
VESTERBORG SØ

Overvågningsdata 1994



Storstrøms amt *
Teknik- og miljøforvaltningen
Vandmiljøkontoret

1995

Løbenr.:

73

1995

Eksemplar nr.:

1/4

Kortmateriale:

Grundmaterialet tilhører Kort- og Matrikelstyrelsen. Supplerende information er påført af Storstrøms amt. Kortene er udelukkende til tjenstligt brug hos offentlige myndigheder, og må ikke gøres til genstand for forhandlinger eller distribuering til anden side uden særlig tilladelse fra Kort- og Matrikelstyrelsen. Kort, der er mærket "Storstrøms amt og Thorkild Høy", er udført af landinspektør Thorkild Høy og må ikke gengives uden tilladelse.

(c) Copyright:

Storstrøms amt, 1995. Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse.

Indholdsfortegnelse

1. Sammenfatning	3
2. Indledning	5
3. Søen og dens opland	6
Søen	6
Oplandet	8
4. Belastningsopgørelse	10
5. Vandbalance	12
Nedbør	12
Vandføring	13
Vandbalance	13
Grundvand.	13
6. Stofbalance	15
Kvælstof	15
Fosfor	16
Orthofosfat	18
Jern	19
Den eksterne belastnings betydning for Søkoncentrationen og stoftilbageholdelse	20
Kvælstof	20
Fosfor	22
7. Sø kemi	26
Klorofyl-a og sigt dybde	27
Temperatur	28
pH	29
Fosfor	29
Orthofosfat	30
Kvælstof	30
Silicium	32
Sammenhæng mellem fysiske og kemiske parametre	33
Kvælstof/fosfor	33
Total-P/temperatur	33
Total-P/klorofyl-a	34
8. Biologi	35
Fytoplankton	35
Sammenhæng mellem fytoplankton og Fysiske/kemiske parametre	36
Zooplankton	37
Samspillet mellem plante- og dyreplankton	38
10. Referenceliste	40
11. Bilagsliste	41

1. Sammenfatning

Undersøgelsen af Vesterborg sø i 1994 viser, at søen stadigvæk optræder som stærkt eutrofieret, med et højt fosforindhold og en lav sigtddybde.

Søen er kulturpåvirket, omgivet af landbrugsarealer og modtager en del spildevand fra renseanlæg og spredt bebyggelse gennem de 2 tilløb.

Afskæringen af 210 pe i efteråret 1990 ser dog ud til at have haft en vis effekt, idet sigtddybden er blevet forbedret frem til og med 1994, hvor også klorofyl-a- og fosformængden i søen faldt yderligere.

Tilledningen af fosfor og kvælstof hænger sammen med vandføringen i vandløbene. Der ses i 1994 en afgivelse af nettokvælstof fra søen som følge af den forholdsvis store vandgennemstrømning. Tilbageholdelsen af fosfor, der generelt er lav, øges svagt i 1994.

Nærmere undersøgelser af grundvandsforholdene i området omkring Vesterborg sø viser, at der kun kan være tale om et tilskud. Beregninger viser dog, at der ikke er tale om nogen grundvandsindsivning af betydning.

Der er ikke nogle væsentlige ændringer i fyto- eller zooplankton-sammensætningen i undersøgelsesperioden 1989-94. Fytoplanktonbiomassen er faldende gennem de sidste 2 år, men domineres stadigvæk af kiselalger forår og efterår og af blågrønalger i sommerhalvåret. Zooplanktonet består hovedsagelig af cyclopoide copepoder og de små arter af dafnier, såsom arten *Bosmina longirostris*. Dette forhold tyder på et stort prædationstryk fra fisk, hvilket også er tilfældet. Fiskeundersøgelser i 1990 viste, at små brasen og skaller var dominerende og netop disse yder et højt prædationstryk på de calanoide copepoder og større arter af dafnier.

Søens målsætning er ikke opfyldt, og der vil formentlig ikke ske en væsentlig forbedring i søens tilstand, trods stigningen i sigtddybden i 1993 og 94, før fosforbelastningen nedsættes yderligere. Den diffuse belastning og naturbidraget gør, at belastningen til søen stadigvæk er relativ høj på trods af spildevandsafskæringen i 1990.

2. Indledning

Denne rapport er et led i afrapporteringen af søer, som indgår i Vandmiljøplanens overvågningsprogram.

Rapporten er udarbejdet på baggrund af paradigma fra DMU og omhandler Vesterborg sø (Storstrøms amt) og de undersøgelser, der er foretaget i søen i 1994.

Der lægges i rapporten mest vægt på år til år variationen, mens der lægges mindre vægt på rapportering af de enkelte variable for 1994.

Der vil i år yderligere blive set på, hvorvidt søen suppleres med grundvand eller om den afgiver vand til grundvandsmagasinerne. Der foreligger nu 6 års data og mulighederne for at se, hvorvidt der er en udvikling i søens tilstand er nu bedre.

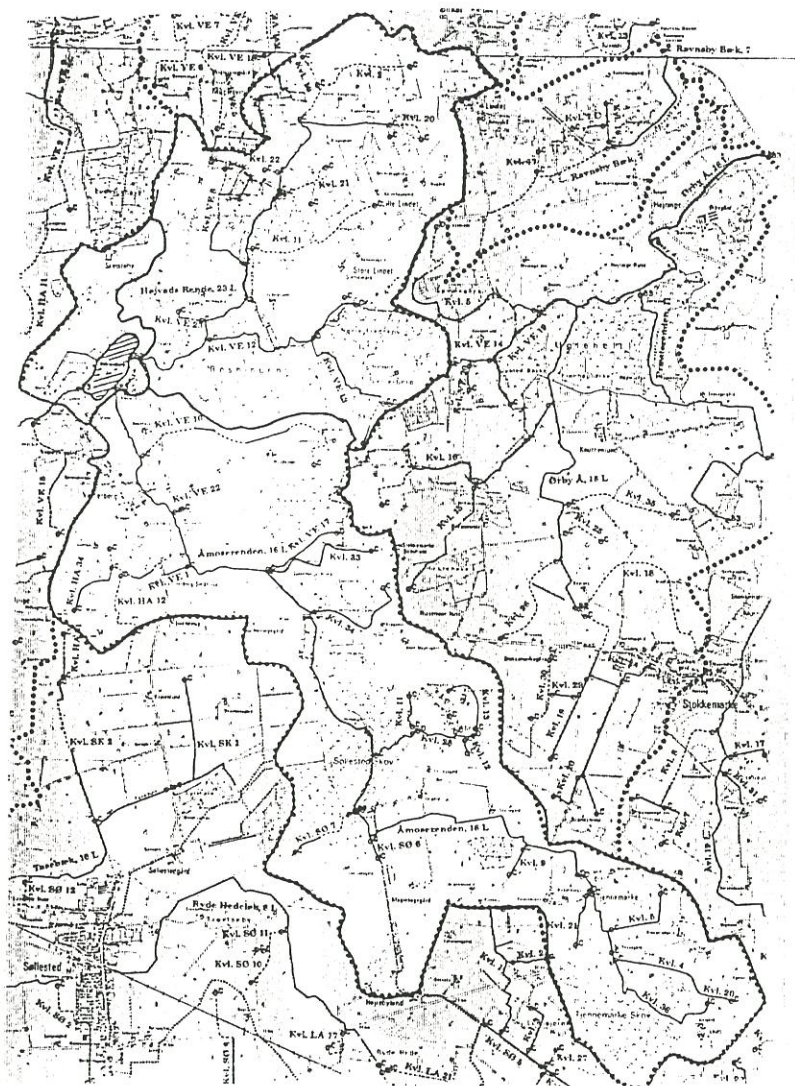
Der vil yderligere lægges vægt på stofbalancerne og udviklingen i den eksterne stoftilførsel og på de biologiske data og deres samspil med de fysiske og kemiske forhold i søen.

De tidligere undersøgelser vil blive inddraget i det omfang, det er formålstjenligt, men beskrives ikke nærmere i denne rapport. Ønskes mere detaljerede oplysninger om søen og de tidligere undersøgelser henvises til "Vesterborg sø 1989" /1/, "Vesterborg sø 1989-91" /2/, Vesterborg sø Overvågningsdata, 1992 /3/ og Vesterborg sø Overvågningsdata, 1993/4/.

3. Søen og dens opland

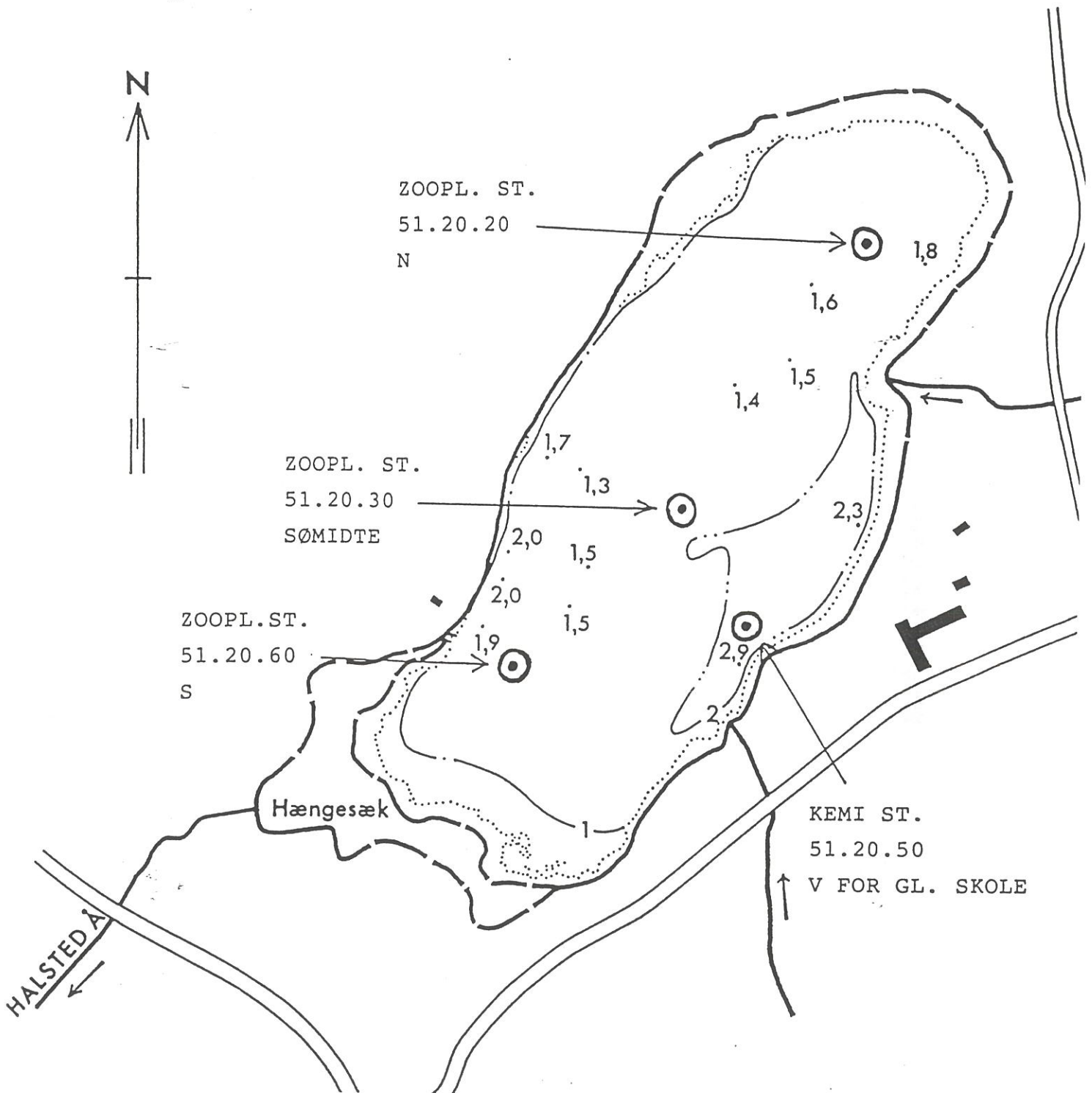
Søen

Vesterborg sø er beliggende nord for Vesterborg by i Højreby kommune på Vestlolland. Den er opstået i en smeltevandsdal, der strækker sig fra Birket til Nakskov fjord. Kort over søen kan ses på figur 3.1.



