

TEKNISK RAPPORT



JUL SØ, BRASSØ, VEJLSØ OG
SILKEBORG LANGSØ - 1999

ÅRHUS AMT Natur- & Miljøkontoret, Lyseng Alle 1, 8270 Højbjerg
TITEL : Jul Sø, Brassø, Vejlsø og Silkeborg Langsø - 1999
FORFATTER : Torben Bramming Jørgensen

EMNEORD : Søer, eutrofiering, fosfor, kvælstof, alger.
FORMAT : A4
SIDETAL : 68 + bilag
OPLAG : 200
ISBN : 87-7906-169-9
TRYK : Århus Amts Trykkeri • 157-01-004, juni 2001.

ÅRHUS AMT
MILJØ- OG
NATURKONTOR
Lyseng Alle 1
8270 Højbjerg
Tlf. 157 01 004

TEKNISK RAPPORT

JUL SØ, BRASSØ, VEJLSØ OG SILKEBORG LANGSØ - 1999

DANMARKS
MILJØUNDERSØGELSER
BIBLIOTEKET
Vejsøvej 25, Postboks 314
8600 Silkeborg

Indholdsfortegnelse

Sammenfatning	5
Jul Sø og Brassø	11
Indledning	13
Vand- og stofbalance	15
Vandbalance	15
Stofbalance	16
Kilder til næringsstofftilførsel	18
Kemi i vand og sediment	21
Overfladevand	21
Bundvand	24
Sediment	26
Alger	27
Udvikling og fremtidige udsigter	29
Fremtidige udsigter.....	30
Modelberegninger	31
Målsætning og fremtidig tilstand	35
Vejlsø	37
Silkeborg Langsø	41
Indledning	43
Vand- og stofbalance	45
Vandbalance	45
Stofbalance - kvælstof.....	46
Stofbalance - fosfor	47
Kildeopsplitning og fremtidig tilførsel.....	49
Kemi i vand og sediment	51
Østbassin	51
Vest- og midterbassin.....	54
Sediment	56
Østbassin	56
Vest- og midterbassin.....	57
Alger	59
Målsætning og udvikling	61
Østbassin	61
Vest- og midterbassin.....	62
Referencer	65
Bilagsoversigt	67

Sammenfatning

Denne rapport beskriver tilstanden i Jul Sø, Brassø, Vejlsø og Silkeborg Langsø i 1999.

Rapporten er skrevet på baggrund af undersøgelser foretaget af Århus Amt igennem hele 1999. Der er dog ikke foretaget de samme undersøgelser i alle fire søer. Vandkemi og sigtddybe er registreret i alle søer igennem hele året, medens der er taget algeprøver i Jul Sø og i Silkeborg Langsø's østbassin. Sedimentets indhold af næringsstoffer er målt i Jul Sø, Brassø og i øst- og midterbassinet i Silkeborg Langsø.

Rapporten beskriver først og fremmest søernes nuværende tilstand, men udviklingen i søerne igennem de seneste tyve år er også gennemgået på baggrund af de tidligere undersøgelser, der er foretaget.

Jul Sø og Brassø

Tidligere undersøgelser har vist, at tilstanden i de fire Himmelbjergsøer mellem Ry og Silkeborg - Birk Sø, Jul Sø, Borre Sø og Brassø - kan beskrives ud fra undersøgelser i Jul Sø og Brassø.

Gudenåen løber igennem Himmelbjergsøerne og tilstanden i søerne er derfor stærkt præget af den store vand- og næringsstoftransport i Gudenåen. Der er også en mindre vand- og stoftilførsel fra oplandet "langs" med søerne, som dog kun har mindre betydning for tilstanden i søerne.

I 1999 blev der tilført ca. 40 ton fosfor til Jul Sø. Heraf

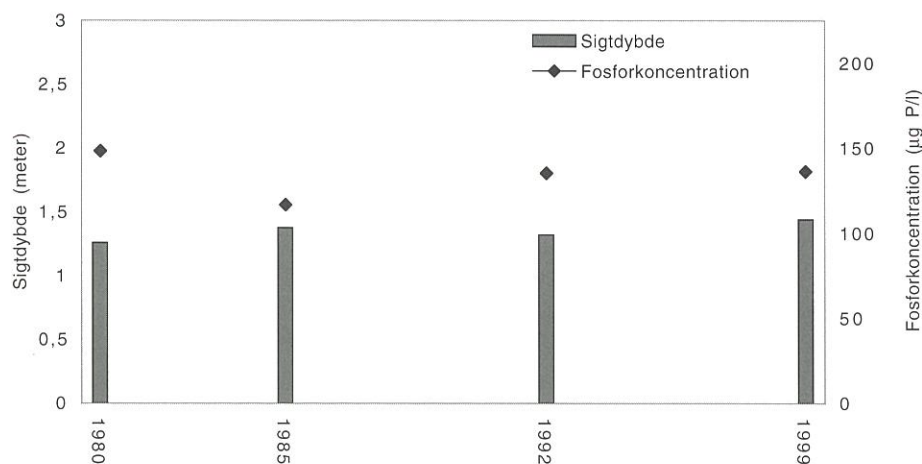
kom ca. 32 ton via Gudenåen. Den gennemsnitlige fosforkoncentration i det tilførte vand var 80 µg P/l. Til sammenligning var indløbskoncentrationen ved den foregående undersøgelse i 1992 127 µg P/l. I forhold til 1992 er der altså sket en væsentlig reduktion i fosfortilførslen til Jul Sø og generelt til Himmelbjergsøerne. Selvom fosfortilførslen er blevet mindre, var fosforkoncentrationen i Jul Sø og Brassø stort set den samme som i 1992. Årsagen er, at der i 1999 var en større fosforfrigivelse fra søbunden end tidligere. Alt i alt var der en nettofrigivelse af fosfor fra bunden af Jul Sø på 5 ton i 1999 - der kom altså 5 ton fosfor mere ud af Jul Sø, end der kom ind.

Kvælstoftilførslen til Jul Sø i 1999 var 1170 ton eller 2,3 mg N/l som en gennemsnitlig indløbskoncentration. Indløbskoncentrationen er dermed forholdsvis lille og mindre end i andre store oplande med en stor andel dyrkede jorde. Dette skyldes, at vandet i Gudenåen løber igennem adskillige større søer, inden det når Himmelbjergsøerne. I disse søer sker der en kvælstoffjernelse, som altså resulterer i at kvælstofkoncentrationen er lav, når vandet løber til Himmelbjergsøerne.

Der er ikke nogen væsentlig forskel på kvælstoftilførslerne til Himmelbjergsøerne fra år til år. Tilførslerne er størst i "våde" år, hvor vand- og kvælstofafstrømningen fra oplandets jorde er størst.

I 1999 blev der fjernet ca. 19 % af den tilførte kvælstof i Jul Sø. Kvælstoffjernelsen er dermed forholdsvis lille, men skal ses i forhold til, at vandet strømmer relativt

Figur 1.
Fosforkoncentration og sigtddybe (sommergennemsnit) i Jul Sø i måleårene fra 1980 til 1999.



hurtigt igennem Jul Sø.

De dyrkede jorde bidrager med langt den største del af de samlede kvælstoftilførsler - ca. 75 % - medens fosfortilførslen er fordelt på flere kilder. Således bidrager henholdsvis de dyrkede jorde, baggrundsbidraget og punktkilderne i oplandet (rensningsanlæg, den spredte bebyggelse, regnvandsoverløb og dambrug) hver med ca. en tredjedel af den samlede fosfortransport i Gudenåen ved Rye Mølle.

Der er som nævnt en beskeden stoftilførsel direkte til Himmelbjergsøerne. Tilstanden i søerne er derfor helt afhængig af den udvikling, som sker i de opstrømsliggende søer i Gudenåsystemet og i Gudenåen generelt. Det må i den forbindelse forventes, at fosforniveauet i Gudenåen vil blive mindre i de kommende år, primært fordi fosforfrigivelsen i søerne langs Gudenåen aftager, men også fordi punktkildebidraget generelt i oplandet vil blive reduceret.

Tilstanden i Jul Sø og Brassø og dermed i alle fire Himmelbjergsøer er præget af et forholdsvist højt næringsstofniveau, mange alger og uklart vand.

Fosforniveauet i vintermånederne er dog reduceret i de senere år og var i 1999 omkring 50 - 70 µg P/l. På grund af store fosforfrigivelser både i Jul Sø og i de opstrømsliggende søer er fosforniveauet i sommerhalvåret betydeligt højere. I 1999 var der et maksimum på ca. 250 µg P/l i august måned.

Den gennemsnitlige fosforkoncentration for hele 1999 var 103 µg P/l. I 1992 var årsgennemsnittet 123 µg P/l. På grund af en fortsat stor fosforfrigivelse fra bundsedimentet er sommergennemsnittet uændret siden 1992 på ca. 135 µg P/l.

Der er mange kiselalger i forårsmånederne i Jul Sø - og i Himmelbjergsøerne generelt og sigtddybden er lille (omkring 1,5 meter). I maj og juni forsvinder en del af algerne igen og vandet er mere klart i denne del af året. I løbet af juli tiltager algemængden og i sensommeren dominerer blågrønalgerne i Himmelbjergsøerne. Blågrønalgerne koncentrerer sig i overfladen og forårsager lave sigtddybder. Således også i 1999, hvor sigtddybden blot var ca. 1 meter i august.

Sedimentundersøgelser i Jul Sø og Brassø viser, at der ligger ca. 125 ton fosfor, som kan frigives i de kommende år og som skal transporteres ud af søerne, før disse vil være i ligevægt med fosfortilførslerne.

I Vandkvalitetsplanen for Århus Amt er det angivet, at den fremtidige fosfortilførsel skal være ca. 20 ton om

året. Dette vil først opnåes, når de opstrømsliggende søer er i ligevægt med fosfortilførslerne og begynder at tilbageholde væsentlige fosformængder.

Jul Sø, Borre Sø og Brassø har en B-målsætning og er samtidigt målsat som badevandssøer. Næringsstofforslen fra punktkilderne overholder de krav, som er stillet i Vandkvalitetsplanen, og derfor må målsætningen for Jul Sø og Brassø anses for at være opfyldt i 1999. Der er fortsat en stor fosfortilførsel til søerne på grund af fosforfrigivelse i de opstrømsliggende søer. Effekten af de fosforbegrænsende tiltag i oplandet er derfor endnu ikke opnået og tilstanden i søerne er fortsat ikke tilfredsstillende.

Modelberegninger viser, at Jul Sø og Brassø i løbet af ca. 15 år vil indstille sig i en ligevægt med fosfortilførslerne. Dette forudsætter dog, at de samlede fosfortilførsler gradvist reduceres til ca. 20 ton om året, samtidigt med at den interne fosforpulje i Himmelbjergsøerne bliver skyllet bort.

Fosforniveauet vil i en ligevægtssituation variere fra ca. 30 µg P/l om vinteren til 50 - 60 µg P/l om sommeren med et sommergennemsnit på ca. 45 µg P/l. Dette væsentlige lavere fosforniveau vil resultere i mere klart vand i søerne og en gennemsnitlig sommersigtddybde på 2,5 meter i Jul Sø og op i mod 3 meter i Brassø - sommergennemsnittene i de to søer i dag er på henholdsvis 1,5 meter og 1,7 meter.

Vejlsø

Vejlsø er en lille lavvandet sø, der ligger tæt på Brassø i udkanten af Silkeborg. Søens opland består hovedsagligt af skov. Vandtilførslen sker fra den rene Almind Sø og den sure og brunvandede Vejlbø Mose. Samtidigt kan vand fra Brassø dog også trænge ind i Vejlsø, fordi afløbet fra Vejlsø til Brassø er en uddybet kanal. Tilstanden i Vejlsø er derfor i nogen grad påvirket af vand, der strømmer ind i søen fra Brassø.

Fosforindholdet er forholdsvist lavt med en gennemsnitlig fosforkoncentration i sommerhalvåret i 1999 på 70 µg P/l.

Selvom der ikke er nogen væsentlige næringsstoffkilder i oplandet, er søen lettere næringsrig med en veludviklet rørskov og forholdsvist uklart vand.

Årsagen er dels, at fosforniveauet i søen tidligere har været højere, men også at fisk frit kan svømme mellem Vejlsø og Brassø. Dette indebærer, at specielt brasen, der ynder varmt vand, svømmer ind i søen fra Brassø. Brasen kan i større mængder fastholde en næringsrig til-

stand i søer på trods af forholdsvist lave næringsstoffertilførsler - hvilket vurderes at være tilfældet i Vejlsø.

Vejlsø har en generel (B) målsætning og det forudsættes i Vandkvalitetsplanen, at der ikke er anden næringsstoffertilførsel end den diffuse afstrømning via Almind Sø og Vejlbø Mose.

Målsætningen for søen er opfyldt i 1999, men det forventes dog, at tilstanden forbedres i takt med at næringsstofniveauet i Brassø reduceres og den biologiske balance ændres.

Silkeborg Langsø

Silkeborg Langsø er en langstrakt lavvandet sø, der er delt i tre bassiner.

Gudenåen løber til det østlige bassin og danner her også det samlede afløb fra søen. Vandet til vest- og midterbassinet tilføres primært fra Lysåen og Ørn Sø vest for Silkeborg.

Tilstanden i det østlige bassin er præget af de store vand- og næringsstoffertilførsler via Gudenåen. Vest- og midterbassinet er også forholdsvist næringsrige, fordi der tidligere er tilført spildevand fra Silkeborg til denne del af Silkeborg Langsø. Denne spildevandstilførsel er dog nu hørt op og de næringsrige forhold skyldes i dag fosforfrigivelse fra søbunden samt et fortsat lettere forhøjet næringsstofniveau i det tilførte vand.

Østbassin

I 1999 blev der tilført ca. 52 ton fosfor til Silkeborg Langsø's østbassin. Der var en betragtelig fosforfrigivelse fra søbunden og derfor var fosforfratførslen 6,8 ton større end tilførslen.

Den gennemsnitlige fosforkoncentration i det tilførte

vand var i 1999 94 $\mu\text{g P/l}$. I 1992 var indløbskoncentrationen 114 $\mu\text{g P/l}$ og der er således sket en reduktion i fosforkoncentrationen i det tilførte vand siden 1992.

Kvælstoftilførslen var ca. 1040 ton eller 1,9 mg N/l. På grund af de store vandmængder er der altså en stor kvælstoftilførsel, selvom koncentrationen i det tilførte vand er relativ lille.

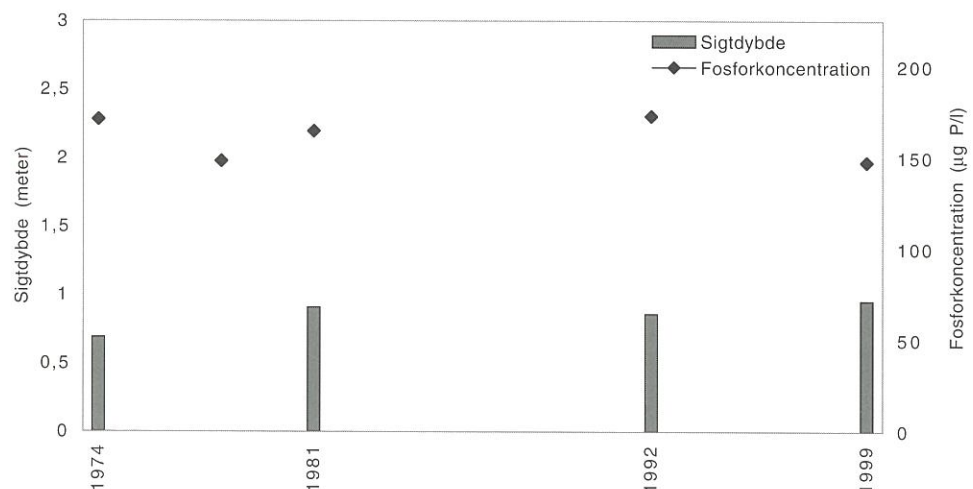
Vandet har kun en gennemsnitlig opholdstid i østbassinet på 1 - 2 dage. Derfor var der kun en beskedent kvælstoftilbageholdelse i bassinet på ca. 3 % af de samlede tilførsler.

Fosforniveauet i Silkeborg Langsø's østbassin er forholdsvist højt og hovedsagligt bestemt af det høje fosforindhold i Gudenåen. Om vinteren varierer fosforkoncentrationen mellem 60 og 80 $\mu\text{g P/l}$ som i Gudenåen. Om sommeren er der et højere fosforindhold i søvandet end i det tilførte vand fra Gudenåen på grund af fosforfrigivelse fra søbunden. Den gennemsnitlige fosforkoncentration i sommermånederne er ca. 150 $\mu\text{g P/l}$. Dermed er fosforniveauet i sommerhalvåret nogenlunde uændret i de sidste tyve år - også selvom fosforkoncentrationen i det tilførte vand er reduceret fra 1992 til 1999. I stedet blev der altså frigivet en større fosformængde fra søbunden i 1999 end i 1992.

Der er mange alger i Silkeborg Langsø's østbassin. Om foråret dominerer kiselalgerne og om sommeren blågrønner. Sigtdybden er nogenlunde konstant omkring 1 meter hele sommeren. Om vinteren er vandet noget mere klart med sigtdybder på ca. 2 meter.

Bedømt ud fra klorofylmålingerne er der sket en reduktion af algemængden i bassinet, men reduktionen har ikke været så stor, at sigtdybden har ændret sig siden 1980'erne og 90'erne, hvor der også var en gennemsnitlig sommersigtdybde på ca. 1 meter.

Figur 2.
Fosforkoncentration og sigtdybde (sommergennemsnit) i Silkeborg Langsø's østbassin i måleårene fra 1974 til 1999.



Silkeborg Langsø er B-målsat (generel målsætning) og den maksimale fosfortilførsel til østbassinet må højst være ca. 22 ton om året. En sådan fosfortilførsel vil medføre en fosforkoncentration på 40 - 50 µg P/l og en sigtddybde på ca. 1,5 meter i sommerhalvåret.

Næringsstofftilførslen fra Søholt rensningsanlæg, som har udløb i østbassinet, overholder ikke de krav, som er stillet i Vandkvalitetsplanen, og derfor var målsætningen for denne del af Silkeborg Langsø ikke opfyldt i 1999.

Tilstanden i Silkeborg Langsø's østbassin vil også i de kommende år i vid omfang være bestemt af næringsstofftilførslerne via Gudenåen. Der vil derfor ikke ske væsentlige ændringer i forholdene, før tilstanden i Himmelbjergsøerne og i søerne længere oppe ad Gudenåen forbedres afgørende.

Samtidigt skal den fosforpulje, som ligger i sedimentet dog skylles ud af søen, men det må forventes, at dette sker i nogenlunde samme tempo som forbedringer i tilstanden i blandt andet Himmelbjergsøerne indtræffer.

Afgørende ændringer i tilstanden i Jul Sø og Brassø kan som nævnt tidligst forventes om ca 15 år. Det er nogenlunde samme tidsperspektiv, som gælder for Silkeborg Langsø's østbassin og det kan dermed ikke forventes, at forholdene i bassinet vil ændrer sig i væsentlig grad i de nærmeste år.

Vest- og midterbassin

Næringsstofftilførslen til Silkeborg Langsø's vest- og midterbassin er mindre end til det østlige bassin. I 1999 kom der ca. 3,1 ton fosfor og ca. 53 ton kvælstof til denne del af søen. Det svarer til en indløbskoncentration på henholdsvis 75 µg P/l og 1,25 mg N/l.

I 1999 var der en kvælstoffjernelse på omkring 11 ton

eller 20 % af kvælstoftilførslerne. Ligesom i østbassinet er der også her en større fosforfrigivelse fra sedimentet, hvilket resulterede i en transport på 3,3 ton ud de to bassiner. Dermed var fosforfraførslen 6 % større end fosfortilførslen.

Vandets opholdstid i denne del af søen er i øvrigt ca. 1 måned.

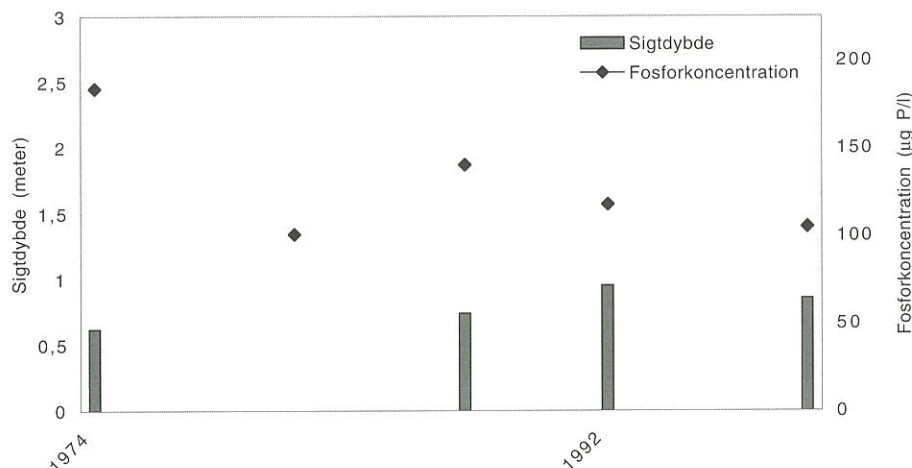
Kvælstofkoncentrationen i det tilførte vand er lav og temmelig konstant fra måned til måned og fra år til år. Årsagen er dels, at hovedparten af vandet i Lysåen og Ørn Sø er grundvand med et lavt kvælstofindhold, men samtidigt sker der også en vis kvælstoffjernelse under vandets ophold i Ørn Sø.

Fosforindholdet i det tilførte vand er reduceret siden sidste undersøgelse i 1992 hvor gennemsnitskoncentrationen var 95 µg P/l. Det faldende fosforindhold skyldes dels en reduceret fosforfrigivelse i Ørn Sø, dels at punktkildebidraget fra rensningsanlæg, dambrug og spredt bebyggelse er blevet mindre.

Fosforkoncentrationen i søvandet i den vestlige del af Silkeborg Langsø er reduceret fra et sommergennemsnit på 118 µg P/l i 1992 til 105 µg P/l i 1999. Fosforindholdet er altså fortsat forholdsvis højt, selvom der dog er sket et fald i de sidste ti år.

Klorofyllkoncentrationen er reduceret som følge af det lavere fosforniveau. Reduktionen er dog endnu ikke så stor, at vandet i de to bassiner er blevet væsentligt mere klart om sommeren. Den gennemsnitlige sigtddybde i sommermånederne er således fortsat lav - 0,9 meter i 1999 og 1,0 meter i 1992.

Figur 3.
Fosforkoncentration og sigtddybde (sommergennemsnit) i Silkeborg Langsø's midterbassin i måleårene fra 1974 til 1999.



Som i Silkeborg Langsø's østbassin er det kiselalger, der dominerer i forårs månederne, og blågrønalger om sommeren. Specielt blågrønalgerne koncentrerer sig i overfladen og derfor er sigtdybden fortsat temmelig lille, selvom klorofylmålingerne indikerer, at der trods alt er sket et fald i algemængden siden 1992.

Silkeborg Langsø's vest- og midterbassin har en B-målsætning. Næringsstofftilførslen fra punktkilderne overholder de krav, som er stillet i Vandkvalitetsplanen, og derfor må målsætningen anses for at være opfyldt i 1999. Effekten af de fosforbegrænsende tiltag i oplandet er endnu ikke opnået og tilstanden i søerne er fortsat ikke tilfredsstillende, primært fordi der fortsat frigives betydelige fosformængder fra sedimentet.

