gennem perioden 1992-1996. *Bosmina longirostris*, der er almindelig i brakvand såvel som i ferskvand, forekommer mere sporadisk med små populationer spredt i perioden.

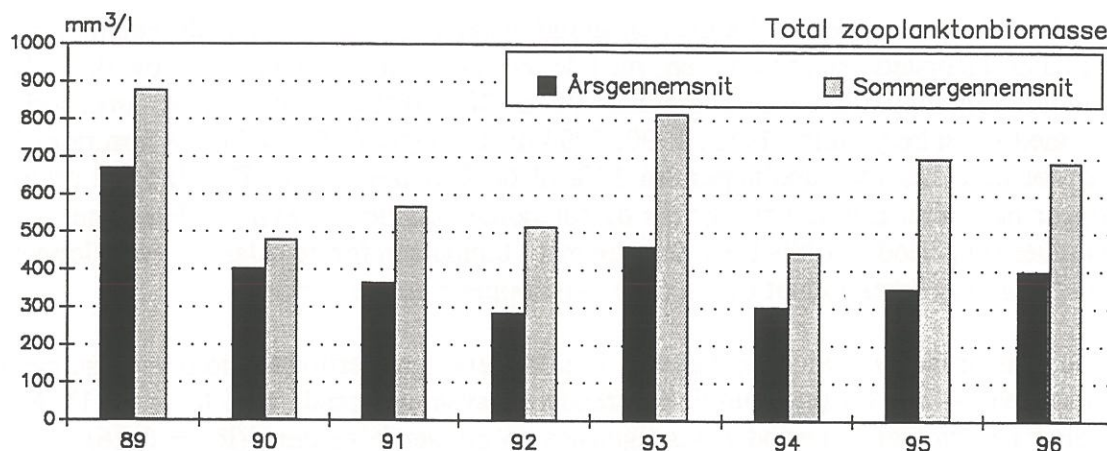
6.5.2. Biomasse

Figur 43 viser års- og sommermiddelbiomasser af dyreplankton for perioden 1989-1996.

Dyreplanktonbiomassen har ligget på et lavt niveau hele perioden 1989-1996, varierende fra 287,1 $\mu\text{g TV/l}$ til 671,8 $\mu\text{g TV/l}$ årsgennemsnitligt, lavest i 1992 og højest i 1989.

Sommergennemsnittene har varieret mellem 448,7 $\mu\text{g TV/l}$ og 878,5 $\mu\text{g TV/l}$, lavest i 1994 og højest i 1989. Sommergennemsnittet har været højere end årgennemsnittet alle årene.

En regressionsanalyse af udviklingen i den totale årgennemsnitlige dyreplanktonbiomasse viser en svagt aftagende tendens ($R^2 = 0,28$) gennem perioden, mens analyse af sommermiddelværdierne ingen udviklingstendenser viser ($R^2 = 0,003$).



Figur 43. Års- og sommermiddelbiomasse af dyreplankton i Kilen for perioden 1989-1996.

År-til-år-variationerne af artssammensætning og biomasse kan ikke umiddelbart henføres til en enkelt faktor. En tiltagende indslusning af saltvand i slutningen af perioden, jf. afsnit 4.1.2, har ikke ændret dyreplanktonbiomassen markant, men der registreres flere marine arter og specielt dafnie-samfundet ændres, hvor dominansen overgår fra *Bosmina*-slægten til den marine *Podon*-slægt.

Figur 44 viser sommermiddelbiomasser af hovedgrupper af dyreplankton for perioden 1989-1996. Desuden er angivet de enkelte grupperes procentvise andel af den totale sommermiddelbiomasse gennem perioden.

For hjuldyrene ses meget vekslende biomasser gennem perioden, både års- og sommergennemsnitligt. I sommerperioden ses de højeste biomasser i 1991, 1992 og i perioden 1994-1996, mens værdierne de øvrige år er meget små.

De vigtigste arter er nævnt i afsnit 6.5.1. Hjuldyrenes andel af totalbiomassen er < 1% i 1993, 1% i 1989 og 1990 og varierende fra 17% i 1995 til 50% i 1996.

En regressionsanalyse af hjuldyrenes sommermiddelbiomasser gennem perioden viser en svagt stigende tendens, ($R^2 = 0,34$).

For dafnierne har der ligeledes været meget varierende biomasser gennem perioden, både års- og sommergennemsnitligt. I sommerperioden forekommer de højeste bio-

masser i 1991, 1993, 1994 og 1996, mens værdierne de øvrige år har været meget små. Der er ikke registreret arter af slægten *Daphnia*, så hele dafniebiomassen udgøres af små arter - *Bosmina* spp. og *Podon* spp. Dafniernes andel af totalbiomassen varierer mellem meget små værdier <2% de fleste år, undtagen 1993, 1994 og 1996, hvor værdierne lå fra 7% til 11%, med tiltagende dominans af de marine arter.

En regressionsanalyse af dafniernes (kun små dafnier) sommermiddelbiomasser gennem perioden viser en svagt stigende tendens ($R^2 = 0,44$, 90% signifikansniveau).

De calanoide vandlopper har biomasse-mæssigt været de mest betydende dyreplanktonarter i Kilen i størstedelen af perioden, med de højeste værdier i 1989, 1993 og 1995. De calanoide vandlopper har udgjort mellem 99% og 38% af totalbiomassen i sommerperioden, med størst betydning i 1989, 1990, 1993 og 1995 (fra 82%-99%). De resterende år udgør de calanoide vandlopper fra 38% til 66% af biomassen. De vigtigste arter/grupper har været *Eurytemora affinis* og calanoide nauplier i nævnte rækkefølge. (Nauplier fra perioden 1989-1991 er indregnet i biomassen for de calanoide vandlopper, da der ikke har forekommet cyclopoide vandlopper i denne periode).

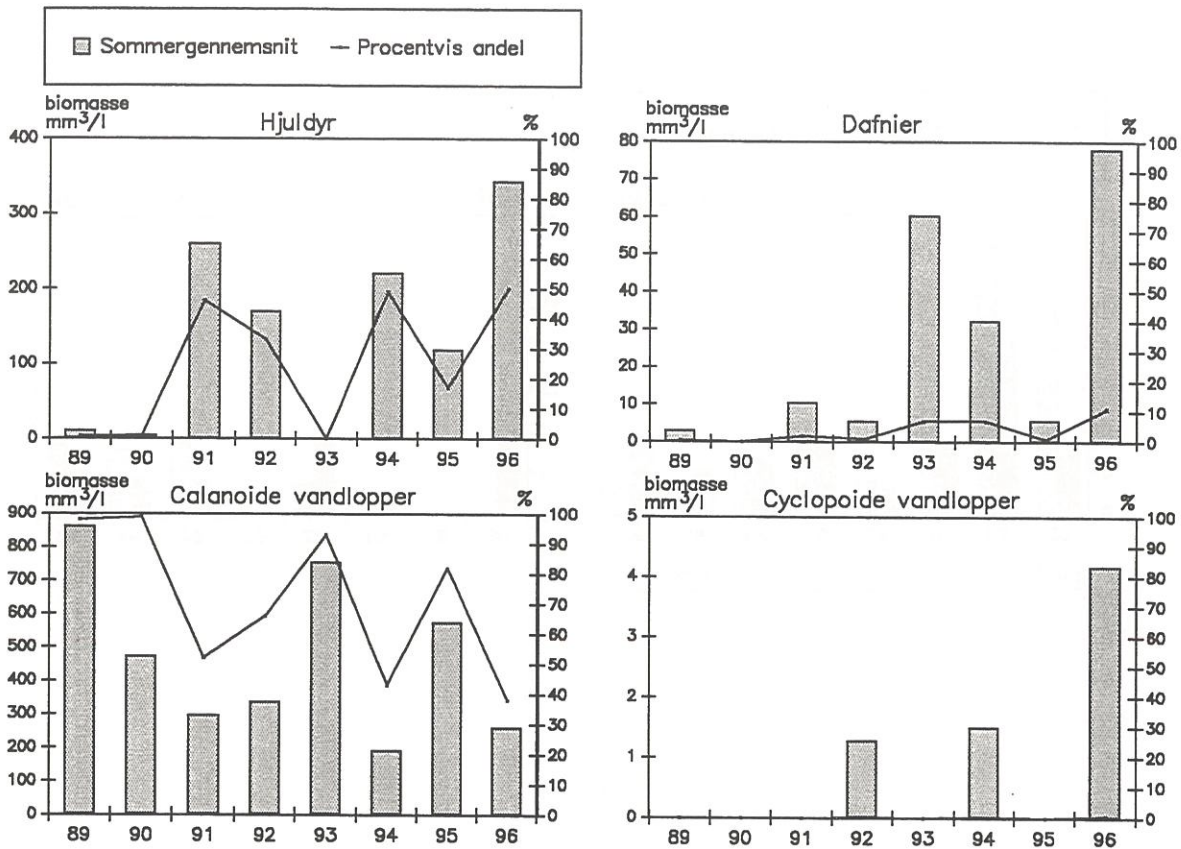
En regressionsanalyse af de calanoide vandloppers sommermiddelbiomasser gennem perioden viser stort set ingen udviklingstendens - svagt aftagende med $R^2 = 0,11$). For nauplier i første del af perioden ses ligeledes en aftagende tendens ($R_2 = 0,26$).

De cyclopoide vandlopper har hele perioden været meget lidt repræsenteret. Kun i 1992, 1994 og 1996 er de biomasse-mæssigt opgjort med meget små populationer. De meget små populationer af cyclopoide vandlopper er karakteristisk for brakvandsområder.

En regressionsanalyse af de cyclopoide vandloppers sommermiddelbiomasser viser en stigende tendens gennem perioden ($R^2 = 0,41$, signifikansniveau 90%).

Sammenfattende har der været varierende biomasseniveauer af dyreplankton gennem perioden, med tendens til aftagende biomasse på årsmiddelværdier, men ingen ændring på sommermiddelværdier. Blandt hjuldyr, dafnier og cyclopoide vandlopper er der en svagt stigende tendens, mens tendensen er en aftagen for de calanoide vandlopper.

Der er ingen entydig fordeling mellem de enkelte grupper, dog har de cyclopoide vandlopper alle årene været uden betydning. De calanoide vandlopper har alle årene været dominerende eller subdominerende. De år (1994 og 1996), hvor der ikke har været dominans af calanoide vandlopper, dominerede hjuldyrene. Hjuldyrene har været den gruppe, der varierede mest - fra at udgøre <1% af totalbiomassen til at være dominerende gruppe med 50%. Dafnierne, kun repræsenteret med små arter, har kun kortvarigt haft betydning for dyreplanktonbiomassens niveau.



Figur 44. Sommermiddelmæsser af hjuldyr, dafnier, calanoide vandlopper og cyclopoide vandlopper med angivelse af de enkelte grupperes procentvise andel af den totale dyreplanktonbiomasse i perioden 1989-1996, Kilen.

Sammenlignes dyreplanktonbiomassens niveau i Kilen med værdierne for samtlige søer i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram (Jensen et al., 1996), har sommermiddelværdierne for hjuldyr gennem perioden vekslet mellem at ligge langt under 25%-fraktilen til at ligge meget over 75%-fraktilen.

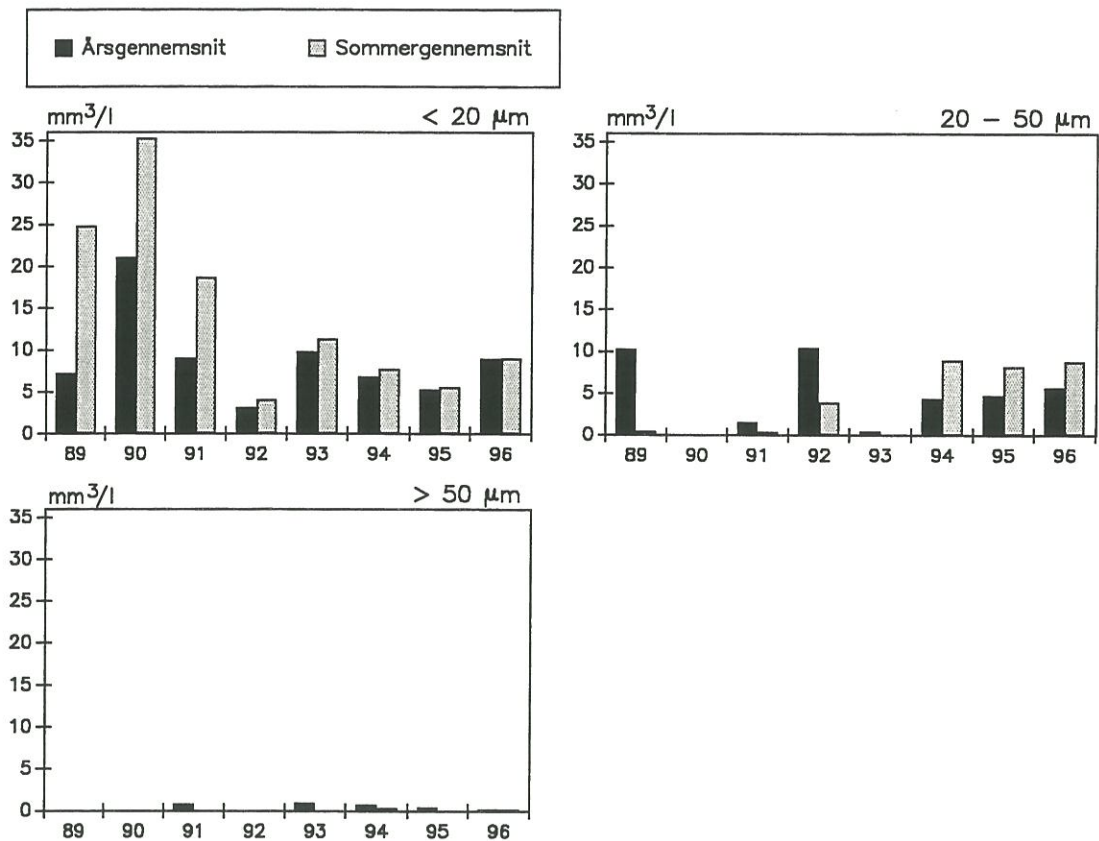
De små dafnier har haft værdier der lå under 25%-fraktilen de fleste år, undtagen i 1993 og 1994, hvor de lå mellem 25%-fraktilen og medianen.

Vandlopperne har de fleste år haft værdier omkring 75%-fraktilen, undtagen i 1991 og 1994, hvor de lå omkring medianen.

6.5.3. Samspil mellem plante- og dyreplankton 1990-1996

Størrelsesfordeling af planteplankton

Figur 45 viser års- og sommermiddelværdier af planteplanktonbiomassen opdelt på størrelsesgrupper.



Figur 45. Års- og sommermiddelbiomasser af planteplankton opdelt i størrelsesgrupper for perioden 1989-1996 i Kilen.

I hele perioden 1989-1996 har planteplanktonbiomassen været domineret af arter $< 50 \mu\text{m}$, der er tilgængelig for de fleste dyreplanktonformer. Fra 1992 og perioden ud er der en tendens til øget biomasse i fraktionen $20-50 \mu\text{m}$, på bekostning af fraktionen $< 20 \mu\text{m}$, som følge af den tiltagne biomasse af specielt større marine arter. Med enkelte maksima af fraktionen $> 50 \mu\text{m}$ har planteplanktonet i Kilen været tilgængelig for de fleste dyreplanktonarter hele perioden 1989-1996.

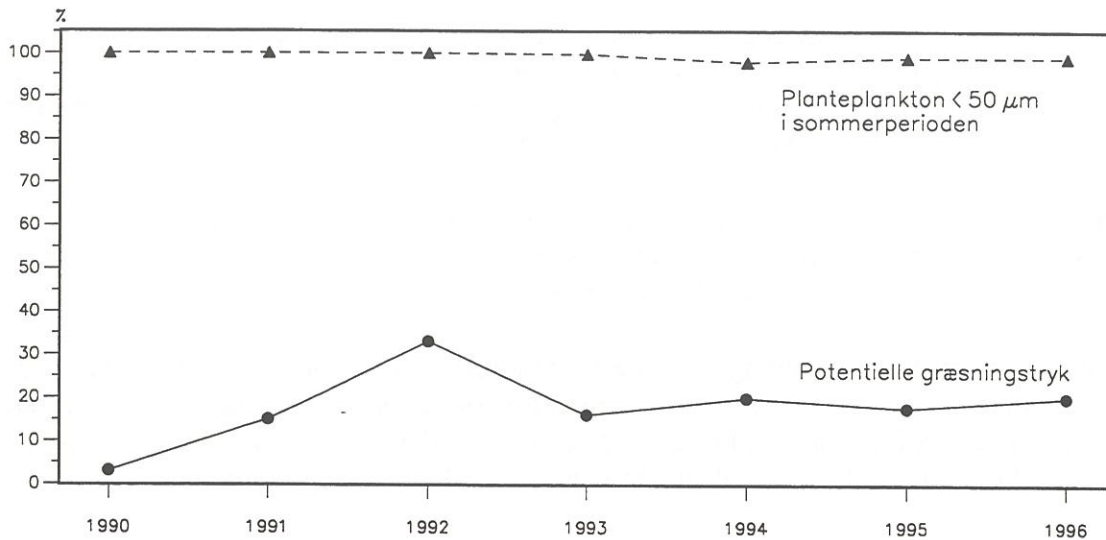
Græsning

Ud fra de meget høje kulstofbiomasseniveauer gennem hele perioden af planteplankton $< 50 \mu\text{m}$ har dyreplanktonbiomassen formodentlig ikke eller kun kortvarigt været fødebe-grænset.