Figur 3.1. Kort over Vesterborg sø med opland.

Til B-målsætningen knytter sig, ifølge " Tillæg til regionplanen for Storstrøms amt (1992)" /6/, der trådte i kraft i efteråret 1993, et krav til sommergennemsnit af klorofyll-a-indholdet og sigtddybden, se tabel 3.2.



Figur 3.2. Kort over Vesterborg sø med stationernes placering.

I tabel 3.1 er de morfometriske data for søen angivet. I øvrigt henvises til rapporterne "Vesterborg sø 1989" /1/, "Vesterborg sø 1989-91" /2/ og "Vesterborg sø, Overvågningsdata, 1992"/3/, "Vesterborg sø, Overvågningsdata, 1993"/4/.

Målsætning	B
Søareal	20,8 ha
Maks. dybde	2,9 m
Middeldybde	1,4 m
Volumen (ved kote 0,7m)	$286 \cdot 10^3 \text{ m}^3$
Gns. opholdstid*	20 dage

Tabel 3.1. Morfometriske data for Vesterborg sø. * = gennemsnitlig opholdstid for årene 1989-94.

Parameter	Kravværdi
Klorofyl-a	< 75 µg/l
Sigtdybde	≥ 1,0 m

Tabel 3.2. Kravværdier til Vesterborg sø i henhold til Regionplantillægget for Storstrøms amt, 1993.

Kravene er ændret i regionplantillægget fra 1993 og skal nu opfylde et sommergennemsnit på < 75 µg/l klorofyl-a og en sigtdybde på 1 m.

Oplandet

Vesterborg sø modtager vand fra to tilløb Åmoserenden og Højvads Rende. Tilløbene kan ses på figur 3.1. Desuden er der et mindre direkte opland, som er opdelt i to og ligger henholdsvis vest og sydøst for søen. I det følgende betragtes de to direkte oplande samlet.

Oplandet til Åmoserenden er ændret fra 1991, idet målestationen er blevet flyttet. Som følge af denne regulering er det direkte opland også ændret fra 1991. Ændringerne kan ses i tabel 3.3.

Opland	Størrelse km ²	
	1989-90	1991-
Åmoserenden	17,97	15,40
Højvads Rende	9,79	9,79
Direkte opland	1,59	4,15
Samlet opland	29,35	29,34

Tabel 3.3. Ændringer i oplandenes størrelse.

Nyere måling af oplandet til Højvads Rende viser, at oplandet er lidt mindre end tidligere antaget. I rapporten "Vesterborg sø 1989-91" er oplandet opgivet til 10,57 km², mens den nye opmåling viser et opland på 9,79 km². Til beregninger af vand- og stofbalance (bilag 3 og 4) for de enkelte år er anvendt de i tabel 3.3 anførte værdier.

Vesterborg sø har afløb til Halsted å (se figur 3.1), som ender i Nakskov fjord.

Oplandet til Vesterborg sø fordeler sig som vist i tabel 3.4.

Målt i ha	Dyrket	Skov	Ferskvand	Øvrigt	Total
Åmoserenden	1086	294	8	152	1540
Højvads Rende	627	252	14	86	979
Direkte opland	290	66	19	40	415
Samlet opland	2003	612	41	278	2934

Tabel 3.4. Arealfordelingen af de enkelte oplande til Vesterborg sø (fra og med 1991).

4. Belastningsopgørelse

Belastningen til Vesterborg sø er opgjort for total-kvælstof og total- fosfor. Belastningskilderne er delt op i spildevand fra spredt bebyggelse, spildevand fra renseanlæg, bidrag fra dyrkede arealer, atmosfærisk deposition samt naturbidrag.

Belastningen opgjort i p.e. (person-ækvivalenter), fra henholdsvis renseanlæg og spredt bebyggelse, blev opgjort i 1990.

Opland	Spredt bebyggelse	Renseanlæg	Samlet
Åmoserenden	166	120	286
Højvads Rende	161	38	199
Direkte opland	60	0	60
Samlet opland	387	158	545

Tabel 4.1. Spildevandsbelastningen (p.e.) til Vesterborg sø i 1990.

Belastningen fra renseanlæg til Åmoserenden er fordelt på to kilder, Abed by (80 p.e) med mekanisk rensning og Tjennemarke (40 p.e.) samlet spredt bebyggelse. Belastningen til Højvads Rende kommer fra Lindet/Birket Kirke (38 p.e.) med mekanisk rensning. Stofreduktion for fosfor og kvælstof ved mekanisk rensning regnes til 10 % (faktor 0,9).

kg total-N/år 1994	Åmose- renden	Højvad s Rende	Rest opland	Samlet belast.
Spredt bebyggelse	328	319	119	766
Renseanlæg	458	142	0	600
Naturbidrag	8674	5079	2337	16090
Atmosfærisk deposition	---	---	---	312
Dyrkede arealer	35906	15550	9769	51520
Samlet belastning	45366	21090	12225	69288

Tabel 4.2. Belastningskilder for kvælstof til Vesterborg sø 1994 delt ud på oplandene. Bemærk at den samlede belastning (nederste række) for de tre oplande ved sum ikke skal give den totale belastning, da den atmosfæriske deposition dækker søarealet og ikke de enkelte oplande.

Der foreligger ikke detaljeret opgørelse over rensniveauet fra den spredte bebyggelse. Belastningen beregnes ud fra mekanisk rensning efterfulgt af markdræn, hvilket giver en stofreduktion på 55 % for kvælstof og fosfor (faktor 0,45).

Naturbidraget oplyses af DMU (1,68 mg/l Tot-N, 0,058 mg/l Tot-P) og den atmosfæriske deposition findes ud fra erfaringstal. Belastningen fra de dyrkede arealer udregnes ved at trække spildevandsbelastningen, den atmosfæriske deposition og naturbidraget fra totalbelastningen (bilag 4.1). Den samlede belastning fra de enkelte kilder er opgjort for 1994, som derudover er delt op i N og P-bidrag fra hvert opland, se tabel 4.2 og 4.3.

Tilførslen fra restopland er beregnet på grundlag af tilførslen til Åmoserenden, da restopland ligner oplandet til Åmoserenden mest.

kg total-P/år 1994	Åmose- renden	Højvads Rende	Rest opland	Samlet belast.
Spredt bebyggelse	75	73	27	175
Renseanlæg	108	34	0	142
Naturbidrag	299	175	81	555
Atmosfærisk deposition	---	---	---	4
Dyrkede arealer	53	34	36	124
Samlet belastning	535	316	144	1000

Tabel 4.3. Belastningskilder for fosfor til Vesterborg sø 1994 delt ud på oplandene. Bemærk at den samlede belastning (nederste række) for de tre oplande ved sum ikke skal give den totale belastning, da den atmosfæriske deposition dækker søarealet og ikke de enkelte oplande.

Den estimeret belastningen af fosfor fra en personækvivalent, er af MST blevet reduceret fra 1,5 kg/år/pe til 1,0 kg/år/pe. Det betyder en reduktion på ca. 44 % i forhold til 1993. Men da samtidigt naturbidraget i 1994 er ca. 30 % større end i 1993, er den samlede fosforbelastning uændret, se tabel 4.4.

i kg total-P/år	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Spredt bebyg.	261	261	261	261	261	175
Renseanlæg	448	364	196	196	196	142
Naturbidrag	130	330	334	242	429	555
Atmosf.depos.	4	4	4	4	4	4
Dyrkede arealer	- 200	79	- 41	- 217	137	124
Samlet belastning	643	1038	754	486	1027	1000

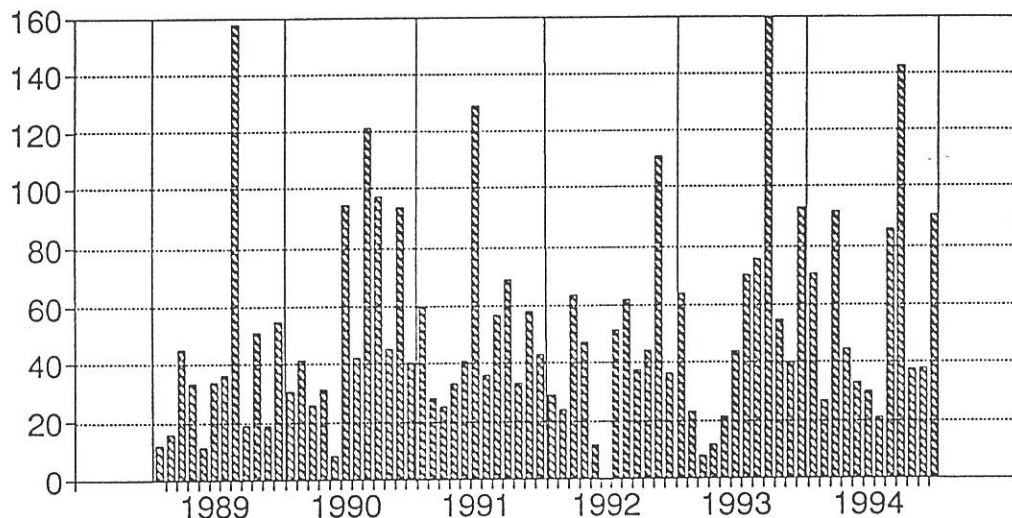
Tabel 4.4. Den totale kildebelastning af fosfor til Vesterborg sø 1989-94.