Vandkvalitetsplanen for Århus Amt anfører, at fosforindholdet i Silkeborg Langsø's vest- og midterbassin på længere sigt kan forventes at være ca. 60 µg P/l som et sommergennemsnit og sigtdybden omkring 1,0 til 1,5 meter, når det ønskede fosforniveau på maksimalt 70 µg P/l som et årsgennemsnit er opnået i det tilførte vand.

Det må forventes, at den ønskede tilstand opnåes i takt med at fosforniveauet i Ørn Sø bliver mindre og fosforpuljen i sedimentet i de to bassiner bliver skyllet bort.

Da blandt andet fisk frit kan svømme mellem alle tre bassiner i Silkeborg Langsø vil afgørende ændringer i de biologiske forhold i den vestlige del af søen dog først ske, når tilstanden i østbassinet forbedres væsentligt.

JUL SØ OG BRASSØ

Indledning

Natur- og Miljøkontoret fører tilsyn med forureningstilstanden i amtets vandområder.

Som et led i dette tilsyn blev der i 1999 gennemført en undersøgelse af vandkvaliteten i Himmelbjergsøerne. Undersøgelserne var hovedsagligt begrænset til Jul Sø og Brassø, fordi tidligere undersøgelser har vist, at tilstanden i Birk Sø og Borre Sø kan beskrives ud fra målingerne i Jul Sø og Brassø.

Endvidere omfattede undersøgelsen målinger i Gudenåen ved Rye Mølle og i Remstrup Å i Silkeborg. Her blev vand- og stoftransport i Gudenåen bestemt, hvorved til- og fraførslen af vand og næringsstoffer i Himmelbjergsøerne kunne beregnes.

Knud Å løber til Birk Sø lige nord for Ry. Herigennem løber vandet fra Ravn Sø og Knud Sø til Gudenåen. Vand- og stoftransporten fra Knud Å er beregnet ud fra målinger i 1999 i Knud Å ovenfor Knud Sø sammenholdt med målinger fra Knud Sø i 1997.

Der er foruden Knud Å og Gudenåen en række mindre tilløb til de fire søer. Vand- og stoftransporten herfra er beregnet sammen med det øvrige opland imellem Ry og Silkeborg som et såkaldt umålt opland.

Der er også tidligere i forskellige forbindelser foretaget undersøgelser i Himmelbjergsøerne.

Egentlige undersøgelser af forureningstilstanden skete første gang i starten af 1960'erne. Siden blev den såkaldte Gudenåundersøgelse, som også omfattede søundersøgelser, foretaget i begyndelsen af halvfjerdserne. Endeligt har Århus Amt foretaget undersøgelser i de fire søer i 1980, 1985 og i 1992.

Resultaterne fra de tidligere års undersøgelser kan findes i de tidligere publicerede rapporter fra søerne (jvf. referenceliste).

Vand- og stofbalance

Vandtransporten til og fra Himmelbjergsøerne er beregnet ud fra tidligere års målinger af vandføringen ved henholdsvis Rye Mølle og i Remstrup Å (Gudenåen ved Silkeborg). Disse vandføringer er sammenholdt med en kontinuert måling af vandføringen i 1999 ved Tvilum Bro, som er en målestation længere nede ad Gudenåen. Ved Q-Q regression er fremkommet en beregnet vandføring ved Rye Mølle (indløbet til Birk Sø) og i Remstrup Å (afløbet fra Brassø).

Til beregning af stoftransporten i systemet er der taget vandprøver ved Rye Mølle og i Remstrup Å 18 gange i løbet af 1999.

Se i øvrigt bilag for en mere udførlig beskrivelse af vand- og stoftransportberegningerne.

Vandbalance

Gudenåen bidrager på årsbasis med omkring 75 % af den vandmængde, som strømmer igennem Himmelbjergsøerne.

Søerne tilføres også vand udover det som løber i Gudenåens hovedløb. De største enkelttilførsler er Knud Å, som afvander et 75 km² stort område omkring Ravn- og Knud Sø, Gravbækken, som løber til Borre Sø med vand fra bl.a. Thorsø og Kærsmøllebæk, der løber til Jul Sø

fra nord. Derudover er der en række mindre vandløb, der løber til Himmelbjergsøerne. Blandt andet løber vandet fra de rene søer Slåen Sø og Almind Sø til henholdsvis Borre Sø og Brassø. Endelig sker der en diffus afstrømning fra oplandet.

Det er ved beregningen af vandbalancen antaget, at den vandmængde, som strømmer fra det "umålte" opland er den samme pr. km² som i den øvrige del af Gudenåens opland. Bidraget fremkommer dermed ved arealkorrektion af vandføringen i Gudenåen ved Rye Mølle.

Ved udregning af vandbalancen for Himmelbjergsøerne er der endvidere beregnet et grundvandsbidrag til søerne. Dette bidrag er fremkommet som en summering af et kendt grundvandsbidrag og differencen mellem den samlede vandtilførsel og vandføringen i afløbet - altså Remstrup Å i Silkeborg.

Det beregnede grundvandsbidrag udgør 10 % af den samlede vandtilførsel til søerne i 1999.

Den atmosfæriske deposition er differencen mellem nedbør på søens overflade og fordampningen fra søerne.

	Opland (km ²)	Vandføring (mio. m ³)	Total kvælstof ton kvælstof	Total fosfor ton fosfor
Gudenå v. Rye Mølle	817	386	966	32,2
Knud Å	75	20,5	21	0,2
Umålt opland	88	43,5	108	3,6
Grundvand		48	49	3,1
Rensningsanlæg		1	12	0,6
Atmosfærisk deposition		0,5	14	0,1
Total tilførsel		499,5	1170	39,8
Magasinændring			-60	1,1
Fraførsel	980	499,5	952	44,7
Søbalance (ekskl. sedimentudveksling)			19%	-12%
Søbalance (inkl. sedimentudveksling)			25%	-15%

Tabel 1

Vand- og stofbalancen for Jul Sø i 1999.

På figur 4 er vandgennemstrømningen i Himmelbjergsøerne præsenteret. Det fremgår, at vandtilførslen varierer betydeligt over året fra en månedlig vandtilførsel på ca 60 mio. m³ i februar - svarende til at vandet i Himmelbjergsøerne bliver udskiftet en gang i februar - til en 40 % vandudskiftning eller en vandtilførsel på ca 18 mio m³ i august og september.

Vandets gennemsnitlige opholdstid i 1999 i Himmelbjergsøerne kan beregnes til 45 dage.

En nærmere beskrivelse af beregningen af vandbalancen kan findes i bilag.

Stofbalance

Tabel 1 viser vand- og stofbalancen for Himmelbjergsøerne i 1999.

Stoftransporten i Gudenåen er beregnet ved at sammenholde vandføringer og kemimålinger ved Rye Mølle og i Remstrup Å. I Knud Å er stoftilførslen beregnet på baggrund af kemimålinger og beregnede vandføringer i Knud Å opstrøms Knud Sø i 1999 korrigeret for den stoftilbageholdelse, som sker i Knud Sø.

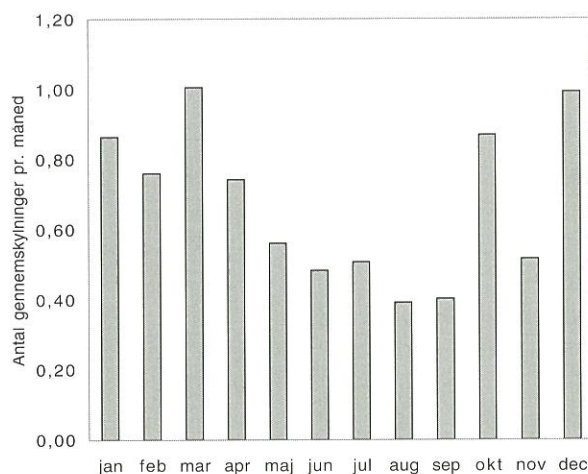
Stoftransporten fra det umålte opland er beregnet ud fra den antagelse, at de gennemsnitlige stofkoncentrationer her er de samme som de, der findes i Gudenåens vand ovenfor Rye Mølle.

Til beregning af grundvandsbidraget er anvendt koncentrationer af kvælstof og fosfor på henholdsvis 1 mg N/l og 65 µg P/l. Der er dermed anvendt en forholdsvis høj fosforkoncentration for grundvandsbidraget. Dette er gjort, fordi en del af det beregnede grundvandsbidrag sandsynligvis reelt er en overfladisk vand- og stoftilførsel fra det umålte opland.

Bidraget fra rensningsanlæg er målte værdier fra de anlæg, der har udløb i oplandet mellem Ry og Silkeborg. Den atmosfæriske deposition er fremkommet ud fra erfaringstal for kvælstofdeposition på 15 kg N/ha/år og fosfordeposition på 0,1 kg P/ha/år.

I tabellen er angivet en "Søbalance uden sedimentudveksling" og en "Søbalance med sedimentudveksling". Søbalance uden sedimentudveksling angiver forskellen mellem henholdsvis kvælstoftilførsel og fraførsel og fosfortilførsel og -fraførsel. Altså hvor meget kvælstof og fosfor der blev tilbageholdt i Jul Sø i 1999.

Søbalance med sedimentudveksling angiver de stofmængder, der blev tilbageholdt/frigivet i 1999, når der tages hensyn til den stofpulje, der var i Jul Sø ved årets start og ved årets slutning.



Figur 4

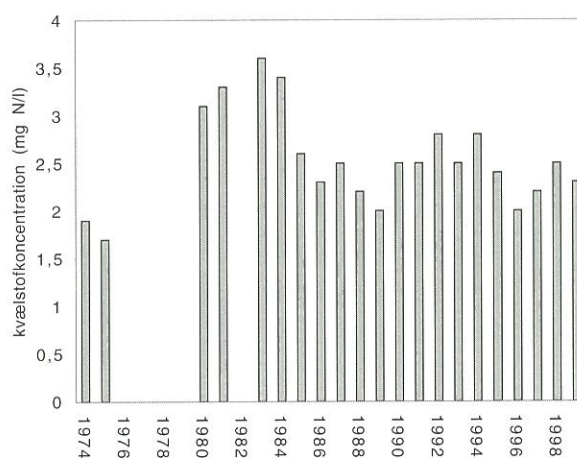
Det månedlige vandudskifte i Himmelbjergsøerne i 1999.

Kvælstof

Den samlede kvælstoftilførsel var 1170 ton i 1999, hvilket svarer til en gennemsnitlig indløbskoncentration på 2,3 mg N/l.

Selvom der tilføres store mængder kvælstof til søerne, er indløbskoncentrationen forholdsvis lille og mindre end det typisk ses i områder med stor dyrkningsgrad. Årsagen er de mange søer, som ligger længere oppe i Gudenåsystemet. I alle disse søer sker der en kvælstofomsætning, som reducerer kvælstofkoncentrationen i Gudenåens vand betragteligt.

Figur 5 viser, at der ikke er sket nogen væsentlige ændringer i kvælstofkoncentrationen i Gudenåen i de



Figur 5

Den vandføringsvægtede kvælstofkoncentration ved Rye Mølle fra 1974 til 1999.

sidste 25 år. Kvælstofkoncentrationen varierer i takt med nedbøren, således at de højeste kvælstofkoncentrationer i vandløbet findes i år med store afstrømninger (første halvdel af 1980'erne). Variationerne i kvælstofkoncentrationen skyldes dermed primært variation i nedbøren fremfor eksempelvis ændringer i dyrkningspraksis i oplandet.

Under vandets ophold i Jul Sø blev der fjernet ca 20 % af den tilførte kvælstof. Kvælstoffjernelsen afhænger af vandets opholdstid i søen. En kvælstoffjernelse på 20 % svarer ganske godt til, at vandet løber forholdsvis hurtigt igennem Jul Sø.

Fosfor

Fosfortilførslen til Himmelbjergsøerne var i 1999 ca. 40 ton. Heraf udgjorde den tilførte fosformængde ved Rye Mølle de 32 ton.

I modsætning til kvælstofkoncentrationen har koncentrationen af fosfor i Gudenåen varieret betydeligt igennem de senere år. Tilbage i starten af halvfjerdserne var der en fosforkoncentration på ca. 110 µg P/l, hvilket svarede til, at der blev ført omkring 30 ton fosfor forbi Rye Mølle om året (i denne periode var der også en forholdsvis lille vandføring i Gudenåen). I firserne steg indløbskoncentrationen til 150 µg P/l eller mere, men siden er fosforkoncentrationen i Gudenåen gradvist reduceret. I 1999 var den vandføringsvægtede koncentration i Gudenåen ved Rye Mølle 80 µg P/l, hvilket er det laveste niveau hidtil registreret. I absolutte mængder blev der tilført ca. 50 ton fosfor til Himmelbjergsøerne i 1992 men kun ca. 40 ton i 1999 på trods af, at vandføringen var mindre i 1992 end i 1999.

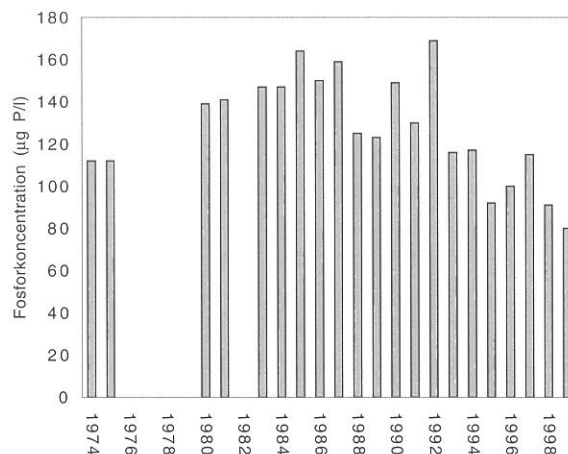
Årsagen til den mindre fosfortransport er dels reducerede tilførsler fra punktkilderne i oplandet, dels at der er en aftagende fosforfrigivelse fra bunden af de søer, som Gudenåen strømmer igennem, inden vandet når Rye Mølle og Himmelbjergsøerne.

Selvom der altså er sket en reduktion i fosfortilførslerne til Himmelbjergsøerne, er søerne ikke umiddelbart kommet tættere på en ligevægt med tilførslerne.

I 1999 var der en nettoeksport af fosfor fra Himmelbjergsøerne. I alt blev der ført ca. 5 ton fosfor mere ud af søerne, end der strømmede til.

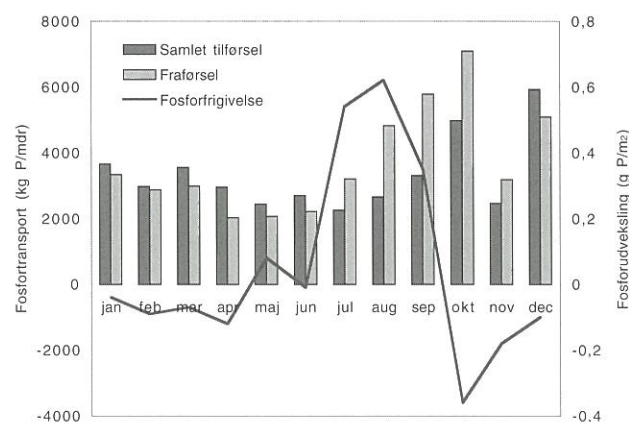
Figur 7 viser den månedlige fosfortil- og fraførsel fra de fire søer samt fosforudvekslingen mellem sediment og søvand.

Fosforudvekslingen er beregnet på baggrund af søkon-



Figur 6
Den vandføringsvægtede fosforkoncentration ved Rye Mølle fra 1974 til 1999.

centrationer i Brassø. Dette er gjort fordi Brassø ligger sidst blandt Himmelbjergsøerne og dermed så at sige integrerer den fosfortilbageholdelse og -frigivelse som sker i de øvrige 3 søer. I årets første 6 måneder var der en fosfortilbageholdelse i søerne - der kom mere fosfor ind i søerne, end der blev fraført. I løbet af sommeren og særligt i juli, august og september skete der en meget stor fosforfrigivelse fra sedimentet. Fosforniveauet i søerne steg dermed kraftigt, hvilket medførte, at transporten ud af søerne var stor i sensommeren og hele efteråret. Først i december var der atter en fosfortilbageholdelse i søerne. Fosforfrigivelsen om sommeren var så stor, at der blev ført mere fosfor ud af søerne, end der kom ind i 1999, selvom der var en nettofosfortilbagehol-



Figur 7
Fosfortilførsel og -fracørsel samt fosforfrigivelse pr måned i Himmelbjergsøerne i 1999.

delse i 7 af årets måneder.

I de foregående undersøgelser i 1985 og 1992 har der været en fosfortilbageholdelse på ca. 15 % af tilførslerne. Når Himmelbjergsøerne er i ligevægt med fosfortilførslerne, vil der være en fosfortilbageholdelse på 25 - 30 % af tilførslerne. Umiddelbart ser det altså ud til, at Himmelbjergsøerne har bevæget sig længere væk fra en ligevægtssituation i de senere år. Det vurderes dog, at den varierende fosfortilbageholdelse skyldes år til år variation.

Fosforudvekslingen mellem sediment og søvand afhænger af forholdene ved søens sedimentoverflade.

Ilt- og redox-forholdene men også den næringsstofgradient, der er mellem sediment og søvand, har særlig stor betydning. I 1999 var de dybere dele af specielt Jul Sø iltfrie fra omkring 1. juli til sidst i september. Der var også iltfrit i bundvandet i Jul Sø ved den foregående undersøgelse i 1992 men ikke i så lang en periode.

Jo længere den iltfrie periode er, desto mere fosfor vil frigives fra bunden og dermed bidrage til en højere fosforkoncentration også i overfladevandet.

Som tidligere nævnt er den gennemsnitlige fosforkoncentration i Gudenåen blevet mindre i de senere år. Den lave indløbskoncentration medfører, at fosforgradienten mellem sediment og søvand er blevet større. En større koncentrationsforskel vil alt andet lige medføre en kraftigere og hurtigere transport af fosfor fra sediment til vand. Det skønnes, at de nævnte to faktorer er de væsentligste årsager til den kraftigere fosforfrigivelse fra Himmelbjergsøerne i 1999.

Resultatet er, at fosforkoncentrationen i Himmelbjergsøerne i sensommeren og efteråret i 1999 har været forholdsvis høj og højere end registreret ved den foregående undersøgelse i 1992. De høje fosforkoncentrationer har videre ført til en stor transport af fosfor ud af søerne og altså at den samlede fosfortransport ud af søerne var større end tilførslen i 1999.

Fosforfrigivelsen fra sedimentet og dens betydning for søerne vil blive behandlet i afsnittet om vandkemien i de fire søer.

Rye Mølle	N ton/år	P ton/år
Naturbidrag	173	13,0
Renseanlæg	49	2,2
Dambrug	15	1,2
Regnvandsbetingede afløb	4	1,7
Spredt bebyggelse	7	2,4
Landbrug	718	11,7
Målt transport	965	32,2

Tabel 2

Kvælstof- og fosfortransporten ved Rye Mølle i 1999 fordelt på kilder.

Kilder til næringsstofftilførslen

I tabel 2 kan man se, hvorfra den kvælstof og fosfor, som føres til Himmelbjergsøerne via Gudenåen, stammer.

De angivne værdier er ikke de egentlige udledninger fra rensningsanlæg, dambrug osv. men den del af udledningen fra den enkelte kilde, som når frem til Himmelbjergsøerne.

Det er altså i tabellen indregnet, at der sker en kvælstoffjernelse og en fosfortilbageholdelse mellem kilden og Himmelbjergsøerne dels i de opstrøms liggende søer men også i selve Gudenåen.

Beregningsforudsætninger :

- Naturbidraget er beregnet under antagelse af, at baggrundskoncentration er 1 mg N/l og 50 µg P/l.
- Bidraget fra rensningsanlægene er egentlig målte værdier på de anlæg, der ligger opstrøms Rye Mølle.
- Dambrugsbidraget er tilsvarende baseret på dambrugenes egenmålinger igennem året.
- Regnvandsoverløbenes bidrag er beregnet ud fra arealenhedstal kombineret med nedbørsniveauet i 1999.

Tabel 3.

De samlede fosforudledninger (ton) fra punktkilderne i Himmelbjergsøernes opland i 1999.

	Opstrøms Rye Mølle	Knud Å	Direkte tilførsel	I alt
Regnvandsoverløb	2,5	0,1		2,6
Rensningsanlæg	3,2	0,0	0,6	3,8
Dambrug	1,8			1,8
Spredt bebyggelse	3,5	0,3	0,6	4,4

- Kvælstof- og fosfortilførslen fra den spredte bebyggelse er beregnet ud fra Miljøstyrelsens normal, som er 4,4 kg kvælstof og 1 kg fosfor pr. PE pr. år. Videre er det antaget, at 55 % af den samlede udledning fjernes, inden spildevandet når vandløb eller sø.
- Endeligt er landbrugsbidraget fremkommet som en difference mellem den samlede målte transport og summen af de øvrige kilder lagt sammen, efter at der er taget højde for stoftilbageholdelsen ovenfor Himmelbjergsøerne.

(angående beregning af stoftilbageholdelse - se bilag)

Kvælstof

De væsentligste kvælstofbidrag er den naturlige baggrundstilførsel (ca. 18 % af den samlede tilførsel) samt landbrugsbidraget (ca. 75 % af tilførslen), medens rensningsanlæg og dambrug blot bidrager med 5 og 2 % af de samlede kvælstoftilførsler.

Fosfor

Der er flere betydende kilder, hvad angår tilførslen af fosfor. Også her er det dog natur- og landbrugsbidragene, som er de største. Som for kvælstofs vedkommende vil det have en betydelig effekt på de samlede fosfortilførsler, hvis der skete en reduktion af bidraget fra de dyrkede jorde.

Det samlede fosforbidrag fra punktkilderne opstrøms Rye Mølle (efter retention) kan beregnes til ca. 7,5 ton i 1999. Der er allerede sket en væsentlig reduktion i punktkildernes bidrag til næringsstofbelastningen af Gudenåen. I de kommende år vil der ske yderligere reduktioner i udledningen af fosfor fra såvel dambrug som den spredte bebyggelse og regnvandsoverløbene. I den forbindelse skal det understreges, at enhver reduktion i punktildebidraget vil forbedre tilstanden i Himmelbjergsøerne.

Tabel 3 præsenterer de egentlige fosforudledninger fra punktkilderne i oplandet til Himmelbjergsøerne i 1999 men altså ikke den fosformængde, der når søerne. Udledningerne er fordelt på den del, der ligger opstrøms Rye Mølle, den del der tilhører Knud Å-systemet og den udledning, som sker direkte til Gudenåen mellem Ry og Silkeborg.

I tabel 4 er de samlede tilførsler af kvælstof og fosfor

Rensningsanlæg ved Himmelbjergsøerne		Kvælstof ton pr år	Fosfor kg pr år
Birk Sø	Ry	2,0	147
Jul Sø	Sletten	0,4	97
	Laven	0,7	13
Borre Sø	Them	9,0	276
	Svejlbæk færgedgård	0,2	35
I alt		12,3	568

Tabel 4

Rensningsanlæg med udledning til Gudenåen mellem Ry og Silkeborg.

fra rensningsanlæggene mellem Ry og Silkeborg vist. Som det fremgår af de to tabeller, er det kun beskedne næringsstofmængder, der tilføres direkte til Himmelbjergsøerne fra "lokale" kilder. Langt den største tilførsel sker via Gudenåen.

Reduktioner i kvælstof- og fosfortilførslen fra punktkilderne til Gudenåen vil ske i takt med den indsats, som gøres længere oppe i Gudenåens opland. Eksempelvis vil de reduktioner, som sker i oplandet til Skanderborg Sø for at opfylde Vandkvalitetsplanens målsætning for Skanderborg Sø også have en positiv effekt for søerne længere nede i Gudenåsystemet - herunder Himmelbjergsøerne.