Figur 46 viser dyreplanktonets potentielle græsningstryk på planteplankton $< 50 \mu\text{m}$ i perioden 1990-1996.

Ud fra de beregnede potentielle græsningstryk (3%-20%) og figur 46 har dyreplanktonet ikke været i stand til at kontrollere planteplanktonet i perioden som helhed.

En regressionsanalyse af sommermiddelværdierne af de potentielle græsningstryk viser en ubetydelig stigende tendens ($R^2 = 0,15$) fra 1990 til 1996.



Figur 46. Dyreplanktonets potentielle græsningstryk i sommerperioden og procentvis andel af planteplankton < 50 µm i sommerperioden, 1990-1996 i Kilen.

6.5.4. Relationer mellem fysisk-kemiske forhold, plante- og dyreplankton, fisk og undervandsvegetation 1989-1996

Sammenfattende er Kilen en lavvandet, meget næringsrig sø, påvirket af antagelig tiltagende, tidvise saltvandsindslusninger. Planteplanktonsamfundets udvikling er i overensstemmelse med de høje næringsstofkoncentrationer og den formodentlig tiltagende saltvandspåvirkning. Dyreplanktonsamfundet er ligeledes i overensstemmelse med stor saltvandspåvirkning og udviser tiltagende dominans af marine arter. Dyreplanktonet er som helhed ikke i stand til at kontrollere planteplanktonet, hvilket formodentlig primært kan henføres til sammensætningen af søens fiskefauna, jf. afsnit 8.4. De dominerende fiskearter, *smelt* og *sild*, lever i vid udstrækning af dyreplankton og kan dermed sammen med mysiderne have stor indflydelse på dyreplanktonets niveau og sammensætning og derigennem også på planteplanktonet og videre på sigt dybden. En manglende vegetation, der kunne have ydet nogen beskyttelse for dyreplanktonet, er desuden med til at øge prædationen yderligere. De store år til år variationer i hjuldyrenes andel af den totale dyreplanktonbiomasse kan være betinget af større eller mindre prædationstryk fra fisk og mysider, således at år med store hjuldyrforekomster formodentlig har haft de største prædationstryk, da fisk/mysider først og fremmest vil foretrække større zooplanktonformer.

Der er en svag (ikke signifikant) tendens til aftagende planteplanktonbiomasse gennem perioden, hvilket stemmer godt overens med den aftagende (signifikante) koncentration af fosfor. For dyreplanktonbiomassen er der ingen udviklingstendens for sommermiddelværdier af den totale biomasse, mens der er en svag (ikke signifikant) tendens til aftagende biomasser på årsmiddelværdier.

7. Vegetation

Der foreligger ingen undersøgelser af vegetationen i Kilen, men der er aldrig ved tilsynet med søen i perioden 1989-1996 registreret vegetation i søen, hvor der alene ud fra vandets ringe klarhed kan forventes, at mængden af vegetation vil være meget ringe med en dybdeudbredelse, der er begrænset til det helt lave vand.

Saltholdigheden er bestemmende for artssammensætningen, og med erfaringen fra andre brakvandsområder må det antages, at *børsteblandet vandaks*, de to arter af *havgræs* og arter af *vandkrans* er de mest fremtrædende.

Selvom der med al sandsynlighed ikke forekommer vegetation på dybere vand i dag, er det værd at nævne, at det iltfrie, sulfidrige sediment erfaringsmæssigt frembyder rodfæstet vegetation ringe muligheder for at vokse i den centrale del af søen, selv hvis vandet skulle blive klart nok til tillade den nødvendige lysnedtrængning.

8. Fisk

Fiskebestanden i Kilen er undersøgt ved to lejligheder i perioden 1989-1996, nemlig i 1992 (Ringkjøbing Amtskommune, 1993) og i 1996 (Ringkjøbing Amtskommune, 1997). Begge disse undersøgelser er gennemført efter de retningslinier der udstukket for fiskeundersøgelser i søerne i Vandmiljøplanens Overvågningsprogram. Derudover er der gennemført en fiskeundersøgelse i 1987 (Ringkjøbing Amtskommune, 1987), men denne undersøgelse er gennemført med andre metoder end de to seneste undersøgelser og kan derfor ikke umiddelbart sammenlignes med disse.

I det følgende er der kort gjort rede for de væsentligste resultater af den seneste fiskeundersøgelse og de i rapporten herom (Ringkjøbing Amtskommune, 1997) anførte vurderinger af den aktuelle tilstand samt udviklingen i forhold til undersøgelsen i 1992. For yderligere detaljer vedrørende fiskefaunaen i Kilen henvises der til rapporten (Ringkjøbing Amtskommune, 1997).

8.1. Artssammensætning

Ved de to undersøgelser i 1992 og 1996 er følgende fiskearter registreret i Kilen.

Art	1992		1996	
	Antal	Vægt (g)	Antal	Vægt (g)
Smelt ●	3.783	30.444	● 3.020	30.803
Sild ●	904	9.606	● 646	16.880
Brisling			● 558	1.496
Skrubbe ●	29	4.390	● 2	779
Helt ●	74	3.916	● 92	32.089
3-pigget hundestejle ●	56	78	● 4.583	5.334
Ål ●	19	2.039	● 6	331
Ålekvabbe ●	39	2.264	● 7	373
Sort kutling ●	99	972	● 21	134
Sand-kutling ●			● 1	2
Ler-kutling			● 2	3
Regnbueørred ●	2	298	● 5	1.577
Ørred ●	1	160	● 2	2.747
Tangsnarre ●	3	7	● 4	12
Tobis ●	8	82		
Tangnål ●	5	16		
Samlet fangst	5.022	54.272	8.949	92.560

Tabel 14. Oversigt over fiskefaunaens artssammensætning i 1992 og 1996 med angivelse af samlet antal og vægt i fangsterne.

Artsantallet er blandt de højeste, der er registreret i danske søer; men det er i den forbindelse vigtigt at være opmærksom på, at Kilen er en brakvandssø med frie passage-muligheder til det langt mere artsrige marine miljø i Struer Bugt og resten af Limfjorden, hvis indflydelse på artssammensætningen varierer med saltholdigheden i Kilen.

Fiskefaunaens artssammensætning vurderes at være karakteristisk for næringsrige brakvandsområder, og *trepigget hundestejle*, arterne af *kutling*, *skrubbe* og *ålekvabbe* er karakterarter. Det er dog bemærkelsesværdigt, at saltvandstålende ferskvandsarter helt mangler, og det er ligeledes bemærkelsesværdigt, at der i Kilen findes store mængder af *sild*, *smelt* og *helt*. Sidstnævnte opretholder imidlertid en stor bestand som følge af store årlige udsætninger af yngel for at sikre et godt fiskeri efter denne art.

Det bemærkes, at artslisten for Kilen ikke rummer egentlige rovfisk med en rolle som den, *gedde* og *aborre* har i ferske søer. Det betyder, at der stort set ikke i Kilen findes fisk, som kan regulere tætheden af større individer. Til gengæld er hovedparten af de forekommende arter i stand til at yde et betydeligt prædationstryk på både æg og yngel.

Der foreligger ingen oplysninger om saltholdigheden i 1992, men målinger af lednings- evnen tyder på, at den i de senere år har ligget på et væsentligt højere niveau end i årene frem til 1992. Saltholdigheden som artsfordelende faktor må også tages i betragtning, når artssammensætningen og udviklingen af denne fra 1992 til 1996 vurderes.

8.2. Antal og biomasse

Fangsterne af de enkelte arter i antal og vægt fremgår af tabel 20. Det ses, at fangsten af *smelt* vægtmæssigt har været den samme ved begge undersøgelser, mens den antalmæssigt har været en smule mindre i 1996. Det afspejler en øget middellængde. *Smeltens* andel af den samlede fangst er reduceret væsentligt fra 1992 til 1996, men det kan i vid udstrækning forklares af, at et givet antal *helt* i 1996 har haft en langt større vægt end i 1992, og af at *sild* og *brisling*, der må formodes at trække ind og ud af søen, i 1996 har haft en væsentlig større middelvægt end i 1992. Det er således mere øget forekomst af andre arter, end det er ændret bestandsstørrelse hos *smelt*, der har reduceret denne arts andel af den samlede fangst og dermed af den samlede fiskebiomasse. Både den aldersmæssige og den vægtmæssige tæthed af *smelt* i Kilen er blandt de højeste, der kendes her i landet.

Én art, *3-pigget hundestejle*, har dog øget i både antal og vægt, og det må ses som en betydelig ændring af fiskefaunaens sammensætning i forhold til undersøgelsen i 1992. I 1992 var forekomsten af *3-pigget hundestejle* marginal, men i 1996 udgjorde denne ene art 51% af det samlede antal fisk i fangsten og 6% af den samlede vægt af fisk i fangsten. Denne dramatiske ændring må tages som et reelt udtryk for at tætheden af denne art er øget dramatisk.

Flere af de bundlevende arter, først og fremmest *skrubbe*, *ål*, *ålekvabbe* og *kutling* er gået tilbage både antals- og vægtmæssigt siden 1992. Denne ændring skal sandsynligvis ses i relation til den mere hyppige forekomst af iltsvind i bundvandet i forbindelse med et saltbetinget lagdeling af vandmasserne.

Sammenligner man fangsten i Kilen med andre søer, kan det konstateres, at fiskefaunaen ligger blandt de mest individrige søer, mens den med hensyn til biomasse ligger blandt de mest fiskefattige søer. Det hænger naturligvis sammen med, at små arter og individer dominerer fiskefaunaen og med, at store arter og individer forekommer fåtalligt, når der i 1996 ses bort fra *helt*, hvis store bestand i Kilen skyldes udsætninger.

8.3. Fiskefaunaens regulering

Som allerede nævnt findes der i Kilen ingen typiske rovfisk. Fiskefaunaen er derfor kun i ringe grad reguleret af arternes indbyrdes prædation, men det er selvfølgelig i den forbindelse vigtigt at være opmærksom på, at adskillige af de forekommende arter i perioder lever af rov på de andre arters æg og larver, hvilket kan være af betydning for reguleringen af en del arter i søen.

Den vigtigste regulerende faktor for de større individer skønnes dog at være det intensive fiskeri, som foregår i søen, og derudover har formodentlig også adgangsforholdene gennem slusen betydning for ind- og udvandringen af fisk til og fra søen.

Endelig bør det nævnes, at de seneste års iltsvind i de bundnære vandmasser kan have fortrængt adskillige især bundlevende arter fra søens dybtliggende bundflader, hvilket kan have bevirket en decimering af bestandene.

8.4. Fiskefaunaens økologiske betydning

Smelt og *sild* samt i 1996 tillige *3-pigget hundestejle* er i kraft af deres store antal og biomasse de vigtigste arter, når der fokuseres på fiskefaunaens indflydelse på søens miljø.

Smelt og *sild* lever i vid udstrækning af dyreplankton, men derudover lever *smelt* i stor udstrækning af mysider, der almindeligvis tillægges stor betydning som prædatorer på dyreplanktonet. *3-pigget hundestejle* lever også af dyreplankton, men er i kraft af dens ringe størrelse ikke i stand til at leve af mysider.

De dominerende fiskearter udøver således alle et betydeligt prædationstryk på dyreplanktonet, og selvom *smelt* også i vid udstrækning lever af mysider, ændrer det ikke ved den kendsgerning, at en meget stor del af fiskefaunaen i Kilen sammen med mysiderne har stor indflydelse på dyreplanktonet og derigennem også på planteplanktonet og videre på vandets klarhed.

Arter, der lever af bunddyr, er langt mindre betydende i både antal og vægt, når der ses bort fra *helt*, der dels er udsat i søen, og som også i vid udstrækning ernærer sig af fødeemner i de frie vandmasser, heriblandt også mysider.

De bundlevende arters begrænsede andel af den samlede fiskefauna skal også ses i relation til, at betydelige dele af bunden i søen er ramt af iltsvind og derfor ikke udgør et egnet levested for hverken fiskenes fødedyr eller for fiskene selv.

Set under ét kan der næppe herske nogen tvivl om, at fiskefaunaen i Kilen med den nuværende struktur og sammensætning øver stor indflydelse på den biologiske struktur i søen. Ser man imidlertid på søens tilstand (sigtdybde, planteplanktonbiomasse osv.) i perioden 1989-1996, er der imidlertid ikke noget der tyder på, at selv markante forandringer af fiskefaunaen, først og fremmest stigningen i tætheden af *3-pigget hundestejle* fra 1992 til 1996, har bevirket synlige forandringer. Det kan umiddelbart tolkes på den måde, at søens tilstand grundlæggende er så meget forringet, at selv markante forandringer i fiskefaunaens sammensætning og struktur ikke resulterer i forandringer.

Hvis sidstnævnte antagelse er korrekt, betyder det, at der omvendt næppe kan forventes større effekter af indgreb i fiskefaunaen, og det må i den forbindelse pointeres, at de fisk, som tillægges betydning, dels er små og vanskelige at fange og dels kan genindvandre og genopbygge store bestande i løbet af kort tid.

9. Samlet vurdering

Undersøgelserne i 1996 har i lighed med de tidligere års undersøgelser vist, at Kilen stadig er et vandområde med en stærkt forringet miljøtilstand, præget af høje næringsstofkoncentrationer, store planteplanktonbiomasser og uklart vand, der ikke tillader forekomst af rodfæstet bundvegetation. Samtidig er varierende saltholdighed med til at skabe ustabile forhold, som er afspejlet i både planteplanktonets og fiskefaunaens artssammensætning.

Bag dette billede af en i forhold til målsætningen uacceptabel tilstand skjuler der sig imidlertid en række forandringer, som har fundet sted i perioden 1989-1996.

Først og fremmest bemærkes det, at indgrebene overfor næringsstofudledningerne fra dambrug, renseanlæg og spredt bebyggelse har resulteret i en markant reduktion af fosforudledningen til Kilen, og det har med stor tydelighed slået igennem i søen, hvor årsmiddelkoncentrationen har været jævnt faldene gennem perioden og har i 1996 nået det hidtil laveste niveau. Med en årsmiddelkoncentration på ca. 0,175 mg/l er mængden af fosfor dog stadig omtrent dobbelt så høj som i søer med mere klart vand og mulighed for forekomst af undervandsvegetation.

De fortsat høje koncentrationer af total-fosfor er ledsaget af høje og tidvis stigende koncentrationer af ortofosfat, hvoraf en stor del skyldes betydelige frigivelser fra sedimentet. De høje koncentrationer af ortofosfat er sammen med uændrede eller svagt stigende koncentrationer af kvælstof årsag til, at mængden af planteplankton, udtrykt ved koncentrationen af klorofyl-a, ikke har været faldende. De faldende fosforkoncentrationer har derfor ikke affødt en mindskelse af den planktonbetingede forringelse af vandets klarhed.

Omvendt forholder det sig med den samlede mængde af suspenderet stof. Der er i perioden 1989-1996 registreret et signifikant fald i mængden af suspenderet stof, hvoraf hovedparten består af andre partikler end levende plankton. For suspenderet stofs vedkommende er der registreret et pludseligt niveauskift fra 1991 til 1992. Der er ikke nogen umiddelbar forklaring på dette niveauskift, men det kan tænkes at hænge sammen med den øgning af saltholdigheden, som angiveligt har fundet sted i 1992.

Selvom årsagen til de reducerede koncentrationer af suspenderet stof ikke kendes, har der kunnet konstateres en tydelig effekt heraf på vandets klarhed, idet der er sket en niveauændring for sigtdybden fra 1991 til 1992, og for perioden som helhed er der sket en signifikant øgning af middelsigtdybden. Den gennemsnitlige årsmiddelsigtdybde for perioden 1989-1991 er således beregnet til 60 cm, mens den tilsvarende værdi for perioden 1992-1996 er beregnet til 86 cm. Set i forhold til mulighederne for forekomst af undervandsvegetation er sommermiddelsigtdybden en mere relevant tilstandsvariabel at vurdere udviklingen på, og den ligger, trods en stigende tendens, stadig i 1996 på et meget lavt niveau omkring 60 cm.