5. Vandbalance

Nedbør

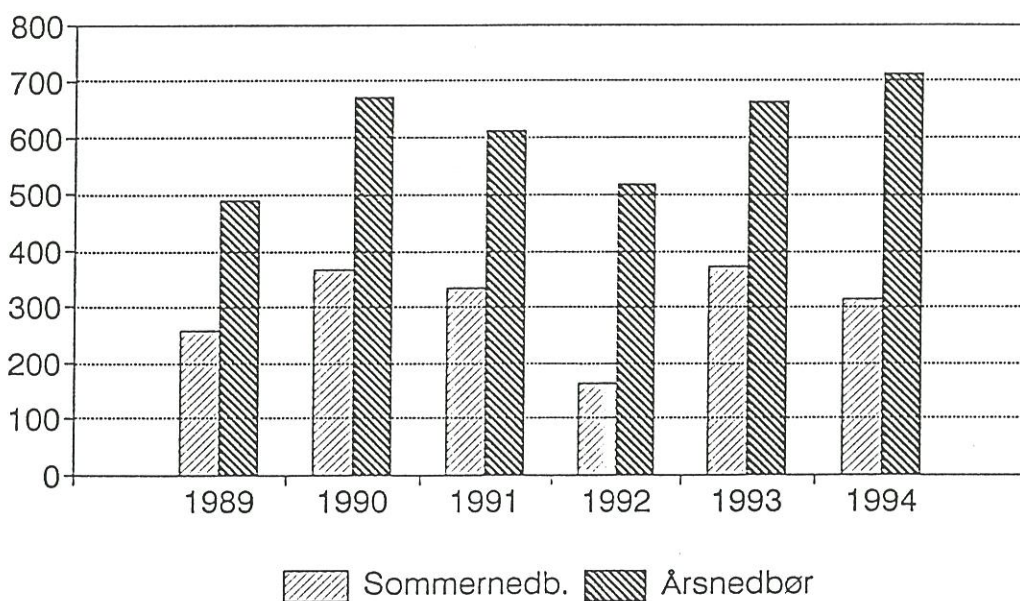
På figurene 5.1 og 5.2 er angivet måneds-, års- og sommernedbør for årene 1989-94. Som det fremgår er 1994 det absolut nedbørsrigeste målt for hele året, i alt 712,8 mm (nedbørsstation 31365). Nedbøren faldt hovedsagligt i foråret, sammen med den kraftige nedbør i efteråret 1993. Nedbørsmængden i sommerperioden, var gennemsnitlig.

Månedsnedbør 1989-94



Figur 5.1. Månedsnedbøren i mm for årene 1989-94.

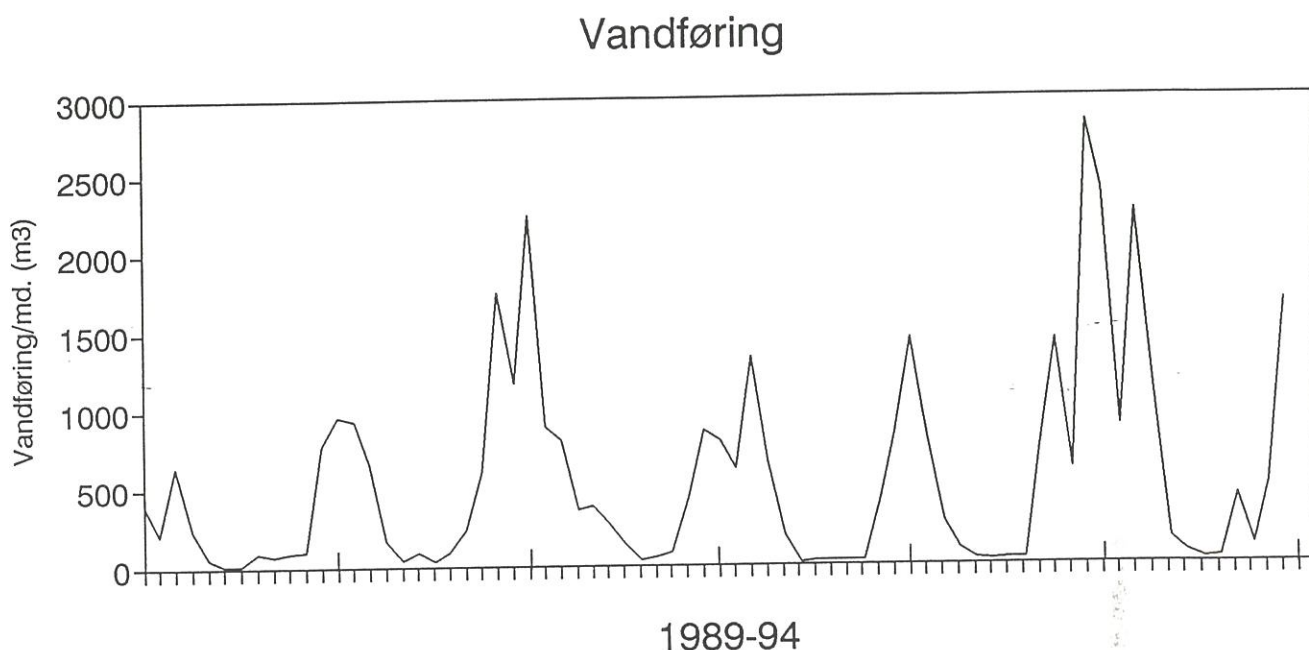
Nedbør 1989-94



Figur 5.2. Sommer- og årsnedbør 1989-94.

Vandføring

Den store vandføring i slutningen af 1993, fortsatte i begyndelsen af 1994. fig.5.3. Den store nedbør i starten af 1994, afspejles også i vandføringen. Den kraftige nedbør i august og september bliver ikke afspejlet tilsvarende i vandføringen. Først når oplandet er mættet, bliver nedbøren afspejlet direkte i vandføringen



Figur 5.3. Vandføringen i tilløb til Vesterborg sø 1989-94 (incl. direkte opland).

Vandbalance

Udfra målinger af fraførte og tilførte vandmængder samt nedbør og fordampning, er grundvandstil- eller fraførslen beregnet ud fra følgende formel.

$$\text{Inds./uds.} = (\text{målt tilførsel} + \text{nedbør}) - (\text{målt fraførsel} + \text{fordampning}) + \text{magasinændring.}$$

Ind- og udsivning er derfor udtryk for den akkumulerede usikkerhed, på alle de data på højre side af lighedstegnet. Den akkumulerede usikkerhed ligger i intervallet 1-8 % af den samlede til- og fraførsel på data fra 1989-94. Usikkerheden på målte data ligger på ca. 15-25 %.

Vandbalancen fremgår af bilag 5.1.

Grundvand

Ind og udsivningen er hidtil taget som udtryk for en udveksling mellem søen og grundvandet. Udfra målinger i grundvandsmagasinet kan det beregnes at det specifikke grundvandstilskud er på 4 l/s fra det primære magasin. Dette er imidlertid ikke et udtryk

for det samlede grundvandstilskud, fordi et tilskud fra et evt. sekundært magasin ikke kan estimeres.

Det må derfor konstateres, at det grundvandstilskud der er til søen, bliver inkluderet i den akkumulerede usikkerhed. Den akkumuleret usikkerhed er mindre end usikkerheden på de målte data, og det er derfor rimeligt at antage, at grundvandet ikke har nogen betydning for stofbalancen i Vesterborg sø.

6. Stofbalance

-Der er for Vesterborg sø beregnet stofbalance for total N, total P, ortho-P og jern, se tabel 6.1 - 6.4. Stofbalanceberegningerne kan ses i bilag 4.

Stoftransportberegningerne bygger på vandføringsmålinger og koncentrationsmålinger i både tilløb og afløb. Endvidere er der for fosfor og kvælstofs vedkommende medregnet atmosfærisk deposition.

Kvælstof

År	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Tilførsel (kg/år)	29997	76968	55251	65401	98455	69288
Fraførsel (kg/år)	18407	54506	49635	49828	86828	69695
Tilbagehold.(kg- /år)	10474	22573	7354	14098	13591	-716
Tilbagehold.(%)	35	29	13	22	16	-1
Tilbagehold.(g/m- ² /år)	50	109	35	68	65	-3,4
Indløbskoncen. (mg/l) q-vægtet årsgensnt.	11	12	10	15	12	8

Tabel 6.1. Stofbalance for kvælstof i Vesterborg sø 1989-94.

Kvælstoftilbageholdelsen er et udtryk for det kvælstof, der ikke forlader søen via afløbet, men enten ophobes i sedimentet eller denitrificeres. Denitrifikationsprocessen er afhængig af flere forhold bl.a. ilt og temperatur.

Størstedelen af kvælstoftilførsningen til søen foregår i vintermånederne (se også afsnit 4), hvor der ofte er en stor vandføring samt afgrødefri marker. Det er således også i vintermånederne den største kvælstoftilbageholdelse finder sted i søen. Nogle år kan der, i perioder om sommeren, ses en negativ kvælstoftilbageholdelse, hvor der enten sker en frigivelse af kvælstof fra sedimentet eller en fytoplanktonbestemt kvælstoffiksering. Dette er især udtalt i årene med varme somre (månedsbalancen kan ses i bilag 4). Yderligere hænger kvælstoftilbageholdelsen om sommeren sammen med lave nitratkoncentrationer i søen.

Som det ses af tabel 6.1, var tilbageholdelsen af kvælstof negativ i 1994, hvilket betyder, at der rent faktisk sker en frigivelse fra søen til afløbet. Denne proces gentages to gange først i perioden februar til juni og igen i oktober og november.

Dette resultat er en følge af større vandgennemstrømning og dermed kortere opholdstid

og dermed mindre tilbageholdelse dels den øgede tilførsel, hvilket gør sig gældende for hele 1994.

Der er ikke nogen tendens til, at kvælstoftilførslen til søen er mindsket i perioden 1989-94. Det er dog tydeligt, at der har været en vis variation mellem de enkelte år. Således var tilførslen lav i det tørre år 1989 med ringe vandgennemstrømning. Omvendt var tilbageholdelsesprocenten dette år større end de øvrige år.

Arealbelastningen af søen varierer for de 6 år fra en afgivelse på 3,4 g/m²/år (1994) til en belastning på 109 g/m²/år (1990). Resultaterne i 1994 i Vesterborg sø viser, at året afviger markant fra de foregående år, idet fraførslen langt overgår tilførslen.

Fosfor

År	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Tilførsel (kg/år)	643	1038	754	486	998	1000
Fraførsel (kg/år)	546	971	683	493	841	463
Tilbagehol.(kg- /år)	112	67	70	2	166	534
Tilbagehold.(%)	17	6	9	0,4	17	53
Tilbagehold.(g/m- ² /år)	0,55	0,33	0,33	0,009	0,75	2,57
Indløbskonc.(mg/l) q-vægtet årsgenmsnt.	0,25	0,16	0,13	0,11	0,12	0,10

Tabel 6.2. Stofbalance for fosfor i Vesterborg sø 1989-94.

Tilbageholdelsen er et udtryk for nettotilførslen (ophobningen) af fosfor til søsedimentet.