Næringsstofftilførslen til Himmelbjergsøerne er altså afhængig af de udledninger, der sker til søer og vandløb længere oppe i Gudenåsystemet.

I de seneste ti år har søerne længere oppe ad Gudenåen bevæget sig imod en ligevægtsituation, således at fosfortilbageholdelsen er øget. En større fosfortilbageholdelse i oplandet medfører en reduktion i tilførslerne til Himmelbjergsøerne. Det skønnes, at den primære årsag til de lavere fosforkoncentrationer ved Rye Mølle og den mindre fosfortransport er, at fosfortilbageholdelsen i søerne ovenfor Himmelbjergsøerne generelt er blevet større i 1999 i forhold til 1992.

De mange opstrøms liggende søer betyder videre, at fosfortransporten i Gudenåen kan forventes at blive endnu mindre i årene, der kommer, i takt med at søerne indstiller sig i en ligevægt med fosfortilførslen og tilbageholdelsen bliver større.

Den fremtidige tilstand i Himmelbjergsøerne vil blive beskrevet i rapportens afsnit om udvikling og fremtidige udsigter.

Kemi i vand og sediment

Overfladevand

I det følgende vil tilstanden i Himmelbjergsøerne i 1999 blive beskrevet. Beskrivelsen tager udgangspunkt i målingerne i Jul Sø i 1999, som er vist i figurene på de følgende sider. Århus Amt har også foretaget målinger i Brassø i 1999 og ved de foregående undersøgelser i de øvrige Himmelbjergsøer. Disse målinger har vist, at der ikke er væsentlig forskel på vandkemien i de fire søer. De vandkemiske forhold i Himmelbjergsøerne i 1999 vil derfor blive beskrevet med udgangspunkt i målingerne fra Jul Sø.

I 1999 er der taget prøver i Jul Sø og Brassø 19 gange igennem året - en gang om måneden i vinterhalvåret og to gange om måneden fra 1. maj til 1. oktober. Vintermålingerne omfatter kun en overfladeprøve, medens der er taget både overflade- og bundprøve hen over sommeren.

Sigt dybde

Sigt dybden varierede i Jul Sø fra ca. 3 meter i vintermånederne til omkring 1 meter i august.

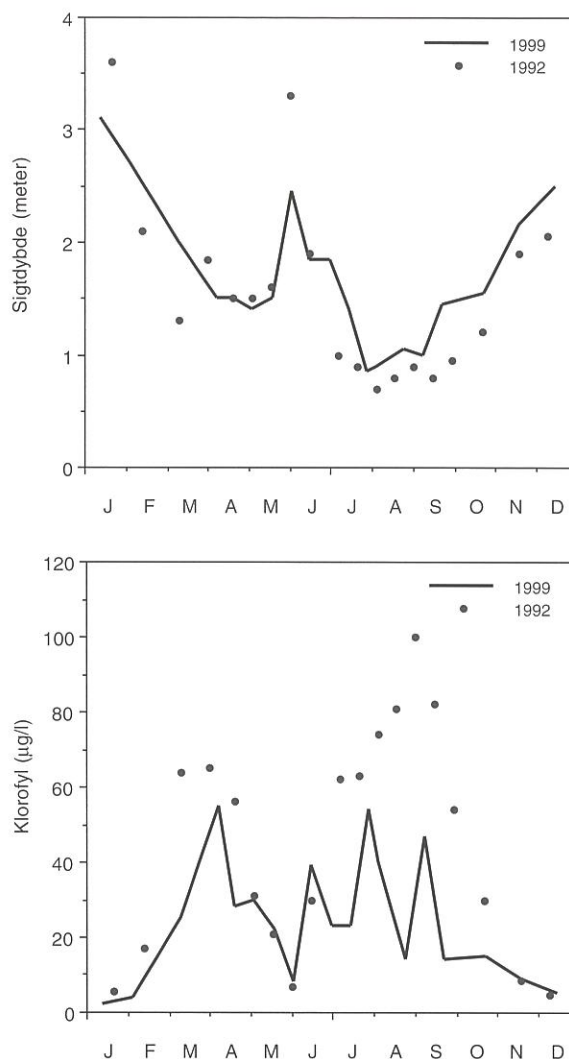
I april og maj er der en kraftig opvækst af kiselalger i Himmelbjergsøerne. Dette medfører forholdsvis lave sigt dybder - omkring 1,5 meter i 1999 - i denne periode. Algerne forsvinder normalt igen i løbet af juni. I 1999 var vandet da også kortvarigt klart i juni efter kiselalgerens forårsopblomstring. I løbet af sommeren steg mængden af specielt blågrønalgerne i de fire søer og i takt hermed faldt sigt dybden til årets minimum i august på ca. 1 meter. Blågrønalgerne forsvandt hen igennem efteråret og sigt dybden steg gradvist i takt hermed.

I Borre- og Brassø varierer sigt dybden stort set på samme vis som i Jul Sø. I Birk Sø, som er væsentlig mindre og mere lavvandet end de øvrige tre søer, er sigt dybden lav stort set hele året. Dette skyldes dels algerne men også, at der er nogen ophvirvling af sedimentet i Birk Sø.

Sigt dybden har ikke forandret sig væsentligt siden 1992. I sensommeren var vandet dog blevet en smule mere klart i 1999.

Klorofyl

Klorofylindholdet er et mål for algerne. Særligt i lidt dybere søer regulerer algerne og dermed kloro-



Figur 8
Årstidsvariationen i sigt dybde (øverst) og klorofylkoncentration (nederst) i Jul Sø i 1999.

ofylkoncentrationen i vid udstrækning sigt dybden. Derfor er klorofylkoncentrationen i Jul Sø i 1999 i det væsentlige et spejlbillede af sigt dybden.

Der var lave klorofylkoncentrationer mindre end 10 µg/l i Jul Sø i 1999 i vintermånederne og under klarvandsperioden i juni. I disse perioder var der en sigt dybde på 2,5 meter eller mere. Under forårets kiselalgeopblomstring og igen i juli, august og september var sigt dybden 1,0 -

1,5 meter. Årsagen var primært de mange alger, som forårsagede klorofylkoncentrationer på 30 - 50 µg/l.

Klorofylindholdet i Jul Sø i sensommeren i 1999 var generelt mindre end i den tilsvarende periode i 1992. Faktisk var det sensommersmaksimum som normalt ses i søen stort set fraværende i 1999.

Blågrønner vil i varme og stille perioder koncentreres øverst i vandsøjlen. Derfor vil selv en mindre mængde blågrønner resultere i en forholdsvis lille sigtddybe. Sigtddyben i Jul Sø i juli og august i 1999 var dermed ikke væsentligt større end i 1992 på trods af de færre alger.

Total fosfor

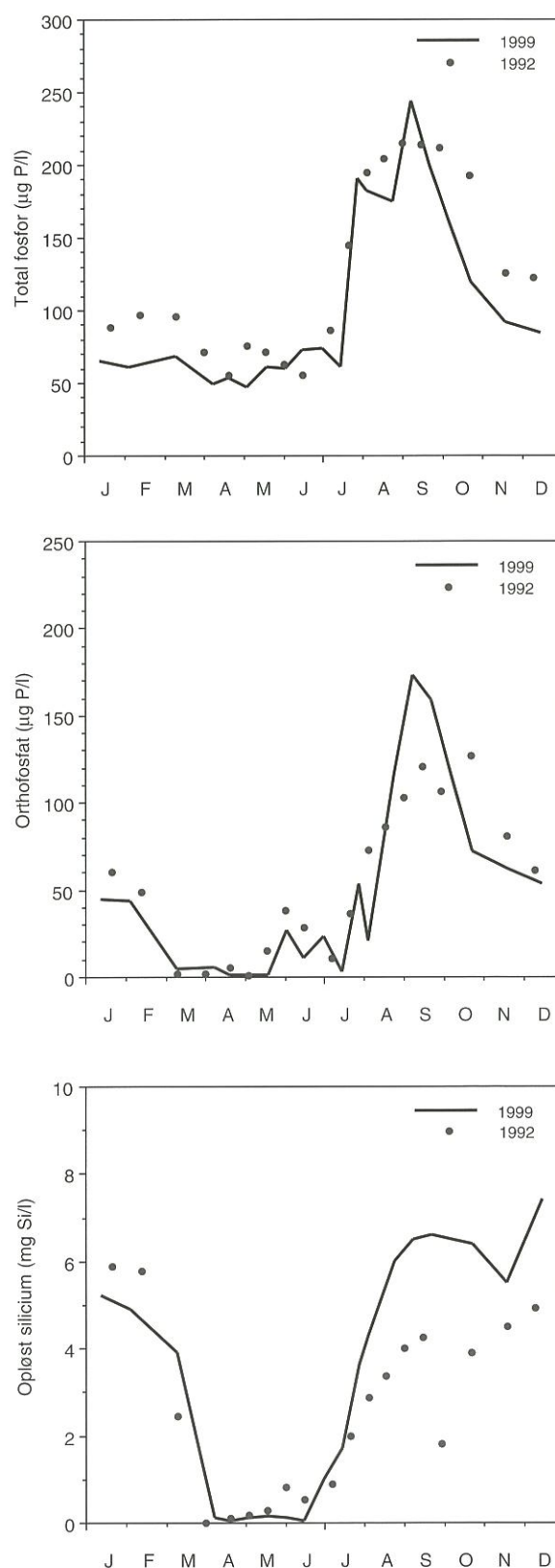
Fosforniveauet var omkring 50 - 70 µg P/l og temmeligt konstant i Jul Sø i første halvdel af 1999. I vinter- og forårsmånederne er der en lille fosfortilbageholdelse i søen. Derfor bestemmes fosforniveauet i søvandet hovedsagligt af fosfortilførslerne og fosforkoncentrationen i Gudenåen.

I løbet af juli sker der en kraftig fosforfrigivelse fra sedimentet i specielt Jul Sø men også i Borre- og Brassø. Resultatet er en stærkt stigende fosforkoncentration i søerne såvel i bund- som i overfladevand. I 1999 steg fosforkoncentrationen til ca. 250 µg P/l som et maksimum i september.

Det er tidligere nævnt, at fosfortilførslerne er blevet mindre. Dette afspejler sig i lavere fosforkoncentrationer i første halvdel af året, hvor indløbskoncentrationen bestemmer fosforniveauet i Jul Sø. Den større fosforfrigivelse, som fandt sted i 1999 sammenlignet med 1992, har derimod medført, at fosforniveauet i sensommeren og efteråret har været en smule højere i 1999, end det tidligere er registreret. Til sammenligning var der en maksimumskoncentration på ca. 200 µg P/l i 1992.

Orthofosfat

Det forholdsvis lave fosforniveau i årets første seks måneder resulterede i at koncentrationen af opløst fosfor - orthofosfat - var meget lille i de perioder, hvor der var mange alger. Under forårets kiselalgeopblomstring blev der således målt orthofosfatkoncentrationer på ca. 1 µg P/l. Dermed er det sandsynligt, at fosfor i en kortere periode har været begrænsende for kiselalgerne vækst. Da fosforfrigivelsen fra sedimentet startede i juli, steg også orthofosfatkoncentrationen. I hele sensommer- og efterårsperioden var der høje orthofosfatkoncentrationer også i overfladevandet. Algerne i Jul Sø var dermed i denne periode ikke reguleret af fosfortilgængeligheden.



Figur 9

Årstidsvariationen i koncentrationen af total fosfor (øverst), orthofosfat (i midten) og opløst silicium (nederst) i Jul Sø i 1999.

Opløst silicium

Silicium er en væsentlig bestanddel af kiselalgenes skal. Derfor har kiselalger behov for store mængder opløst silicium. Som nævnt var der en stor kiselalgebio-masse i Himmelbjergsøerne i forårs månederne. Derfor var optagelsen af opløst silicium også stor og koncentrationen faldt kraftigt i løbet af april til meget lave koncentrationer.

Således har algerne i Jul Sø været udsat for såvel lave fosfor- som siliciumkoncentrationer i forårsperioden og væksten altså været begrænset af næringsstofftilgængeligheden.

Siliciumindholdet varierede i al væsentlighed på samme måde i 1999 som i 1992.

Total kvælstof

Kvælstofniveauet i Himmelbjergsøerne er generelt forholdsvis lavt på trods af det meget store opland og en høj dyrkningsgrad. Årsagen er, at der sker en stor kvælstoffjernelse i de opstrømsliggende søer samt i selve Gudenåen, inden vandet når Himmelbjergsøerne.

I 1999 varierede total kvælstofkoncentrationen fra ca. 3,5 mg N/l i februar til mindre end 1 mg N/l i juli. Variationen skyldes dels, at der er større kvælstoftilførsler i vinterhalvåret, dels at kvælstoffjernelsen i et væsentligt omfang er påvirket af temperaturen og dermed forløber hurtigere om sommeren.

Den samlede kvælstoftilførsel har ikke ændret sig. Variationen i kvælstofkoncentrationen hen over året er derfor nogenlunde den samme som tidligere registreret.

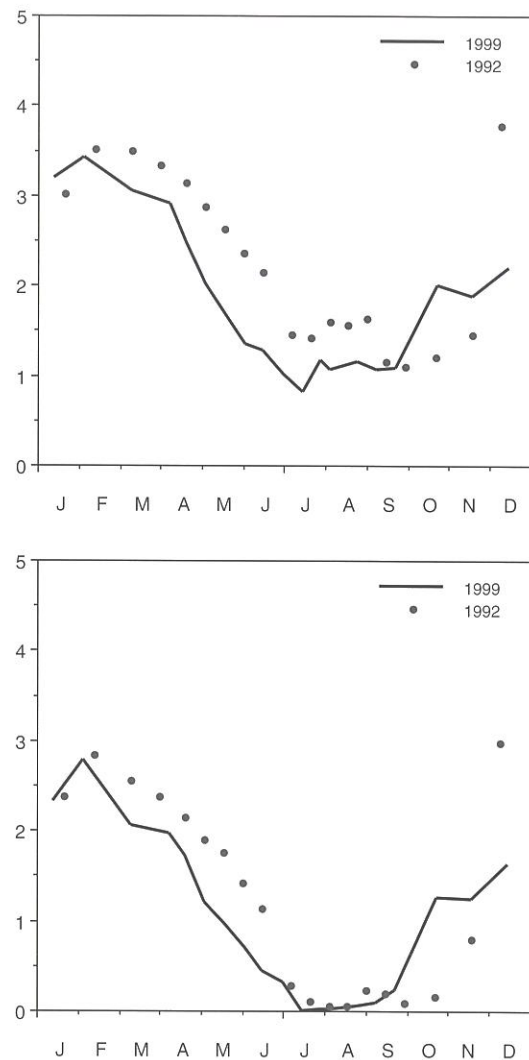
Generelt er kvælstofniveauet i Himmelbjergsøerne dog reduceret en smule i første halvår, hvilket i øvrigt er en tendens som også er målt længere nedstrøms i Gudenåen.

Nitrat

Den største del af kvælstofindholdet i søvandet i vinterhalvåret består af nitrat. I løbet af sommeren reduceres nitratinholdet i søvandet kraftigt. I juli og august var der i 1999 således meget lave nitratkoncentrationer (5 - 10 µg N/l) i overfladevandet. Årsagen er dels lavere tilførsler, men sandsynligvis også en større denitrifikation.

I juli og august består algerne fortrinsvis af blågrønalger. Blågrønalger er i stand til at optage kvælstof fra atmosfæren og derfor er det ikke sandsynligt, at kvælstof har været begrænsende for disse algers vækst - selv om nitratinholdet var meget lavt.

Også i de tidligere måleår er der målt lave nitratkoncentrationer i Himmelbjergsøerne i juli og august. Heller



Figur 10
Årstidsvariationen i koncentrationen af total kvælstof (øverst) og nitrat (nederst) i Jul Sø i 1999.

ikke for nitrats vedkommende er der således sket nogen væsentlige ændringer i søerne.

Ligesom for total kvælstof er nitratinholdet dog blevet lidt mindre i forårs månederne sammenlignet med 1992.

Tabel 5.
Sommergennemsnit for udvalgte kemiske parametre fra måleårene i perioden 1980 - 1999 i overfladevandet i Jul Sø.

		1980	1985	1992	1999
Partikulær COD	(mg/l)	8,81	7,42	9,1	6,15
Klorofyl	(µg/l)		61	55	24
Sigtdybde	(meter)	1,3	1,4	1,3	1,4
Ammonium	(mg N/l)	0,16	0,07	0,07	0,18
Nitrat	(mg N/l)	0,50	0,73	0,65	0,36
Total kvælstof	(mg N/l)	2,23	1,81	1,8	1,33
Orthofosfat	(µg P/l)	54	43	54	81
Total fosfor	(µg P/l)	148	117	135	136
Opløst silicium	(mg Si/l)	1,36	2,03	1,89	3,01

Tabel 6.
Årsgennemsnit for udvalgte kemiske parametre fra måleårene i perioden 1980 - 1999 i overfladevandet i Jul Sø.

		1980	1985	1992	1999
Partikulær COD	(mg/l)	5,46	4,44	5,93	4,17
Klorofyl	(µg/l)		33	40	19
Sigtdybde	(meter)	1,5	2,2	1,7	1,8
Ammonium	(mg N/l)	0,14	0,12	0,07	0,09
Nitrat	(mg N/l)	1,93	1,52	1,43	1,21
Total kvælstof	(mg N/l)	3,62	2,47	2,40	2,05
Orthofosfat	(µg P/l)	61	60	54	58
Total fosfor	(µg P/l)	129	122	123	103
Opløst silicium	(mg Si/l)	3,21	4,26	2,93	3,95

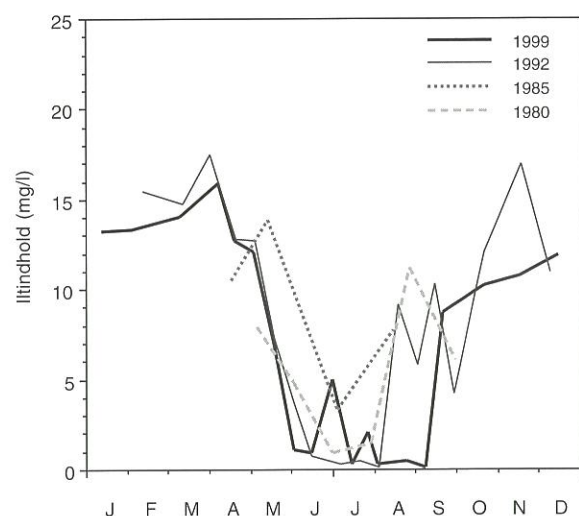
Bundvand

Ved hver prøvetagning er ilt og temperaturen målt ned igennem vandsøjlen. Fra maj til oktober er der også taget vandprøver fra bundvandet for at følge udviklingen i ilt- og næringsstofforholdene her.

Figur 12 viser målingerne fra bundvandet i Jul Sø i 1999 sammenlignet med målinger fra andre måleår.

I løbet af maj og juni forbruges størstedelen af ilten i bundvandet. Varierende fra år til år bliver bundvandet dermed stort set iltfrit i løbet af juni og juli. Jul Sø er som nævnt orienteret øst-vest og selvom søen er forholdsvis dyb, kan kraftige vinde i sommerperioden bryde et eventuelt springlag og tilføre bundvandet ny ilt. I 1999 steg iltindholdet eksempelvis i slutningen af juni efter en periode med lave iltkoncentrationer i bundvandet. I første halvdel af juli blev denne ilt igen forbrugt og der var lave iltkoncentrationer i bundvandet indtil starten af september.

Sammenlignet med tidligere måleår var der en forholdsvis lang periode i 1999 med lave ilt-niveauer i bundvandet i Jul Sø. Iltforbruget skyldes omsætning af det orga-



Figur 12
Årstidsvariationen i iltindholdet i bundvandet i Jul Sø i måleårene 1980, 1985, 1992 og 1999.

niske materiale (blandt andet alger), som bundfældes i søen. Det er dog ikke sandsynligt, at den længerevarende periode med lave iltkoncentrationer skyldes en større tilførsel af organisk stof til bunden end tidligere men snarere en forholdsvis rolig vejrperiode i august /september uden nogen videre omrøring i vandsøjlen.

Under omsætningen af det organiske stof på bunden forbruges/omsættes også nitrat. Derfor reduceres nitratkoncentrationen i forlængelse af, at der bliver mindre ilt i bundvandet. Figur 12 (øverst) viser, at nitratindholdet i bundvandet i Jul Sø typisk nærmer sig nul i slutningen af juli. Da omsætningen i søen varierer og udgangspunktet - nitratkoncentrationen i søen i vinter- og forårperioden - er forskellig fra år til år, vil tidspunktet hvor nitraten forsvinder, også variere.

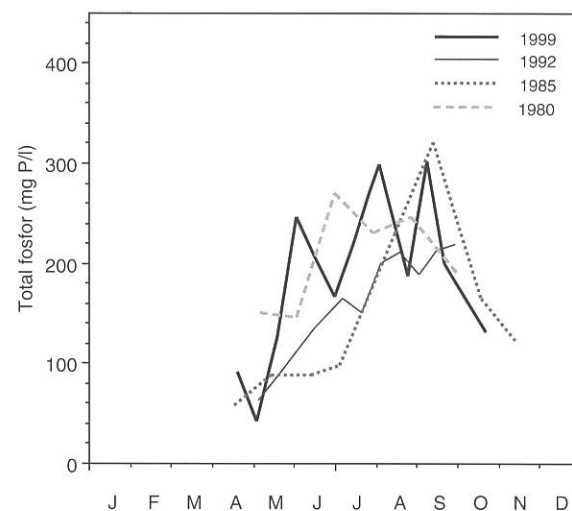
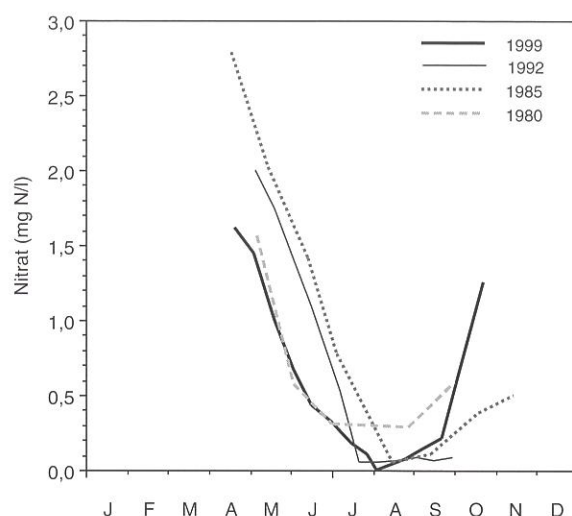
Når såvel ilt som nitrat stort set er brugt i bundvandet, vil der ske en fosforfrigivelse fra sedimentet. Derfor stiger fosforindholdet i bundvandet hen igennem sommeren i Jul Sø.

I 1999 var der en større fosforfrigivelse allerede i løbet af maj. I slutningen af juni blev der som nævnt tilført ilt til bundvandet, hvilket resulterede i, at en del af den frigivne fosfor blev bundet i sedimentet igen og fosforkoncentrationen i bundvandet faldt i slutningen af juni. I juli og august var der atter lave ilt (og nu også nitrat-) koncentrationer i bundvandet. Der blev igen frigivet fosfor fra sedimentet med høje fosforniveauer i bundvandet til følge, indtil søen blev total omrørt i september. På figur 12 (nederst) fremgår det, at fosforkoncentrationen i bundvandet midlertidigt faldt i en periode i august måned. En forklaring på dette fald kan være, at der har været en kortvarig tilførsel af ilt til bundvandet, som har medført en tilbageholdelse af fosfor. Ilttilførslen har imidlertid været så lille, at den ikke har kunnet registreres i iltmålingerne i perioden.