Konsekvensen heraf er, at kun det helt brednære bælte er tilgængeligt for bundvegetation, men da det samtidig er det mest eksponerede med hensyn til bølgeslag, islægning mv., er grundlaget for forekomst af undervandsvegetation i Kilen stadigvæk meget ringe, og de bundflader, som udgør hovedparten af søens bundareal, ligger på så stor dybde, at selv de mest robuste langskudsplanter ikke vil kunne trives der.

Forudsætningen for, at en væsentlig del af søbunden kan blive dækket med vegetation er, at dybdegrænsen øges til ca. 4 meter. Det betyder erfaringsmæssigt, at sigtdybden skal øges til mellem 3 og 4 meter. Forudsætningen for at opnå så gode sigtdybder er, at fosforkoncentrationen i søen nedbringes til 10-15% af de nuværende koncentrationer.

Ser man på den aktuelle fosforbelastning (indløbskoncentration $\approx 0,130$ mg/l) i relation til søen i en ligevægtsituation, kan søkoncentrationen ved hjælp af Vollenweider-modellen beregnes til 70-75 mg/l, men også den værdi er for høj til at sikre en acceptabel og økologisk betydningsfuld udbredelse af undervandsvegetationen, også selvom der tages højde for, at vegetationen i brakvandsområder kan have en bedre dybdeudbredelse en forventet ud fra erfaringen med ferskvandssøer.

Ser man på kilderne til den aktuelle fosforbelastning, kan det sammenholdt med den store interne belastning samt de høje fosforkoncentrationer i det indstrømmende saltvand konstateres, at det ikke er realistisk at forvente forekomst af vegetation ud til 4 meters dybde i Kilen inden for en overskuelig årrække.

Selvom det skulle lykkes at nedbringe den eksterne fosforbelastning gennem eliminering af udledningerne fra alle umiddelbart kontrollable kilder, vil restbelastningen stadig være stor nok til sammen med den interne belastning at holde fosforniveauet i søvandet så højt, at der erfaringsmæssigt kun vil kunne forekomme undervandsvegetation i det brednære bælte ud til omkring 1 meters dybde. Det betyder, at vegetationsmængden selv ved en radikal indsats overfor de kontrollable kilder, stadig vil være så ringe, at den kun vil opnå ringe indflydelse på tilstanden i søen. Dertil kommer, at saltholdigheden er en vigtig plantefordelende faktor, der med erfaringen fra Ringkøbing Fjord og Nissum Fjord har afgørende indflydelse på ikke blot artssammensætningen, men også på vegetationsmængden.

Set under ét er det, trods stedfundne reduktioner af fosforniveauet og forbedring af sigtdybden, vanskeligt at forestille sig, at tilstanden i Kilen kan bedres i et omfang, så målsætningen for søen kan opfyldes inden for de nærmeste år.

Undersøgelserne i de seneste 8 år har ganske vist, at der med en stor saltvandsindslusning kan udskyldes betydelige mængder fosfor fra søen, men den hidtil registrerede aflastningstakt er så lille, at det skønsmæssigt vil vare mere end 25 år, førend Kilen når en tilstand, hvor der er ligevægt mellem tilførsler og fraførsler. Og når dertil lægges den uforudsigelige udvikling af belastningen fra oplandet, kan 25 år vel tænkes at være en underestimering af den tid, det vil vare for at opnå en acceptabel miljøtilstand.

10. Referencer og rapporter vedrørende undersøgelser i Kilen

10.1. Referencer

- Jensen, H. S. 1997. Phosphorus cycling in lake sediments. Upubliceret resumé i "Final Report" fra Det strategiske Miljøforskningsprogram, Center for Ferskvand.
- Jensen, J. P., T. L. Lauridsen, M. Søndergaard, E. Jeppesen, E. Agerbo & L. Sortkjær 1996. Ferske vandområder - Søer. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1995. Danmarks Miljøundersøgelser. 96 s. Faglig rapport fra DMU nr. 176.
- Norusis, J. M. 1996. SPSS 6.1. Guide to Data Analysis. Prentice Hall. New Jersey.
- Sokal, R. R. & F. J. Rohlf 1981. Biometry. W. H. Freeman and Company. New York.
- Windolf, J. (red.) 1996. Ferske vandområder - Vandløb og kilder. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1995. Danmarks Miljøundersøgelser. 228 s. Faglig rapport fra DMU nr. 177.

10.2. Rapporter mv.

10.2.1. Samlerapporter

- Ringkjøbing Amtskommune 1988. Kilen. Tilstand 1972-1987 samt udviklingsmuligheder.
- Ringkjøbing Amtskommune 1990. Vandmiljøovervågning. Kilen 1989.
- Ringkjøbing Amtskommune 1991. Vandmiljøovervågning. Kilen 1990.
- Ringkjøbing Amtskommune 1992. Vandmiljøovervågning. Kilen 1991.
- Ringkjøbing Amtskommune 1993. Vandmiljøovervågning. Kilen 1992.
- Ringkjøbing Amtskommune 1994. Vandmiljøovervågning. Kilen 1993.
- Ringkjøbing Amtskommune 1995. Vandmiljøovervågning. Kilen 1994.
- Ringkjøbing Amtskommune 1996. Vandmiljøovervågning. Kilen 1995.

10.2.2. Fisk

Ringkjøbing Amtskommune 1987. Fiskeriundersøgelse i Kilen. Udarbejdet af Hansen & Wegner I/S.

Ringkjøbing Amtskommune 1992. Fiskebestanden i Kilen 1992. Udarbejdet af Fiskeø-kologisk Laboratorium.

Ringkjøbing Amtskommune 1996. Fiskebestanden i Kilen 1996. Udarbejdet af Fiskeø-kologisk Laboratorium.

10.2.3. Sediment

Ringkjøbing Amtskommune 1993. Sedimentundersøgelser i Kilen 1992. Udarbejdet af Hedeselskabet.

Ringkjøbing Amtskommune 1997. Sedimentundersøgelse af Kilen 1996. Udarbejdet af Vandkvalitetsinstituttet.

10.2.4. Plankton

Ringkjøbing Amtskommune 1990. Kilen 1989. Fytoplankton. Udarbejdet af Miljøbiolo-gisk Laboratorium.

Ringkjøbing Amtskommune 1991. Fytoplanktonundersøgelse. Kilen 1990. Udarbejdet af Bio/consult.

Ringkjøbing Amtskommune 1992. Kilen 1981-91. Planteplankton. Udarbejdet af Miljøbiologisk Laboratorium.

Ringkjøbing Amtskommune 1993. Kilen 1992. Planteplankton. Udarbejdet af Mil-jøbiologisk laboratorium.

Ringkjøbing Amtskommune 1994. Fytoplankton i Kilen 1993. Udarbejdet af Bio/consult.

Ringkjøbing Amtskommune 1995. Plankton i Kilen 1994. Udarbejdet af Bio/consult.

Ringkjøbing Amtskommune 1996. Plankton Kilen 1995. Udarbejdet af Bio/consult.

Ringkjøbing Amtskommune 1997. Planktonundersøgelse Kilen 1996. Udarbejdet af Bio/consult.

10.2.5. Bundfauna

Ringkjøbing Amtskommune 1988. Kilen 1987. Bundfauna. Udarbejdet af Bio/consult.

10.2.6. Øvrige

Vandkvalitetsinstituttet 1991. Revideret notat til Ringkjøbing Amtskommune vedrørende revurdering af modelforudsigelser for Kilen.

Bilag

Bilag 1.1

Hypsografer og volumenkurver

Bilag 1.2

Jordtypefordeling og arealanvendelse

Bilag 2.0

Metoder til beregning af vand- og stofbalancer

Bilag 2.1

Vandbalance og opholdstid

Bilag 2.2

Nedbør og fordampning

Bilag 2.3

Månedlige tilførsler af total-kvælstof

Bilag 2.4

Magasinændring af mængden af total-kvælstof

Bilag 2.5

Kvælstofbalance

Bilag 2.6

Månedlige tilførsler af total-fosfor

Bilag 2.7

Magasinændring af mængden af total-fosfor

Bilag 2.8

Fosforbalance

Bilag 2.9

Månedlige tilførsler af total-jern

Bilag 2.10

Magasinændring af mængden af total-jern

Bilag 2.11

Jernbalance

Bilag 3

Vandkemiske variabler 1989-1996

Bilag 4

Beregnete månedsmiddelværdier samt års- og sommermiddelværdier for vandkemiske variabler 1989-1996

Bilag 5

Sedimentkemi 1996

Bilag 6

Plankton

Bilag 6.1

Planteplankton antal/ml

Bilag 6.2

Planteplankton mm³/l

Bilag 6.3

Dyreplankton antal/l

Bilag 6.4

Dyreplankton $\mu\text{g}/\text{TV}/\text{l}$

Bilag 6.5

Dyreplankton fødeoptagelse

Bilag 6.6

Græsning

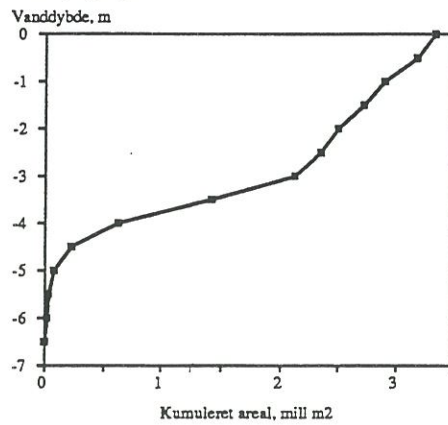
Bilag 7

Samlet oversigt over gennemsnitsværdier for Kilen 1996 med angivelse af udviklingstendenser

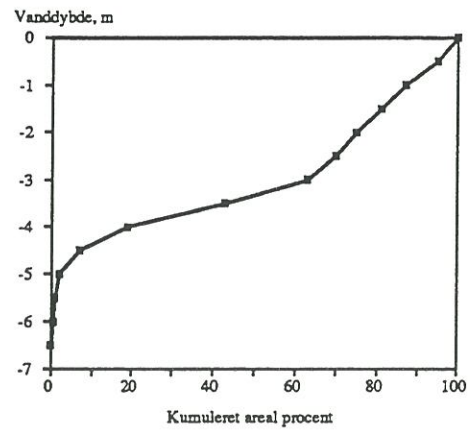
Bilag 1.1

Hypsografer og volumenkurver

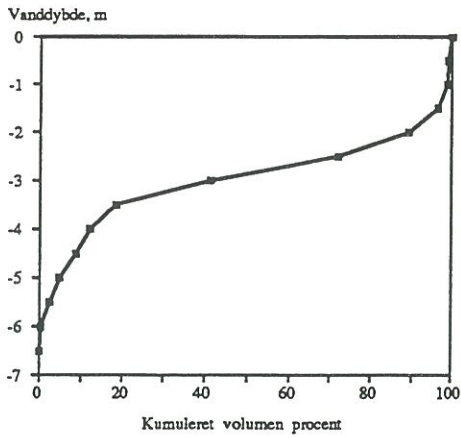
KILEN, hypsograf



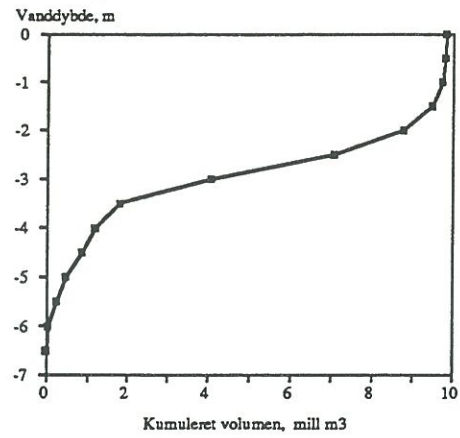
KILEN, procent hypsograf



KILEN, procent-hypsograf



KILEN, hypsograf



Bilag 1.2**Jordtypefordeling og arealanvendelse**

Jordtypefordeling			
Type 1	Grovsandet	115 ha	3%
Type 3	Lerblandet sand	1.580 ha	45%
Type 4	Sandblandet ler	495 ha	14%
Type 5	Ler	347 ha	10%
Type 7	Humus	94 ha	3%
Type 9	Byzone	354 ha	10%
Type 12	Restarealer	36 ha	1%
Type 13	Skov	475 ha	14%
Type 15	Ikke klassificeret	6 ha	<1%
Hele oplandet		3.502 ha	100 %
Arealudnyttelse			
	Byzone	354 ha	10%
	Skov	475 ha	14%
	Dyrkede arealer	2.236 ha	64%

Bilag 2.0

Metoder til beregning af vand- og stofbalancer

Symboloversigt

Ck	Salinitet i Kilen (ledningsevne).
CNs	Kvælstofkoncentration i Struer Bugt.
CPs	Fosforkoncentration i Struer Bugt.
Csi	Ferskvands salinitet (ledningsevne).
Cv	Salinitet i Struer Bugt.
NA	Kvælstoffraførsel via afløb.
NB	Balance mellem kvælstoftilførsel og kvælstoffraførsel via afløb.
NBb	Målt kvælstoftransport i Bredkær Bæk.
Nvb	Målt kvælstoftransport i Vasens Bæk.
NM	Magasinændring i Kilen, kvælstof.
Ns	Kvælstoftilførsel via saltvandstilførsel.
Nsd	Sedimentation/denitrifikation i Kilen, kvælstof.
Nsø	Søkoncentration, kvælstof.
Nsø1	Ekstrapoleret søkoncentration (kvælstof) den 1. i i'te måned.
Nsø2	Ekstrapoleret søkoncentration (kvælstof) den 1. i i+1'te måned.
NT	Total kvælstoftilførsel.
Nat	Atmosfærisk deposition
Nu	Kvælstoftilførsel fra umålt opland.
Nuk	Kvælstoftilførsel fra umålte punktkilder
OBb	Oplandsareal for Bredkær Bæk (17 km ²).
Ou	Oplandsareal for umålt opland (13.6 km ²).
PA	Fosforraførsel via afløb.
PB	Balance mellem fosfortilførsel og fosforraførsel via afløb.
PBb	Målt fosfortransport i Bredkær Bæk.
Pvb	Målt fosfortransport i Vasens Bæk.
PM	Magasinændring i Kilen, fosfor.
Psd	Fosfosedimentation i Kilen.
Ps	Fosfortilførsel via saltvandstilførsel.
Psø	Søkoncentration fosfor.
Psø1	Ekstrapoleret søkoncentration, fosfor den 1. i i'te måned.
Psø2	Ekstrapoleret søkoncentration, fosfor den 1. i i+1'te måned.
PT	Total fosfortilførsel.
Pu	Fosfortilførsel fra umålt opland.
Pat	Atmosfærisk deposition, fosfor
Puk	Fosfortilførsel fra umålte punktkilder (Mølbjerg Dambrug, Kielbo Dambrug, Spredt bebyggelse).
QBb	Målt vandtilførsel fra Bredkær Bæk.
QVb	Målt vandtilførsel fra Vasens Bæk.
QCNBb	Afstrømningskorrigeret kvælstofkoncentration i Bredkær Bæk, åbne land.
QCNM	Afstrømningskorrigeret kvælstofkoncentration fra målt opland, åbne land.
QCPV	Afstrømningskorrigeret fosforkoncentration i Bæk øst f. Resen Kirke.

QF	Total ferskvandstilførsel.
Qn	Nedbørsoverskud (nedbør-fordampning).
QNI	Afstrømningskorrigeret indløbskoncentration, kvælstof.
QPI	Afstrømningskorrigeret indløbskoncentration, fosfor.
QS	Total saltvandstilførsel.
QT	Total vandtilførsel.
QTA	$QBb + Qu + Qs$.
QA	Vandfraførsel via afløb.
Qu	Vandtransport fra umålt opland.
SØv	Søvolumen på månedsbasis.

BEREGNINGSMETODER TIL VAND- OG MASSEBALANCER

Vandbalance

Total vandtilførsel (QT) = $QS + QF$; hvor
 QF (total ferskvandstilførsel) = $QBb + QVb + Qn + Qu$; hvor
 Qu (vandtransport fra umålt opland) = $(QBb/OBb) * Ou$
 QS (total saltvandstilførsel) = $(Csi - Ck) / (Ck - Cv) * QF$
 QT = QA

Kvælstoftilførsel

Total kvælstoftilførsel (NT) = $NBb + NVb + Nuk + Nu + Ns + Nat$; hvor
 Nu (kvælstoftilførsel fra umålt opland) = $Qu * QCNM$
 Ns (kvælstoftilførsel via saltvandstilførsel) = $QS * CNs$
 Q vægтет indløbskoncentration (QNI) = NT / QTA

Fosfortilførsel

Total fosfortilførsel (PT) = $PBb + PVb + Puk + Pu + Ps + Pat$; hvor
 Pu (fosfortilførsel fra umålt opland) = $Qu * QCPV$
 Ps (fosfortilførsel via saltvandstilførsel) = $Qs * CPs$
 Q vægтет indløbskoncentration (QPI) = PT / QTA .