Tilbageholdelsen af totalfosfor i Vesterborg sø, tabel 6.2, svingede meget fra lavest i 1992 med 0,4 % svarende til 2 kg/år til at toppe i 1994 med en tilbageholdelse på 53 % svarende til 534 kg/år. Denne høje tilbageholdelse er den højest målte i hele perioden 1989-94.

Fosfortilførslen i 1994 var af samme størrelse som i 1993 og 1990. Dette resultat må i først og fremmest tillægges den forhøjede vandtilførsel i perioden januar-maj.

Tilbageholdelsen af fosfor i søen er ligeledes den højest beregnede siden 1989, hvilket skyldes den forholdsvis lange opholdstid i sommeren 1994.

Der er i perioder med høje vandtemperaturer rige muligheder for fosforfrigivelse fra søbunden, hvilket imidlertid afhænger af andre faktorer bl.a. jernindholdet i sedimentet,

se Vesterborg sø, Overvågningsdata (1992)/3/ om sediment.

Såfremt der ikke var afskåret spildevand til Vesterborg sø i 1990, kunne det forventes, at der sås en stor fosfortilbageholdelse i 1989 og 1992, der begge var tørre år. Fosfortilbageholdelsen i 1993 og 1994 er steget markant i forhold til de foregående år. Den tilførte mængde er uændret i forhold til 1993 imidlertid er fraførslen næsten halveret som følge af den øgede opholdstid. Den øgede opholdstid skyldes det faktum, at månederne maj-september alle havde en lav nedbør og dermed vandtilførsel og høj fordampning.

Månedsmassebalancen kan ses i bilag 4.

For alle årene gælder, at der på visse tidspunkter af året er en negativ stoftilbageholdelse, hvor der sker en nettofrigivelse fra sedimentet og/eller en opbygning af fosforpulje (almængde) i søvandet. Tidspunktet, hvorpå ændringen sker, varierer, men er hyppigst forekommende i forårmånederne gældende frem til 1994, hvor den sker i sommermånederne (maj-august).

Orthofosfat

År	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Tilførsel (kg/år)	392	601	427	281	514	546
Fraførsel (kg/år)	176	382	283	180	461	463
Tilbageholdelse (kg/år)	213	212	151	95	58	77
Tilbageholdelse (%)	54	35	35	34	11	14
Tilbageholdelse (g/m ² /år)	1,0	1,0	0,73	0,47	0,25	0,37
Indløbskonc. (mg/l)) q-vægtet årsgenms.	0,15	0,09	0,07	0,06	0,06	0,06

Tabel 6.3. Stofbalance for orthofosfat i Vesterborg sø 1989-94.

Som det fremgår af tabel 6.3, er den procentvise orthofosfattilbageholdelse nogenlunde konstant fra 1990-92 med ca. 35 % og lidt højere i 1989 med 54 %. Resultaterne fra 1993 og 1994 viser en klar reduktion i tilbageholdelsen af orthofosfat, kun 14% forbliver i søen i 1994.

Orthofosfaten udgør i perioden 1989-92 mellem 57 og 61 % af den samlede fosfortilførsel, mens den i 1993 og 1994 kun udgør 51 og 55%. Grunden til at orthofosfattilbageholdelsen ikke i samme grad som totalfosformængden følger opholdstid og vandafstrømning er, at orthofosfat optages af fytoplankton og derfor overgår på partikulær form. Således ses der i afløbet en mindre andel af orthofosfat i totalfosformængden.

Den gennemsnitlige vandløbsvægtede indløbskoncentration faldt fra 0,15 mg/l i 1989 til 0,06 mg/l i 1992-94. Hovedparten af denne reduktion må for 1993 og 1994 tilskrives den øgede vandmængde og ikke afskæringen tilbage i 1991.

Jern

År	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Tilførsel (kg/år)	1798	2992	2875	1583	1837	2930
Fraførsel (kg/år)	673	1193	3554	522	1002	1309
Tilbagehold.(kg/år)	1095	1771	-630	1051	1064	1558
Tilbageholdelse (%)	61	59	-22	66	58	53
Tilbagehold.(g/m ² /år)	5,3	8,5	-3,0	5,0	1,0	7,5
Indløbskonc.(mg/l) q-vægtet årsgenmsnt.	0,69	0,46	0,50	0,37	0,25	0,31

Tabel 6.4. Stofbalance for jern i Vesterborg sø 1989-94.

Tilførslen af jern til Vesterborg sø er direkte relateret til det pågældende års vandafstrømning. De største tilførsler sås i 1990, 1993 og 1994, sidstnævnte var den næststørste i hele perioden. Det var da også netop disse år, der havde de største vandtilstrømninger.

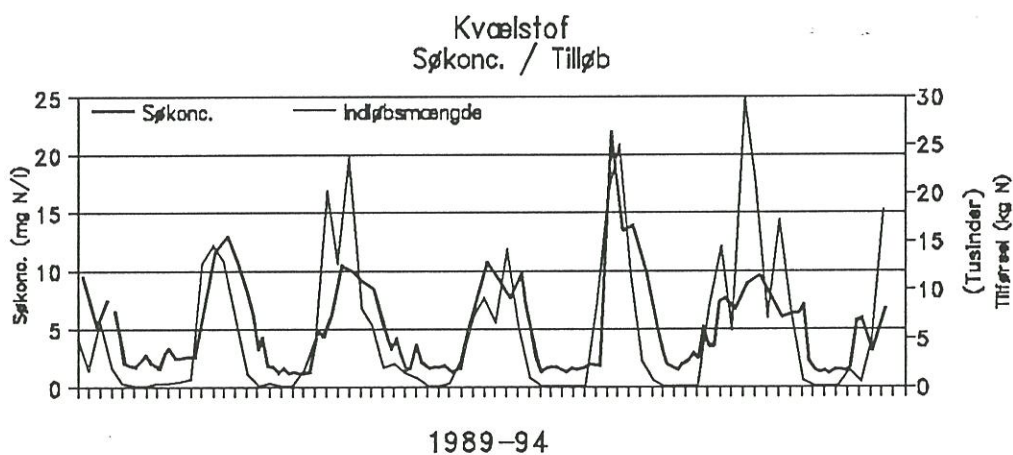
Tilbageholdelsen af jern ligger generelt for perioden 1989-94 på 58-66 % se tabel 6.4. Et enkelt år 1991 er atypisk idet der sker en negativ tilbageholdelse på 22 % (frigivelse fra søen). Den %-vise tilbageholdelsen i 1994 er faldet lidt hvis den sammenlignes med det gennemsnitlige niveau for hele perioden.

Den eksterne belastnings betydning for søkoncentration og stoftilbageholdelse.

I dette afsnit er det vurderet, hvorvidt der i Vesterborg sø er en sammenhæng mellem indløbsmængde/indløbskoncentration og søkoncentration af N og P samt vurderet stoftilbageholdelsesevnen for total kvælstof og total fosfor.

Kvælstof

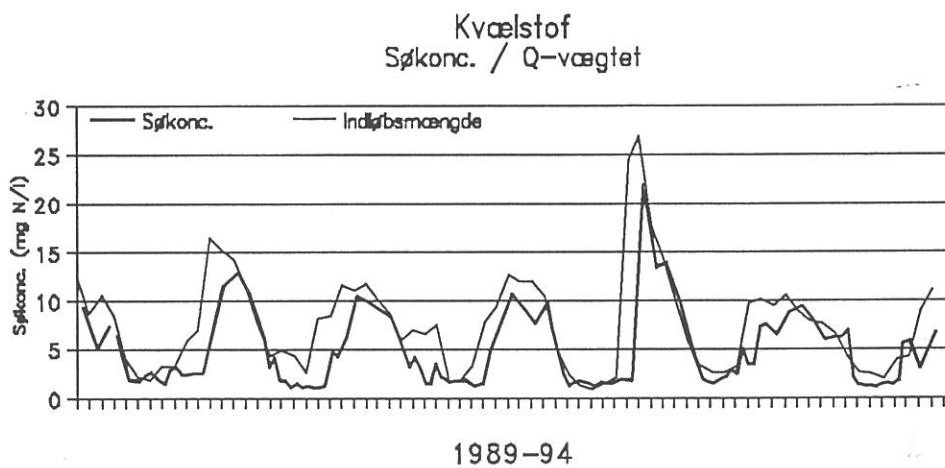
Koncentrationen af kvælstof i Vesterborg sø i 1994 ser ud til at have en tæt sammenhæng med indløbsmængden. Der er en klar tendens til, at med stigende indløbsmængde stiger søkoncentrationen ligeledes, men ikke helt i samme grad.



Figur 6.1. Indløbsmængde (månedsværdi) og søkoncentration af kvælstof i Vesterborg sø 1989-94.

Af figur 6.1, der viser indløbsmængden og søkoncentrationen i Vesterborg sø for 1989-94, ses det at der er sammenhæng gennem hele undersøgelsesperioden. Der ses en ensartet variation over de enkelte år. Dette års resultater lidt forhøjet indløbsmængde, men afviger ikke fra det gennemgående mønster.

Interne processer, der specielt sker i søen om sommeren, bidrager til at skabe nogen variationer i søkoncentrationen af kvælstof, udover de indløbsrelaterede.

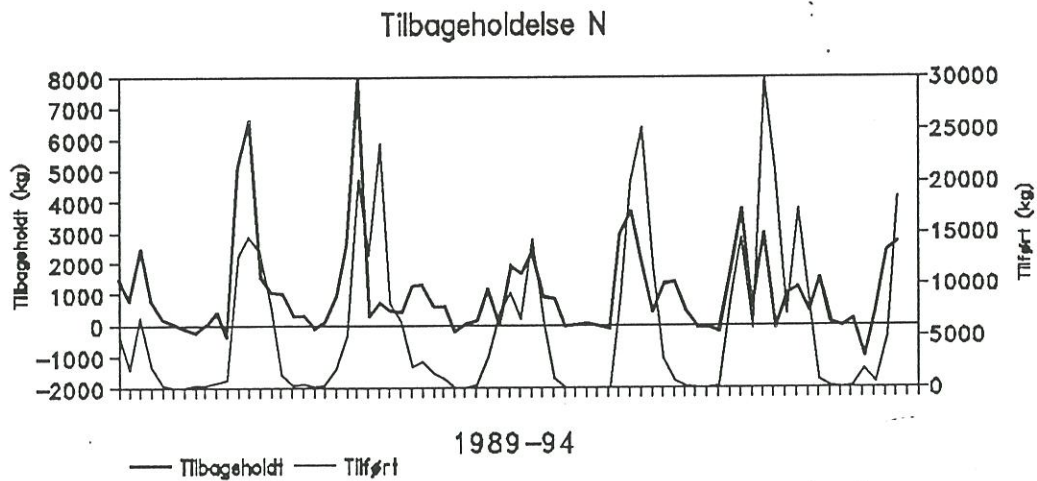


Figur 6.2. Søkoncentrationen af kvælstof og den Q-vægtede indløbskoncentration (månedsværdi og søkoncentration i Vesterborg sø 1989-94.