Figur 13 illustrerer sammenhængen mellem nitratindholdet i bundvandet og fosforfrigivelsen fra sedimentet. På figuren kan det ses, at der sker en væsentlig fosforfrigivelse fra sedimentet i Jul Sø, når nitratkoncentration reduceres til et niveau mindre end ca. 1 mg N/l (ved sådanne lave nitratkoncentrationer vil der ikke være mere ilt tilbage). Når dette sker, forøges fosforindholdet i bundvandet typisk til niveauer mellem 200 og 300 µg P/l.

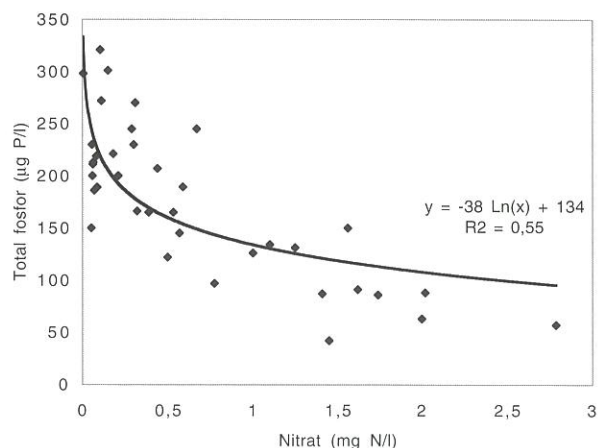
Figur 13

Sammenhængen mellem nitrat- og total fosfor i bundvandet i Jul Sø i måleårene 1980, 1985, 1992 og 1999.



Figur 12

Årstidsvariationen i indholdet af nitrat (øverst) og total fosfor (nederst) i bundvandet i Jul Sø i måleårene 1980, 1985, 1992 og 1999.



Århus Amt har foretaget tilsvarende målinger i bundvandet i Brassø. Resultaterne er de samme som netop beskrevet for Jul Sø og bliver derfor ikke gennemgået her.

Også i Brassø forsvinder ilt og nitrat i løbet af sommeren og der sker en fosforfrigivelse fra sedimentet

Sediment

I forbindelse med Århus Amts undersøgelser i Jul Sø og Brassø i 1999 er der også taget sedimentprøver i de to søer. Sedimentprøverne er udtaget ved hjælp af en såkaldt Kajak-sedimenthenter. Der er udtaget tre søjler på det dybeste punkt i søen. Disse tre søjler er puljet og delt op i dybderne 0 - 5 cm, 5 - 10 cm, 10 - 15 cm og 15 - 25 cm.

Sedimentet er analyseret for tørstofindholdet og glødetabsdelen heraf samt for kvælstof, fosfor og jern.

På figur 14 er fosforindholdet i sedimentets øverste 25 cm i Jul Sø og Brassø vist. Øvrige sedimentanalyser kan findes i bilag.

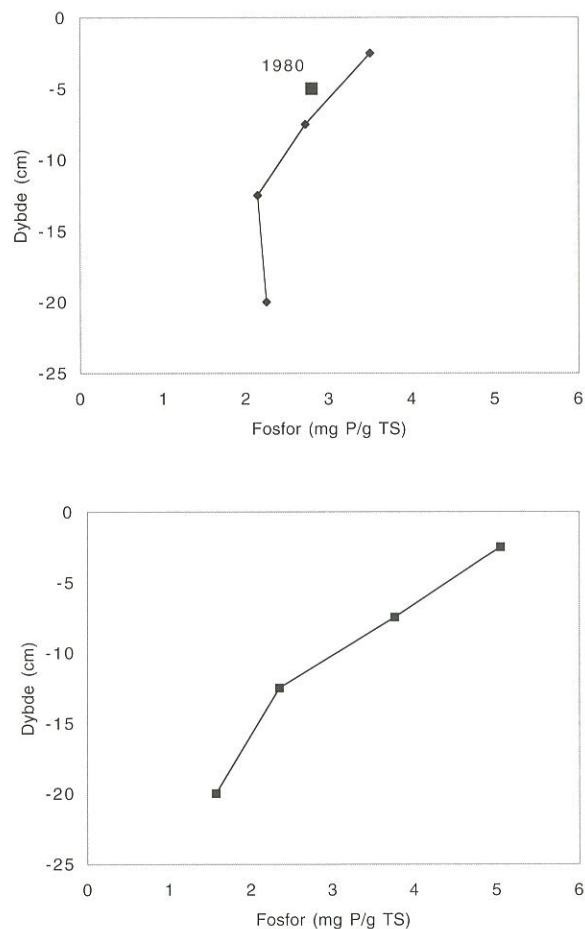
Som ventet er fosforindholdet i overfladesedimentet højest. I Jul Sø ca. 3,5 mg P/g TS og i Brassø 5 mg P/g TS. Samtidig ser det ud til, at baggrundsniveauet (1-2 mg P/g TS) nåes allerede i ca. 15 cm's dybde i Jul Sø men først i 20 cm's dybde i Brassø.

Bortset fra en enkelt måling af overfladesedimentet i Jul Sø i 1980 er der ikke tidligere foretaget sammenlignelige målinger af sedimentet i de to søer. Bedømt ud fra denne enlige måling i Jul Sø i 1980 er der ikke sket nogen væsentlig ændring i sedimentets fosforindhold i Jul Sø i de sidste tyve år.

Tilstanden i Himmelbjergsøerne er dels bestemt af de næringsstoffertilførsler, som sker fra oplandet, herunder den frigivelse af fosfor, som foregår i de opstrømsliggende søer i Gudenåsystemet. Fosforfrigivelsen fra Jul Sø, Borre Sø og Brassø bidrager dog også i væsentlig grad til den dårlige tilstand, som er i søerne i sommerhalvåret. I den forbindelse er det interessant at se på, hvor stor puljen af frigiveligt fosfor i sedimentet er.

Hvis det antages, at der er en pulje af fosfor i de øverste 15 cm af sedimentet i Jul Sø med en gennemsnitskoncentration på 1,5 mg P/g TS, som kan frigives, kan det beregnes, at der er omkring 100 ton fosfor i Jul Sø, der kan forventes at blive frigjort i de kommende år, indtil søen er i ligevægt.

Tilsvarende kan det beregnes, at der i Brassø ligger en fosforpulje på ca. 25 - 30 ton i de øverste 20 cm af sedi-



Figur 14

Fosforindholdet i sedimentet i Jul Sø (øverst) og i Brassø (nederst) i 1999 ned til 20 cm's dybde samt i overfladesedimentet i Jul Sø i 1980.

mentet.

I afsnittet om udviklingen i Jul Sø og Brassø er den forventede udvikling i sedimentets fosforpulje i de to søer beskrevet.

Alger

Der er taget algeprøver i Julsø 19 gange i løbet af 1999. Prøverne er alle taget på vandkemistationen i søen. Prøvetagnings- og bearbejdningsmetode er beskrevet i bilag.

Sæsonvariation

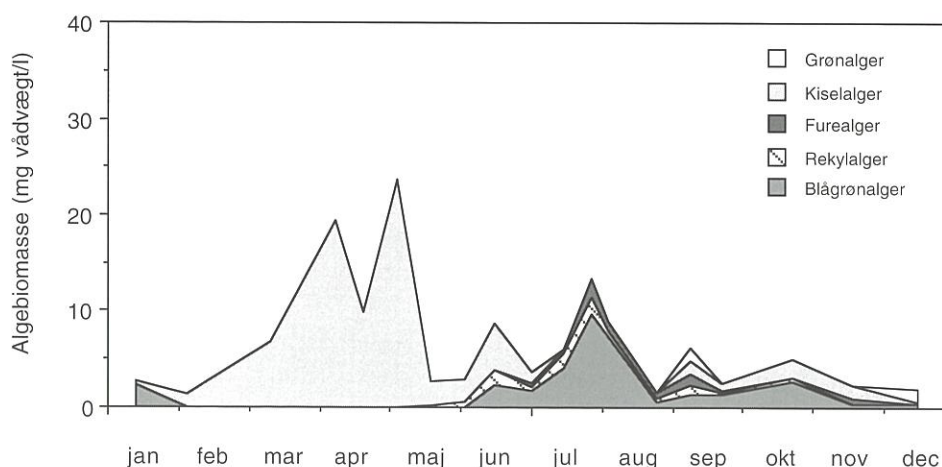
De algearter, som findes i Jul Sø og i de øvrige Himmelbjergsøer er arter, der typisk findes i fosforforurenede søer i Danmark.

Generelt dominerer kiselalgerne i årets første halvdel og blågrønalgerne i den sidste halvdel af året.

Algebiomassen består stort set fuldkomment af kiselalger i forårs månederne - hvilket i øvrigt er forholdsvist normalt i næringsrige danske søer. Årets maksimale algebiomasse blev i 1999 registreret i starten af maj på næsten 25 mg vv/l. I maj og juni aftager kiselalgerne biomasse igen og i stedet begynder blågrønalgerne at blive flere.

Blågrønalgerne dominerer i de fire Himmelbjergsøer i juli og august. I 1999 var den maksimale blågrønalgebiomasse omkring 10 mg vv/l. Mængden af blågrønalger aftog forholdsvist hurtigt i løbet af august måned, således at den samlede algemængde var forholdsvis lille i slutningen af måneden. Denne udvikling er ikke normal for Himmelbjergsøerne. Sædvanligvis er der et blågrønalgemaksimum i søerne i såvel august som september.

Umiddelbart er der ikke nogen forklaring på, hvorfor blågrønalgerne biomasse aftog hen igennem august måned i 1999 på et tidspunkt af året, hvor disse algers biomasse normalt stiger. Ganske vist var koncentrationen af opløst kvælstof (specielt nitrat) lav i denne periode, men dels er der normalt et meget lavt nitratniveau i søerne i juli og august og dels er de fleste blågrønalgegrupper, som er i søerne på dette tidspunkt, i stand til at optage atmosfærisk kvælstof. Det er derfor ikke sandsynligt at reduktionen i algemængden skyldes mangel på næringsstoffer.



Figur 15
Algenes biomasse i Jul Sø i 1999 fordelt på grupper.

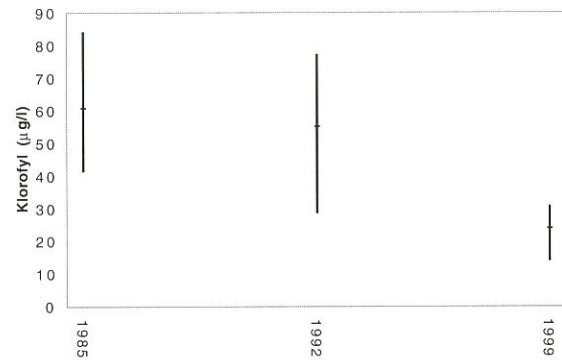
Resten af året var der en forholdsvis beskedne algebio-masse (ca. 5 mg vv/l), hvori der fandtes både blågrøn-alger og kiselalger men også furealger, grøn-alger og reky-lalger.

Fordelingen af alger over året, hvor kiselalgerne domi-nerer i forårsmånederne og blågrøn-algerne i sommer- og efterårsperioden, har været nogenlunde konstant i Him-melbjergsøerne i mange år. Den samlede algemængde kan variere fra år til år og afhængigt af vejr og vind vil perioderne med mange alger være forskudt en smule fra år til år.

I 1992 ved den seneste undersøgelse var der to algemak-sima som var nogenlunde lige store. I 1999 var der altså næsten ingen "sensommertop".

Der findes ikke egentlige algebio-massemålinger fra de tidligere undersøgelser i Himmelbjergsøerne. For at få et indtryk af udviklingen i algebio-massen igennem åre-ne, er den gennemsnitlige klorofylkoncentration i Jul Sø i sommerperioden i stedet præsenteret. Klorofylkoncentrationen er et udtryk for den samlede algemængde i søen. Indholdet af klorofyl i de forskellige algegrupper er ganske vist ikke det samme, men udviklingen over tid beskrives dog udmærket af udtrykket.

Klorofylkoncentrationen (sommergennemsnit) var væs-entligt lavere i 1999 end i de foregående måleår. Som netop beskrevet var algerne forårsbiomasse i 1999 ikke væsentlig forskellig fra 1992. Hovedårsagen til det regi-strerede fald i den gennemsnitlige klorofylkoncentration er sandsynligvis, at der var en lille sensommeropvækst af blågrøn-alger i Himmelbjergsøerne i 1999.



Figur 16

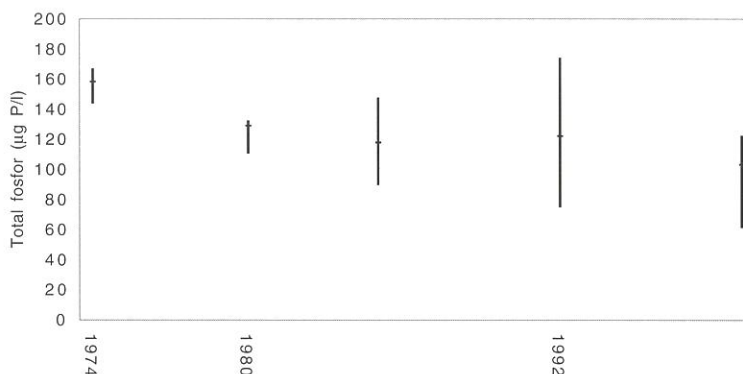
Den gennemsnitlige klorofylkoncentration i sommerhalvåret i Jul Sø fra 1985 til 1999.

Udvikling og fremtidige udsigter

Figur 17

Udviklingen i koncentrationen af total fosfor i Jul Sø fra 1974 til 1999.

Data præsenteret som årgennemsnit samt 25 og 75 % fraktiler.



Tilstanden i Himmelbjergsøerne er generelt blevet bedre i de senere år. I det følgende vil udviklingen i søerne blive beskrevet ud fra fosfor, klorofyl- og sigtgydemålingerne fra måleårene siden 1974.

Dernæst vil de fremtidige udsigter for Himmelbjergsøerne blive beskrevet ud fra en kortfattet gennemgang af forskellige modelberegninger.

Udviklingen i Himmelbjergsøerne fra 1974 til 1999 er illustreret ved hjælp af figurer, som præsenterer gennemsnittet for de pågældende måleår som punktet på den angivne linie samt 25 - og 75 % fraktilerne, der er liniens to yderpunkter.

25 % fraktilen beskriver den værdi, hvor 25 procent af målingerne er lavere i det pågældende år og følgelig 75 procent er større. Tilsvarende er 75 % fraktilen den værdi, hvor 75 procent af målingerne er mindre og 25 procent større.

Fosforkoncentrationen er faldet fra et årgennemsnit omkring 130 µg P/l i 1980'erne og starten af 1990'erne til ca. 100 µg P/l i 1999. En væsentlig årsag til det lavere fosforniveau er mindre fosfortilførsler fra punktkilder - primært rensningsanlæg og dambrug - i oplandet.

Fosforreduktionen skyldes også, at der frigives mindre fosfor fra bunden af søerne længere oppe ad Gudenåen end tidligere. Der frigives dog stadig betydelige fosformængder om sommeren. Derfor varierer fosforniveauet i såvel det tilførte vand som i Himmelbjergsøerne en del henover året fra et lavt vinterniveau til et betydeligt højere sensommerniveau.

75 % fraktilen beskriver primært de høje fosforkoncentrationer. På figur 17 kan man se, at det er specielt 75 % fraktilen, der er reduceret fra 1992 til 1999. Da fosforfrigivelsen i Jul Sø var større i 1999 end i 1992, er for-

klaringen på den mindre 75 % fraktile, at der frigives mindre fosfor fra søerne i Gudenåsystemet ovenfor Jul Sø nu end tidligere.

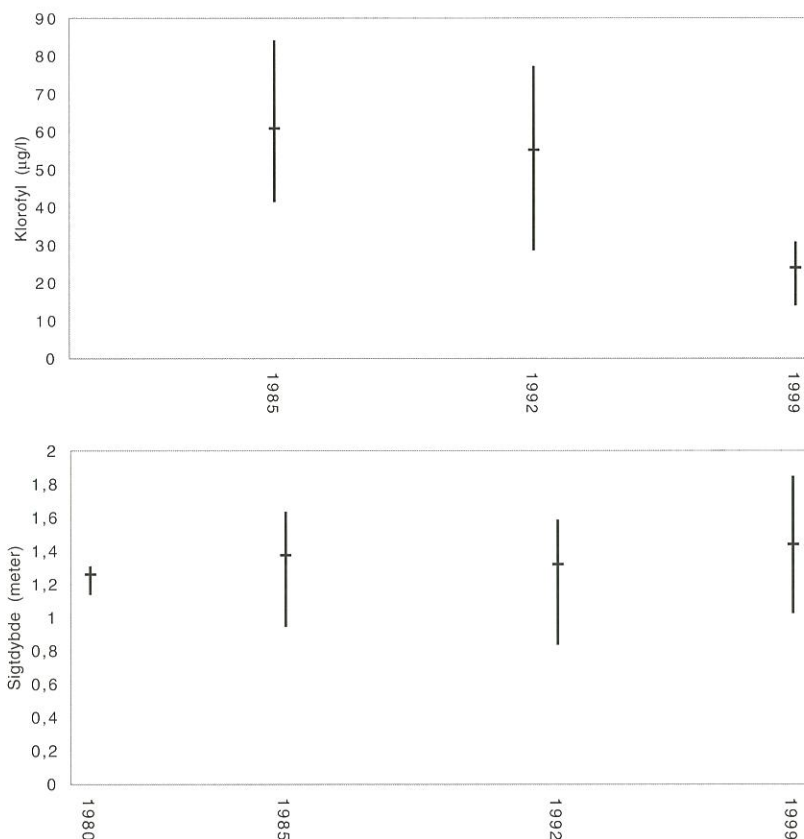
Klorofylkoncentrationen er i vid udstrækning et mål for mængden af alger i vandet. Det lavere klorofylindhold kan altså ses som et udtryk for, at der er blevet færre alger i Himmelbjergsøerne i de sidste ti år. I 1999 var den gennemsnitlige klorofylkoncentration i sommerhalvåret ca. 25 µg/l sammenlignet med et sommergennemsnit på næsten 60 µg/l i 1992. Fraktilerne viser, at det først og fremmest er de meget høje klorofylkoncentrationer der er reduceret. 75 % fraktilen i 1992 var således næsten 80 µg klorofyl/l men blot 30 mg/l i 1999. Perioder med relativt få alger er dog også blevet flere, idet 25 % fraktilen er faldet fra ca. 30 µg/l til 15 µg klorofyl/l. Som det tidligere er beskrevet, er årsagen til de færre alger i Jul Sø i 1999 målt som et gennemsnit primært, at der stort set ikke var nogen algeopblomstring i sensommeren, som det normalt ses i søerne.

De færre alger skyldtes ikke en reduceret næringsstoftilgængelighed. Det vurderes derfor, at de grundlæggende vilkår for algernes vækst i Himmelbjergsøerne ikke er ændret væsentligt i årene fra 1992 til 1999. Det kan derfor forventes, at der vil være en større algemængde i søerne i sensommeren i de kommende år end registreret i 1999.

Som beskrevet i afsnittet om algerne i Himmelbjergsøerne er det fortsat kiselalgerne, der dominerer om foråret og blågrønnerne, der er flest i sommerperioden. Der er altså ikke sket væsentlige ændringer i algesammensætningen.

Blågrønner har en tendens til at koncentrere sig i overfladen. Derfor vil en reduktion i mængden af blågrønner ikke nødvendigvis medføre en forbedret sigtgybde,

Figur 18
Udviklingen i klorofylkoncentration (øverst) og sigtddybe (nederst) i Jul Sø fra 1980 til 1999.
Data præsenteret som sommergennemsnit samt 25 og 75 % fraktiler.



hvis der stadig er så mange blågrønner i vandet, at de kan "lukke af" for lyset.

Selvom der var færre alger i søerne i sensommeren i 1999, var den gennemsnitlige sommersigtddybe ikke væsentlig større i perioden. I 1999 var den gennemsnitlige sigtddybe i sommerhalvåret ca. 1,5 meter - i 1992 1,35 meter. Generelt er vandet i Himmelbjergsøerne ikke blevet væsentligt mere klart i de sidste 15 år. I forhold til niveauet i 1970'erne er der dog sket visse forbedringer. Således er 75 % fraktilen steget fra ca. 1,3 meter til 1,8 meter. Stigningen viser, at der trods alt er blevet længere perioder, hvor vandet i søerne er relativt klart.

Det vurderes, at årsagen til at sigtddyben ikke er blevet forbedret, selvom der er færre alger, er, at det fortsat er blågrønner, der fuldstændigt dominerer i sommerperioden og at der stadig er så mange blågrønner, at de forhindrer lyset i at trænge ned i søen, fordi algetypen koncentrerer sig i overfladen.

Himmelbjergsøerne er øst-vest vendte. Selvom søerne er omkranset af skove og forholdsvis dybe, kan vestenvinden få godt "fat", danne forholdsvis store bølger og hvirvle søvandet grundigt op. Faktisk er sammenhængen

mellem det suspenderede stof, der er et udtryk for den samlede mængde faste stoffer i søvandet, og sigtddyben bedre end den sammenhæng, som kan opstilles mellem sigtddybe og klorofylkoncentration eller sigtddybe og algebiomasse. Det betyder, at ophvirvling af materiale på grund af vind og bølger har forholdsvis stor betydning for, hvor klart vandet er.

Ophvirvling af bundmateriale vil til en vis grad reduceres, når der bliver færre alger i søerne og dermed en mindre bundfældning af organisk stof. Væsentlige reduktioner vil dog først ske, når/hvis der sker en indvandring af undervandsvegetation i de lavere dele af søerne.

Fremtidige udsigter

I det foregående er udviklingen i Himmelbjergsøerne i de seneste 20 - 30 år beskrevet ud fra blandt andet fosfor-, klorofyl- og sigtddybemålinger i søerne.

De mange målinger, som er foretaget gennem årene, gør det muligt at beskrive søernes udvikling og dynamik i de forløbne år. Kendskabet til søerne kan imidlertid også anvendes i en prognose for, hvordan det forventes at søerne vil udvikle sig i fremtiden. I det følgende vil den udvikling, som forventes at ske i Himmelbjergsøerne

blive beskrevet vurderet ud fra en dynamisk sømodel for Jul Sø og Brassø.

Vandkvalitetsplan

I Vandkvalitetsplanen for Århus Amt er det beskrevet hvilken tilstand, der ønskes i Himmelbjergsøerne og hvor stor fosfortilførslen i fremtiden må være, for at den ønskede tilstand kan opnåes.

Til Jul Sø må den fremtidige fosfortilførsel, når de opstrømsliggende søer kommer i ligevægt, ikke overstige ca. 20 ton om året. Når en sådan fosfortilførsel er opnået, kan det i følge Vandkvalitetsplanen forventes, at fosforkoncentrationen i søen vil være ca. 45 µg P/l som et sommergennemsnit og sommersigtedybden 2,5 - 3,0 meter.

Når alle søerne ovenfor Himmelbjergsøerne er i ligevægt - inklusiv Jul Sø - vil fosforkoncentrationen være en smule lavere i Brassø (ca. 40 µg P/l) end i Jul Sø. Sigtedybden vil sandsynligvis være nogenlunde den samme - omkring 2,5 meter.

Modelberegninger

En mere indgående beskrivelse af den fremtidige tilstand i Himmelbjergsøerne er i det følgende lavet på baggrund af modelberegninger foretaget med udgangspunkt i en såkaldt Lorentzen model. Denne modeltype er en forholdsvis simpel sømodel, der egner sig bedst til at beskrive udviklingen i søer uden lagdeling, hvor først og fremmest fosfor er det begrænsende næringsstof - som for eksempel Jul Sø og Brassø.