Kvælstofbalance

Balance mellem kvælstoftilførsel og kvælstoffraførsel via afløb (NB) = $NT - NA$; hvor
 NA = $Nsø * QT$
 Det antages altså, at tilført vandmængde (QT) = fraført vandmængde via afløb (QA)
 og at afløbskoncentrationen er = $Nsø$.
 Sedimentation/denitrifikation (Nsd) = $NT - NA - NM$; hvor
 NM (magasinændring) = $(Nsø2 - Nsø1) * SØv$

Fosforbalance

Balance mellem fosfortilførsel og fosforfraførsel via afløb(PB) = $PT - PA$; hvor

$PA = P_{s0} * QT$

Fosfosedimentation(Psd) = $PT - PA - PM$; hvor

PM (magasinændring) = $(P_{s2} - P_{s0}) * SØv$

Bilag 2.1

Vandbalance og opholdstid

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
J	166,5	57,2	2	133	37,6	358	396	0,960	0,101	1,061	1,057	0,956	6	1,045	276
F	171,4	53,3	26	137	86,0	387	473	0,937	0,208	1,145	1,083	0,875	15	1,109	231
M	160,1	50,7	-21	128	61,1	318	379	0,852	0,164	1,016	1,071	0,908	34	0,924	290
A	147,9	38,4	-76	118	106,9	229	336	0,593	0,277	0,870	1,067	0,790	85	0,649	321
M	129,8	40,5	-13	104	140,4	262	402	0,701	0,376	1,077	1,110	0,734	94	0,824	267
J	92,7	35,8	-109	74	111,8	93	205	0,242	0,290	0,532	0,815	0,525	130	0,195	521
J	84,5	35,6	-109	68	118,9	79	198	0,212	0,319	0,530	0,821	0,503	142	0,150	553
A	88,3	33,1	-46	71	166,3	146	312	0,390	0,445	0,836	0,960	0,514	138	0,467	344
S	108,5	37,6	27	87	117,9	260	378	0,673	0,306	0,979	0,909	0,604	65	0,810	287
O	114,9	41	121	92	213,3	369	582	0,988	0,571	1,560	1,235	0,664	21	1,504	183
N	221,4	77,3	179	177	322,7	655	978	1,698	0,836	2,534	2,070	1,233	8	2,514	117
D	154,1	53,5	82	123	170,0	412	582	1,105	0,455	1,560	1,341	0,886	0	1,560	189
Total/gns.															
År	136,7	46,2	5,2	109,3	137,8	297,4	435,1	9,351	4,348	13,699	13,540	9,192	737,979	11,751	251
Sommer	100,8	36,5	-50,0	80,6	131,1	167,9	298,9	2,218	1,735	3,953	4,616	2,880	568,937	2,446	360
1. Bredkær Bæk 2. Vasens Bæk 3. Nettonedbør. 4. Umålt opland. 5. Saltvand. 6. Total ferskvandstilførsel. 7. Total vandtilførsel. 8. Total ferskvandstilførsel. 9. Total saltvandstilførsel. 10. Total vandtilførsel															
11. Total vandtilførsel excl. nedbør. 12. Total ferskvandstilførsel excl. nedbør. 13. Fordampning 14. Total vandtilførsel - fordamp. 15. Hydraulisk middelopholdstid.															
Enhed 1-7: l/s ; 8-12: mill m ³ ; 15: døgn															
Afstrømningen fra umålt opland er beregnet ud fra arealafstrømningen til Bredkær Bæk.															
Det antages at tilført = fratført															

Bilag 2.2
Nedbør og fordampning

	Fordampning korrigeret (mm)	Nedbør korrigeret (mm)	Nettonedbør (mm)
J	4,8	6,05	1,25
F	10,8	29,28	18,48
M	27,6	10,98	-16,62
A	66	7,08	-58,92
M	75,6	65,55	-10,05
J	100,8	15,96	-84,84
J	114	26,88	-87,12
A	110,4	73,26	-37,14
S	50,4	71,19	20,79
O	16,8	114	97,2
N	6	145	139
D	0	65,45	65,45
Året	583,2	630,68	47,48

Bilag 2.3

Månedlige tilførsler af total-kvælstof

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
J	3630	904	6,682	5,901	6,482	2313	100	7146	7,260			556	7702
F	3789	776	7,570	5,436	6,505	2389	250	7404	6,951			556	7960
M	3668	812	7,038	5,980	6,783	2327	246	7253	7,686			556	7809
A	3102	864	6,396	8,401	6,645	2106	277	6549	8,168			556	7105
M	2845	592	6,314	5,457	6,110	1699	365	5701	5,811			556	6257
J	2310	434	6,909	4,526	6,084	1208	130	4283	9,099			556	4839
J	2141	460	6,588	4,824	6,065	1098	150	4049	8,684			556	4605
A	2191	405	6,516	4,568	5,985	1132	392	4320	5,835			556	4876
S	2585	448	6,880	4,449	6,090	1416	168	4817	5,490			556	5373
O	2881	636	7,249	5,792	6,866	1690	509	5916	4,149			556	6472
N	5924	2244	9,190	10,838	9,397	4458	1171	13997	5,743			556	14553
D	3850	933	7,753	6,511	7,433	2454	360	7797	5,354			556	8353
Totallgns.													
År	38916	9508	7,090	6,057	6,704	24292	4116	79232	6,686	8,747	8,172	6672	85904
Sommer	12072	2339	6,641	4,765	6,067	6554	1205	23170	6,984	11,157	7,626	2780	25950

1. Bredkær Bæk, kg. 2. Vasens Bæk. 3. VGT-koncentration i Bredkær Bæk, åbne land, mg/l. 4. VGT-koncentration i Vasens Bæk. 5. VGT-koncentration i målt opland.
6. Umålt opland, kg. 7. Struer Bugt, kg. 8. Total tilførsel, kg.
9. Q-vægtet indløbskonc. total incl. atm. dep. og nedbør, mg/l.
10. Q-vgt. indløbskonc. fersk incl. atm dep. og nedbør, mg/l.
11. Q-vgt. indløbskonc. via ferskvand fra opland, mg/l.
12. Atmosfærisk bidrag, kg. 13. Total tilførsel incl. atmosfærisk bidrag, kg.

Umålt opland er beregnet på baggrund af VGT-koncentrationer i Bredkær Bæk (åbne land) og Vasens Bæk * Q-umålt opland.

Bilag 2.4
Magasinændring af mængden af total-kvælstof

1996	1	2	3	4
1. jan 96	2050	9,42926	19330	19329,98
F	4100	9,42926	38660	-7466,89
M	3286	9,49272	31193	-8745,29
A	2414	9,29900	22448	-5538,07
M	1825	9,26560	16910	-1916,63
J	1624	9,23220	14993	-3371,69
J	1229	9,45598	11621	7373,081
A	2050	9,26560	18994	2546,86
S	2300	9,36580	21541	-1627,48
O	2157	9,23220	19914	3766,465
N	2400	9,86680	23680	1607,083
D	2662	9,49940	25287	1970,277
1. jan 97	2900	9,39920	27258	
Gns. _{år}		9,40254		
Gns. _{sem.}		9,31704		

1: Søkoncentration, $\mu\text{g/l}$.

2: Søvolumen, mill. m^3 .

3: Kvælstofmængde i søen, kg.

4: Magasinændring, kg.

Bilag 2.5
Kvælstofbalance

	1	2	3	4	5
J	7702	4493	19330	-16120	3210
F	7960	3771	-7467	11656	4189
M	7809	2864	-8745	13690	4945
A	7105	1396	-5538	11247	5709
M	6257	1442	-1917	6731	4815
J	4839	254	-3372	7957	4585
J	4605	284	7373	-3052	4321
A	4876	1004	2547	1325	3872
S	5373	1904	-1627	5096	3469
O	6472	4962	3766	-2257	1510
N	14553	6034	1607	6912	8519
D	8353	4368	1970	2014	3985
Total					
Ar	85904	32776	7928	45200	53128
Sommer	25950	4888	3004	18058	21062
1. Total Tilførsel. 2. Fraførsel via afløb. 3. Magasinændring.					
4. Sedimentation+denitrifikation. 5. Tilført-fracført. Enhed kg.					
Fraført stofmængde er beregnet ved søkoncentration*total vandtilførsel (månedsmiddel)					

Bilag 2.6
Månedlige tilførsler af total-fosfor

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
J	61	8	12,6	29	5	115	0,109	110	0,115	0,119	0,113	119
F	39	7	12,6	29	17	104	0,096	80	0,092	0,090	0,095	108
M	50	9	12,6	33	16	121	0,113	96	0,106	0,118	0,124	126
A	48	6	12,6	32	14	112	0,105	92	0,117	0,163	0,134	116
M	47	6	12,6	24	19	108	0,097	83	0,113	0,125	0,104	112
J	49	5	12,6	15	14	96	0,118	77	0,147	0,335	0,189	100
J	47	8	12,6	17	25	109	0,133	76	0,152	0,380	0,214	113
A	55	6	12,6	28	53	155	0,162	96	0,186	0,256	0,191	159
S	62	5	12,6	31	24	135	0,148	105	0,175	0,163	0,142	139
O	100	12	12,6	22	51	198	0,160	134	0,203	0,140	0,130	202
N	227	57	12,6	42	84	422	0,204	282	0,228	0,168	0,168	426
D	122	14	12,6	34	23	206	0,153	169	0,191	0,157	0,135	210
Total/gns.												
År	907	143	151	336	345	1882	0,133	1402	0,152	0,155	0,141	1932
Sommer	260	30	63	115	136	603	0,132	438	0,154	0,207	0,158	624

1. Bredkær Bæk 2. Vasens Bæk 3. Umålte punktkilder 4. Umålte åbne land 5. Struer Bugt 6. Total tilførsel incl. punktkilder 7. Q-vægtet indløbskoncentration, total 8. Total tilførsel via ferskvandsafstrømning 9. Q-vægtet indløbskoncentration via ferskvand, opland 10. Q-vægtet incl. atm. dep. og nedbørsoverskud 11. Q-vægtet indløbskonc. total incl. atm dep. og nedb. overskud. år/sommer. Enhed for 1-5 og 7, 11 er kg P og mg/l for 6, 8, 9 og 10. Q-vægtet indløbskoncentration er beregnet ud fra total vandtilførsel excl. nettonedbør. Atmosfærisk deposition = 50 kg/år. Umålte punktkilder = tilførsel fra Mølbjerg og Kielbo dambrug + udledning fra spredt bebyggelse direkte til Kilen.

Bilag 2.7
Magasinændring af mængden af total-fosfor

1996	1	2	3	4
1. jan 1996	164	9,43	1546,40	-792,06
F	80	9,43	754,34	289,86
M	110	9,49	1044,20	332,05
A	148	9,30	1376,25	-32,74
M	145	9,27	1343,51	-32,54
J	142	9,23	1310,97	-147,89
J	123	9,46	1163,09	625,18
A	193	9,27	1788,26	468,90
S	241	9,37	2257,16	-263,00
O	216	9,23	1994,16	-385,87
N	163	9,87	1608,29	-363,87
D	131	9,50	1244,42	-31,92
1. jan 1997	129	9,40	1212,50	-1212,50

1: Søkoncentration, $\mu\text{g/l}$.

2: Søvolumen, mill. m^3 .

3: Fosformængde i søen, kg.

4: Magasinændring, kg.

Bilag 2.8

Fosforbalance

	1	2	3	4	5	6
J	119	78	-792	833	0,249	41
F	108	111	290	-292	-0,088	-3
M	126	120	332	-327	-0,098	6
A	116	107	-33	42	0,013	9
M	112	120	-33	25	0,008	-7
J	100	22	-148	226	0,068	78
J	113	30	625	-542	-0,162	83
A	159	96	469	-405	-0,121	64
S	139	190	-263	212	0,063	-51
O	202	256	-386	332	0,099	-54
N	426	377	-364	413	0,124	49
D	210	187	-32	55	0,016	23
Total						
Ar	1932	1694	-334	572	0,171	238
Sommer	624	458	651	-484	-0,145	166
1. Total tilførsel. 2. Total fraførsel. 3. Magasinændring.						
4. Sedimentoptagelse. 5. Sedimentoptagelse g/m ² . 6. Tilførsel-raførsel.						
Enhed kg.						
Fraført stofmængde er beregnet ved søkoncentration*total vandtilførsel.						

Bilag 2.9
Månedlige tilførsler af total-jern

	1	2	3	4	5
J	259	0,581	207	466	0,488
F	129	0,311	103	232	0,265
M	135	0,315	108	243	0,268
A	125	0,326	100	225	0,285
M	105	0,302	84	189	0,257
J	59	0,246	47	106	0,202
J	63	0,278	50	113	0,226
A	55	0,233	44	99	0,192
S	93	0,331	74	167	0,277
O	414	1,345	331	745	1,123
N	1158	2,018	926	2084	1,690
D	518	1,255	414	932	1,052
Total/gns					
År	3113	0,628	2490	5603	0,527
Sommer	375	0,278	300	675	0,231

1. Bredkær Bæk, kg. 2. Q-vægtet koncentration i Bredkær Bæk, mg/l.
3. Umålt opland, kg. 4. Total tilførsel, kg. 5. Q-vægtet indløbskoncentration, mg/l. 6. Q-vægtet koncentration år/sommer, mg/l.

Bilag 2.10
Magasinændring af mængden af total-jern

	1	2	3	4
1. jan	200	9,43	1886	-85
F	191	9,43	1801	-140
M	175	9,49	1661	-155
A	162	9,30	1506	-589
M	99	9,27	917	71
J	107	9,23	988	-458
J	56	9,46	530	-66
A	50	9,27	463	473
S	100	9,37	937	-23
O	99	9,23	914	892
N	183	9,87	1806	750
D	269	9,50	2555	-431
1. jan 93	226	9,40	2124	-2124

1: Søkoncentration, $\mu\text{g/l}$.

2: Søvolumen, mill. m^3 .

3: Jernmængde i søen, kg.

4: Magasinændring, kg.

Bilag 2.11
Jernbalance

	1	2	3	4	5	6
J	466	212	-85	339	0,101	254
F	232	195	-140	177	0,053	38
M	243	183	-155	215	0,064	60
A	225	113	-589	701	0,210	112
M	189	113	71	5	0,002	76
J	106	32	-458	533	0,159	74
J	113	32	-66	148	0,044	82
A	99	54	473	-429	-0,128	45
S	167	142	-23	48	0,014	25
O	745	172	892	-318	-0,095	574
N	2084	608	750	727	0,218	1476
D	932	390	-431	973	0,291	542
Total						
År	5603	2246	238	3119	0,934	3358
Sommer	675	373	-3	305	0,091	302
1. Total tilførsel, kg. 2. Total fraførsel, kg. 3. Magasinændring, kg.						
4. Sedimentoptagelse, kg. 5. Sedimentoptagelse, g/m ² . 6. Tilført-fracført, kg.						