Der ses en bedre sammenhæng mellem den vandføringsvægtede indløbskoncentration og søkoncentrationen (figur 6.2). Indløbskoncentrationen antages på den baggrund at have den væsentligste indflydelse på søens koncentration af kvælstof.

Af figur 6.3 fremgår indløbsmængden og tilbageholdelsen af kvælstof. Indløbsmængden er generelt høj om vinteren og lav om sommeren, hvilket medfører en lavere tilbageholdelse om sommeren end om vinteren. Der ses ingen direkte sammenhæng mellem de to parametre gennem 1994, hvilket stemmer overens med de foregående år.

Tilbageholdelsen er negativ, hvilket betyder, at søen afgiver store mængder kvælstof til søens afløb. Det betyder, at der i lighed med de foregående år er sket en temperaturafhængig frigivelse af kvælstof fra bunden eller en N-fixering fra luften i sensommeren.



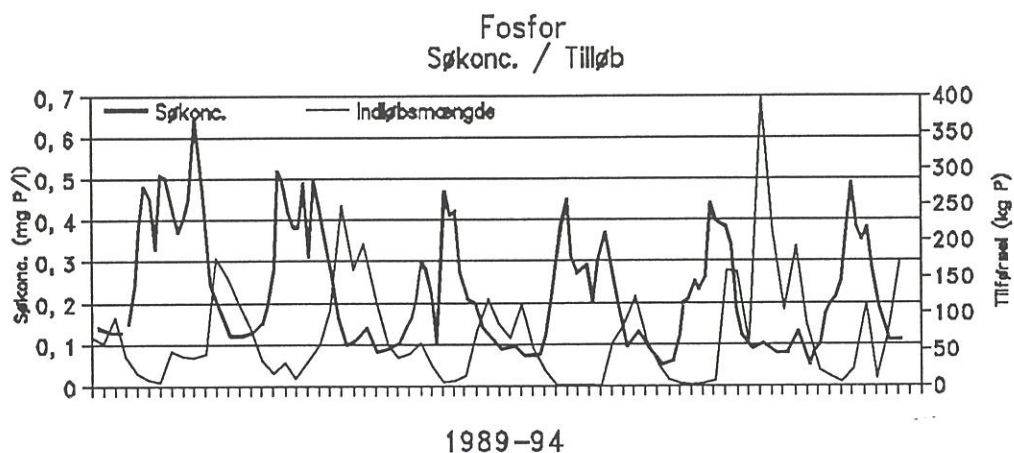
Figur 6.3. Indløbsmængde (månedsværdi) og tilbageholdelse (månedsværdi) af kvælstof i Vesterborg sø 1989-94.

Fosfor

Som det ses af figur 6.4 er der en forhøjet indløbsmængde samme tidspunkt hvert år. Det skyldes den større vandføring i vinterhalvåret, hvorved søen tilføres et øget naturbidrag i før omtalte periode. Indløbskoncentrationen er svagt faldende og som forventet lavest når vandmængden er størst som følge af fortyndingseffekten af spildevandet, der forventes at være konstant.

Der ses ikke nogen tydeligere sammenhæng mellem de to parametre i 1994 end i den foregående årrække.

Som det ses af figur 6.5, er der generelt årstidsvariation med hensyn til en forhøjet indløbsmængde af fosfor. Vinterperioden hvor indløbsmængden generelt er højest skyldes den større vandføring, og dermed større udsivning, som derved tilføres et større naturbidrag.



Figur 6.4. Indløbsmængde (månedsværdi) og søkoncentration af fosfor i Vesterborg sø 1989-94.

Søkoncentrationen viser en lille stigning i løbet af året 1994 i forhold til de 2 foregående års maksima. Denne stigning afhænger af andre faktorer, som formentlig skal findes i søens interne belastning, der forgår i perioden.

Fosforsøkoncentrationen er høj om sommeren og lav om vinteren, og der er således ingen direkte sammenhæng mellem indløbsmængde og søkoncentration.

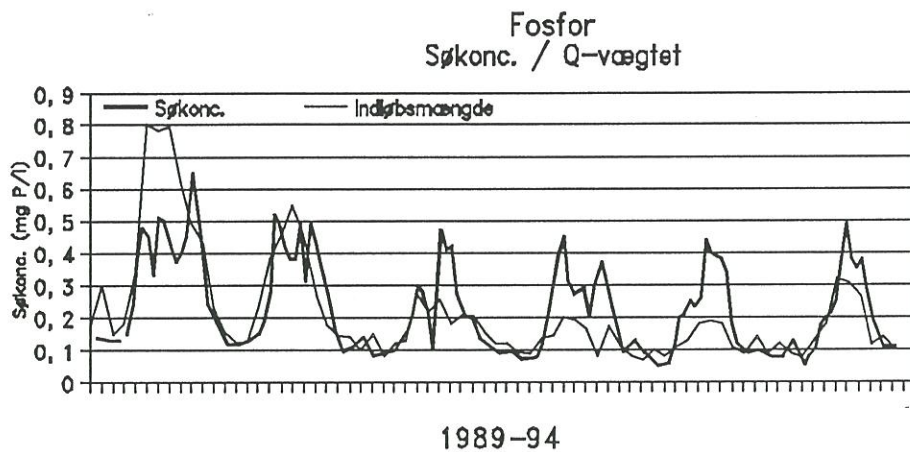
Indløbsmængden og tilbageholdelsen viser derimod en langt bedre sammenhæng, se fig 6.6.

Som det ses af de to figurer er både indløbsmængden og indløbskoncentrationen faldet i 1991-92 og første del af 1993, hvilket må tilskrives afskæringen af 210 Pe fra renseanlæg til Åmoserenden. Niveauet for søkoncentrationen er meget lig resultateterne

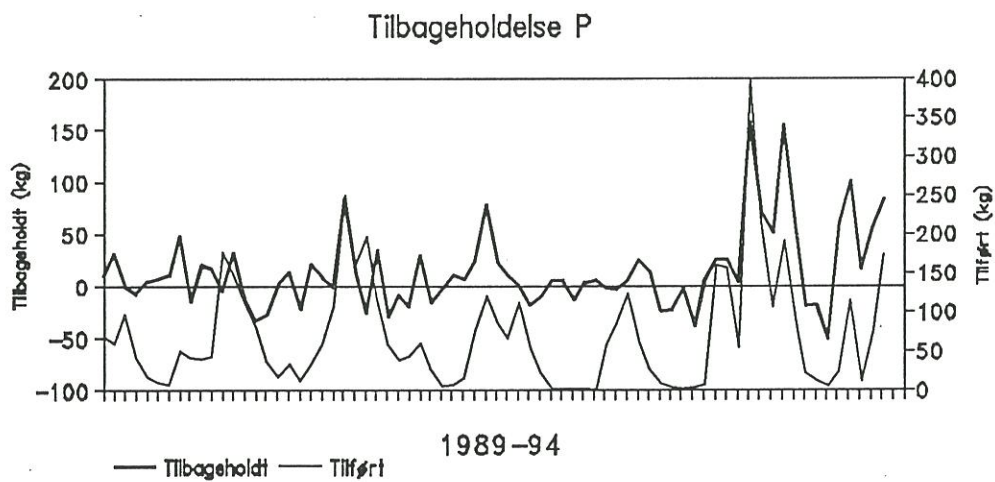
for de seneste år.

Dette års gennemsnitlige søkoncentration er faldet lidt i forhold til 1990, der sker ligeledes et fald i den indløbsvægtede koncentration. Det kunne tyde på, at spildevandsreduktionen har en effekt på søkoncentrationen, om end den kun er lille.

På figur 6.6 ses indløbsmængden og tilbageholdelsen af fosfor. Der er normalt vis ikke nogen direkte sammenhæng mellem de to parametre.



Figur 6.5. Søkoncentrationen af fosfor og den Q-vægtede indløbskoncentration (månedsværdi) i Vesterborg sø 1989-94.



Figur 6.6. Indløbsmængde (månedsværdi) og tilbageholdelse (månedsværdi) af kvælstof i Vesterborg sø 1989-94.

Året 1994 er atypisk i forhold til dette her følger de to parametre samme mønster det meste af året. Generelt må det siges at såvel Den tilførte mængde som den tilbageholdte mængde fosfor er væsentlig større end vi har set resten af perioden 1989-93.

Fosfortilbageholdelsen i Vesterborg sø ser ud til i høj grad at være styret af interne processer i søen (se figur 6.6), såsom fytoplanktons optagelse af næringsstoffer, bundfældning og nedbrydning af fytoplankton og frigivelse fra sedimentet.

I lighed med de øvrige år ses der en negativ tilbageholdelse specielt i den varme juli måned 1994. Det betyder, at søen på det tidspunkt har afgivet fosfor til søens afløb.

7. Søkemi

Der er i det følgende lavet stolpediagrammer over års- og sommer gennemsnit for alle de fysiske -og kemiske parametre for det aktuelle år.

Der er foretaget lineær regression på relevante parametre fra Vesterborg sø for at kunne vurdere hvorvidt der er tale om en signifikant udvikling. Resultaterne ses i tabel 7.1

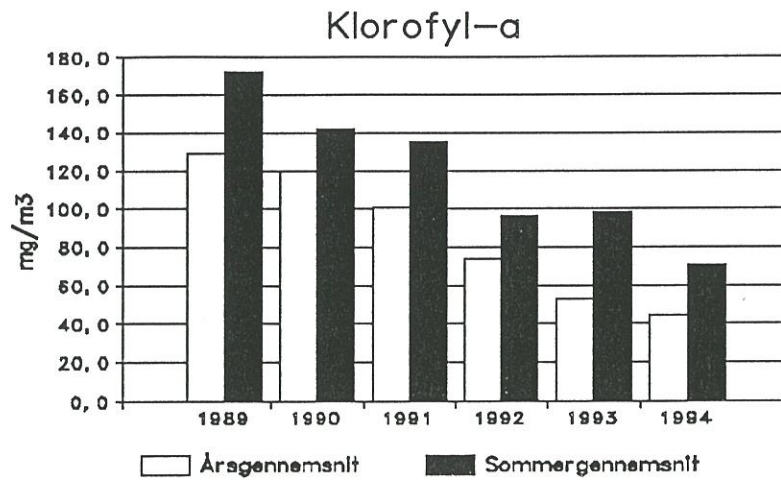
Resultatskemaer kan ses i bilag 7.

Der vil først og fremmest blive lagt vægt på år til år variationer. Hvis der i 1994 er sæsonvariationer, der adskiller sig mærkbart fra de foregående år, vil det blive kommenteret.

Med hensyn til prøvetagning og analysemetoder henvises til "Prøvetagning og analysemetoder i søer", DMU /5/.