Til at bygge modellen op er anvendt data for vand- og fosfortilførsler til Jul Sø og Brassø samt fosformålinger i overfladevandet i de to søer. Derudover er anvendt en beskrivelse af fosfortransporten mellem vand og sediment ud fra en beregnet sedimentation og fosforfrigivelse fra bunden baseret blandt andet på målinger af fosforindholdet i sedimentet. (for nærmere beskrivelse af modellen se bilag).

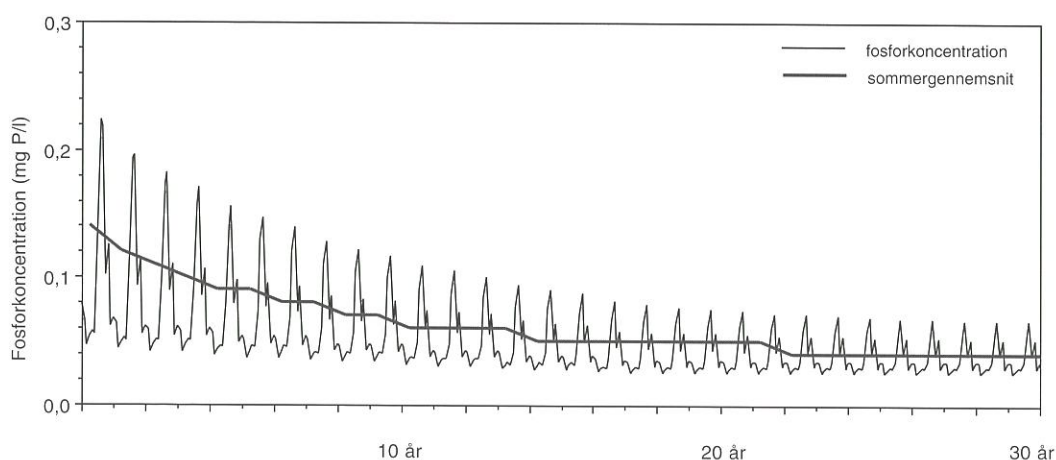
For at bevare modellen så enkel som mulig, er der gjort en række antagelser før modelkørslen.

Som nævnt angives det i Vandkvalitetsplanen, at den ønskede fremtidige fosfortilførsel højest skal være ca. 20 ton fosfor om året. I modellen er det antaget, at der sker en reduktion af fosfortilførslen på 10 % hvert tredje år, indtil en halvering af tilførslen i forhold til 1999 niveauet er opnået.

Videre er det antaget, at vandtilførsler og temperaturforhold er de samme fra år til år.

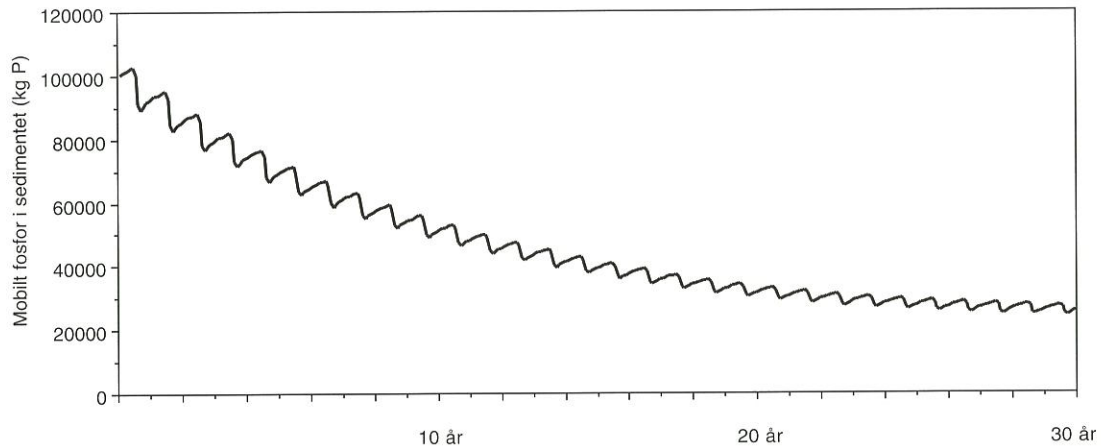
Figur 19 viser fosforkoncentrationens udvikling i Jul Sø i de næste 30 år dels som variationen hen over året dels som et sommergennemsnit.

I 1999 har der været en variation i fosforniveauet fra 0,05 mg P/l (50 µg P/l) i vintermånederne til omkring 0,250 mg P/l (250 µg P/l) om sommeren. Når fosfortilførslen reduceres, vil koncentrationen i vintermånederne umiddelbart blive reduceret tilsvarende, fordi fosforniveauet i Jul Sø om vinteren næsten udelukkende bestemmes af de eksterne tilførsler. Om sommeren frigives fortsat større fosformængder fra sedimentet og derfor har de eksterne fosfortilførsler kun en mindre indflydelse på fosforniveauet i søen.



Figur 19

Modelberegnet fosforkoncentration i Jul Sø i de næste 30 år - beregningsforudsætninger se tekst.



Figur 20

Prognose for udviklingen i den mobile fosforpulje i sedimentet i Jul Sø i en tredive års periode.

Fosforfrigivelsen fra sedimentet vil gradvist aftage i de kommende år, fordi den overskydende fosforpulje i sedimentet bliver mindre. I figur 20 er det vist, at det kan forventes, at den mobile fosforpulje i sedimentet i Jul Sø reduceres fra det nuværende niveau omkring 100 ton til ca. 20 ton.

Derfor bliver fosforniveauet i sommermånederne også gradvist mindre. Som det kan ses, vil der gå en årrække (15 - 20 år) før Jul Sø kommer i ligevægt med fosfortilførslerne og der kun er en beskedne fosforfrigivelse i søen.

Der vil dog gradvist ske en reduktion af fosforniveauet. Reduktionerne vil være størst i de nærmeste år og blive mindre og mindre, som tiden går.

Som tidligere nævnt vil fosforniveauet, når Jul Sø er i ligevægt, være 0,04 - 0,045 mg P/l som et sommergennemsnit.

På baggrund af en række søundersøgelser er der opstillet forskellige empiriske sammenhænge mellem blandt andet fosforkoncentrationen i søvandet og sigtddybden (Windolf et al., 1993). Anvendes en sådan empirisk model i Jul Sø i sammenhæng med Lorentzen - modellen, kan der gives en beskrivelse af udviklingen i sigtddybden i Jul Sø i de næste 30 år (figur 21).

empirisk model for sigtddybde:

$$SD = 0,55Gns.db^{0,5}P_{sø}^{-0,41}temp.^{-0,2}søareal^{-0,09}$$

SD = sigtddybde

Gns. db = søens gennemsnitsdybde

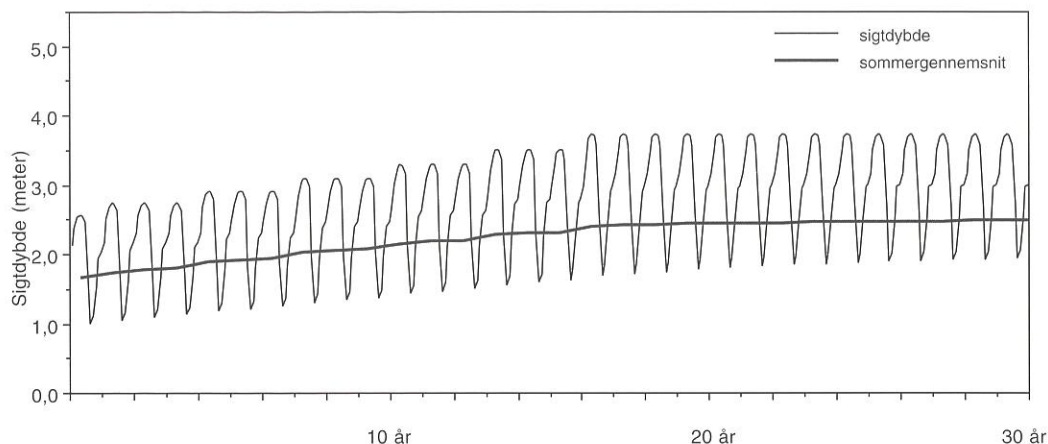
$P_{sø}$ = fosforkoncentration i søvandet

temp. = temperatur i søvandet
søareal = søens areal

Denne beskrivelse er temmelig forenklet, idet den forudsætter, at sammenhængen mellem fosfor og sigtddybde forbliver uændret, selvom fosforniveauet reduceres. Der tages heller ikke højde for, at de biologiske forhold i søen sandsynligvis vil ændre sig i takt med, at vandet bliver mere klart og fosforniveauet reduceres. Uanset disse begrænsninger skønnes det dog, at den beskrevne sammenhæng kan give et indtryk af sigtddybdens udvikling i Jul Sø i de kommende år.

Fosforniveau og dermed sigtddybde reguleres som nævnt i vinterperioden af de eksterne tilførsler. Når fosforkoncentrationen i søvandet falder som følge af, at fosfortilførslerne reduceres, vil den modelberegne sigtddybde tilsvarende stige.

Om sommeren reduceres fosforniveauet gradvist, fordi fosforfrigivelsen aftager. I takt hermed vil sigtddybden stige. Modelberegningen forudsiger, at de mindste sigtddybder, som i dag er omkring 1 meter, i løbet af de næste tyve år vil stige til et minimum på ca. 1,8 meter. Tilsvarende vil den gennemsnitlige sommersigtddybde stige fra omkring 1,5 meter i dag til ca. 2,5 meter, når Jul Sø er i ligevægt.



Figur 21

Prognose for udviklingen i sigtdybden i Jul Sø i de næste 30 år dels som variation over året dels som sommergennemsnit. Forudsætninger for model - se tekst samt bilag.

Brassø

Fosfortilførslen til Brassø og dermed også fosforkoncentrationen i søen vil på længere sigt blive mindre end den, der vil være i Jul Sø, fordi Jul Sø ved en ligevægt vil tilbageholde en vis fosformængde. Til gengæld vil Brassø opnå ligevægten senere, fordi Brassø må "vente" på, at Jul Sø er kommet i ligevægt med sine fosfortilførsler.

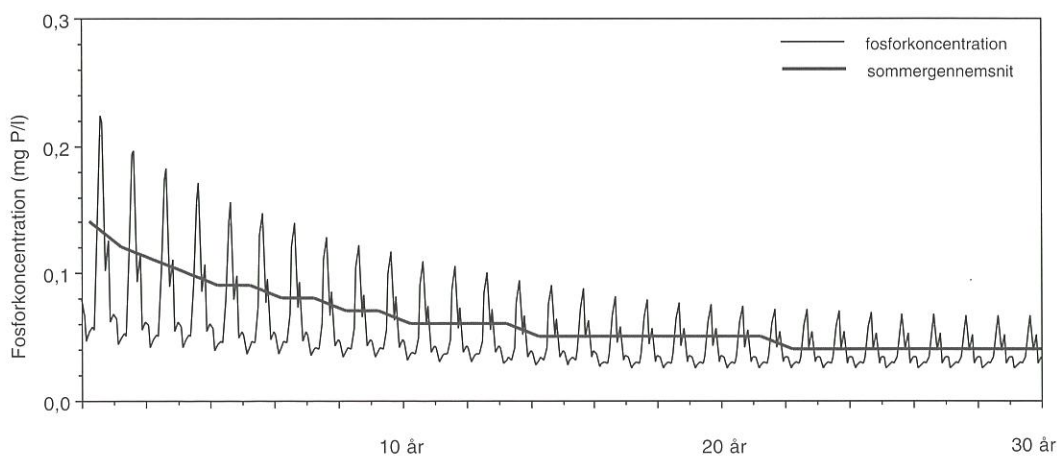
Figur 22 viser en fosforprognose for Brassø. Brassømodellen er opbygget i forlængelse af sømodellen for Jul Sø. Derfor er udviklingen i fosfortilførslen den samme, som den der er indbygget i Jul Sø - modellen.

Fosforkoncentrationen varierer i dag fra et minimum på ca. 0,05 mg P/l i vinterperioden til et maksimum på ca.

0,25 mg P/l i august og september. Når Brassø kommer i ligevægt med den reducerede fosfortilførsel, vil fosforniveauet variere fra ca. 0,03 mg P/l om vinteren (30 µg P/l) til ca. 0,08 mg P/l som et maksimum i sensommeren. Den væsentligste reduktion i fosforniveauet vil ske i løbet af en 10 årig periode.

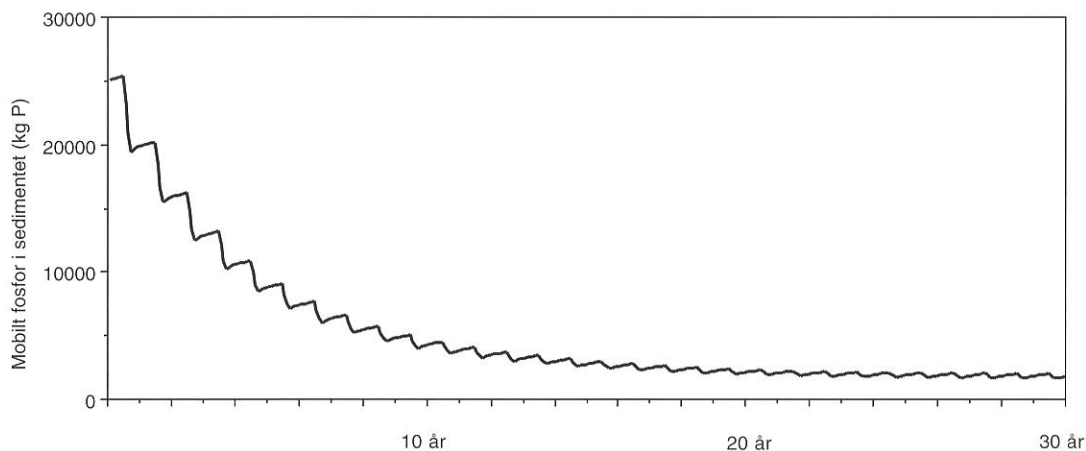
Når ligevægten er tilstede, vil sommergennemsnittet være ca. 0,05 mg P/l. I en ligevægtssituation kan det endvidere forventes, at den mobile fosforpulje i sedimentet vil være reduceret fra et niveau på ca. 25 ton i dag til ca. 5 ton eller mindre (figur 23).

Som i Jul Sø kan der gives en prognose for sigtdybdens udvikling i Brassø (figur 24). Ligesom i Jul Sø er prognosen bygget på udviklingen i fosforkoncentrationen og der er heller ikke her taget højde for eventuelle struk-



Figur 22

Prognose for udviklingen i fosforkoncentrationen i Brassø i de næste 30 år dels som variation over året dels som sommergennemsnit. Forudsætninger for model - se tekst samt bilag.



Figur 23

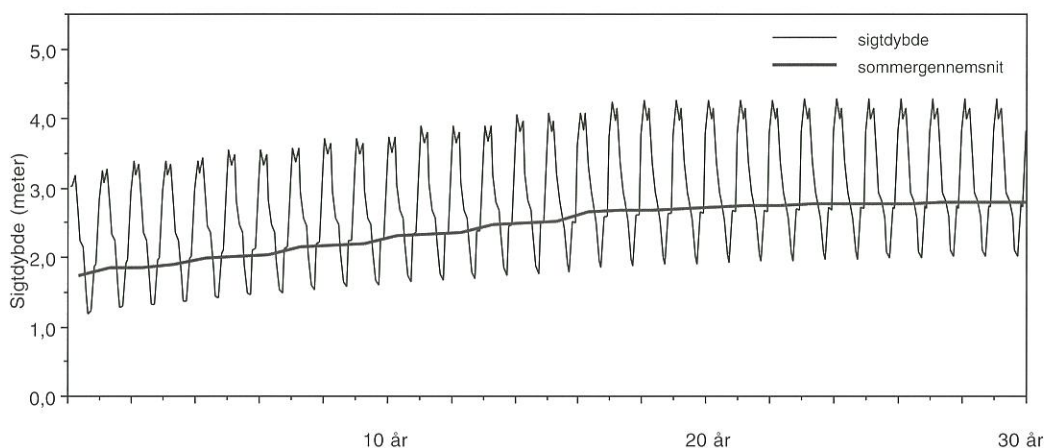
Prognose for udviklingen i den mobile fosforpulje i sedimentet i Brassø i en tredive års periode.

turskift i søen som f.eks en begyndende indvandring af undervandsvegetation.

Vinterens sigtddybe i Brassø vil stige i takt med at fosfortilførslerne reduceres. Om sommeren vil de lave sigt- dybder forbedres, når fosforfrigivelsen i Brassø og i de opstrømsliggende søer aftager. På længere sigt kan der forventes et sigtddybde minimum i sensommeren på omkring 2 meter. Den gennemsnitlige sommersigtddybe vil efterhånden stige til et niveau omkring 2,8 meter eller ca. en meter mere end den gennemsnitlige sigtddybe i 1999.

Som nævnt er den præsenterede model bygget på en

række antagelser. Det skal derfor understreges, at søerne ikke vil udvikle sig præcist som skitseret og ej heller præcist i det tempo, som modellen beregner. Der er dog ingen tvivl om, at tilstanden i Himmelbjergsøerne vil bevæge sig imod det mål, som modellen skitserer.



Figur 24

Prognose for udviklingen i sigtddyben i Brassø i de næste 34 år dels som variation over året dels som sommerngennemsnit. Forudsætninger for model - se tekst samt bilag.

Målsætning og fremtidig tilstand

Tilstanden i Himmelbjergsøerne er generelt blevet en smule bedre i de senere år, selvom vandet stadig er temmeligt uklart. Årsagen er, at fosfortilførslen er blevet mindre igennem de sidste ti år.

I følge Vandkvalitetsplanen for Århus Amt skal det tilstræbes, at fosfortilførslen til Jul Sø højst må være 20 ton om året ved en gennemsnitlig vandføring. Dette vil dog først kunne opnåes, når de opstrømsliggende søer er i ligevægt med fosfortilførslerne og der ikke længere frigives større fosformængder fra bunden af disse søer.

Den fremtidige fosfortilførsel vil da være fordelt som følger :

Fosfortilførsel via Gudenåen :	17000 kg
Laven rensningsanlæg :	17 kg
Spredt bebyggelse :	200 kg
Natur- og markbidrag :	2300 kg
I alt ca.	20000 kg

En fosfortilførsel på 20 ton om året svarer til en gennemsnitlig indløbskoncentration på ca. 60 µg P/l.

I 1998 og 1999 var den gennemsnitlige indløbskoncentration henholdsvis 90 og 80 µg P/l svarende til en fosfortilførsel på 30 og 40 ton pr. år (forskellen i fosfortransporten skyldes forskel i vandføring de to år imellem).

Jul Sø, Borre Sø og Brassø har en B-målsætning og er samtidigt målsat som badevandssøer. Næringsstofftilførslen fra punktkilderne overholder de krav, som er stillet i Vandkvalitetsplanen, og derfor må målsætningen for Jul Sø og Brassø anses for at være opfyldt i 1999. Som gennemgået er der fortsat en stor fosfortilførsel til søerne på grund af fosforfrigivelse i de opstrømsliggende søer. Effekten af de fosforbegrænsende tiltag i oplandet er derfor endnu ikke opnået og tilstanden i søerne er fortsat ikke tilfredsstillende.

Målet på 60 µg P/l som en gennemsnitlig indløbskoncentration nåes som beskrevet først, når de opstrømsliggende søer kommer i ligevægt, hvilket vil tage 15 - 20 år.

Det er klart, at der vil ske løbende forbedringer i søerne i takt med, at fosforniveauet forbedres. Hvis fosfortilførslen fortsat reduceres som forventet, må det forventes, at den positive udvikling, som har været i Himmelbjergsøerne i de sidste 5 - 10 år, fortsætter.

Med en yderligere reduktion af fosforniveauet vil de biologiske forhold i søerne ændre sig. Færre alger vil

give mere klart vand og dermed forbedrede forudsætninger for indvandring af undervandsvegetation i de lavere områder i søerne. Også fiskebestanden må forventes at ændre sig, idet færre alger og mere klart vand vil favorisere rovfiskene på bekostning af skaller og brasen.

Dette vil blandt andet betyde, at fiskearter (særligt aborre), som i fiskerimæssig henseende er mest attraktive, vil få bedre vilkår, end de har i dag, således at fiskeriet i Himmelbjergsøerne generelt vil blive bedre, når miljøtilstanden forbedres.

VEJLSØ

Vejlsø

Vejlsø ligger som en afsnøring af Brassø ganske tæt på Silkeborg. Det er en lille lavvandet sø omkranset af skov. Tilstanden i Vejlsø er bestemt af rent vand, som kommer fra Almind Sø, brunt og surt mosevand fra Vejlbo Mose og det noget næringsstoffrige vand fra Brassø og Gudenåen. Forbindelsen mellem Vejlsø og Brassø, som er Vejlsø's afløb, er nemlig en lavvandet kanal, hvori vandet kan løbe begge veje.

Århus Amt har taget 10 vandkemiprøver igennem 1999 i søen. I det følgende vil tilstanden i Vejlsø i 1999 blive beskrevet ud fra udvalgte parametre.

Der er ikke tidligere lavet en egentlig undersøgelse af miljøtilstanden i søen. Det er derfor ikke muligt direkte ud fra Århus Amts undersøgelser at beskrive, om der er sket ændringer i tilstanden.

Der er ikke nogen egentlige forureningskilder i søens direkte opland. Tidligere blev søen tilført spildevand fra et par enkeltliggende ejendomme. Den største belastning i dag sker via indstrømning af vand fra Brassø.

Generelt er vandet dog mere klart, der er ikke så mange alger og fosforindholdet er mindre end i Brassø.

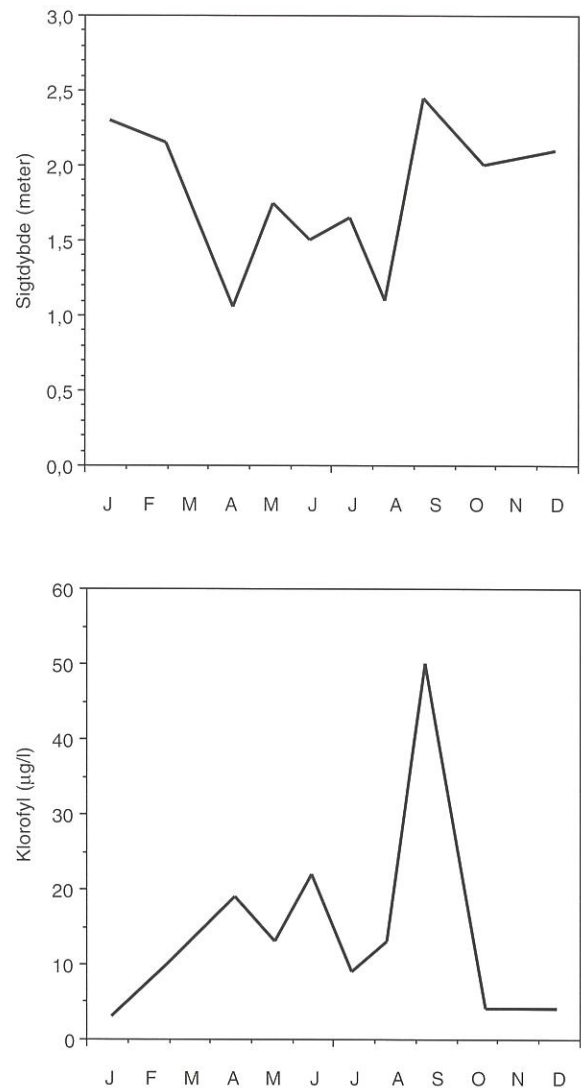
Sigt dybde

Sigt dybden varierer fra et niveau over 2 meter om vinteren til ca. 1 meter, når vandet er mest uklart under forårets algeopblomstring og igen i sensommeren, når der er mange blågrønalger. Den gennemsnitlige sommersigt dybde var i 1999 1,7 meter.