Bilag 3
Vandkemiske variabler 1989-1996

	Sigt dybde	pH	Alkalinitet	Tot-N	Nitrit+nitrat	Ammonium+ammoniak	Total-fosfor	Opløst fosfor	Silicium	Suspenderet stof	Glødetab	Klorofyl-a	Jern
	m		mval/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/m ³	mg/l
31-jan-89	1	7,9	1,7		1,7	0,05	0	0,01	6	27	11	68	
28-feb-89	1	8,1	1,64	2,3	1,7	0,002	0	0	5,6	26	9,8	75	
30-mar-89	0,5	8,4	1,66	2,6	1,2	0,014	0	0	5,4	37	20	110	
18-apr-89	0,5	8,9	1,63	2,2	0,87	0,002	0	0	5,6	39	17	140	
02-maj-89	0,65	9,3	1,76	1,7	0,49	0,028	0,1	0	5,7	63	40	200	
16-maj-89	0,4	9,6	1,92	1,7	0,01		0,1	0	5,6	69	37	257	
01-jun-89	0,5	9,6	1,82	1,7	0	0,001	0,2	0	5,7	70	53	196	
13-jun-89	0,4	9,9	1,8	1,5	0	0,003	0,2	0	5,1	64	45	139	
29-jun-89	0,5	9,3	1,99	1,8	0	0,001	0,3	0,06	4,6	93	30	124	
20-jul-89	0,35	9,2	1,85	1,9	0	0,008	0,3	0,06	4,9	57	49	159	
02-aug-89	0,35	9,4	1,84	2	0	0,001	0,4	0,06	5,3	105	45	150	
15-aug-89	0,45	9,7	1,96	2	0	0,007	0,3	0,05	6	120	67	150	
29-aug-89	0,22	9,6	1,89	1,7	0	0,003	0,3	0,07	6,6	140	58	146	
13-sep-89	0,4	9,6	2,05	2	0	0,001	0,4	0,09	6,9	112	68	170	
28-sep-89	0,55	9,5	2,03	1,8	0	0,003	0,3	0,06	7	82	49	108	
12-okt-89	0,4	9,1	2	2	0,05	0,001	0,3	0,09	7,2	48	35	196	
31-okt-89	0,5	8,9	1,98	1,8	0,29	0,008	0,3	0,08	7,2	28	21	130	
28-nov-89	0,5	8,2	1,99	2	0,82	0,17	0,2	0,07	7,5	14	11	110	
21-dec-89	0,65	7,2	1,82	2,4	1	0,12	0,2	0,04	7,2	25	15	120	
10-jan-90	0,7	7,9	1,83	2,5	1,7	0,054	0,1	0,05	7	41	16	130	
05-feb-90	0,9	7,9	1,73	2,8	1,7	0,18	0	0,02	6,4	18	16	87	
07-mar-90	0,7	7,9	1,92	2,7	1,6	0,005	0,1	0	5,7	31	18	145	
04-apr-90	0,9	8	1,68	2,5	1,7	0,005	0	0	5,4	12	11	51,9	
23-apr-90	0,75	8,9	1,69	2,2	1,1	0,006	0	0	5,6	26	12	98	
08-maj-90	0,5	9,6	2,11	1,9	0,14	0,007	0,1	0	5,4	59	32	164	
22-maj-90	0,25	9,7	1,92	2	0	0,004	0,2	0	5,8	68	40	260	
07-jun-90	0,25	9,7	1,84	2,2	0	0,001	0,3	0	6,8	77	39	320	
19-jun-90	0,3	9,8	2,19	2,3	0,07	0,001	0,4	0	6	74	45	298	
02-jul-90	0,25	9,4	1,84	2	0,02	0,001	0,4	0,03	6,5	72	50	296	
16-jul-90	0,35	9,1	2,13	2,3	0	0,001	0,4	0,09	6,4	63	38		
08-aug-90	0,5	9,1	2	2,3	0	0,005	0,4	0,08	7	85	40	150	
22-aug-90	0,35	9,5	2,11	1,3	0	0,001	0,3	0,1	7	31	31	140	

	Sigtidybde	pH	Alkalinitet	Tot-N	Nitrit+nitrat	Ammonium+ammoniak	Total-fosfor	Opløst fosfor	Silicium	Suspenderet stof	Glødetab	Klorofyl-a	Jern
	m		mval/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/m ³	mg/l
13-sep-90	0,35	9,4	2,05	2,2	0	0,001	0,4	0,11	6,8	94	58	180	
26-sep-90	0,35	9,1	2,04	2,9	0,01	0,001	0,3	0,11	6,5	84	22	180	
10-okt-90	0,4	8,9	1,93	2,4	0,35	0,005	0,3	0,1	6,6	65	39	180	
23-okt-90	0,4	8,7	1,93	2,2	0,44	0,013	0,3	0,09	6,4	67	31	130	
07-nov-90	0,55	8,6	1,97	2,3	0,88	0,001	0,2	0,06	6,8	46	19	87	
05-dec-90	0,6	7,7	1,84	2,4	1	0,26	0,2	0,09	6,3	37	6,8	38	
07-jan-91	0,85	7,6	2,08	2,5	1,4	0,28	0,2	0,06	5,7	12	6,8	30	
04-feb-91	1	7,9	1,73	2,6	1,9	0,17	0	0,02	5,9	12	3,1	23	
04-mar-91	0,9	7,8	1,78	2,5	2,2	0,1	0	0,01	5,8	22	7,2	26	
11-mar-91		7,4					0	0,05					
03-apr-91	0,6	8,2	1,68	2,8	1,9	0,005	0	0	5,7	39	7	78	
17-apr-91	1	7,9	1,68	2,6	1,8	0,048	0	0	5,2	23	7,7	19	
07-maj-91	0,65	8,1	1,75	2,4	1,6	0,001	0	0	5,1	23	11	52	
27-maj-91	0,45	9,4	1,85	2	0,46	0,006	0,1	0	4,9	51	21	140	
12-jun-91	0,35	9,9	1,9	2,2	0	0,001	0,2	0	5,1	140	54	200	
25-jun-91	0,4	9,6	1,98	1,7	0	0,001	0,2	0	4,7	98	56	170	
09-jul-91	0,3	9,5	1,74	1,7	0	0,001	0,2	0	3,2	100	51	140	
27-jul-91	0,3	9,4	1,94	2,1	0	0,001	0,3	0,03	4,5	48	34	170	
07-avg-91	0,4	9,8	1,82	1,7	0	0,001	0,3	0,04	4,7	116	73	120	
20-avg-91	0,35	9,7	1,89	2,1	0	0,001	0,3	0,05	4,8	152	62	160	
04-sep-91	0,35	9,6	1,85	2,3	0	0,001	0,4	0,05	4,7	132	62	100	
18-sep-91	0,6	8,9	1,95	2,3	0,18	0,2	0,3	0,16	5,2	56	40	35	
09-okt-91	0,8	8,3	1,97	1,9	0,4	0,17	0,3	0,14	5,6	26	11	29	
23-okt-91	0,8	8,3	1,94	2	0,64	0,08	0,2	0,1	5,9	25	15	46	
14-nov-91	0,75	8,3	1,9	2	0,63	0,002	0,2	0,04	4,6	32	11	120	
18-dec-91	1,25	8	2,13	1,8	1	0,11	0	0,02	3,9	9,1	3,7	35	
07-jan-92	1,1	7,8	1,88	2,4	1,3	0,2	0,1	0	3,5	27	7,3	4,2	
05-feb-92	1	7,9	1,85	2,4	1,4	0,075	0	0	0,5	19	4,2	57	
05-mar-92	1,5	8,3	1,84	1,8	1,4	0,014	0	0	0	21	7,3	31	
09-apr-92	1,65	8,2	1,83	1,9	1,3	0,008	0	0	0,2	19	6,2	10	
22-apr-92	0,8	7,9	1,88	2,1	1,2	0,003	0	0	0,5	26	6	37	
07-maj-92	0,7	7,7	1,88	2,5	1,2	0,007	0	0	1,3	36	13	42	
20-maj-92	0,45	8,9	1,88	2,3	0,83	0,001	0,1	0	1,9	36	18	89	
03-jun-92	0,3	9,2	1,95	2,3	0,01	0,001	0,5	0	2,8	62	31	190	
22-jun-92	0,4	9,4	2,02	2,2	0,1	0,001	0,3	0	4,8	52	35	95	

	Sigdybde	pH	Alkalinitet	Tot-N	Nitrit+nitrat	Ammonium+ammoniak	Total-fosfor	Opløst fosfor	Silicium	Suspenderet stof	Glødetab	Klorofyl-a	Jern
	m		mmol/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/m ³	mg/l
09-jul-92	0,28	9,8	2,06	2,6	0,03	0,001	0,4	0,07	5,8	104	50	97	
21-jul-92	0,2	9,6	1,73	2,6	0	0,006	0,4	0,04	4,1	125	68	93	
05-aug-92	0,55	8,7	1,95	2,2	0,04	0,047	0,3	0,07	5,4	28	21	30	
24-aug-92	0,65	8,6	2,04	1,8	0,16	0,02	0,2	0,05	2,3	28	13	15	
09-sep-92	1	9,1	1,94	1,3	0,01	0,001	0	0	0,3	24	13	31	
22-sep-92	1,15	9	1,99	1,3	0,04	0,001	0	0	0,6	22	11	28	
05-okt-92	1,5	8,3	1,97	1,6	0,24	0,19	0,1	0,02	2,3	18	7,8	38	
20-okt-92	0,72	8,1	1,98	2,1	0,53	0,001	0	0	3,3	43	8,5	76	
05-nov-92	0,65	7,9	1,77	2,2	0,86	0,035	0,1	0	0,8	34	6,7	84	
14-dec-92	1,35	7	1,78	2,1	1,4	0,031	0	0	2,3	12	4,3	34	
09-feb-93		7,2	1,71	2,4	1,6	0,004	0	0	1,8	21	8,6	55	0,1
08-mar-93	1,8	8,9	1,74	2,3	1,8	0,022	0	0	2,3	11	3,2	7	0,1
06-apr-93	1,2	7,9	1,77	2,4	1,6	0,014	0	0	3	14	8,1	22	0
27-apr-93	0,75	8,5	1,81	2,7	1,3	0,015	0	0	3	37	15	29	0
13-maj-93	0,7	9	2	1,9	0,45	0,001	0	0	3,5	57	19	63	0,1
26-maj-93	0,4	9,1	2,1	1,5	0	0,001	0,1	0	4,7	47	20	74	0,1
07-jun-93	0,5	9,3	1,99	1,4	0	0,001	0,2	0	5,4	30	19	79	0,1
21-jun-93	0,45	9,1	2,09	2,2	0	0,001	0,2	0	6,9	63	20	140	0,2
06-jul-93	0,45	8,9	2,1	1,9	0	0,001	0,2	0,02	6,7	51	30	170	0,2
20-jul-93	0,45	9,1	2,14	2,1	0	0,001	0,2	0	7	44	28	170	0,2
03-aug-93	0,45	9,4	2,05	2,2	0	0,001	0,3	0	7,2	62	37	300	0,2
18-aug-93	0,3	9	1,99	1,8	0	0,001	0,3	0,02	7,4	69	33	250	0,2
08-sep-93	0,35	9,2	1,99	2	0	0,001	0,3	0,01	7,6	85	45	190	0,1
21-sep-93	0,35	9,1	2,05	2,2	0	0,001	0,2	0,01	7,6	29	7,5	380	0,2
06-okt-93	0,35	8,9	2	2,5	0,27	0,001	0,2	0,02	7,8	79	31	370	0,2
20-okt-93	0,4	8,7	2	2,1	0,46	0,001	0,2	0,02	7,7	62	30	320	0,3
08-nov-93	0,4	8,6	2,01	2,6	0,47	0,001	0,2	0,01	7,9			400	0,2
16-dec-93	0,45	7,6	1,94	3	1,3	0,16	0,1	0,06	7	28	11	230	0,3
03-jan-94	0,5	7,8	1,81	2,92	0	0,13	0,1	0,02	6,8	53	9,5	190	0,3
03-feb-94	0,7	7,9	1,68	3	1,9	0,032	0	0,02	5,8	29	11	150	0,3
03-mar-94		7,7	1,99	3,3	2,6	0,079	0	0,02	7,6	12	6,7	35	0,4
07-apr-94	0,6	8,7	1,7	2,8	1,6	0,001	0,1	0	5,2	57	37	130	0,3
18-apr-94	0,35	8,7	1,77	2,8	1,1	0,001	0,1	0	5,2	35	18	320	0,2
02-maj-94	0,4	9,3		2,8	0,71	0,001	0,1	0	5,4	63	24	270	0,3
16-maj-94	0,35	9,6	1,84	2,3	0	0,001	0,1	0	5,6	59	27	320	0,2

	Sigtedybde	pH	Alkalinitet	Tot-N	Nitrit+nitrat	Ammonium+ammoniak	Total-fosfor	Opløst fosfor	Silicium	Suspenderet stof	Gledetab	Klorofyl-a	Jern
	m		mval/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/m ³	mg/l
06-jun-94	0,4	9,7	2,03	1,5	0,01	0,003	0,3	0	4,9	69	28	390	0,2
20-jun-94	0,35	9,5	1,94	2,2	0,03	0,002	0,3	0	5,5	78	40	270	0,2
05-jul-94	0,3	8,8	2,04	1,4	0	0,001	0,3	0	5,8	92	58	280	0,2
18-jul-94	0,3	9,8	2	2,02	0,02	0,001	0,3	0	5,3	91	43	270	0,1
01-aug-94	0,3	9,5	1,95	2,19	0,02	0,001	0,2	0,02	5,6	64	28	140	0
15-aug-94	1,45	7,5	2,09	2,32	0,18	0,84	0,3	0,18	6,3	21	3,6	17	0
05-sep-94	1,15	8,8	2,02	1,6	0,22	0,004	0,1	0,01	5,6	26	11	38	0
19-sep-94	0,8	8,5	1,95	2,9	0,24	0,11	0,2	0,01	2,2	42	31		0
10-okt-94	1	8,7	1,86	1,4	0,32	0,001	0	0	4	12	4,2	68	0
24-okt-94		8,6	1,88	1,4	0,23	0,003	0	0	3,4	10	4,4	75	0
09-nov-94	1,3	8,3		1,4	0	0,005	0	0	3,2	16	2	46	0
05-dec-94	2,4	7,6	1,84	1,8	0,95	0,24	0	0,02	3,9	22	4,2	12	0,1
16-jan-95	1,95	7,7	1,72	2,3	1,8	0,29	0	0,01	4,6	6,8	4,8	2	0,4
14-feb-95	1,9	8	1,62		2,1	0,003	0	0	4,4	14	2,2	34	0,2
14-mar-95	1,15	8,2	1,6	2,6	1,8	0,002	0	0	4,3	26	20	40	0
11-apr-95	1	8,3	1,56	2,3	1,6	0,002	0	0,01	4,1	36	19	69	0,2
25-apr-95	1	9	1,82	2,2	1,3	0,002	0	0	4,2	42	27	64	0
09-maj-95	1	8,5	1,67	2	1,1	0,002	0	0	3,9	30	13	58	0
23-maj-95	0,9	8,4	1,67	1,9	1,1	0,002	0	0	3,8	22	12	35	0
13-jun-95	0,65	9,3	1,99	1,6	0,03	0,006	0,1	0	4,4	37	31	240	0,1
27-jun-95	0,3	9,9	1,91	1,9	0	0,002	0,2	0,01	4,9	64	46	210	0,2
13-jul-95	0,35	9,6	1,93	1,7	0	0,074	0,3	0	5,6	47	41	180	0,2
27-jul-95	0,65	9,4	1,85	1,7	0	0,002	0,2	0,03	6,5	22	18	110	0,2
08-aug-95	0,8	9,1	3,85	2	0,19	0,21	0,3	0,15	7,1	45	21	67	0,4
22-aug-95	0,44	9,8	2	1,8	0,03	0,008	0,3	0,03	7,5	121	60	130	0,1
12-sep-95	0,35	9,7	2,1	1,6	0	0,002	0,4	0,02	7,6	67	65	200	0,2
26-sep-95	0,31	9,7	1,95	2,3	0,02	0,002	0,3	0,02	7,5	58	59	190	0,1
10-okt-95	0,48	9,3	1,9	1,9	0,01	0,007	0,3	0,01	7,3	60	48	160	0
24-okt-95	0,9	8,8	1,96	1,6	0,22	0,094	0,2	0,06	7,5	28	10	85	0
16-nov-95	0,95	8,2	1,95	2	0,75	0,29	0,2	0,08	7,4	23	12	72	0,2
07-dec-95	1	7,9	2,04	2,3	0,89	0,36	0,3	0,07	7,4	13	8,6	71	0,3
24-jan-96		7,5	1,66	4,3	3,8	0,32	0	0,05	7,7	5	5	3	0,2
21-feb-96	0,47	8,7	1,98	3,4	2,6	0,052	0,1	0	7,8	19	13	80	0,2
02-apr-96	0,8	9	1,7	3,1	2,1	0,033	0,1	0	6,9	14	7,6	68	0,2
16-apr-96	0,6	9,1	1,99	2	0,66	0,003	0,2	0,04	6,3	32	21	230	0,1