År	Hælningskoeffitient	Kvadratet på R	Sommer	Hælningskoeffitient	Kvadratet på R
Sigt dybde	9,46	0,90	Sigt dybde	32,99	0,98
Klorofyl-a	-0,05	0,98	Klorofyl-a	-0,05	0,95
Total N	0,73	0,14	Total N	2,09	0,16
Nitr. N	0,90	0,30	Nitr. N	5,25	0,57
Ammon. N	-20,4	0,24	Ammon. N	-1,16	0,0003
Total P	-30,2	0,77	Total P	-21,96	0,66
Ortho P	-56,3	0,51	Ortho P	-23,53	0,26
Part. COD	-0,63	0,84	Part. COD	-0,41	0,39
Total suspend.stof	-0,28	0,92	Total suspend.stof	-0,21	0,89

Tabel 7.1 Resultaterne af de lineære regressions foretaget på udvalgte parametre (års- og sommerrmiddeltal) og måleårene 1989-94.

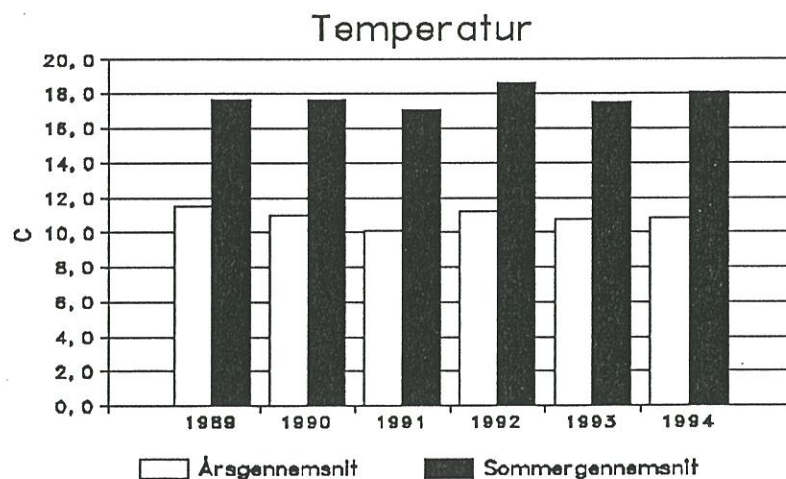


Figur 7.2. Klorofyl-a mængden i Vesterborg sø, 1989-94 (års- og sommergennemsnit).

Kravværdierne for klorofyl-a og sigtdybde (se afsnit 3) opfyldes ikke, og målsætningen for Vesterborg sø er derfor ikke opfyldt.

Temperatur

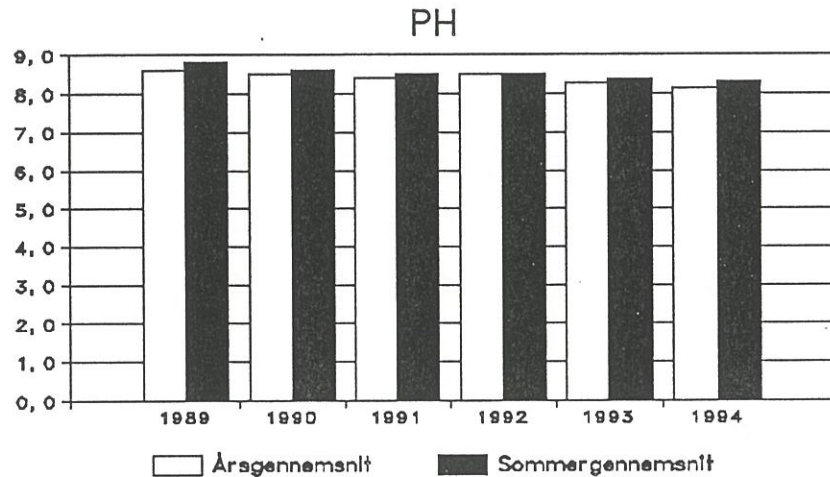
Sommeren 1994 var særdeles varm og solrig, hvilket afspejles i den sommergennemsnitlige vandtemperatur se på figur 7.3. Temperaturen stiger markant i begyndelsen af maj og når maksimum i juli med 24,6°C mod et maksimum på 20,7 °C i 1993. Den tidsvægtede sommermiddel og årsmiddel er begge højere i 1994 end 1993, som var køligere og mere regnfuld.



Figur 7.3. Vandtemperaturer i Vesterborg sø, 1989-94 (års- og sommergennemsnit).

pH

Figur 7.4 viser pH i overfladevandet i perioden 1989-94. Der ser ud til at der er et svagt pH fald som ikke skal tillægges den store betydning så længe det kun er konstateret gennem nogle få år.



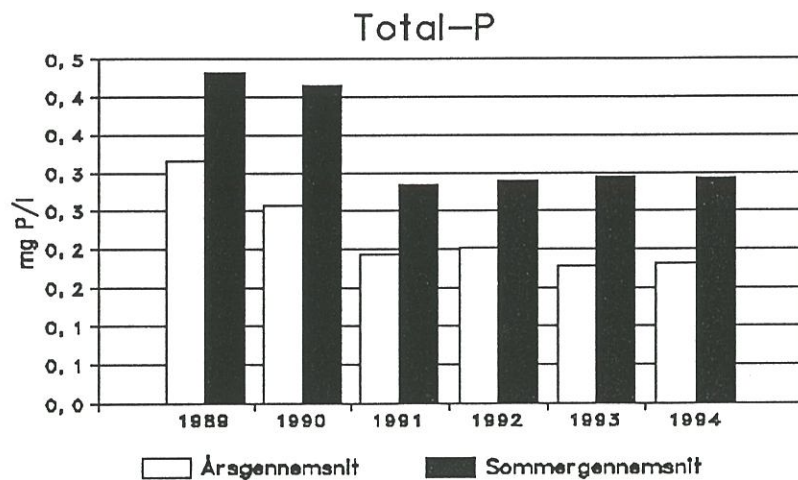
Figur 7.4 Vandtemperaturer i Vesterborg sø, 1989-94 (års- og sommergennemsnit).

Fosfor

Fosforindholdet i Vesterborg sø blev målt som total fosfat og som opløst fosfor (orthofosfat).

Som det fremgår af figur 7.5 har ændringen i årgennemsnittet i total-P fra 1992 til 1993 holdt sig også gennem 1994, mens sommergennemsnittet er uforandret. Faldet er størst fra 1990 til -91, der er en følge af en nedsat spildevandstilførsel. Det tyder derfor på, at tendensen med det mindskede fosforindhold på årsbasis og sommergennemsnit nu er stabiliseret på et lavere niveau.

Hvorvidt det afskårne spildevand er tilstrækkeligt til at ændre søens tilstand markant er usikkert, idet den resterende belastning stadigvæk er betydelig. Yderligere afhænger søens tilstand også af andre faktorer såsom vandgennemstrømningen og sedimentets indhold af fosfor og jern.

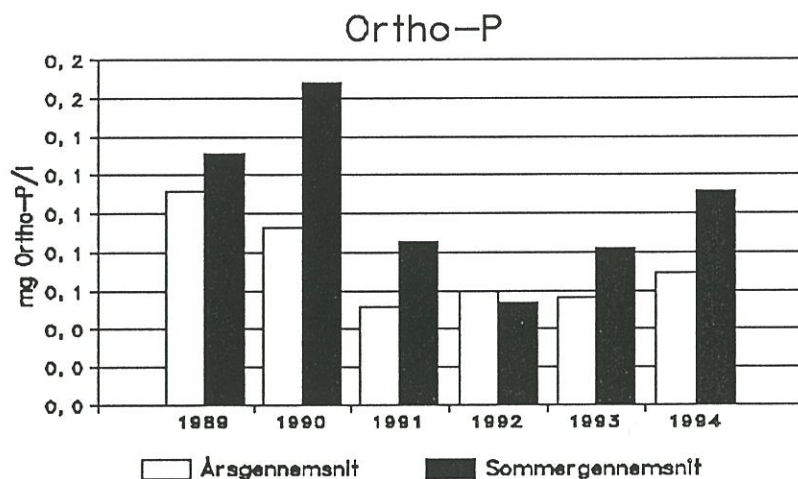


Figur 7.5 Total fosformængder i Vesterborg sø, 1989-94 (års- og sommergennemsnit).

Orthofosfat

I 1994 ligger orthofosfat stadig lavt dog ser sommergennemsnittet ud til at være steget til det højeste i 4 år, se figur 7.6.

Sammenhængen mellem tilledning af fosfor og søkoncentrationen kan ses i afsnit 6.

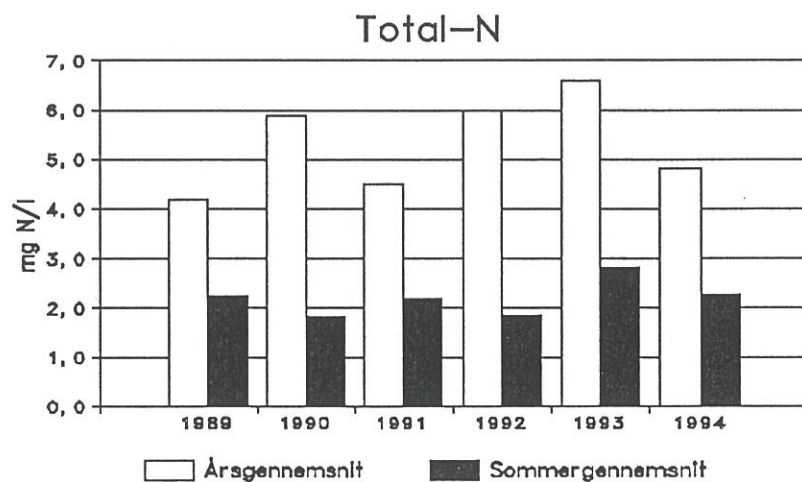


Figur 7.6 Orthofosfatmængde i Vesterborg sø, 1989-94 (års- og sommergennemsnit).

Kvælstof

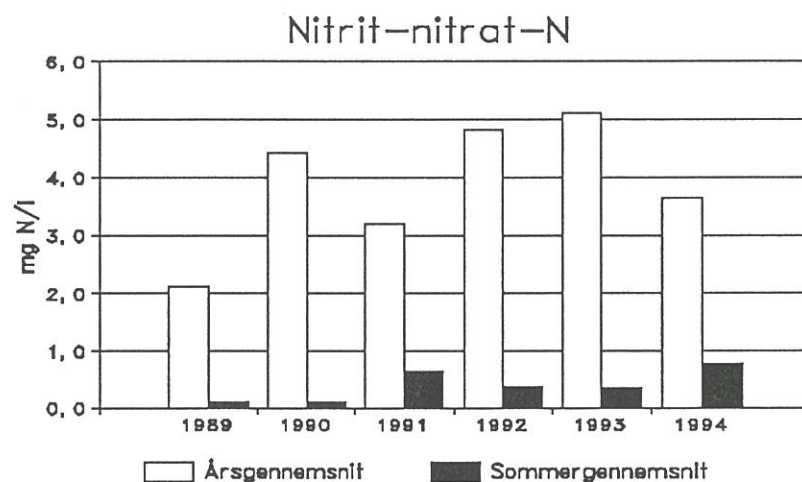
Kvælstofmængden er generelt faldet i 1994 i forhold til de 2 foregående år., se figur 7.7. Kvælstofkoncentrationen følger med en enkelt undtagelse nogenlunde vandføringen i

perioden 1989-94. Generelt lå kvælstofniveauet lavere i '94 end i 1993, specielt markant var forskellen vinter/forår og efterår.