Sigt dybden er dermed nogenlunde som i Brassø, selvom klorofylindholdet er mindre (figur 25 - øverst).

Klorofyl

Klorofylkoncentrationen varierede i 1999 fra et meget lavt indhold om vinteren til et forårsniveau på 15 - 20 µg/l og videre til et årsmaksimum på ca. 50 µg/l omkring 1. september. Bortset fra den korte periode i sensommeren, hvor der var mange blågrønalger i Vejlsø, er klorofylindholdet og dermed algemængden forholdsvis lav og altså lavere end i Brassø.



Figur 25

Årstidsvariationen i sigt dybde (øverst) og klorofylkoncentration (nederst) i Vejlsø i 1999.

Fosfor

Fosforkoncentrationen i Vejslø er forholdsvis lav og lavere end i Brassø. Den gennemsnitlige sommerkoncentration i 1999 var 60 $\mu\text{g P/l}$ og årgennemsnittet 47 $\mu\text{g P/l}$. Sammenlignet med andre danske søer og med Brassø er fosforindholdet beskedent.

Kvælstof

Kvælstofniveauet er også lavt i Vejslø og der er ikke nogen videre variation over året. Årsagen er, at det vand, der tilføres Vejslø, kommer fra andre søer. Den variation, der er i kvælstofafstrømningen over året, bliver dermed ophævet ved vandets ophold i disse opstrømsliggende søer.

Generelle kommentarer

Bedømt ud fra fosforniveau og sigtddybde er tilstanden i Vejslø generelt tilfredsstillende. Der er imidlertid ingen undervandsplanter i søen og rørskovene er temmelig kraftige. Søen fremstår dermed som en noget næringsaltbelastet sø. Årsagen hertil er sandsynligvis, at der tidligere har været en større næringsstofftilførsel til søen. Dels fra husene i søens opland og dels via et højere næringsstoffniveau i Brassø.

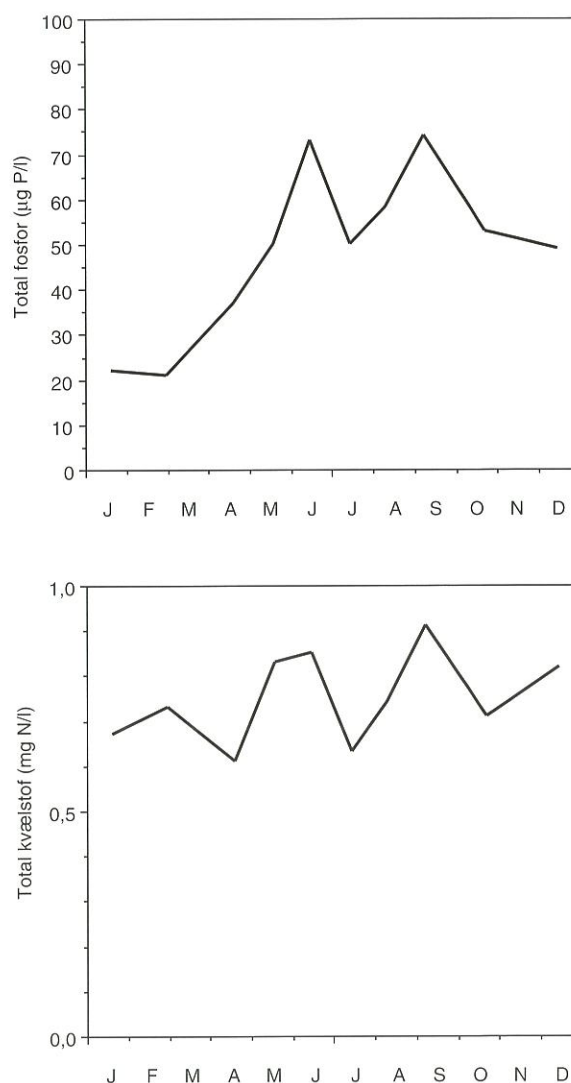
Samtidigt medfører den åbne forbindelse mellem Vejslø og Brassø, at blandt andet fisk har fri adgang mellem de to søer. Dette indebærer, at specielt brasen, som ynder lavt og varmt vand, trækker ind i Vejslø fra Brassø.

Brasen hvirvler bundmateriale op under fødesøgningen. Dette skaber dels uklart vand og frigiver fosfor fra bunden men forhindrer også undervandsvegetation i at etablere sig. Det vurderes derfor, at fiskene i Vejslø (og Brassø) gør det vanskeligt for undervandsplanter at etablere sig. Søen fastholdes dermed i en mere næringsrig tilstand biologisk set, end fosforniveauet egentlig berettiger til.

Vejslø har en generel (B) målsætning. Fosforkoncentrationen skal være mindre end 60 $\mu\text{g P/l}$ og sigtddybden større end 1,7 meter som et sommergennemsnit. Målsætningen for søen var dermed opfyldt i 1999.

En yderligere reduktion i fosforniveauet og en genindvandring af undervandsvegetation er dog ønskelig. Selvom målsætningen er opfyldt, er tilstanden nemlig endnu ikke helt tilfredsstillende, specielt fordi der ikke er nogen undervandsvegetation i Vejslø.

Der kan ikke forventes væsentlige ændringer i forholdene i Vejslø, før fosforniveauet i Brassø bliver lavere og de biologiske forhold her ændres imod en mindre bestand af brasen og skaller.



Figur 26

Årstidsvariationen i koncentrationen af total fosfor (øverst) og total kvælstof (nederst) i Vejslø i 1999.

SILKEBORG LANGSØ

Indledning

Silkeborg Langsø ligger i Silkeborg. Søen er langstrakt og lavvandet og delt i tre bassiner af to vejdæmninger.

Midterbassinet er helt omkranset af byen, medens den vestlige og den østlige del af søens nærmeste opland for en stor dels vedkommende er skov.

Gudenåen løber ind i det østlige bassin. Vest- og midterbassinet får tilført vand fra Lysåen samt fra et par mindre vandløb på de to bassiners nordside.

Morfometriske data er præsenteret i tabel 7.

Østbassinet vilkår er væsentligt forskellige fra vest- og midterbassinets. Årsagen er de store vand- og stoftilførsler, som kommer med Gudenåen. Tidligere fik såvel vest- som midterbassinet tilført dårligt rensset spildevand blandt andet fra en del af Silkeborg. I dag er belastningen af de to bassiner lille og meget mindre end østbassinets. Til gengæld skiftes vandet i de to bassiner ikke så hurtigt ud og de tilførte næringsstoffer kan dermed påvirke tilstanden længere.

Århus Amt har lavet undersøgelser i Silkeborg Langsø i 1981 (Århus amt, 1982) samt i 1992 og i 1999. I denne rapport vil de to seneste undersøgelser blive præsenteret. Rapporten vil såvel beskrive hvordan tilstanden er i dag i søen, men også hvordan udviklingen har været i de sidste 10 - 20 år.

Vandkemien i søen vil danne udgangspunkt for beskrivelsen. Derudover er der taget algeprøver, som også vil blive inddraget og endelig har Danmarks Miljøundersøgelser lavet fiskeundersøgelser i søen. Disse undersøgelser vil kort blive gennemgået og fiskebestanden i Silkeborg Langsø beskrevet.

		Vestbassin	Midterbassin	Østbassin	Hele søen
Areal	ha	46	85	93	224
Volumen	mio. m ³	0,83	2,38	2,42	5,63
Gennemsnitsdybde	meter	2	2,8	2,6	2,5
Største dybde	meter	3,5	4,5	4,9	
Vandets opholdstid	døgn	8	22	1,6	

Tabel 7.

Morfometriske data for Silkeborg Langsø.

Vand- og stofbalance

Belastningen og dermed tilstanden i Silkeborg Langsø's østbassin er forskellig fra vest- og midterbassinet. For at beskrive tilstanden i østbassinet er vandføringen og næringsstofbelastningen i Gudenåen (Remstrup Å) mellem Brassø og Silkeborg Langsø beregnet og vandkemi, ilt og temperatur i østbassinet målt ud for Søholt rensningsanlæg. Vandføring og stoftransport i Gudenåen ved afløbet fra østbassinet er beregnet ud fra en arealkorrektion af vandføringen i Remstrup Å kombineret med de vandkemiske målinger fra Silkeborg Langsø's østbassin. For vest- og midterbassinet vedkommende er der målt vandføring og vandkemi i Lysåen (afløbet fra Ørn Sø) og taget vandprøver i både vest- og midterbassinet. Vandføringen i afløbet fra midterbassinet er beregnet ud fra en arealkorrektion af vandføringen i Lysåen. Stoftransporten er beregnet ved at kombinere denne beregnede vandføring med vandkemimålingerne i midterbassinet.

Vand- og stoftransporten ud af Silkeborg Langsø's midterbassin bidrager til vand- og stoftilførslen til Silkeborg Langsø's østbassin.

Vandføringen i Remstrup Å er beregnet som en korrelation til en fast vandføringsstation i Gudenåen ved Tvilum Bro :

$$Q_{\text{Remstrup Å}} = 0,717 Q_{\text{Tvilum Bro}} + 1404$$

Vandføringen i Lysåen er målt knapt 20 gange i løbet af året. Disse enkeltmålinger er anvendt til en beregning af vandføringen sammen med følgende korrelation .

$$Q_{\text{Lyså}} = 0,3247 Q_{\text{Gelbæk}} \times 1,74 Q_{\text{Funder St.}} - 454,4$$

Specielt til vest- og midterbassinerne er der et såkaldt umålt opland. Vand- og stoftransporten fra det umålte opland til vest- og midterbassinerne er fundet ved hjælp af arealkorrektion til Lysåen. Til østbassinet er afstrømningen fra det umålte opland (som er en forsvindende lille del i forhold til det samlede opland) fundet ved arealkorrektion af oplandet til Remstrup Å.

I det følgende vil vand- og stoftransporten i 1999 til henholdsvis Silkeborg Langsø's vest- og midterbassin og til østbassinet blive vist (tabel 8 og 9). Vand- og stoftransporter fra 1992 vil blive beskrevet i teksten, men kan også findes i bilag.

Vandbalance

Østbassin

I 1999 blev der tilført ca. 550 mio. m³ vand til Silkeborg Langsø's østbassin. Vandtilførslen varierede fra knapt 20 mio. m³ i juli til 48 mio. m³ i marts. Den store vandtilførsel medfører, at vandet strømmer meget hurtigt igennem østbassinet. Den gennemsnitlige opholdstid i 1999 var således bare 1 - 2 dage.

I 1992 var der en samlet vandtilførsel på ca. 450 mio. m³ eller omkring 20 % mindre end i 1999. Opholdstiden var naturligvis tilsvarende længere - ca. 2 dage - men stadig meget lille sammenlignet med andre søer.

	Opland (km ²)	Vand (mio. m ³)	Kvælstof (ton)	Fosfor (ton)
Gudenåen	992	500	952	44,7
Silkeborg Langsø's midterbassin	75	42	44	3,3
Søholt Rensningsanlæg		7	36	3,1
Regnvandsoverløb		1	2	0,6
Umålt opland	5	3	5	0,2
Samlet tilførsel		553	1039	51,9
Samlet fraførsel	1072	553	1005	57,1
Tilbageholdelse/frigivelse			3,3%	-10,0%

Tabel 8.

Vand- og stofbalancen for Silkeborg Langsø's østbassin i 1999.

	Opland (km ²)	Vand (mio. m ³)	Kvælstof (ton)	Fosfor (ton)
Lysåen	55	31,2	38,9	2,31
Regnvandsoverløb		0,1	0,2	0,01
Umålt opland	20	10,8	13,5	0,80
Samlet tilførsel		42,1	52,6	3,12
Samlet fraførsel	75	42,1	44,3	3,31
Tilbageholdelse/frigivelse			15,8%	-6,1%

Tabel 9.

Vand- og stofbalancen for Silkeborg Langsø's vest- og midterbassin i 1999.

Midt- og vestbassin

Der er en væsentlig mindre vandtilførsel til Silkeborg Langsø's midt- og vestbassin end til østbassinet. I 1999 blev der tilført 39 mio. m³, hvilket svarede til en gennemsnitlig opholdstid i de to bassiner på knapt en måned.

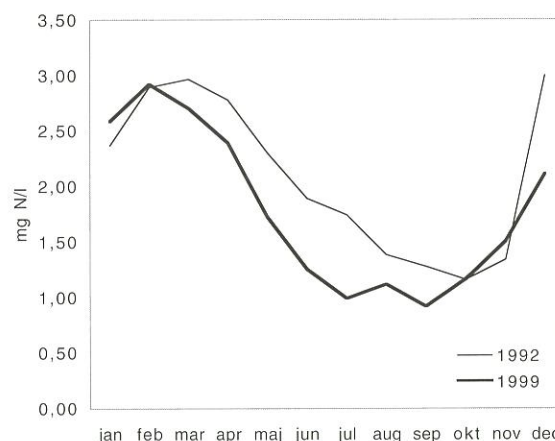
Vandtilførslen er væsentligt mere stabil over året her. Årsagen er, at Lysåen, som bidrager med den største vandtilførsel til de to bassiner, hovedsagligt er grundvandsfødt og har en meget stabil vandføring året rundt. Vandgennemstrømningen varierer heller ikke noget videre fra år til år. I 1992 var der således en vandtilførsel på 43 mio. m³ eller næsten det samme som i 1999.

Stofbalance - kvælstof

Østbassin

I kraft af de store vandmængder, der strømmer igennem østbassinet, tilføres denne del af Silkeborg Langsø også store stofmængder. I 1999 kom der mere end 1000 ton kvælstof til søen, selvom den gennemsnitlige indløbskoncentration kun var 1,9 mg N/l, hvilket er væsentligt mindre end til de fleste andre danske søer. Årsagen til det lave kvælstofniveau er, at der sker en betragtelig kvælstoffjernelse under vandets transport igennem de store søer, som ligger længere oppe i Gudenåsystemet. Normalt er der en vis kvælstoffjernelse i danske søer. I Silkeborg Langsø's østbassin var der stort set ingen kvælstoftilbageholdelse i 1999. Der kom næsten lige så meget kvælstof ud af søen, som der kom ind. Årsagen er dels vandets meget korte opholdstid dels det lave kvælstofniveau i indløbet.

Betragter man kvælstofbalancen i østbassinet henover året, viser det sig faktisk, at der er en netto kvælstofopptagelse i østbassinet i sommermånederne. På dette tidspunkt er der mange blågrønalger i søvandet. Disse blågrønalger er i stand til at fikser atmosfærens kvælstof. Da kvælstofniveauet er lavt i søen, henter blågrønalger-



Figur 27

Årstidsvariationen i den vandføringsvægtede indløbskoncentration for kvælstof til Silkeborg Langsø's østbassin i 1992 og i 1999.

ne åbenbart en del af det kvælstof, de har brug for, fra luften. Resultatet er, at kvælstofkoncentrationen i søvandet stiger og at der bliver ført mere kvælstof ud af søen, end der kommer ind.

I vinterhalvåret er der en kvælstoftilbageholdelse. Dels på grund af en bakteriel kvælstoffjernelse, dels fordi noget partikulært kvælstof bundfældes, når Gudenåens vand strømmer ud i bassinet.

I 1992 var den samlede kvælstoftilførsel 996 ton. Også dengang var kvælstoffraførslen næsten lige så stor som tilførslen. Det er beregnet, at 78 ton (8% af tilførslen) blev tilbageholdt i østbassinet i 1992.

På figur 27 kan man se, at kvælstofkoncentrationen i det tilførte vand i 1992 generelt var højere end i 1999.

Årsagen skal sandsynligvis ikke findes i en ændret dyrkningspraksis i oplandet men snarere en større kvælstof-

fjernelse i de opstrømsliggende søer i 1999 sammenlignet med 1992.

Vest- og midterbassinet

I 1999 blev der tilført 54 ton kvælstof til Silkeborg Langsø's vest- og midterbassin. Den gennemsnitlige indløbskoncentration var 1,28 mg N/l og altså også her forholdsvis lav. Årsagen til den lave kvælstofkoncentration er dels, at Funder Å ovenfor Ørn Sø har et meget lavt kvælstofindhold, primært fordi åen er grundvandsfødt, dels at der samtidig sker en vis kvælstoffjernelse i Ørn Sø, inden vandet når Silkeborg Langsø.

Ligesom vandtilførslen er meget konstant til de to bassiner fra måned til måned og fra år til år er også kvælstoftilførslen stabil. I 1992 var der en samlet kvælstoftilførsel på 57 ton. Der blev tilbageholdt ca. 10 ton (18 % af tilførslen) og 48 ton blev således transporteret videre til Silkeborg Langsø's østbassin.

I 1992 blev der fjernet ca. 11 ton kvælstof eller omkring 20 % af den tilførte mængde.

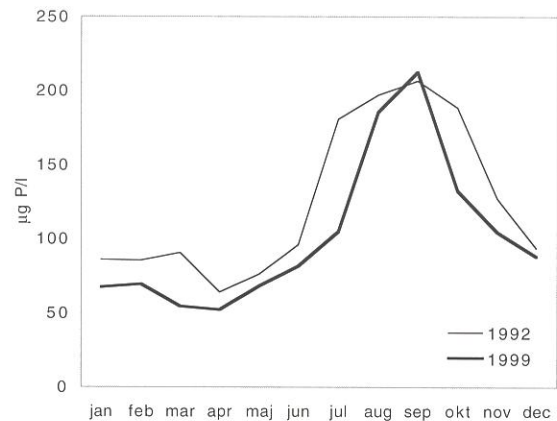
Stofbalance - fosfor

Østbassin

Der blev tilført næsten 52 ton fosfor til Silkeborg Langsø's østbassin i 1999. I 1992 var der en fosfortilførsel på 51 ton. Der er altså ikke sket nogen væsentlige ændringer i fosfortransporten i Gudenåen ved Silkeborg og fosforbelastningen er nogenlunde den samme, som den har været i de seneste ti år. På figur 28 kan man dog se, at den vandføringsvægtede indløbskoncentration for fosfor var mindre i 1999 end i 1992 stort set hele året. Den gennemsnitlige indløbskoncentration var 94 µg P/l i 1999 imod 114 µg P/l i 1992.

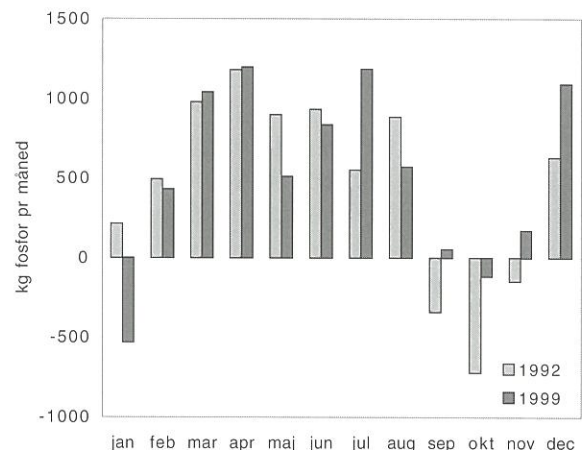
Fosfortilførslen varierer noget hen over året. I vintermånedene er der en forholdsvis lille fosfortilførsel. I 1999 var indløbskoncentrationen beskedne 50 - 70 µg P/l. Til gengæld stiger fosforniveauet i specielt Gudenåen i løbet af foråret til en maksimumkoncentration omkring 200 µg P/l i august og september. Årsagen er først og fremmest den fosforfrigivelse, som sker i søerne længere oppe i Gudenåsystemet. Bedømt ud fra indløbskoncentrationen i 1992 og 1999 er såvel basisniveauet for fosfor i Gudenåen blevet mindre (vinterkoncentrationen) som den samlede fosforfrigivelse i de opstrømsliggende søer (fosforniveauet i sensommer- og efteråret). I den forbindelse skal det dog nævnes, at der var en større fosforfrigivelse fra Jul Sø i 1999 end i tidligere måleår.

I 1999 var fosfortransporten fra Silkeborg Langsø's



Figur 28

Årstidsvariationen i den vandføringsvægtede indløbskoncentration for fosfor til Silkeborg Langsø's østbassin i 1992 og i 1999.



Figur 29

Den månedlige fosforfrigivelse/-tilbageholdelse i Silkeborg Langsø's østbassin i måleårene 1992 og 1999.

østbassin ca. 59 ton eller 7 ton mere, end der blev tilført. Silkeborg Langsø's østbassin har altså ikke tilbageholdt fosfor, som de fleste andre danske søer gør, men tværtimod frigivet en fosformængde, der svarer til ca. 10 % af fosfortilførslen til bassinet.

Figur 29 viser den månedlige fosforfrigivelse fra østbassinet i 1992 og 1999. Der er ikke nogen væsentlig forskel de to år imellem. I begge år har der været en nettofosforfrigivelse fra sedimentet hver måned bortset fra de tre efterårsmåneder september, oktober og november.

Årsagen til den store fosforfrigivelse også i vinterhalvåret er en meget stor fosforbelastning af Silkeborg Lang-

sø i de foregående årtier. En stor del af denne tidligere fosfortilførsel ligger fortsat bundet i sedimentet på bunden af søen.

Omsætningen i Silkeborg Langsø's østbassin er stor. Dels fordi næringsstofniveauet er højt, men også fordi der sker en forholdsvis stor tilførsel af døde alger fra de store søer længere oppe ad Gudenåen. En stor omsætning medfører, at iltindholdet i og lige over sedimentoverfladen er meget lille, hvilket videre resulterer i fosforfrigivelse fra sediment til søvand.

Resultatet er altså, at der sker en nettofratførsel af fosfor fra Silkeborg Langsø's østbassin næsten hele året rundt.

Midt- og vestbassin

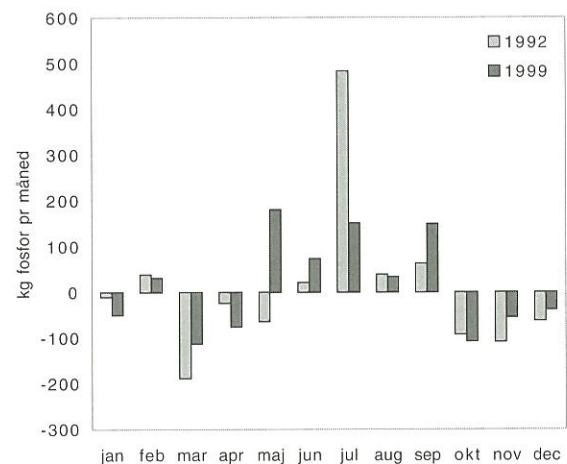
Der er også en større fosforfratførsel fra Silkeborg Langsø's vest og midterbassin end tilførsel. I 1999 er det beregnet, at fosforfratførslen var 3,3 ton, medens der blev tilført 3,5 ton. Der var dermed en nettofratførsel på ca. 6 % af den samlede fosfortilførsel.

På figur 30 er den månedlige fosforbalance i 1992 og 1999 for Silkeborg Langsø's vest- og midterbassin vist. Der er ikke nogen væsentlige forskel i fosforbalancen i de to år. I begge år var der en fosforfrigivelse fra søbunden i sommerperioden indtil september og i den øvrige del af året var der en nettofosfortilbageholdelse i de to bassiner. Den eneste forskel mellem 1992 og 1999 er, at der blev tilbageholdt fosfor i midt- og vestbassinet i maj 1992 men frigivet fosfor i maj 1999.