	Sigttybde	pH	Alkalinitet	Tot-N	Nitrit+nitrat	Ammonium+ammoniak	Total-fosfor	Opløst fosfor	Silicium	Suspenderet stof	Glødetab	Klorofyl-a	Jern
	m		mval/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/m ³	mg/l
02-maj-96	0,5	9,7	2	1,8	0,04	0,002	0,1	0	5,9	54	28	290	0
23-maj-96	0,6	10	2,11	1,7	0,03	0,002	0,2	0	5,6	51	31	270	0,1
13-jun-96	0,95	9,3	2,12	1,5	0,04	0,14	0,1	0,11	5,2	28	15	47	0
27-jun-96	1	9,7	2,23	1,1	0,03	0,002	0,1	0	5,1	34	21	59	0
11-jul-96	0,65	9,8	2,25	1,7	0	0,011	0,2	0	5,1	69	54	100	0
25-jul-96	0,45	9,7	2,02	2,1	0,02	0,006	0,2	0	2,9	74	42	100	0
07-aug-96	0,8	9	2,21	2	0,3	0,002	0,2	0	4,3	34	21	33	0
29-aug-96	0,45	9	2,38	2,3	0,05	0,003	0,2	0	5,2	26	24	110	0
12-sep-96	0,6	8,8	2,29	2,4	0,02	0,002	0,3	0	5,3	34	25	120	0,2
26-sep-96	0,5	9,1	2,26	2,3	0,04	0,002	0,2	0	4,5	55	31	250	0,1
10-okt-96	0,55	8,6	2,23	1,8	0,09	0,007	0,2	0	4,5	19	14	160	0
24-okt-96	0,6	8,5	2,15	2,4	0,41	0,004	0,2	0,02	5	17	12	160	0,1
14-nov-96	0,9	8	2,06	2,4	0,89	0,52	0,2	0,03	5,1	15	10	45	0,3
09-dec-96	1	8,4	2,02	2,8	1,5	0,5	0,1	0,05	5,4	23	12	9,2	0,3

Bilag 4

Beregnete månedsmiddelværdier samt års- og sommermiddelværdier for vandkemiske variabler 1989-1996

Månedsmiddelværdier, sommermiddelværdier og årsmiddelværdier								
Total-fosfor (mg/l)								
	89	90	91	92	93	94	95	96
JANUAR		0,122	0,127	0,096	0,044	0,099	0,052	0,112
FEBRUAR	0,076	0,096	0,083	0,073	0,042	0,085	0,048	0,094
MARTS	0,082	0,095	0,077	0,044	0,039	0,081	0,045	0,118
APRIL	0,098	0,085	0,080	0,061	0,043	0,105	0,059	0,157
MAJ	0,154	0,133	0,106	0,152	0,088	0,152	0,073	0,145
JUNI	0,257	0,366	0,211	0,356	0,197	0,266	0,137	0,123
JULI	0,344	0,390	0,276	0,348	0,241	0,273	0,236	0,185
AUGUST	0,337	0,351	0,332	0,228	0,257	0,228	0,285	0,203
SEPTEMBER	0,343	0,356	0,318	0,097	0,247	0,176	0,326	0,236
OKTOBER	0,287	0,271	0,249	0,105	0,209	0,079	0,227	0,174
NOVEMBER	0,217	0,200	0,169	0,098	0,187	0,053	0,188	0,147
DECEMBER	0,172	0,176	0,102	0,050	0,138	0,056	0,227	
SOMMER	0,287	0,319	0,248	0,236	0,206	0,219	0,211	0,178
ÅR	0,216	0,221	0,178	0,143	0,145	0,138	0,159	0,153
Ortofosfat (mg/l)								
	89	90	91	92	93	94	95	96
JANUAR		0,038	0,049	0,008	0,003	0,020	0,012	0,050
FEBRUAR	0,007	0,014	0,019	0,004	0,002	0,017	0,003	0,014
MARTS	0,001	0,002	0,028	0,001	0,001	0,014	0,004	0,003
APRIL	0,006	0,003	0,005	0,002	0,003	0,004	0,007	0,023
MAJ	0,004	0,004	0,003	0,003	0,003	0,006	0,004	0,011
JUNI	0,022	0,008	0,006	0,011	0,005	0,008	0,005	0,061
JULI	0,060	0,070	0,017	0,055	0,010	0,009	0,017	0,004
AUGUST	0,059	0,089	0,046	0,056	0,013	0,105	0,074	0,006
SEPTEMBER	0,077	0,108	0,120	0,007	0,014	0,015	0,019	0,006
OKTOBER	0,081	0,092	0,118	0,010	0,017	0,005	0,035	0,014
NOVEMBER	0,076	0,074	0,046	0,003	0,023	0,012	0,076	0,030
DECEMBER	0,052	0,081	0,022	0,003	0,045	0,020	0,064	
SOMMER	0,044	0,056	0,038	0,026	0,009	0,029	0,024	0,017
ÅR	0,041	0,049	0,040	0,014	0,012	0,020	0,027	0,021
Total-kvælstof (mg/l)								
	89	90	91	92	93	94	95	96
JANUAR		2,579	2,533	2,380	2,274	2,954	2,274	3,900
FEBRUAR	2,300	2,763	2,561	2,186	2,368	3,124	2,455	3,624
MARTS	2,459	2,633	2,623	1,839	2,334	3,112	2,532	3,224
APRIL	2,215	2,321	2,632	2,029	2,528	2,810	2,271	2,268
MAJ	1,701	2,023	2,224	2,366	1,867	2,290	1,950	1,728
JUNI	1,638	2,199	1,973	2,268	1,816	1,830	1,740	1,393
JULI	1,887	2,218	1,869	2,525	2,044	1,853	1,740	1,793
AUGUST	1,910	1,827	1,979	1,961	1,956	2,138	1,857	2,137
SEPTEMBER	1,883	2,338	2,248	1,365	2,128	2,256	1,880	2,334
OKTOBER	1,905	2,363	1,972	1,912	2,308	1,504	1,817	2,132
NOVEMBER	1,912	2,328	1,973	2,170	2,664	1,518	1,980	2,473
DECEMBER	2,291	2,433	1,917	2,134	2,942	1,930	2,694	
SOMMER	1,804	2,119	2,058	2,101	1,962	2,074	1,834	1,877
ÅR	2,009	2,332	2,206	2,096	2,268	2,271	2,098	2,460

Månedsmiddelværdier, sommermiddelværdier og årsmiddelværdier								
NO ₂ +NO ₃ -Kvælstof (mg/l)								
	89	90	91	92	93	94	95	96
JANUAR		1,649	1,565	1,323	1,516	0,810	1,762	3,222
FEBRUAR	1,700	1,667	2,011	1,399	1,646	2,184	2,026	2,895
MARTS	1,433	1,637	2,076	1,368	1,732	2,223	1,796	2,307
APRIL	0,888	1,327	1,802	1,253	1,453	1,248	1,481	0,934
MAJ	0,143	0,329	1,064	0,861	0,411	0,201	1,057	0,040
JUNI	0,005	0,034	0,068	0,066	0,005	0,019	0,155	0,036
JULI	0,005	0,009	0,005	0,026	0,006	0,014	0,010	0,030
AUGUST	0,005	0,005	0,005	0,098	0,005	0,149	0,088	0,177
SEPTEMBER	0,005	0,015	0,146	0,055	0,032	0,240	0,013	0,032
OKTOBER	0,122	0,392	0,507	0,457	0,376	0,259	0,131	0,253
NOVEMBER	0,582	0,899	0,681	1,003	0,654	0,299	0,681	0,931
DECEMBER	1,009	1,136	0,990	1,377	0,936	1,167	1,472	
SOMMER	0,033	0,079	0,260	0,223	0,093	0,125	0,267	0,063
ÅR	0,531	0,753	0,904	0,772	0,726	0,726	0,883	0,993
NH ₃ +NH ₄ -Kvælstof (mg/l)								
	89	90	91	92	93	94	95	96
JANUAR		0,095	0,242	0,155	0,015	0,089	0,247	0,319
FEBRUAR	0,025	0,121	0,144	0,055	0,009	0,052	0,035	0,121
MARTS	0,008	0,009	0,062	0,013	0,019	0,050	0,002	0,041
APRIL	0,010	0,006	0,028	0,006	0,014	0,003	0,002	0,011
MAJ	0,015	0,006	0,005	0,003	0,003	0,001	0,002	0,010
JUNI	0,002	0,001	0,002	0,001	0,001	0,002	0,005	0,075
JULI	0,005	0,002	0,001	0,009	0,001	0,001	0,042	0,007
AUGUST	0,004	0,003	0,001	0,030	0,001	0,462	0,086	0,003
SEPTEMBER	0,002	0,001	0,127	0,020	0,001	0,071	0,003	0,002
OKTOBER	0,004	0,008	0,123	0,074	0,001	0,010	0,055	0,027
NOVEMBER	0,097	0,087	0,027	0,033	0,036	0,074	0,268	0,442
DECEMBER	0,129	0,264	0,108	0,029	0,137	0,251	0,350	
SOMMER	0,006	0,002	0,027	0,013	0,001	0,109	0,028	0,019
ÅR	0,027	0,050	0,072	0,036	0,020	0,090	0,092	0,106
Silicium (mg/l)								
	89	90	91	92	93	94	95	96
JANUAR		6,843	5,781	2,512	2,011	6,379	4,509	7,648
FEBRUAR	5,793	6,178	5,860	0,368	1,937	6,550	4,409	7,747
MARTS	5,494	5,602	5,760	0,090	2,498	6,696	4,275	7,273
APRIL	5,565	5,496	5,344	0,408	2,994	5,285	4,144	6,383
MAJ	5,651	5,668	5,014	1,749	3,914	5,416	3,908	5,695
JUNI	5,072	6,374	4,859	4,064	6,164	5,303	4,509	5,215
JULI	4,878	6,527	3,990	4,981	6,916	5,534	5,840	4,215
AUGUST	6,004	6,963	4,735	3,559	7,362	5,984	7,275	4,620
SEPTEMBER	6,883	6,716	5,081	0,753	7,611	3,703	7,546	4,978
OKTOBER	7,170	6,524	5,660	2,538	7,756	3,584	7,410	4,738
NOVEMBER	7,364	6,617	4,686	1,269	7,690	3,422	7,417	5,140
DECEMBER	7,271	6,100	3,943	2,144	7,049	4,080	7,460	
SOMMER	5,694	6,449	4,733	3,029	6,387	5,197	5,813	4,942
ÅR	6,105	6,302	5,054	2,050	5,344	5,158	5,734	5,768

Månedsmiddelværdier, sommermiddelværdier og årsmiddelværdier								
Suspenderet stof (mg/l)								
	89	90	91	92	93	94	95	96
JANUAR		33,2	12,5	23,4	17,1	42,6	9,2	6,9
FEBRUAR	26,5	22,6	15,8	19,8	18,3	21,9	15,2	14,9
MARTS	31,9	24,1	28,8	20,3	12,2	28,7	26,8	15,6
APRIL	42,9	21,1	27,9	23,1	25,1	47,9	37,4	31,2
MAJ	67,5	54,6	38,1	39,2	49,4	61,5	27,8	50,6
JUNI	74,4	74,3	111,0	59,3	47,9	75,5	44,2	33,2
JULI	75,4	69,1	79,1	100,2	50,1	85,3	40,8	64,4
AUGUST	122,0	59,3	131,0	29,8	68,9	32,7	79,8	32,4
SEPTEMBER	106,6	82,4	79,1	22,7	59,0	32,6	69,1	40,1
OKTOBER	46,6	66,3	27,3	31,9	65,7	13,2	44,4	21,5
NOVEMBER	20,1	44,0	27,7	28,0	45,9	17,4	22,4	16,8
DECEMBER	23,2	28,5	14,9	14,2	35,7	18,0	11,7	
SOMMER	89,2	67,8	87,6	50,4	55,1	57,6	52,3	44,2
ÅR	58,1	48,4	49,6	34,4	41,4	39,9	35,8	29,7
Glødetab (mg/l)								
	89	90	91	92	93	94	95	96
JANUAR		15,6	5,5	6,1	6,8	9,9	4,4	5,9
FEBRUAR	10,4	16,7	4,7	5,3	7,1	8,9	4,9	11,0
MARTS	15,2	15,4	7,1	6,9	4,9	18,1	18,2	10,0
APRIL	22,1	12,1	8,0	6,7	11,4	26,1	21,9	18,7
MAJ	41,6	29,6	16,3	17,6	18,3	26,1	14,7	28,9
JUNI	42,0	43,2	50,2	34,2	20,6	37,0	33,9	19,6
JULI	42,8	41,6	46,0	53,0	29,7	45,0	32,8	43,6
AUGUST	58,6	36,9	64,9	17,5	36,0	11,1	41,8	23,4
SEPTEMBER	59,8	42,0	44,1	11,8	26,6	20,5	61,7	26,7
OKTOBER	32,5	32,4	14,2	8,1	28,5	6,0	31,4	14,7
NOVEMBER	15,3	15,6	10,8	6,1	20,9	2,8	11,1	10,9
DECEMBER	13,9	6,9	5,3	4,9	11,9	4,3	8,0	
SOMMER	49,0	38,6	44,3	26,9	26,3	27,9	36,9	28,5
ÅR	32,3	25,7	23,2	14,9	18,6	18,0	23,8	19,3
pH								
	89	90	91	92	93	94	95	96
JANUAR		7,8	7,7	7,8	7,1	7,9	7,7	7,6
FEBRUAR	8,0	7,9	7,9	8,0	7,6	7,8	8,0	8,4
MARTS	8,2	7,9	7,7	8,2	8,5	8,1	8,2	8,9
APRIL	8,8	8,5	8,0	8,0	8,2	8,8	8,6	9,2
MAJ	9,5	9,5	8,7	8,5	9,0	9,5	8,5	9,9
JUNI	9,6	9,7	9,7	9,3	9,2	9,5	9,4	9,5
JULI	9,2	9,2	9,5	9,6	9,1	9,4	9,6	9,7
AUGUST	9,6	9,3	9,7	8,7	9,2	8,3	9,5	9,0
SEPTEMBER	9,5	9,3	9,1	8,9	9,1	8,6	9,7	8,9
OKTOBER	9,1	8,8	8,3	8,2	8,8	8,6	9,1	8,6
NOVEMBER	8,5	8,3	8,3	7,7	8,4	8,1	8,2	8,1
DECEMBER	7,5	7,7	8,0	7,1	7,8	7,7	7,8	
SOMMER	9,5	9,4	9,3	9,0	9,1	9,1	9,3	9,4
ÅR	8,9	8,7	8,6	8,3	8,5	8,5	8,7	8,9

Månedsmiddelværdier, sommermiddelværdier og årsmiddelværdier								
Alkalinitet (mmol/l)	89	90	91	92	93	94	95	96
JANUAR		1,80	1,95	1,88	1,74	1,76	1,72	1,74
FEBRUAR	1,67	1,79	1,75	1,85	1,72	1,81	1,63	1,89
MARTS	1,65	1,83	1,74	1,84	1,75	1,88	1,60	1,82
APRIL	1,66	1,70	1,69	1,86	1,79	1,75	1,67	1,91
MAJ	1,85	1,94	1,80	1,89	2,00	1,87	1,69	2,07
JUNI	1,86	1,99	1,92	1,99	2,05	1,99	1,87	2,16
JULI	1,89	2,03	1,85	1,91	2,11	2,00	1,95	2,16
AUGUST	1,91	2,06	1,86	1,99	2,01	2,04	2,72	2,27
SEPTEMBER	2,02	2,05	1,92	1,97	2,02	1,97	2,03	2,29
OKTOBER	2,00	1,94	1,95	1,95	2,00	1,87	1,93	2,19
NOVEMBER	1,98	1,93	1,94	1,78	1,97	1,86	1,97	2,07
DECEMBER	1,87	1,92	2,06	1,77	1,85	1,81	1,96	
SOMMER	1,91	2,01	1,87	1,95	2,04	1,97	2,05	2,19
ÅR	1,85	1,92	1,87	1,89	1,92	1,88	1,90	2,05
Jern (mg/l)	89	90	91	92	93	94	95	96
JANUAR				0,17	0,11	0,29	0,30	0,21
FEBRUAR				0,16	0,11	0,35	0,18	0,18
MARTS			0,21	0,16	0,10	0,35	0,10	0,18
APRIL			0,20	0,15	0,07	0,27	0,12	0,12
MAJ			0,20	0,15	0,13	0,20	0,05	0,11
JUNI			0,20	0,14	0,17	0,17	0,16	0,07
JULI			0,19	0,14	0,18	0,13	0,22	0,06
AUGUST			0,19	0,14	0,19	0,06	0,23	0,06
SEPTEMBER			0,18	0,13	0,17	0,07	0,13	0,14
OKTOBER			0,18	0,13	0,23	0,07	0,09	0,12
NOVEMBER			0,17	0,12	0,22	0,05	0,20	0,25
DECEMBER			0,17	0,12	0,26	0,18	0,26	
SOMMER			0,19	0,14	0,17	0,13	0,16	0,09
ÅR			0,19	0,14	0,16	0,18	0,17	0,14
Klorofyl-a (µg/l)	89	90	91	92	93	94	95	96
JANUAR		117,0	27,7	22,9	46,2	173,3	7,2	18,1
FEBRUAR	71,6	106,6	24,2	47,1	42,5	102,5	31,2	59,7
MARTS	93,7	111,5	47,1	24,5	13,2	70,9	44,5	73,0
APRIL	143,1	80,9	42,5	24,6	25,4	232,8	64,8	197,2
MAJ	226,5	184,4	93,3	84,4	62,1	319,3	58,3	265,3
JUNI	146,7	304,2	178,7	132,4	115,3	319,6	203,7	79,4
JULI	147,3	240,6	153,6	87,3	188,8	246,1	157,6	91,3
AUGUST	149,0	150,9	137,0	24,0	256,8	51,1	108,6	70,1
SEPTEMBER	145,8	175,3	57,8	29,2	293,0	47,0	188,1	166,1
OKTOBER	161,3	152,5	41,7	62,1	349,4	68,4	127,5	164,4
NOVEMBER	119,0	72,9	98,5	69,9	358,3	38,1	74,1	55,1
DECEMBER	117,9	35,8	42,8	39,6	238,7	9,7	57,3	
SOMMER	163,3	210,7	124,1	71,4	182,9	196,8	142,6	134,6
ÅR	138,7	144,5	79,0	53,9	166,5	140,0	93,7	110,3