Figur 7.7 Kvælstofmængden i Vesterborg sø 1989-94 (års- og sommergennemsnit).

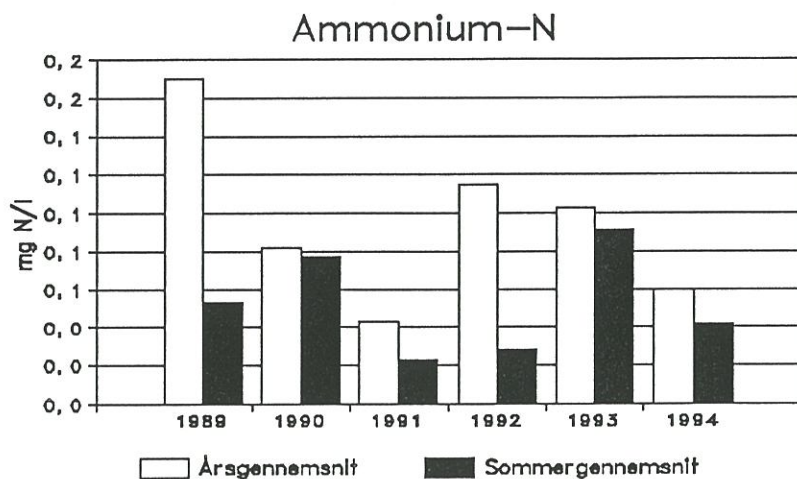
Vedrørende sammenhænge mellem tilledning og søkoncentration henvises i øvrigt til afsnit 6.



Figur 7.8 Nitrit- nitratmængden i Vesterborg sø, 1989-94 (års- og sommergennemsnit).

På årsbasis når nitrit-nitratkoncentrationen fem gange ned under detektionsgrænsen (0,007 mg/l). Lignende resultater er registreret i resten af perioden på netop dette tidspunkt (sommer) af året.

Indholdet af ammonium/ammoniak er på års- og sommerbasis generelt faldet til det niveau, det havde før 1992, figur 7.8.



Figur 7.9 Ammoniummængden i Vesterborg sø, 1989-94 (års- og sommergennemsnit).

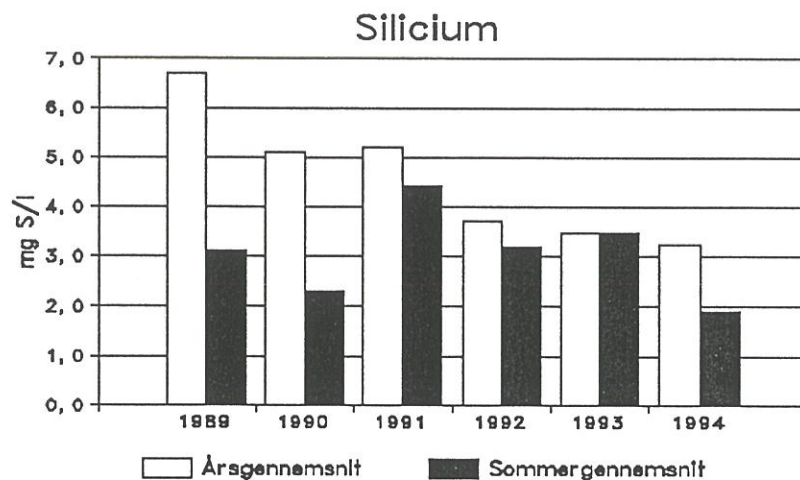
Hvis pH samtidig med har været høj, vil størstedelen være på ammoniak-form, der allerede ved en koncentration på 0,025 mg/l vil påvirke fisk og andre dyr ved længere tids påvirkning. Der blev dog ikke konstateret fiskedød i disse 2 perioder.

To målte parametre, total suspenderet stof og partikulært COD, er igen i år medtaget uden yderligere kommentarer.

Silicium

Silicium optages af kiselalger og en lav koncentration af opløst silicium er ofte sammenfaldende med et højt indhold af kiselalger. Specielt sommergennemsnittet er noget lavere i '94 end de foregående år, figur 7.10.

I 1994 ses der et fald i siliciumkoncentrationen fra marts og frem til juni, netop som følge af kiselalgevækst. Den efterfølgende top i juli skyldes givetvis nedgræsning af kiselalgerne eller frigivelse fra bunden. Et fornyet minimum ses som i 1993 i begyndelsen af august '94.



Figur 7.10 Siliciummængden i Vesterborg sø, 1989-94 (års- og sommergennemsnit).

For sammenhæng mellem siliciumkoncentration og kiselalgeproduktion se afsnit 8.

Sammenhæng mellem fysiske og kemiske parametre.

Kvælstof/fosfor

De partikulære fraktioner af kvælstof og fosfor set i forhold til hinanden, kan give informationer om fytoplanktonets sammensætning således, at det er muligt at vurdere, hvilket næringsstof der eventuelt er begrænsende.

Den partikulære fraktion fås ved at fratække den uorganiske del fra den totale mængde. Beregningerne er udført på værdier i sommerperioden.

I Vesterborg sø er N:P-forholdet i 1994 fundet til 9,7:1. Redfield-ratioen, der angiver det "optimale" forhold i fytoplankton, er 7:1. Ratioen kan i nogle planktonarter afvige fra 7:1-forholdet, som derfor skal tages med et vist forbehold. Med et vist forebehold må det konstateres, at Vesterborg sø var fosforbegrænset i 1994, det samme var tilfældet i 1993, hvor N:P-forholdet var 11,2:1.

Total-P/temperatur

Koncentrationen af total-P og vandtemperaturen i søen viser en god sammenhæng i 1994. Ved stigende temperaturer ses forøgede fosforkoncentrationer. I sommermånederne 1994 giver de høje temperaturer gunstige forhold for fosforfrigivelsen fra søbunden, der er større end den aktuelle sedimentation.

Total-P/klorofyl-a

Indholdet af fosfor i søen viser en sammenhæng med klorofyl-a-indholdet gennem hele 1994. Ved sedimentationen af fytoplanktonet i efteråret fjernes en del af såvel fosfor som klorofyl-a fra søvandet.

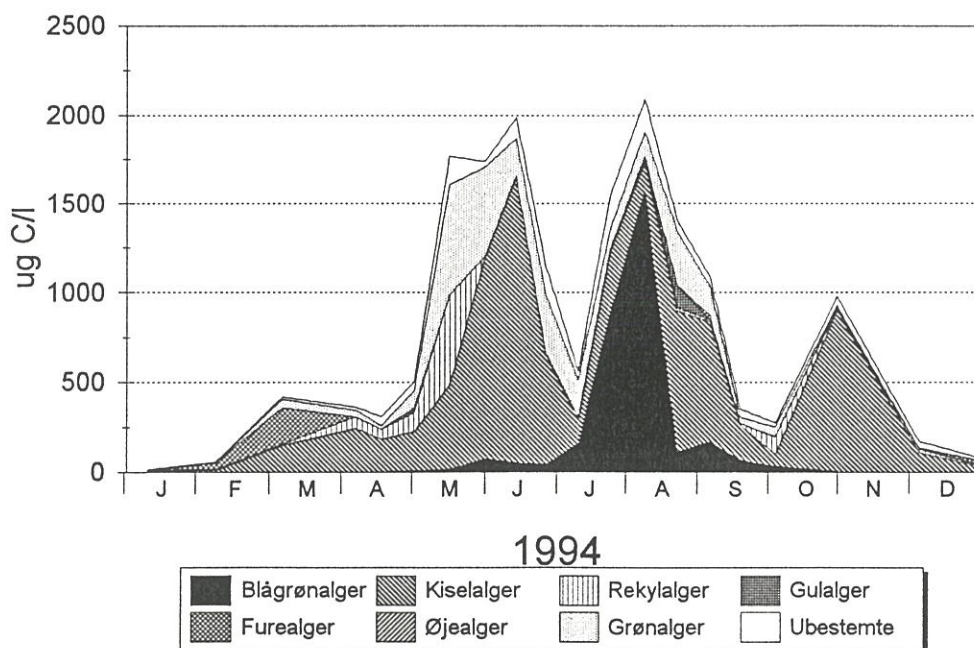
8. Biologi

Fytoplankton

Fytoplanktonprøvetagningen er udført som angivet i DMU's vejledning/5/. Bestemmelsen og databehandling er foretaget af Vandmiljøkontoret Storstrøms amt.

Måleresultaterne for 1994 i Vesterborg sø ligner meget resultaterne fra sidste år /4/. De to seneste år adskiller sig ved sine meget lavere biomasser i forhold til perioden 1989-92. Lignende tendens ses, med hensyn til klorofylkoncentrationen i 1994 der er meget lavere end der er registreret i perioden 1989-92.

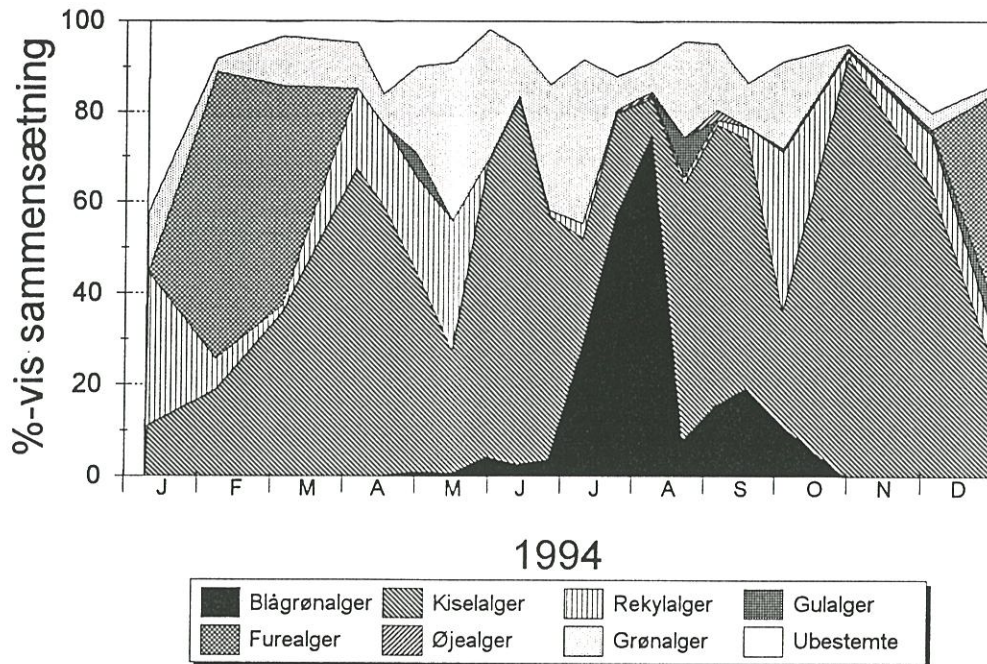
Forårs- og sommermaksima i maj/juni og igen i august 1994 var lavest målte i hele overvågningsperioden. Endvidere blev der i år registreret et 3. mindre maksimum i efteråret '94 se figur 8.1.