Selvom der altså er en netto-fosforfratførsel fra de to bassiner, er der dog en længere periode hen over vinterhalvåret, hvor der bliver tilbageholdt fosfor i de to bassiner.

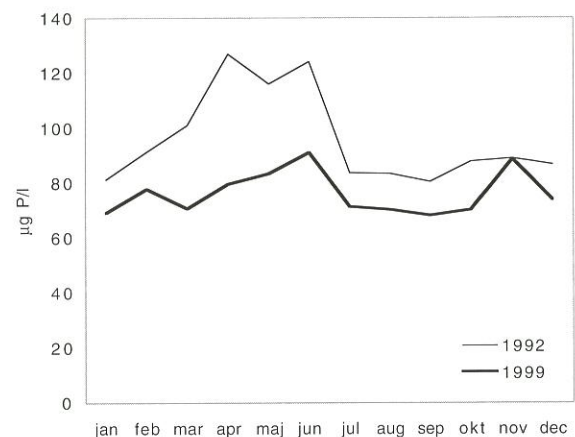
Sammenlignet med Silkeborg Langsø's østbassin er fosforfrigivelsen fra sedimentet væsentlig mindre. Den mindre fosforfrigivelse skyldes en mindre fosforpulje i sedimentet, fordi belastningen til denne del af Silkeborg Langsø ikke har været så kraftig som til østbassinet.

Som nævnt var den samlede fosfortilførsel til midt- og vestbassinet 3,5 ton i 1999 eller i gennemsnit en koncentration på 83 µg P/l. I 1992 blev der tilført 4,1 ton fosfor, hvilket svarede til en indløbskoncentration på 95 µg P/l. Fosforbelastningen er altså reduceret både hvad angår absolutte mængder som indløbskoncentration. Indløbskoncentrationen var nogenlunde konstant i hele 1999. Den fosforfrigivelse, som sker i den opstrømliggende Ørn Sø, kan således ikke registreres i Lysåen (afløbet fra Ørn Sø). Årsagen er, at en stor del af det vand, der løber igennem Ørn Sø fra Funder Å til Lysåen, løber direkte igennem søen uden at blive opblandet i



Figur 30

Den månedlige fosforfrigivelse/-tilbageholdelse i Silkeborg Langsø's midt- og vestbassin i måleårene 1992 og 1999



Figur 31

Årstidsvariationen i den vandføringsvægtede indløbskoncentration for fosfor til Silkeborg Langsø's vestbassin i 1992 og i 1999.

denne. Den fosfor, som frigives i Ørn Sø, forbliver for en stor dels vedkommende dermed i søen og påvirker ikke Silkeborg Langsø.

Kildeopsplitning og fremtidig tilførsel

Østbassin

Næringsstofferne i Gudenåen kommer fra mange forskellige kilder. I det store opland er der naturligvis et stort næringsstofbidrag fra de dyrkede jorde, men rensningsanlæg, dambrug, spredt bebyggelse og regnvandsoverløb bidrager også til et forhøjet næringsstofniveau.

En tredjedel af fosforbelastningen i Gudenåen stammer fra de dyrkede jorde. Rensningsanlæg og spredt bebyggelse udgør mellem 5 og 10 % og dambrug og regnvandsoverløb mindre end 5 % af den samlede fosfortransport.

En væsentlig årsag til det forhøjede fosforniveau i Gudenåen er dog fortsat en stor fosforpulje på bunden af søerne, som stammer fra tidligere tiders større fosforudledninger. Der var en netto fosforfrigivelse og eksport fra Jul Sø og Brassø i 1999 på ca. 5 ton.

Væsentlige ændringer i fosfortransporten i Gudenåen kan således ikke forventes, før den interne belastning i de opstrømsliggende søer aftager betydeligt i forhold til det nuværende niveau.

I Vandkvalitetsplanen for Århus Amt er det antaget at den fremtidige fosforbelastning til Silkeborg Langsø's østbassin fra Gudenåen vil være ca. 15,5 ton om året. Der vil blive tilført omkring 3 ton fosfor om året fra Silkeborg Langsø's midterbassin, Silkeborg Centralrensningsanlæg (Søholt) vil bidrage med 2,35 ton og endelig vil der tilføres ca. 1 ton om året fra regnvandsoverløbene i Silkeborg. Alt i alt omkring 22 ton. Som det er nævnt, kan dette niveau først nåes, når fosforfrigivelsen fra søerne længere oppe i Gudenåsystemet er ophørt.

	1999 (ton fosfor)	Fremtidig tilførsel (ton fosfor)
Gudenåen mm.	44,7	15,50
Silkeborg Langsø's midterbassin	3,3	3,00
Søholt Rensningsanlæg	3,1	2,35
Regnvandsoverløb	0,6	1,00
Samlet tilførsel	51,7	ca. 22,00

	1999 (ton fosfor)	Fremtidig tilførsel (ton fosfor)
Ørn Sø og Lysåen	2,31	1,90
Umålt opland	0,80	0,80
Regnvandsoverløb	0,40	0,30
Samlet tilførsel	3,51	3,00

Midt- og vestbassinet

I forhold til den næringsstofftilførsel, som kommer fra Ørn Sø via Lysåen, er der kun mindre næringsstofkilder direkte til Silkeborg Langsø's vest- og midterbassin. Som det fremgår af tabel 9, tilføres der ca. 400 kg fosfor fra regnvandsoverløb og der er et beregnet diffust bidrag fra det umålte opland på ca. 800 kg om året.

Den samlede fosfortilførsel til den vestlige del af Silkeborg Langsø var i 1999 3,5 ton

Da den gennemsnitlige fosforkoncentration i det tilførte vand var ca. 85 µg P/l i 1999 må det forventes, at der sker en mindre reduktion i de fremtidige fosfortilførsler til Silkeborg Langsø's vestlige del. Blandt andet fordi den interne belastning, som er i Ørn Sø, forventes at aftage. Selvom store dele af den fosfor, som frigives fra bunden i Ørn Sø, forbliver i søen, vil en aftagende fosforfrigivelse trods alt også medføre en reduktion af fosforniveauet i Lysåen.

På længere sigt kan det forventes, at fosforniveauet i Lysåen i gennemsnit over året bliver reduceret til omkring 60 µg P/l eller ca. 20 % mindre end i 1999. Det er derimod ikke sandsynligt, at fosforbelastningen fra regnvandsoverløbene og det umålte opland vil ændre sig væsentligt fremover.

En gennemsnitlig indløbskoncentration på 60 µg P/l vil resultere i en samlet fosforbelastning fra oplandet på ca. 2,75 ton om året som den forventede fremtidige tilførsel.

Tabel 8

Fosfortilførslen til Silkeborg Langsø's østbassin i 1999 fordelt på kilder samt den forventede fremtidige fosfortilførsel.

Tabel 9

Fosfortilførslen til Silkeborg Langsø's vest- og midterbassin i 1999 fordelt på kilder samt den forventede fremtidige fosfortilførsel.

Kemi i vand og sediment

Såvel i 1992 som i 1999 har Århus Amt målt vandkemi, sigtddybde, ilt og temperatur i Silkeborg Langsø's øst- og midterbassin 19 gange igennem året - en gang om måneden i vinterhalvåret, to gange om måneden i sommerhalvåret.

I det følgende vil tilstanden i søen blive beskrevet ud fra de væsentligste af de målte parametre. Da tilstanden ikke er den samme i østbassinet som i midt- og vestbassinene, vil målingerne i både den østlige - og den vestlige del af søen fra begge måleår blive gennemgået.

Østbassin

Sigtddybde

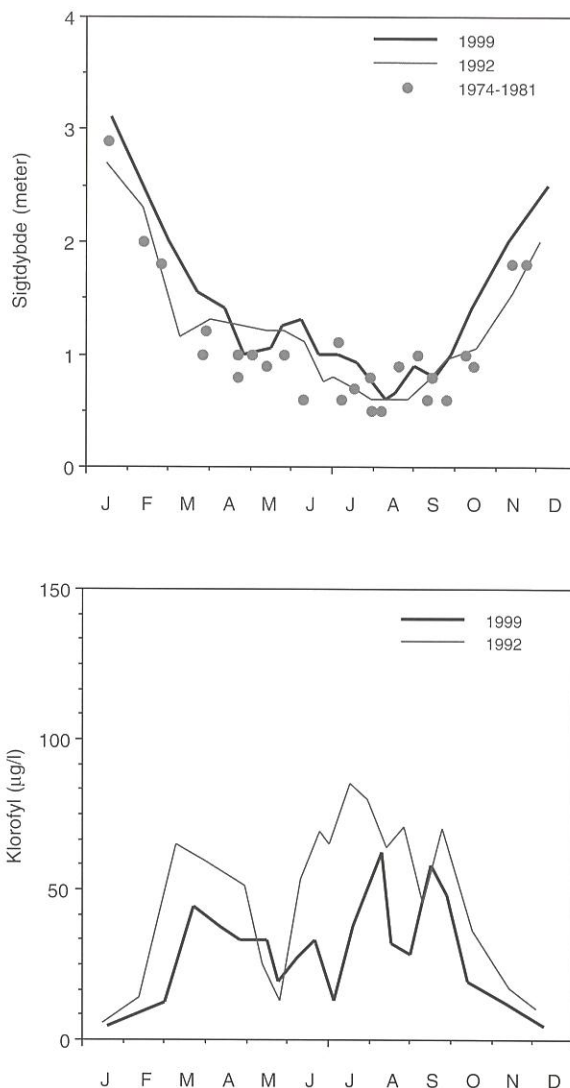
Sigtddybden i Silkeborg Langsø's østbassin varierede i 1999 fra et maksimum på ca. 3 meter i vintermånederne til ca. 0,5 meter i august. Den gennemsnitlige sigtddybde i sommerhalvåret var 1 meter i 1999 og dermed ikke væsentlig forskellig fra sigtddybden i 1992 (0,9 meter). Den lave sigtddybde i sommerperioden skyldes en massiv opvækst af alger. Særligt i sensommeren er der mange blågrønalger i søen, som altså medfører en sigtddybde på bare 0,5 meter.

Som det vil fremgå senere, er der specielt om sommeren blevet færre alger i Silkeborg Langsø. Det har dog endnu ikke medført mere klart vand i søen. Årsagen er, at det hovedsagligt er blågrønalger, som er i søen. Blågrønalger koncentrerer sig typisk i de øverste vandlag. Da der fortsat er forholdsvis mange alger i søen, er algerne stadig i stand til at forhindre lyset i at trænge ned i søvandet. Resultatet er, at den reduktion fra 1992 til 1999, som kan ses i blandt andet klorofylkoncentrationen, endnu ikke har medført mere klart vand i sommerhalvåret.

Klorofyl

Indholdet af klorofyl i søvandet er et mål for algemængden i søen. I 1999 var den gennemsnitlige klorofylkoncentration i sommerhalvåret 35 µg/l. Klorofylkoncentrationen er dermed generelt blevet mindre i østbassinet i forhold til 1992 (58 µg/l). Der var dog en vis variation i koncentrationen hen over sommeren. I starten af juli blev der målt en klorofylkoncentration på ca. 20 µg/l, medens koncentrationen i midten af august var steget til næsten 70 µg/l.

I 1992 var der en mere ensartet udvikling i klorofylniveauet. I foråret var der en opblomstring af kiselalger, som resulterede i et klorofylmaksimum i marts. I slut-



Figur 32
Årstidsvariationen i sigtddybde (øverst) og klorofylkoncentration (nederst) i Silkeborg Langsø's østbassin i 1999, 1992 og i måleårene fra 1974 til 1981.

ningen af maj forsvandt kiselalgerne med lave klorofylkoncentrationer til følge. Hen over sommeren steg algemængden igen til et sommer- og årsmaksimum på ca. 80 µg/l i slutningen af juli.'

Den mere varierende klorofyludvikling i 1999 må tages som udtryk for, at tilstanden i Silkeborg Langsø's østbassin har udviklet sig i den rigtige retning imod en mindre eutrofieret (næringsstofforurennet) tilstand.

Total fosfor

Fosforkoncentrationen i vintermånederne er primært bestemt af fosfortilførslerne via Gudenåen. I 1999 var fosforkoncentrationen mellem 60 og 80 µg P/l. Der er dermed sket en reduktion i fosforniveauet i vinterhalvåret i Silkeborg Langsø's østbassin siden 1992, hvor fosforniveauet var ca. 100 µg P/l.

Den lavere søkoncentration skyldes dels, at fosforniveauet i det tilførte vand er blevet mindre siden 1992, men også at der også blev frigjort fosfor fra søbunden i vintermånederne i 1992, hvilket ikke i samme omfang var tilfældet i 1999.

I løbet af sommeren steg fosforkoncentrationen i østbassinet til et maksimum i august på ca. 250 µg P/l. Det forøgede fosforniveau skyldes dels en stor fosforfrigivelse fra søbunden men også, at fosforindholdet i det tilførte vand stiger hen over sommeren, fordi der bliver frigjort fosfor fra bunden af de opstrømsliggende søer. Sammenlignet med 1992 er der ikke sket nogen væsentlige ændringer i fosforniveauet i Silkeborg Langsø's østbassin. Heller ikke målingerne fra årene 1974 til 1981 er væsentlig forskellige.

Selvom fosforkoncentrationen i det tilførte vand er reduceret, er tilstanden i Silkeborg Langsø's østbassin bedømt ud fra fosforkoncentrationen i søvandet altså ikke ændret i de forløbne 10 - 20 år.

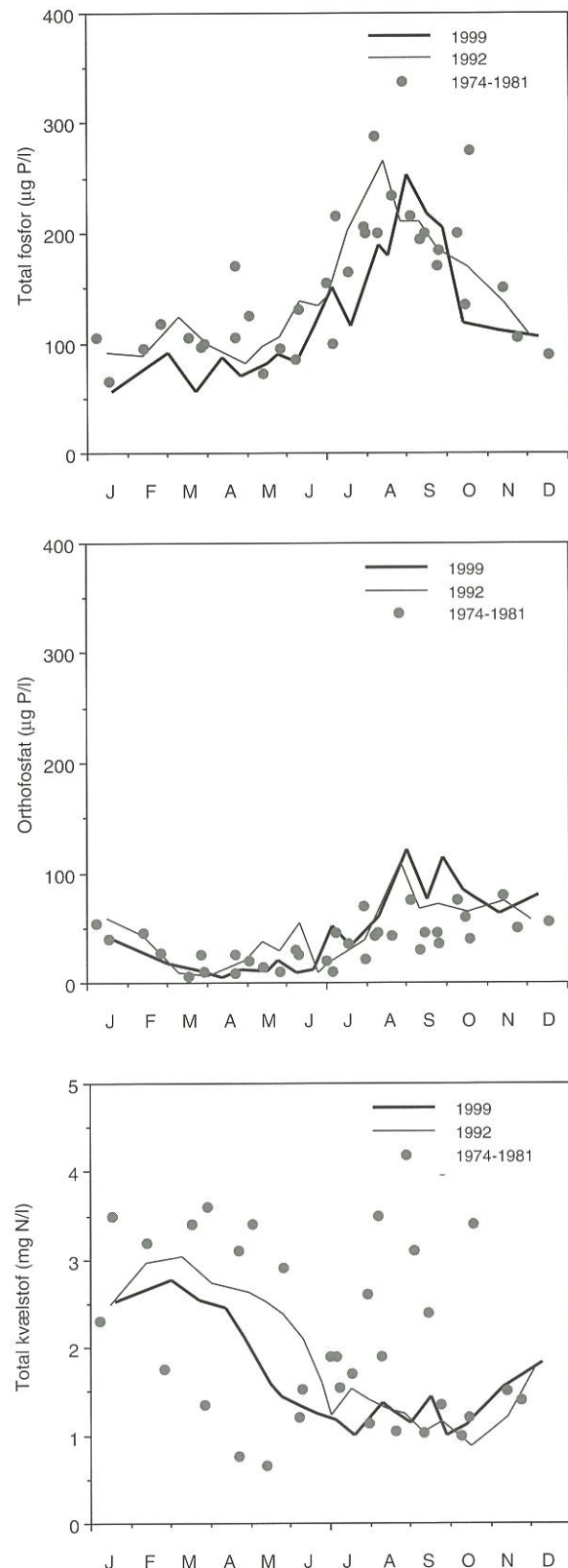
Orthofosfat

Også koncentrationen af opløst fosfor i søvandet var nogenlunde den samme i 1999 som i 1992. I første halvdel af året var koncentrationen af opløst fosfor 10 - 20 µg P/l og i sidste halvdel på grund af fosforfrigivelsen fra sedimentet 80 - 100 µg P/l.

Indholdet af opløst fosfor er dermed ikke begrænsende for algenes vækst i søen på noget tidspunkt af året og har heller ikke været det i en længere årrække.

Total kvælstof

Kvælstofniveauet varierer fra 3 mg N/l i foråret til ca. 1 mg N/l i sensommeren. De største kvælstoftilførsler fra oplandet sker om vinteren og den største kvælstoffjernelse fra søvandet om sommeren. Derfor er kvælstofkoncentrationen højest om vinteren og lavest i sensommeren. Da vandet i Gudenåen har passeret adskillige søer, inden det når Silkeborg Langsø, er kvælstofindholdet generelt forholdsvis lavt. Niveauet er nogenlunde uændret i 1999 i forhold til 1992. Bedømt ud fra de mere spredte målinger, som er foretaget i årene fra 1974 til 1981, har kvælstofniveauet i Gudenåen og i Silkeborg Langsø's østbassin dog varieret noget i de sidste tredive år.



Figur 33.

Årstidsvariationen i koncentrationen af total fosfor (øverst), orthofosfat (i midten) og total kvælstof (nederst) i Silkeborg Langsø's østbassin i 1999, 1992 og i måleårene fra 1974 til 1981.

Nitrat

Indholdet af nitrat i søvandet er udtryk for mængden af umiddelbart tilgængeligt kvælstof. I takt med at kvælstofniveauet falder hen igennem foråret og den tidlige sommer, bliver også nitratkoncentrationen mindre. Både i 1992 og i 1999 ser det ud til, at kvælstofkoncentrationen har været så lav i sensommeren, at kvælstof kan have været begrænsende for algernes vækst i søen.

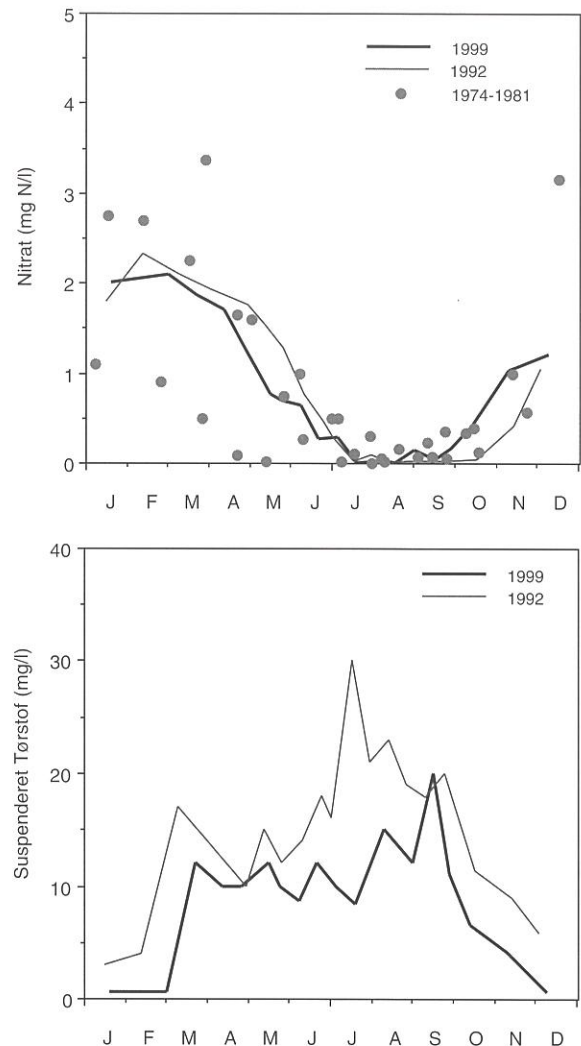
De dominerende alger i Silkeborg Langsø's østbassin i sensommeren er imidlertid blågrønalger, som kan fikse kvælstof fra luften. Disse alger begrænses altså ikke af den lave kvælstofkoncentration, men nyder tværtimod en konkurrencemæssig fordel overfor andre algegrupper.

Suspenderet tørstof

Det suspenderede tørstof er et mål for den samlede mængde større partikler i søvandet - sand, silt, alger mm.

Der var et jævnt højt indhold af suspenderet stof i søen i 1999 hen over foråret og den tidlige sommer. I sensommeren var der som nævnt mange blågrønalger i søvandet, hvilket også afspejler sig som et stigende indhold af suspenderet stof i denne periode.

Der er i øvrigt sket et fald i koncentrationen af suspenderet tørstof fra 1992 til 1999. Bedømt ud fra klorofyllmålingerne er den væsentligste årsag til denne reduktion en mindre algeomængde i 1999 end i 1992.



Figur 34.

Årstidsvariationen i koncentrationen af nitrat (øverst) og suspenderet tørstof (nederst) i Silkeborg Langsø's østbassin i 1999, 1992 og i måleårene fra 1974 til 1981.

Midterbassin

I det følgende vil de vandkemiske forhold i Silkeborg Langsø's vest- og midterbassin blive beskrevet. Det er "det samme vand", der løber igennem de to bassiner og derfor er tilstanden også nogenlunde den samme. De præsenterede figurer viser målingerne fra midterbassinet, men beskriver altså også i al væsentlighed tilstanden i Silkeborg Langsø's vestbassin.

Sigt dybde

'Sigt dybden har generelt ikke forandret sig i Silkeborg Langsø's midterbassin fra 1992 til 1999. Der er fortsat en sigt dybde på mindre end en meter i august, når vandet er mest uklart og den gennemsnitlige sommersigt dybde er også nogenlunde den samme - i 1999 0,9 meter imod 1,0 meter i 1992. Om vinteren er vandet mere klart. Her varierer sigt dybden mellem 1,5 og 2,0 meter.

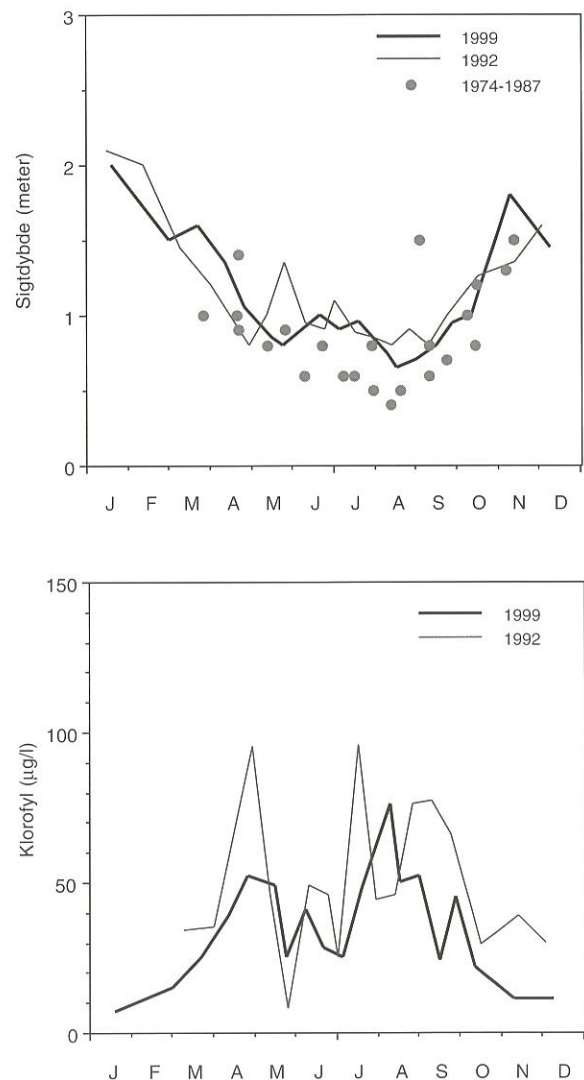
Der er dog sket en forbedring i sigt dybden i forhold til niveauet i 1970'erne og - 80'erne. Her var den gennemsnitlige sigt dybde i sommerhalvåret så lav som 0,6 - 0,7 meter.