Månedmiddelværdier, sommermiddelværdier og årsmiddelværdier								
Clorid ($\mu\text{g/l}$)								
	89	90	91	92	93	94	95	96
JANUAR						4501,072	4788,764	2052,258
FEBRUAR						4070,574	4615,961	2413,705
MARTS						3908,668	4152,823	2498,293
APRIL						4497,114	3726,131	3487,683
MAJ					5632,237	4444,401	3301,889	4443,502
JUNI					5874,083	5028,96	3152,292	5024,071
JULI					6259,747	5001,237	3194,18	5391,764
AUGUST					6033,425	5484,622	3381,206	5661,624
SEPTEMBER					5920,556	5933,962	3251,119	4260,929
OKTOBER					5045,153	5363,963	3944,595	5406,605
NOVEMBER					4851,807	5083,923	4192,609	4979,636
DECEMBER					4650,679	5241,895	3701,613	4586,4
SOMMER					5971,206	5174,678	3256,849	4960,481
ÅR					5528,176	4883,881	3778,982	4165,465
Sigtdybde (m)								
	89	90	91	92	93	94	95	96
JANUAR		0,75	0,90	1,07	1,53	0,58	1,99	0,73
FEBRUAR	1,00	0,83	0,96	1,18	1,68	0,68	1,81	0,54
MARTS	0,73	0,77	0,78	1,54	1,61	0,63	1,20	0,65
APRIL	0,53	0,80	0,82	1,21	1,00	0,46	1,01	0,64
MAJ	0,49	0,38	0,57	0,54	0,60	0,37	0,94	0,58
JUNI	0,45	0,27	0,38	0,35	0,47	0,36	0,56	0,92
JULI	0,39	0,35	0,31	0,29	0,45	0,30	0,46	0,63
AUGUST	0,35	0,41	0,36	0,62	0,36	1,11	0,59	0,63
SEPTEMBER	0,42	0,35	0,54	1,08	0,35	0,96	0,35	0,54
OKTOBER	0,46	0,41	0,79	1,00	0,38	1,06	0,66	0,58
NOVEMBER	0,50	0,56	0,82	0,85	0,41	1,59	0,95	0,87
DECEMBER	0,61	0,69	1,16	1,32	0,46	2,26	0,93	
SOMMER	0,42	0,35	0,43	0,57	0,44	0,62	0,58	0,66
ÅR	0,54	0,55	0,70	0,92	0,77	0,87	0,95	0,67

Bilag 5
Sedimentkemi 1996

Analysedata

Station	Dybde	TS	GT	Tot-P	Tot-N	Jern	Calcium
nr.	cm	g/kg VV	g/kg TS	g/kg TS	g/kg TS	g/kg TS	g/kg TS
S1	0-2	58	351	1,59	7,3	28	6,6
S1	2-5	81	332	1,34	5,9	29	4,6
S1	5-10	97	301	0,98	4,6	36	4,5
S1	10-20	99	293	1,09	5,7	31	4,5
S1	20-30	112	268	0,59	5,4	36	4,3
S1	30-50	146	247	0,40	3,7	40	4,7
S1	50-52	127	264	0,44	4,0	39	4,4
S2	0-2	45	323	1,66	7,7	22	4,8
S2	2-5	51	314	1,26	7,1	31	6,1
S2	5-10	75	310	1,06	9,0	26	4,9
S2	10-20	94	266	1,09	6,1	27	4,1
S2	20-30	109	243	0,92	5,3	33	4,2
S2	30-50	137	221	0,65	4,8	34	3,8
S2	50-57	147	218	0,40	5,4	33	3,7
S3	0-2	39	416	2,30	14,1	20	4,6
S3	2-5	48	277	1,13	6,4	48	7,5
S3	5-10	92	231	0,80	4,8	30	5,1
S3	10-20	203	193	0,61	2,7	13	2,9
S3	20-30	223	149	0,28	2,6	37	3,5
S3	30-40	284	131	0,08	-	35	4,9

Fosforpuljer

St. nr.	Område	Areal	TP 0-20/30 cm	Udv.-P0-10 cm	Udv.-P0-15 cm	Udv.-P0-20 cm
		m ²	kg P	kg P	kg P	kg P
S1	vest	867.000	26.300	5.950	7.590	9.220
S2	centrale	907.000	17.600	4.210	5.590	6.960
S3	øst	501.000	11.700	2.710	3.810	4.910
I alt	ha	227,5				
I alt	tons		56	13	17	21

Station S1		Station S2		Station S3	
Dybde	Total Fe/ total-P	Dybde	Total-Fe/ total-P	Dybde	Total-Fe/ total-P
0-2	17	0-2	13	0-2	9
2-5	21	2-5	25	2-5	43
5-10	36	5-10	25	5-10	37
10-20	29	10-20	25	10-20	21
20-30	61	20-30	36	20-30	132
30-50	101	30-50	52	30-40	445
50-52	89	50-57	83	-	-

Sedimentanalyser

Station	Dybde	ads-P	Fe-P	Ca-P	Res-P	TP	TS	GT	GT
nr.	cm	mg/kgTS	mg/kgTS	mg/kgTS	mg/kgTS	mg/kgTS	g/kg	g/kg	g/kg TS
S1	0-2	4.7	319	16.2	1129	1586	57.81	20.30	351
S1	2-5	3.2	225	16.1	1091	1341	81.21	26.97	332
S1	5-10	2.9	213	18.8	730	979	97.02	29.24	301
S1	10-20	4.2	185	17.2	871	1085	99.39	29.16	293
S1	20-30	2.2	174	20.5	392	594	111.99	29.97	268
S1	30-50	1.6	131	32.5	215	396	145.70	35.99	247
S1	50-52	2.9	170	19.4	237	441	127.36	33.56	264
S2	0-2	7.4	520	26.8	1067	1660	44.87	14.51	323
S2	2-5	4.1	379	18.7	852	1256	50.93	15.98	314
S2	5-10	5.8	280	15.5	764	1059	75.28	23.37	310
S2	10-20	3.0	229	14.3	815	1092	94.44	25.09	266
S2	20-30	3.8	237	16.3	598	918	108.87	26.46	243
S2	30-50	2.4	154	18.6	433	648	137.03	30.35	221
S2	50-57	1.0	166	29.3	181	397	147.35	32.16	218
S3	0-2	7.8	510	18.1	1701	2296	38.96	16.22	416
S3	2-5	7.2	293	35.1	765	1126	47.78	13.24	277
S3	5-10	2.3	164	21.1	606	803	91.57	21.20	231
S3	10-20	2.0	64	6.8	535	614	203.24	39.23	193
S3	20-30	1.1	66	14.3	194	280	223.40	33.27	149
S3	30-40	1.5	48	17.1	6	79	283.91	37.14	131

Beregning af den totale fosforpulje i sedimentet

Station	Dybde	TS	GT	Rumvægt	TP	TP	TP/dyb.	TPsum
	cm	g/kg	g/kgTS	kg/m ³	gP/kgTS	g/m ³	g/m ²	g/m ²
S1	0-2	58	351	1061	1.59	97	1.95	1.95
S1	2-5	81	332	1088	1.34	118	3.55	5.50
S1	5-10	97	301	1110	0.98	105	5.27	10.77
S1	10-20	99	293	1114	1.09	120	12.01	22.79
S1	20-30	112	268	1133	0.59	75	7.53	30.32
S1	30-50	146	247	1177	0.40	68	13.59	43.91
S1	50-52	127	264	1152	0.44	65	1.29	45.20
S2	0-2	45	323	1049	1.66	78	1.56	1.56
S2	2-5	51	314	1057	1.26	68	2.03	3.59
S2	5-10	75	310	1084	1.06	86	4.32	7.91
S2	10-20	94	266	1112	1.09	115	11.47	19.39
S2	20-30	109	243	1133	0.92	113	11.33	30.72
S2	30-50	137	221	1172	0.65	104	20.83	51.55
S2	50-57	147	218	1186	0.40	69	4.85	56.40
S3	0-2	39	416	1037	2.30	93	1.86	1.86
S3	2-5	48	277	1056	1.13	57	1.70	3.56
S3	5-10	92	231	1114	0.80	82	4.09	7.65
S3	10-20	203	193	1264	0.61	158	15.77	23.42
S3	20-30	223	149	1306	0.28	82	8.16	31.58
S3	30-40	284	131	1397	0.08	31	3.12	34.70

Beregning af udvekslelige fosforpuljer

Station	Dybde	Ads-P	Fe-P	Res-P	Udv.-P	Udv.-P	Udv-P/dyb.	Udv-P-sum
	cm	mg/kgTS	mg/kgTS	mg/kgTS	gP/kgTS	g/m ³	g/m ²	g/m ²
S1	0-2	2	169	903	1.07	66	1.32	1.32
S1	2-5	0	75	865	0.94	83	2.49	3.81
S1	5-10	1	62	504	0.57	61	3.05	6.86
S1	10-20	2	35	645	0.68	75	3.77	10.64
S1	20-30	0	24	166	0.19	24	1.20	11.84
S1	30-50	0	0	0	0	0	0	0
S1	50-52	0	0	0	0	0	0	0
S2	0-2	0	360	760	1.12	53	1.06	1.06
S2	2-5	0	219	544	0.76	41	1.23	2.29
S2	5-10	0	120	457	0.58	47	2.36	4.64
S2	10-20	0	69	508	0.58	61	3.03	7.67
S2	20-30	2	77	291	0.37	46	2.28	9.95
S2	30-50	0	0	0	0	0	0	0
S2	50-57	0	0	0	0	0	0	0
S3	0-2	7	444	1508	1.96	79	1.58	1.58
S3	2-5	6	228	571	0.80	41	1.22	2.80
S3	5-10	0	98	412	0.51	52	2.60	5.40
S3	10-20	1	0	341	0.34	88	4.39	9.80
S3	20-30	0	0	0	0	0	0	0
S3	30-40	0	0	0	0	0	0	0

Bilag 6
Plankton

Bilag 6.1
Plantep plankton antal/ml

Kilen

Fytoplankton antal/ml	DATO																
	960313	960403	960416	960502	960523	960613	960627	960711	960725	960807	960829	960912	960926	961010	961024	961114	961209
Taxonomisk gruppe NOSTOCOPHYCEAE																	
<i>Chroococcus</i> sp.																	
<i>Leptormanniella pallida</i>																	
<i>Woronichinia cf. compacta</i>																	
<i>Merismopedia punctata</i>																	
<i>Merismopedia tenuissima</i>																	
<i>Microcystis holsatica</i>																	
<i>Aphanothece cf. smithii</i>																	
Chroococcales spp., koloni, celler ca. 1 µm																	
Chroococcales spp., enkelceller (1-2 µm)																	
<i>Cyanodictyon imperfectum</i>																	
<i>Cyanodictyon planctonicum</i>																	
<i>Cyanonephron styloides</i>																	
<i>Anabaena</i> spp.																	
<i>Limnothrix planctonica</i>																	
<i>Spirulina subsalsa</i>																	
Blågrønalgae spp. filamenter																	
CRYPTOPHYCEAE																	
<i>Cryptomonas</i> spp. (20-30µm)																	
<i>Rhodomonas lacustris</i>																	
<i>Katablepharis</i> sp.																	
<i>Leucocryptos</i> (5-10 µm)																	
<i>Leucocryptos</i> (10-15 µm)																	
Cryptophyceae spp. (< 5 µm)																	
Cryptophyceae spp. (5-10 µm)																	
Cryptophyceae spp. (10-20 µm)																	
DINOPHYCEAE																	
<i>Prorocentrum minimum</i>																	
<i>Diplopsalis</i> -gruppen spp. cf. <i>Gymnodinium sanguineum</i>																	
<i>Katodinium rotundatum</i>																	
<i>Oxyrris marina</i>																	
<i>Protoperidinium</i> spp.																	
<i>Ebria tripartita</i>																	
<i>Ebria</i> -lign. flagellat																	
<i>Magne furealger</i> (A) (< 10 µm)																	
<i>Magne furealger</i> (A) (10-20 µm)																	
<i>Magne furealger</i> (A) (20-50 µm)																	
<i>Thekate furealger</i> (A) (< 10 µm)																	
<i>Thekate furealger</i> (A) (10-20 µm)																	
<i>Thekate furealger</i> (A) (20-50 µm)																	

Kilen

Fytoplankton antal/ml	DATO																
	960313	960403	960416	960502	960523	960613	960627	960711	960725	960807	960829	960912	960926	961010	961024	961114	961209
CHRYSTOPHYCEAE	+																
Paraphysomonas spp.		+															
Apedinella/Pseudopedinella sp.		+															
SYNUROPHYCEAE																	
Synura spp.																	
DIATOMOPHYCEAE																	
Centriske kiselalger																	
Chaetoceros sol. spp.																	
Melosira nummuloides																	
Melosira varians																	
Aulacoseira spp. 5-10 µm																	
Skeletonema costatum																	
Centriske kiselalger spp. (< 10 µm)																	
Centriske kiselalger spp. (10-20 µm)																	
DIATOMOPHYCEAE																	
Pennate kiselalger																	
Asterionella formosa																	
Diatoma tenuis																	
Fragilaria capucina																	
Fragilaria ulna																	
Fragilaria ulna var. acus																	
Fragilaria berolinensis																	
Navicula sp.																	
Nitzschia sp.																	
Nitzschia clost./long.																	
Pennate kiselalger spp. > 100 µm																	
TRIBOPHYCEAE																	
Goniochloris mutica																	
PRYMNESTIOPHYCEAE																	
Chrysochromulina parva																	
EUGLENOPHYCEAE																	
Euglena spp.																	
PRASINOPHYCEAE																	
Prasinophyceae spp.																	
CHLOROPHYCEAE																	
Volvocales																	
Volvocale grønalger spp. 5-10 µm																	
Volvocale grønalger spp. >10 µm																	
CHLOROPHYCEAE																	
Chlorococcales																	
Coelastrum microporum																	
Kirchneriella sp.																	