8.1. Fytoplanktonbiomassen i Vesterborg sø i 1994.

Forårsmaksimaet domineres i 1994 som de foregående år først af centriske kiselalger, fulgt af et andet maksimum i efteråret (oktober/november) ligeledes med kiselalger som de dominerende arter. Den sidste del sommermaksimumet i juli/august domineres meget kortvarigt af blågrønalgler i forhold til de foregående års, længerevarende dominans. Artssammensætningen er derimod ikke væsentligt ændret i 1994 i forhold til de foregående år.

Generelt kan det siges at fytoplanktonbiomassen domineres af kiselalger fulgt af blågrøn- og grønalger se figur 8.2. Blågrønalgebiomassen er tydeligvis faldende igennem perioden 1989-93, samme tendens ses i 1994 trods den ellers solrige og varme sommer.



8.2. %-vis fordeling af fytoplankton i Vesterborg sø 1994.

Sammenhæng mellem fytoplankton og fysiske/kemiske parametre.

I perioden 1989-93 ses en stigning i fytoplanktonbiomassen med den stigende temperatur i sommerhalvåret, samme sammenhæng ses i 1994, dog ikke så udpræget i 1994 som i de foregående år /4/.

Fytoplanktonproduktionen påvirker pH i vandfasen, således at pH stiger med den øgede fytoplanktonproduktion, hvilket også ses af den forholdsvis høje pH i Vesterborg sø. Nedgangen i fytoplankton biomassen i 1994 stemmer fint overens med den let faldende pH der er målt /4/.

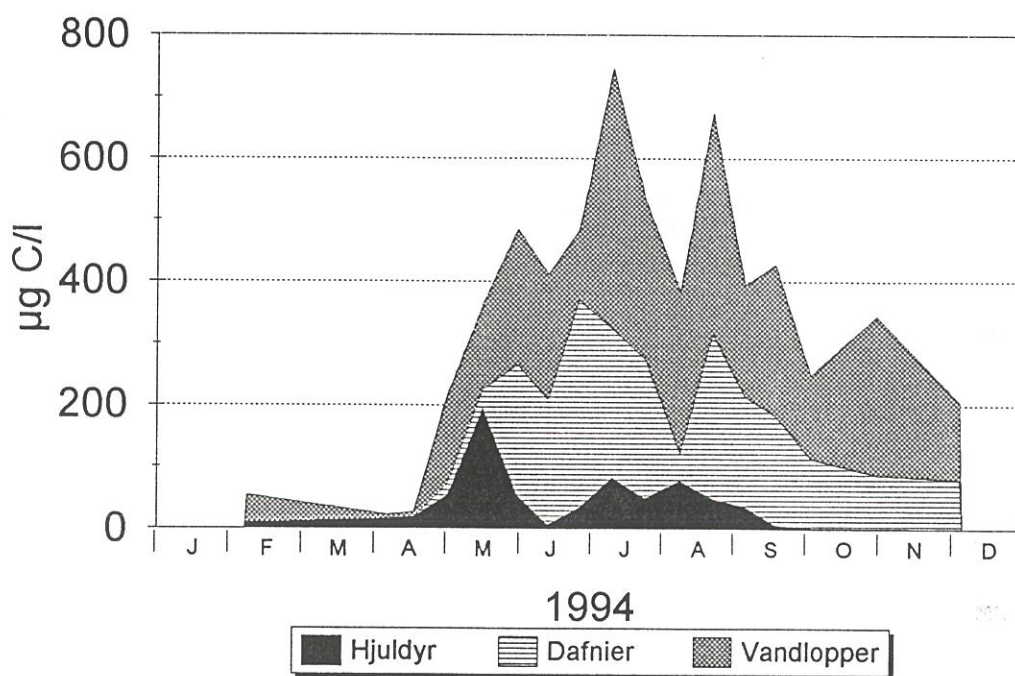
Et fald i siliciumkoncentrationen samtidig med at biomassen af kiselalger steg var ikke så tydelig i 1994 som i de foregående år. Der kan dog anes en hvis nedgang i siliciumkoncentrationen i foråret '94 samtidig med stigningen af biomassen af kiselalgerne /4/.

Zooplankton

Zooplankton i Vesterborg sø er udtaget på 3 stationer i søen efter anvisninger i "Prøvetagning og analysemetoder i søer", DMU 1990/5/.

Bestemmelse og tælling af zooplankton har fulgt vejledningen "Zooplankton i søer - metoder og artsliste/8/. Oparbejdningen af prøverne er i hele perioden foretaget af Storstrøms amt.

Zooplanktonbiomassen beregnet i kulstof for 1994 ses i figur 8.3, mens den beregnede %-vise biomassefordeling i 1994 ses i figur 8.4.

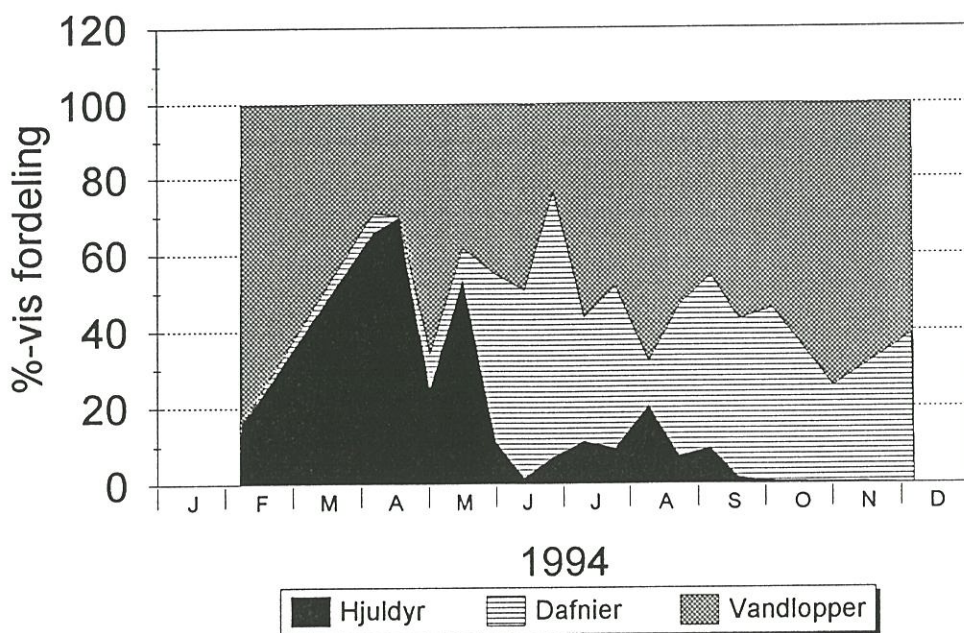


8.3. Zooplanktonbiomassen i Vesterborg sø i 1994.

Den samlede zooplanktonbiomasse topper som ofte før i begyndelsen af juli i år med ca. 750 µg C/l, mens en mindre sekundær top registreres i slutningen af august. Det nævnte maksima skyldes primært dafnier og vandlopper, hovedsagelig dafnien *Bosmina longirostris* og den cycloide vandloppe *Mesocyclops leukarti*. Hjuldyrene havde kun en mindre indflydelse på biomassen, de dominerende arter var *Polyarthra* spp. og *Keratella quadrata* i foråret der senere

blev afløst af de større *Brachionus* arter og den rovlevende *Asplanchna priodonta*. Ikke overraskende er biomassen lavest i marts måned med kun 22,8 µg C/l.

Generelt kan det siges, at de cyclopoide og calanoide vandlopper dominerer biomassen forår og efterår, mens specielt dafnierne dominerer i sommerhalvåret 1994, figur 8.3. Det samme billede ses af de foregående års resultater. Dafniernes fremtrædende rolle skyldes, som før nævnt hovedsagelig de store forekomster af snabedafnien *Bosmina longirostris*.



Figur 8.4. %-vis fordeling af zooplankton i Vesterborg sø i 1994.

Samspelet mellem plante- og dyreplankton.

Fytoplanktonbiomassen var lavere i 1994 end den var i 1993. Som det var tilfældet i 1992 var det kiselalger der var den dominerende gennem det meste af året. Blågrønalgerens betydning er dalende i '94, en tendens der også kunne ses allerede i 1993.

Forårsmaksimumet (maj/juni) bestod hovedsaglig af kiselalger og lidt rekylalger begge er velegnet føde for zooplankton. Det er da også i samme tidsrum mængden af græssende copepoder (copepoditter og nauplier) og dafnier steg kraftigst.

Zooplanktonbiomassen var faldet i forhold til de foregående års 5 års biomasser. Faldet skyldes hovedsaglig en mindre biomasse af copepoder. Den lave biomasse var først på året domineret af cyclopoide copepoder. Først hen i begyndelsen af juni steg dafniebiomassen og toppede i juli samtidig med, at fytoplanktonbiomassen faldt.

Dafnierne er effektive fytoplanktongræssere og stigningen i dafniebiomassen var sandsynligvis medvirkende til faldet i fytoplanktonbiomassen i juli.

I juli steg fytoplanktonbiomassen påny forårsaget af blågrønalger. Netop disse alger er uegnede til føde for zooplanktonet og ofte undgår zooplanktonet ovennævnte typer, idet de ofte er store og generelt dårlig fordøjelige. En egentlig indikation for at fytoplanktonbiomassen har virket begrænsende foreligger ikke.

Den begrænsede biomasse af zooplankton i sommer- og efterårsmånederne i Vesterborg sø, må i højere grad tilskrives en prædation fra planktivor fiskeyngel end af fødebegrænsning.

Referenceliste

- /1/ Storstrøms amt, Teknisk forvaltning, Miljøkontoret 1991. "Vesterborg sø 1989".
 - /2/ Storstrøms amt, Teknisk forvaltning, Miljøkontoret 1991. "Vesterborg sø 1989-91 - en overvåningssø i Storstrøms amt".
 - /3/ Storstrøms amt, Teknisk forvaltning, Miljøkontoret 1991. "Vesterborg sø, overvågningsdata 1992".
 - /4/ Storstrøms amt, Teknisk forvaltning, Miljøkontoret 1991. "Vesterborg sø, overvågningsdata 1993".
 - /5/ DMU 1990, Prøvetagning og analysemetoder i søer, Overvågningsprogram.
 - /6/ DMU 1992, Ferske vandområder-søer, vandmiljøplanens overvågningsprogram 1991, Faglig rapport nr. 63.
 - /7/ Storstrøms amt 1993. "Regionplantillæg om Vandområdernes kvalitet 1992-2003 for Storstrøms amt".
 - /8/ DMU 1992, "Zooplankton i søer - metoder og artsliste", Miljøprojekt nr. 205.
-