Kilen

Fytoplankton antal/ml	DATO																
	960313	960403	960416	960502	960523	960613	960627	960711	960725	960807	960829	960912	960926	961010	961024	961114	961209
Kirchneriella contorta	+						+			+		+				+	
Oocystis spp.						+											+
Pediastrum boryanum							+										+
Pediastrum duplex																	
Scenedesmus spp., Acutodesmus gruppen					+												
Scenedesmus spp., Armati gruppen		+			+				+		+						
Scenedesmus spp., Spinosi gruppen					+										+		
Scenedesmus spp., Desmodesmus gruppen	+																
Scenedesmus spp.				155.10	227.11	94.44	132.94										
Monoraphidium sp.				92417	7500.5	2260.0	1207.5	1927.6	1650.7	524.38	3279.2	360.05	509.61	64737	75898	36051	31252
Monoraphidium contortum		16022	33370														
Monoraphidium komarkovae																	
Monoraphidium minutum	+																
Chlorella sp.	218212	966293	1.E+06	2.E+06	2.E+06	126943	79916	66225	41967	10715	148448	508964	1.E+06	105811	589327	105365	129473
Lobocystis planctonica																	
CHLOROPHYCEAE																	
Ulotricales																	
Planktonema lauterbornii																	
UBEST. / FATAL. CELLER																	
Ubestemt flagellat sp.		322.77	173.46														
Ubestemte flagellater (A) (< 5 µm)	5415.5	26812	5475.2	4687.8	1071.5	154.7.7	3616.3	2993.9	2321.6	1875.1		49408	30806	31922	9375.7	7366.6	4464.6
Ubestemte flagellater (A) (5-10 µm)	902.58	1486.6	1360.5		2768.1	476.22	2366.2			238.19		2053.7	4408.8				829.14
Ubestemte flagellater (A) (10-15 µm)					1562.6												
ANDRE FLAGELLATER																	
Choanoflagellater spp.																	
ANDRE ZOOFLAGELLATER		+	1426.9														
Ubestemte flagellater (H) (< 5 µm)				3393.1						6250.4	20686						956.70
Ubestemte flagellater (H) (5-10 µm)				2634.1				1155.5	535.75		3571.7			8100.1	9078.0	11496	
Ubestemte flagellater (H) (10-15 µm)														376.67	339.74	952.74	

Bilag 6.2Plantepilankton mm³/l

Kilen

Fytoplankton volumenbiomasse mm ³ /l = mg vådvægt/l	DATO																
	960313	960403	960416	960502	960523	960613	960627	960711	960725	960807	960829	960912	960926	961010	961024	961114	961209
Taxonomisk gruppe NOSTOCOPHYCEAE																	
Merisopedia punctata					.0034	.0457	.9738 .0368	1.3206	1.4406	.9471	.8957	.0587	.0324	.0718	.0525	.0073	.0005
Merisopedia tenuissima																	
Chroococcales spp., koloni, celler ca. 1 µm				.5436	1.0029	.9404	10.181	16.225	15.941	2.6864	23.229	7.0782	1.8088	1.7581	1.8259	.0172	.0164
Chroococcales spp., enkeltceller (1-2 µm)	.0692	.0421	.0504	.0074	.0961	.9725 .0107	.3031 .0477	1.4416 .1339	1.9792 .2809	.9584 .4992	2.1584 .1496	1.8432 .0879	2.4895 .1306	1.0975 .1433	.9048 .0485	.1305	.4535
CRYPTOPHYCEAE																	
Rhodomonas lacustris	.1865	.0913	.0042		.0134						.0526	.0657	.0190	.0137			
Leucocryptos (5-10 µm)		.0653										.0164					
Leucocryptos (10-15 µm)												.0298					
Cryptophyceae spp. (< 5 µm)					.0044	.0101	.1956	.0603	.0248	.0842	.1984	.1066	.2718	.1996	.1987		.0230
Cryptophyceae spp. (5-10 µm)					.0540	.0132	.0212	.0910	.0456	.1685				.1238			
Cryptophyceae spp. (10-20 µm)	.2147	.2032	.1501	.0915	.0540	.0191	.2387				.0239	.0434	.2239	.1097	.5655	1.1278	.2407
DINOPHYCEAE																	
Diplopsalis-gruppen spp. cf. Gymnodinium sanguineum	1.7632	5.9365	.2415 .7078	.0246	.2226	.2123	.0669		.2668	.5841	2.1289	.4846					.0345
Katodinium rotundatum																	
Oxyrris marina			.5727							7.1678	1.6819	.2686		1.6847	.1377		
Ebria tripartita		.0495															
Ebria-lign. flagellat		.2285															
Nøgne furealger (A) (20-50 µm)	.1993																
Thekate furealger (A) (10-20 µm)	.0730				.0484		.1468										
Thekate furealger (A) (20-50 µm)	1.3974	2.5872	2.2516														
DIATOMOPHYCEAE																	
Centriske kiselalger																	
Chaetoceros sol. spp.	.1984	.9493	.5833	.3185	.7703	.0386	.3342	.6221	.0651	.3764							
Centriske kiselalger spp. (< 10 µm)		.2473															
Centriske kiselalger spp. (10-20 µm)		.0618	.0355	.0401										.0604			
CHLOROPHYCEAE																	
Volvocales																	
Volvocale grønalger spp. 5-10 µm	.0371																
Volvocale grønalger spp. >10 µm	.1345																
CHLOROPHYCEAE																	
Chlorococcales																	
Kirchneriella sp.				.0363	.0393	.0056	.0118										
Scenedesmus spp.				.0071	.0128	.0037	.0035										
Monoraphidium sp.																	
Monoraphidium contortum	.0869	.3010	2.0703	3.5171	.4148	.0950	.0419	.0984	.0599	.0140	.0551	.0121 .1455	.0234 .5123	.7256	.6139	.3355	.2688

Kilen

Fytoplankton volumenbiomasse mm ³ /l = mg vådvägt/l	DATO																
	960313	960403	960416	960502	960523	960613	960627	960711	960725	960807	960829	960912	960926	961010	961024	961114	961209
Chlorella sp. UBEST. / FÄTAL. CELLER	2.4453	7.9827	9.6454	9.7011	15.274	.8682	.3517	.3325	.2654	.0446	.8979	2.5359	6.6323	.5195	2.7505	.5250	.5527
Ubestemt flagellat sp. Ubestemte flagellater (A) (< 5 µm)	.1470	.4776	.3976	.0759	.0270	.0396	.0802	.0245	.0431	.0219		1.3305	.6701	.6958	.1967	.1064	.0569
Ubestemte flagellater (A) (5-10 µm)	.0992	.7059	.0952	.0759	.4874	.1099	.3941			.0486		.2480	.7052				.1232
Ubestemte flagellater (A) (10-15 µm)		.2163	.1887		1.0866												
ANDRE FLAGELLATER Choanoflagellater spp. ANDRE ZOOFAGELLATER			.0407							.0877	.4168						.0120
Ubestemte flagellater (H) (< 5 µm)				.0862				.2558	.1252		.5940			1.3285	1.5758	2.5201	
Ubestemte flagellater (H) (5-10 µm)				.4955										.3130	.2624	.9241	
Ubestemte flagellater (H) (10-15 µm)																	

Bilag 6.3
Dyreplankton antal/l

Kilen

Zooplankton antal/l	DATO															
	960403	960416	960502	960523	960613	960627	960711	960725	960807	960829	960912	960926	961010	961024	961114	961209
Taxonomisk gruppe																
ROTATORIA																
Brachionus angularis																
Enkelt celle		+ 4.800														
Brachionus calyciflorus																
Enkelt celle																+
Brachionus quadridentatus																
Enkelt celle					207.00	233.00	56.000	1819.0	1261.0	43.000	19.000					
Brachionus urceolaris																
Enkelt celle					267.00		2.200									
Keratella cruciformis																
Enkelt celle					36756	29.000	4.400	2.800								
Keratella quadrata																
Enkelt celle																
Synchaeta spp.																
Enkelt celle																10.000 24.000
Hexarthra spp.																
Enkelt celle																
Filinia longiseta																
Enkelt celle																
CLADOCERA																
Ceriodaphnia quadrangula																
Enkelt celle																
Daphnia cucullata																
Enkelt celle																
Daphnia galeata																
Enkelt celle																
Bosmina coregoni																
Enkelt celle																
Bosmina longirostris																
Enkelt celle																
Podon polyphemoides (syn. Pleopsis p.)																
Enkelt celle																
CALANOIDA																
CALANOIDA																
nauplier																
Eurytemora affinis																
Hun																
Hun																
coopepoditer																
Acartia tonsa																
Hun																
Hun																
coopepoditer																

Kilen

Zooplankton antal/l	DATO															
	960403	960416	960502	960523	960613	960627	960711	960725	960807	960829	960912	960926	961010	961024	961114	961209
CYCLOPOIDA CYCLOPOIDA nauplier copepoditer HARPACTICOIDA Harpacticoider spp. Enkelt celle	+	1.800 +	2.400 3.600	3.800 +	3.300 6.000	8.900 +	1.800	3.700 1.600	2.800 4.700	14.000	1.100	+			1.100 +	+

Kilen

Zooplankton SUM antal/l	DATO															
	960403	960416	960502	960523	960613	960627	960711	960725	960807	960829	960912	960926	961010	961024	961114	961209
GRAND TOTAL	235.00	648.80	4571.3	4026.4	39542	525.30	275.60	1967.4	1566.4	529.00	319.00	781.50	267.70	141.70	122.30	316.70
Taxonomisk grupper																
ROTATORIA	235.00	647.00	4563.1	4017.0	39458	262.00	71.400	1819.0	1263.8	43.000	19.000				10.000	24.000
CLADOCERA					52.600	87.600	24.000		4.900	17.000	9.900	5.800				
CALANOIDA			2.200	5.600	21.800	166.80	178.40	143.10	290.20	455.00	289.00	775.70	267.70	141.70	111.20	292.70
CYCLOPOIDA		1.800	6.000	3.800	9.300	8.900	1.800	5.300	7.500	14.000	1.100				1.100	

Bilag 6.4Dyreplankton $\mu\text{g}/\text{TV}/\text{l}$

Kilen

Zooplankton tørvægt µg/l	DATO															
	960403	960416	960502	960523	960613	960627	960711	960725	960807	960829	960912	960926	961010	961024	961114	961209
Taxonomisk grupper																
ROTATORIA			.192													
Brachionus angularis				12.420	13.980	3.360	109.14	75.660	2.580	1.140						
Brachionus quadridentatus				40.050		.330										
Brachionus urceolaris				1801.0	1.421	.216		.137								
Keratella cruciformis	.735	3.283	95.550	194.92												
Keratella quadrata			.500													
Synchaeta spp.	33.000	87.000	389.55	5.850	333.30	1.320								1.500	3.600	
Hexarthra spp.			.260		1.160											
CLADOCERA																
Bosmina longirostris					34.092	13.167	39.151									
Podon polyphemoides (syn. Pleopis p.)					33.600	468.00			29.400	102.00	59.400	34.800				
CALANOIDA																
CALANOIDA																
Eurytemora affinis				1.900	4.550	66.500	78.000	35.000	128.00	185.00	36.000	326.50	50.000	32.000	45.500	108.00
Acartia tonsa			7.398	1.517	25.422	162.86	41.245	161.05	97.181	321.74	665.82	425.40	506.42	291.89	85.493	170.12
CYCLOPOIDA																
CYCLOPOIDA																
		.900	6.040	1.900	7.819	4.450	2.743	3.777	5.991	7.000	.550					

Bilag 6.5
Dyreplankton fødeoptagelse

	03.04	16.04	02.05	23.05	13.06	27.06	11.07	25.07	07.08	29.08	12.09	26.09	10.10	24.10	14.11	09.12
Hjuldyr	30,4	81,3	437,5	180,7	1969,2	13,9	4,7	98,2	68,2	2,3	1,0	0	0	0	1,4	3,2
Cladocerer	0	0	0	0	30,5	216,5	17,6	0	13,2	45,9	26,7	15,7	0	0	0	0
Calanoide copepoder *	0	0	1,7	0,8	6,7	51,6	26,8	44,1	50,7	114,0	157,9	181,4	142,8	80,8	32,1	62,6
Cyclopoide copepoder **	0	0,2	0,3	0,4	0,4	1,0	0	0,4	0,3	1,6	0,1	0	0	0	0,1	0
Total fødeoptagelse	30,4	81,5	439,4	181,9	2006,8	283,0	49,2	142,8	132,4	163,8	185,8	197,0	142,8	80,8	33,5	65,8

* Nauplier, copepoditter og voksne

** Nauplier og copepoditter

Fødeoptagelse/dag I - $\mu\text{g C/liter}$ x dag, Kilen, 1996

Bilag 6.6
Græsning

Dato	Fytoplankton $\mu\text{g C/l}$ B	Zooplankton $\mu\text{g C/l/d}$ I	Græsningstid dage B/I	Zooplankton græsningstryk I/B x 100%
03.04.96	2163,3	30,4	71,3	1
16.04.96	1828,2	81,5	22,4	4
02.05.96	1638,2	439,4	3,7	27
23.05.96	2143,9	181,9	11,8	8
13.06.96	371,1	2006,8	0,2	541
27.06.96	1439,5	283,0	5,1	20
11.07.96	2183,5	49,2	44,4	2
25.07.96	2226,7	142,8	15,6	6
07.08.96	1441,3	132,4	10,9	9
29.08.96	3556,6	163,8	21,7	5
12.09.96	1706,7	185,8	9,2	11
26.09.96	3238,6	197,0	16,4	6
10.10.96	957,2	142,8	6,7	15
24.10.96	999,3	80,8	12,4	8
14.11.96	626,3	33,5	18,7	5
09.12.96	196,0	65,8	3,0	34

Tilgængelig fytoplanktonbiomasse ($< 50 \mu\text{m}$) B i $\mu\text{g C/l}$ og beregnet zooplanktonfødeoptagelse I i $\mu\text{g C/l/d}$. Tillige er angivet den beregnede græsningstid i dage og zooplanktongræsningstryk (I/B) i procent af den græsningsfølsomme del af fytoplanktonbiomassen i Kilen 1996.

Bilag 7

Samlet oversigt over gennemsnitsværdier for Kilen 1996 med angivelse af udviklingstendenser

	Enhed	Værdi	Udvikling
Opholdstid	døgn	251	0
Fosforbelastning	tons/år	1,932	---
Fosforbelastning	mg P/m ² /døgn	1,58	---
Indløbskoncentration af fosfor	mg P/l	0,141	--
Fosfortilbageholdelse	mg P/m ² /døgn	0,195	0
Fosfortilbageholdelse	% af tilførsel	29,6	0
Kvælstofbelastning	tons/år	85,904	0
Kvælstofbelastning	g N/m ² /døgn	70,3	0
Indløbskoncentration af kvælstof	mg N/l	6,271	0
Kvælstoftilbageholdelse	mg/m ² /døgn	53,128	0
Kvælstoftilbageholdelse	% af tilførsel	61,8	0
Total-fosfor i sediment	mg P/g tørstof	0,6-1,6	0
Total-kvælstof i sediment	mg N/g tørstof	4,9-14	0
Jern:fosfor-forhold (vægtbasis)		9-42	0
Total-fosfor i søvand (årgennemsnit)	mg/l	0,153	--
Total-fosfor i søvand (sommergennemsnit)	mg/l	0,179	---
Total-kvælstof i søvand (årgennemsnit)	mg/l	2,460	0
Total-kvælstof i søvand (sommergennemsnit)	mg/l	1,977	0
Ortofosfat i søvand (årgennemsnit)	mg/l	0,021	-
Ortofosfat i søvand (sommergennemsnit)	mg/l	0,017	--
Uorganisk kvælstof i søvand (årgennemsnit)	mg/l	1,099	+
Uorganisk kvælstof i søvand (sommergennemsnit)	mg/l	0,084	0
pH i søvand (årgennemsnit)		8,9	0
pH i søvand (sommergennemsnit)		9,4	0
Sigt dybde (årgennemsnit)	m	0,67	++
Sigt dybde (sommergennemsnit)	m	0,66	+++
Klorofyl-a (årgennemsnit)	µg/l	110	0
Klorofyl-a (sommergennemsnit)	µg/l	135	0
Suspenderet stof (årgennemsnit)	mg/l	29,7	---
Suspenderet stof (sommergennemsnit)	mg/l	44,2	--
Planteplanktonbiomasse (årgennemsnit)	mm ³ /l	14,93	0
Planteplanktonbiomasse (sommergennemsnit)	mm ³ /l	18,11	0
Planteplanktonbiomasse (sommergennemsnit, % blågrønalger)		54%	0
Planteplanktonbiomasse (sommergennemsnit, % kiselalger)		8%	0
Planteplanktonbiomasse (sommergennemsnit, % grønalger)		24%	0
Dyreplanktonbiomasse (årgennemsnit)	mg tørvægt/l	398,0	0
Dyreplanktonbiomasse (sommergennemsnit)	mg tørvægt/l	688,6	0
Dyreplanktonbiomasse (sommergennemsnit, % hjuldyr)		50%	0
Dyreplanktonbiomasse (sommergennemsnit, % vandlopper)		39%	0
Dyreplanktonbiomasse (sommergennemsnit, % dafnier)		11%	0
Dyreplanktonbiomasse (sommergennemsnit, % Daphnia af alle dafnier)		0	
Middelvægt af Daphnia (sommer)	µg tørvægt	0	
Middelvægt af dafnier (sommer)	µg tørvægt	3,91	
Potentielt græsningstryk (sommer)	µg kulstof/l/døgn	397,63	0
Potentielt græsningstryk (sommer)	% af pl.biomasse	20%	0
Potentielt græsningstryk (sommer)	% af pl.biom. <50 µm	20%	0
Fisk, CPUE-garn	Samlet antal	165,2	0
Fisk, CPUE-garn	Samlet vægt, g	1.700	0
Rovfisk	% af samlet biomasse	-	
Rovfisk	% af samlet antal	-	

Udvikling: += stigning 90% signifikansniveau; ++ = stigning 95% signifikansniveau; +++ = stigning 99% signifikansniveau; ++++ = stigning 99,9% signifikansniveau; - = fald 90% signifikansniveau; -- = fald 95% signifikansniveau; --- = fald 99% signifikansniveau; ---- = fald 99,9% signifikansniveau; 0 = ingen signifikant ændring.