Klorofyl

Tilsvarende er klorofylindholdet i Silkeborg Langsø's midt - og vestbassin reduceret siden 70'erne og 80'erne. For 20 og 30 år siden var klorofylkoncentrationen 100 µg/l eller mere, medens det gennemsnitlige klorofylindhold i 1999 var 43 µg/l.

Klorofylkoncentrationen varierer hen over året. Om vinteren er der omkring 10 µg/l i søvandet som et minimum, medens maksimum blev nået i august, hvor der var omkring 80 µg/l.

Da midt- og vestbassinerne er forholdsvis lavvandede, vil vindens ophvirvling af bundmateriale også have en effekt på vandets klarhed. Det er dermed både algemængden (her udtrykt ved klorofylkoncentrationen) og indholdet af partikulære stoffer i øvrigt, der bestemmer sigt dybden. Derfor ændres sigt dybden ikke helt parallelt med de ændringer, der sker i klorofylkoncentrationen hen igennem året.



Figur 35.

Årstidsvariationen i sigt dybde (øverst) og klorofylkoncentration (nederst) i Silkeborg Langsø's midterbassin i 1999, 1992 og i måleårene fra 1974 til 1987.

Total Fosfor

Fosforniveauet i den vestlige del af Silkeborg Langsø varierede i 1999 fra ca. 50 µg P/l i vinterperioden til 100 - 120 µg P/l i sommer- og efterårsmånederne.

Det er fortrinsvis fosfortilførslerne, som bestemmer fosforkoncentrationen i søvandet om vinteren. I 1999 var der en indløbskoncentration på ca. 70 µg P/l, som altså resulterede i en søvandskoncentration på 50 - 60 µg P/l. I sommerperioden reguleres fosforniveauet fortsat i vid udstrækning af fosforfrigivelsen fra sedimentet. Transporten af fosfor fra sediment til vand i sommermånederne i de to bassiner er blevet mindre i de senere år, men er dog fortsat så stor, at fosforkoncentrationen i søvandet steg til årets maksimum på ca. 120 µg P/l i august.

I forhold til tidligere er fosforniveauet i vest- og midterbassinet blevet mindre. Årsagen er dels, at fosfortilførslen er blevet mindre. Det lavere fosforniveau i sensommeren skyldes dog også, at fosforfrigivelsen fra sedimentet i 1999 var mindre end i 1992 og tidligere. I 1992 blev der målt et fosforindhold på næsten 200 µg P/l og i 1980'erne omkring 230 µg P/l, medens maksimum i 1999 var ca. 130 µg P/l.

Orthofosfat

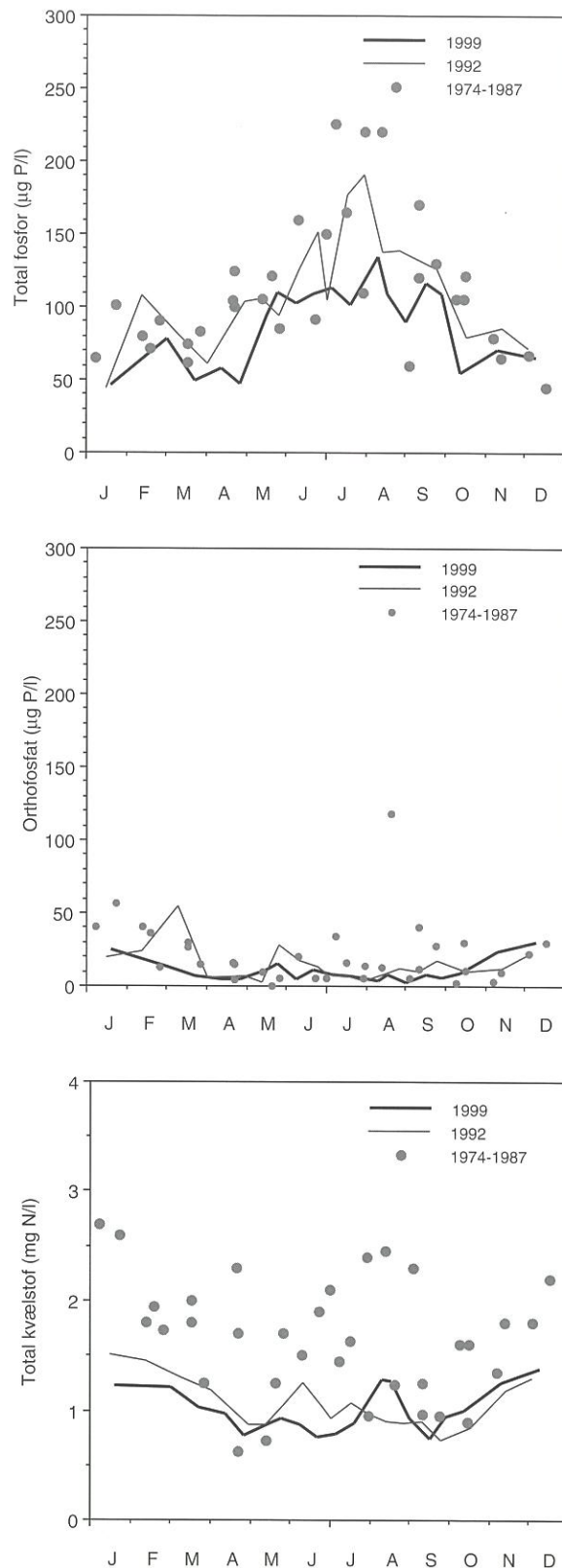
Koncentrationen af opløst fosfor var i 1999 i algernes vækstsæson omkring 10 µg P/l. Selvom niveauet dermed er forholdsvist lavt, er det ikke sandsynligt, at algerne har været vækstbegrænset som følge af fosfor-mangel. Fosfortilgængeligheden er dermed nogenlunde den samme i 1999 som i 1992, selvom den orthofosfatkoncentrationen i 1992 som et sommergennemsnit var højere (11 µg P/l i 1992 imod 7 µg P/l i 1999).

Total kvælstof

Kvælstofkoncentrationen i Silkeborg Langsø's midt- og vestbassin er forholdsvist stabil mellem 1,0 og 1,5 mg N/l. Generelt er kvælstofniveauet højest i vintermånederne, hvor også tilførslerne er størst. I 1999 var der dog også en midlertidig stigning i kvælstofkoncentrationen i august måned på et tidspunkt, hvor tilførslen er lille.

Det vurderes, at årsagen til den stigende kvælstofkoncentration er en optagelse af atmosfærisk kvælstof af de blågrønalger, som dominerer i søen på dette tidspunkt. Blågrønalger, som er i stand til at binde luftens kvælstof, kan dominere på bekostning af andre algegrupper i søer med lave kvælstofkoncentrationer men høje fosforniveauer. I Silkeborg Langsø har forekomsten af blågrønalger øjensynligt været så stor, at gruppen har været i stand til at hæve kvælstofkoncentrationen i søvandet.

I øvrigt var kvælstofniveauet i søen ikke væsentligt forskelligt i 1999 i forhold til 1992. Det ser dog ud til, at der var et væsentligt højere kvælstofniveau i søen i



Figur 36. Årstidsvariationen i koncentrationen af total fosfor (øverst), orthofosfat (i midten) og total kvælstof (nederst) i Silkeborg Langsø's midterbassin i 1999, 1992 og i måleårene fra 1974 til 1987.

1970'erne og 1980'erne.

Nitrat

Det lave kvælstofindhold i vest- og midterbassinet medfører, at nitratkoncentrationen i sommerhalvåret er meget lav, når tilførslerne er små og forbruget stort.

Om sommeren dominerer blågrønalger, som for en stor dels vedkommende er i stand til at optage kvælstof fra atmosfæren, i de to bassiner. Derfor er det sandsynligt at kvælstofbegrænsningen faktisk fremmer blågrønalgerne på bekostning af andre algetyper, fordi blågrønalgerne i kvælstoffattige miljøer har en konkurrencemæssig fordel.

Sediment

I forbindelse med undersøgelserne i Silkeborg Langsø er der taget sedimentprøver i de tre bassiner i forskellige år.

Østbassin

På figur 38 vises fosforindholdet i sedimentet i østbassinet i 1999. Det fremgår af figuren, at der er et forholdsvis højt fosforindhold i de øverste 10 - 15 cm af sedimentet med koncentrationer over 4 mg P/g TS. I 20 cm's dybde var fosforkoncentrationen 2 mg P/g TS og sedimentets baggrundskoncentration er endnu ikke nået i denne dybde (kurven falder stadigt i 20 cm's dybde).

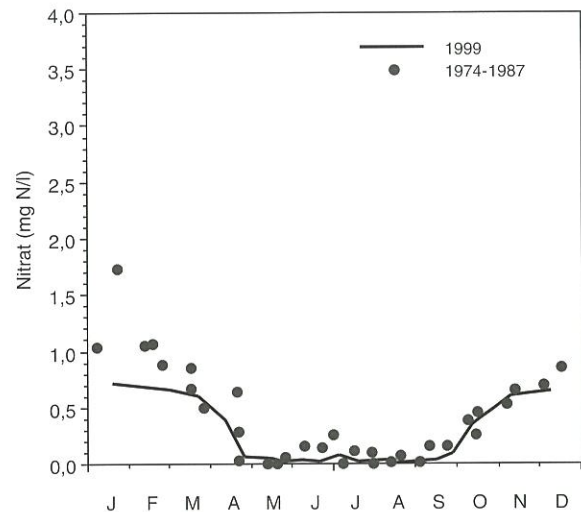
Øvrige målte parametre kan findes i bilag.

Desværre er der ikke nogen ældre målinger af fosforindholdet i sedimentet på denne station bortset fra en enkelt måling fra 1981 af overfladesedimentet.

I 1981 var fosforindholdet i overfladesedimentet tilsvarende højt. Normalt vil fosforkoncentrationen i det øverste sedimentlag være højest med et jævnt faldende fosforindhold ned igennem sedimentet. Bedømt ud fra denne ene overfladeprøve er der altså ikke sket nogen væsentlig reduktion i fosforindholdet i sedimentet i Silkeborg Langsø's østbassin i de sidste tyve år.

Det må antages, at der er et indhold af permanent bundet fosfor i sedimentet på 1 - 2 mg P/g TS. Dermed er der en stor pulje af fosfor ned til ca. 20 cm's dybde, som kan frigives til søvandet og belaste forholdene i denne del af Silkeborg Langsø.

Figur 38 viser fosforindholdet i sedimentet på østbassinets dybeste sted ud for Silkeborg Centralrensningsanlæg. Der er også taget sedimentprøver i østbassinet ud for Gudenåens indløb i bassinet. I denne del af Silkeborg Langsø's østbassin sker der kun en begrænset aflej-

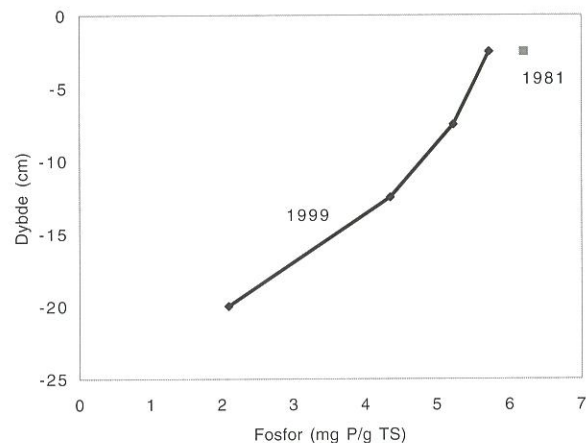


Figur 37.

Årstidsvariationen i nitratkoncentrationen i Silkeborg Langsø's midterbassin i 1999 og i måleårene fra 1974 til 1987.

ring af materiale. Dette påvirker blandt andet fosforniveauet, som her er relativt lavt (1 - 2 mg P/g TS) i den største del af sedimentet bortset fra overfladesedimentet, hvor fosforkoncentrationen i 1999 var 2,24 mg P/g TS.

Det høje fosforniveau i den midterste del af bassinet repræsenterer altså ikke hele den østlige del af Silkeborg Langsø. Ikke desto mindre er sedimentets indhold af fosfor generelt så stort, at det må forventes, at der fortsat vil ske en større frigivelse af fosfor fra sediment til



Figur 38.

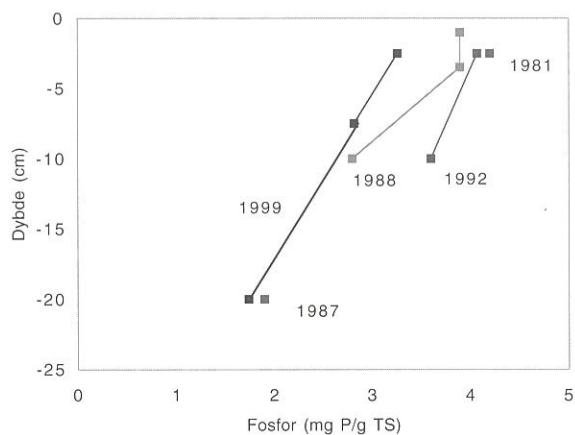
Fosforindholdet i sedimentet på det dybeste sted i Silkeborg Langsø's østbassin - i 1999 ned til 20 cm's dybde - i 1981 i overfladesedimentet.

søvand i en årrække.

Vest- og midterbassin

Figur 39 viser fosforkoncentrationen i sedimentet på det dybeste punkt i Silkeborg Langsø's midterbassin. Her eksisterer sammenlignelige målinger fra tidligere måleår. Det fremgår, at fosforindholdet i sedimentet i denne del af søen er reduceret igennem de sidste tyve år. I 1999 var der et fosforindhold på ca. 3 mg P/g TS i overfladesedimentet og knapt 2 mg P/g TS i 20 cm's dybde. Ligesom i østbassinet er baggrundsniveauet sandsynligvis ikke nået i 20 cm's dybde. Det vurderes, at der er et permanent bundet fosforindhold i denne del af søen på ca. 1 mg P/g TS.

Der er altså også i denne del af søen fortsat en pulje af fosfor i sedimentets øverste del, som i de kommende år vil blive frigivet til søvandet i sommerperioden. Puljen er dog blevet mindre i de sidste tyve år og sammenlignet med søens østligste bassin, er der i vest- og midterbassinet kun en beskedne fosforpulje i sedimentet. Denne fosforpulje vil i løbet af de kommende år blive vasket ud og dermed ikke længere belaste tilstanden i Silkeborg Langsø's to vestligste bassiner.



Figur 39.
Fosforindholdet i sedimentet på det dybeste sted i Silkeborg Langsø's midterbassin i udvalgte måleår.

Alger

Der er taget algeprøver i Silkeborg Langsø's østbassin 17 gange i løbet af 1999 - fra starten af marts til slutningen af oktober.

Prøvetagnings- og bearbejdningsmetode er beskrevet i bilag.

Kiselalger dominerer i årets første halvdel, blågrønalger fra juli til september og i årets sidste del er der atter flest kiselalger (figur 39).

Algemængden og sammensætningen i Silkeborg Langsø's østbassin er dermed typisk for lavvandede nærings-saltforurenedede danske søer med hurtig gennem-strømning.

På grund af de store algeforekomster i Himmelbjergsøerne ovenfor Silkeborg Langsø's østbassin er der en stor tilførsel af alger til bassinet. Udviklingen i algebiomassen er derfor præget af den algemængde og den udvikling, som sker i Himmelbjergsøerne.

Algebiomasse bestod i 1999 stort set fuldkomment af kiselalger i forårs månederne. Der var flest kiselalger omkring 1. april (ca. 11 mg vv/l), hvorefter den samlede algemængde aftog hen igennem forårs månederne.

I danske søer er der ofte en kortere periode i juni, hvor algebiomassen er meget lille og søvandet er klart. En egentlig klarvandsperiode forekom ikke i Silkeborg Langsø's østbassin i 1999, idet der også i juni var en vis algemængde i søen.

I stedet steg mængden af alger igen i juli. På dette tidspunkt af året dominerer blågrønalgerne. Således var der

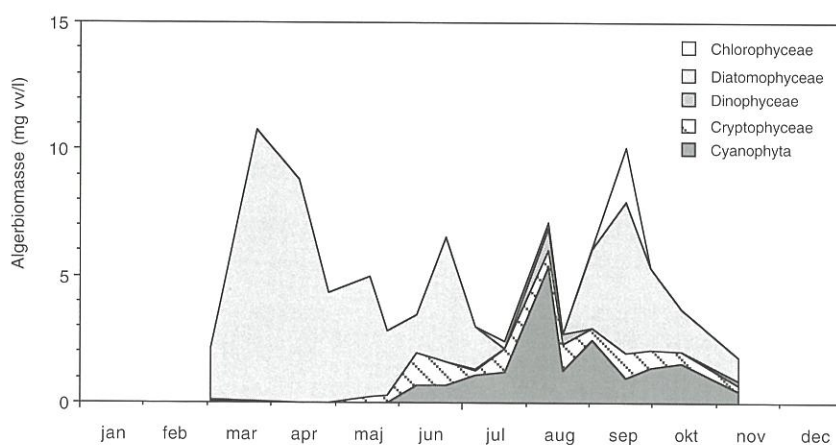
stort set kun blågrønalger i østbassinet i sidste halvdel af juli og første halvdel af august (augustmaksimum på ca. 8 mg vv/l). Blågrønalgerne's biomasse aftog dog allerede i løbet af august og i september og oktober var det atter kiselalgerne, der dominerede. Årets andet maksimum blev registreret i midten af september (ca. 10 mg vv/l).

I forbindelse med blågrønalgerne's opvækst forekom også en mindre mængde rekyl- og furealger. Disse to algegrupper har i kraft af den beskedne biomasse ikke nogen væsentlig betydning for søen. I september var der endvidere en mindre opblomstring af grønalger. Heller ikke denne algegruppe har nogen væsentlig indflydelse på tilstanden i søen.

Der er flere forskellige arter og grupper blandt blågrønalgerne i Silkeborg Langsø's østbassin - blandt andet *Microcystis*-, *Anabaena*- og *Aphanizomenon* arter. Flere af disse blågrønalger kan udvikle giftstoffer og det er derfor sandsynligt, at der forekommer giftige blågrønalger i søen under sensommerens blågrønalgeopblomstringer.

Kiselalgerne's dominans i foråret og efteråret og blågrønalgerne's i sommermånederne bekræfter, at tilstanden i Silkeborg Langsø's østbassin fortsat er præget af et højt næringsstofniveau, som det har været tilfældet igennem en lang årrække.

Den forholdsvis store algebiomasse har medført, at søens vand er mere eller mindre uklart hele året rundt.



Figur 40.

Variationen i algebiomassen i Silkeborg Langsø's østbassin i 1999 fordelt på grupper.

Det uklare vand forhindrer undervandsvegetation i at etablere sig og selvom klorofylindholdet er reduceret i søen over de seneste 10 - 20 år, er der fortsat mange alger i søen og det er fortsat fortrinsvis næringsstof-tolerante kiselalger og blågrønalger, der forekommer.

Det er som tidligere nævnt en forudsætning for, at algemængden yderligere skal reduceres, at fosforniveauet bliver mindre. I takt med at fosforkoncentrationen reduceres vil der ske et skifte i algesammensætning imod en større variation hen over året samtidigt med, at der generelt vil blive færre alger i søen.

Vest- og midterbassinet

Der er ikke taget algeprøver i Silkeborg Langsø's vest- og midterbassin i 1999. Som i østbassinet er denne del af Silkeborg Langsø også domineret af kiselalger i forårs- og efterårsmånederne og af blågrønalger i sommerperioden.

Bedømt ud fra klorofylmålingerne er der sket et fald i algemængden igennem de senere år, således at der ikke er så mange alger her som i den østlige del af søen. Også vest- og midterbassinet er dog præget af en lav sigtddybde primært forårsaget af de mange alger.

Det forventes, at algemængden i vest- og midterbassinet i de kommende år vil blive yderligere reduceret, når fosforindholdet i søvandet bliver mindre. Selvom der sker en markant reduktion i fosforniveauet, vil der dog sandsynligvis fortsat være en forhøjet algemængde og uklart vand i de to bassiner. Den biologiske struktur i de to bassiner vil nemlig forblive mere eller mindre uændret, fordi der er fri passage mellem den vestlige og den mere næringsstofbelastede østlige del af Silkeborg Langsø for blandt andet fisk.

Afgørende ændringer i tilstanden i Silkeborg Langsø's vest- og midterbassin kan altså først forventes, når der også begynder at ske forbedringer i tilstanden i søens østbassin.

Målsætning og udvikling

I dette afsnit vil udviklingen i Silkeborg Langsø's tre bassiner kort blive gennemgået ud fra målingerne af sigt-dybde, klorofyl, total fosfor og total kvælstof.

Udviklingen er illustreret ved hjælp af figurer, som præsenterer gennemsnittet for de pågældende år som punktet på den angivne linie samt 25 - og 75 % fraktiler, der er liniens to yderpunkter.

25 % fraktilen beskriver den værdi, hvor 25 procent af målingerne er lavere i den pågældende periode og følgelig 75 procent er større. Tilsvarende er 75 % fraktilen den værdi, hvor 75 procent af målingerne er mindre og 25 procent større.

Østbassin

Der har ikke været nogen væsentlig udvikling i koncentrationen af total fosfor i Silkeborg Langsø's østbassin siden 1974. Sommergennemsnittet har i hele perioden været 150 - 170 µg P/l og også 25 og 75 % fraktilerne har været nogenlunde konstante.

Det kan dermed konstateres, at selvom den eksterne fosforbelastning er blevet mindre, har den interne fosforfrigivelse så at sige kompenseret for denne reduktion, således at fosforindholdet i søvandet ikke har ændret sig.

Det er en forudsætning for afgørende ændringer i tilstanden i søen, at fosforkoncentrationen reduceres. Som det er beskrevet i Vandkvalitetsplanen for Århus Amt, skal den samlede fosfortilførsel til Silkeborg Langsø's østbassin reduceres til ca. 22 ton om året. En stor del af de nuværende fosfortilførsler består af fosfor, som bliver frigivet fra bunden af de opstrøms liggende søer. Væs-

entlige reduktioner i fosfortilførslerne vil ske i takt med, at disse fosforfrigivelser aftager. Det er dog samtidigt nødvendigt, at den interne fosforbelastning, som sker fra selve Silkeborg Langsø, ophører, før væsentlige reduktioner i fosforniveauet i søen kan forventes.

Selvom klorofylindholdet er blevet mindre, er sigtdybden ikke tilsvarende blevet bedre. På figur 42 kan det ses at der kun er sket en beskedent forbedring af sigtdybden (ikke signifikant) fra 1974 til 1999, idet sommergennemsnittet er øget fra 0,7 meter til ca. 1,0 meter.

Det må forventes, at sigtdybden vil blive bedre, hvis fosforniveauet i de kommende år bliver reduceret, fordi der alt i alt vil være færre alger i søen. Et lavere fosforniveau vil yderligere ændre algesammensætningen, således at blågrønalgerne ikke længere vil dominere i samme omfang som i dag.

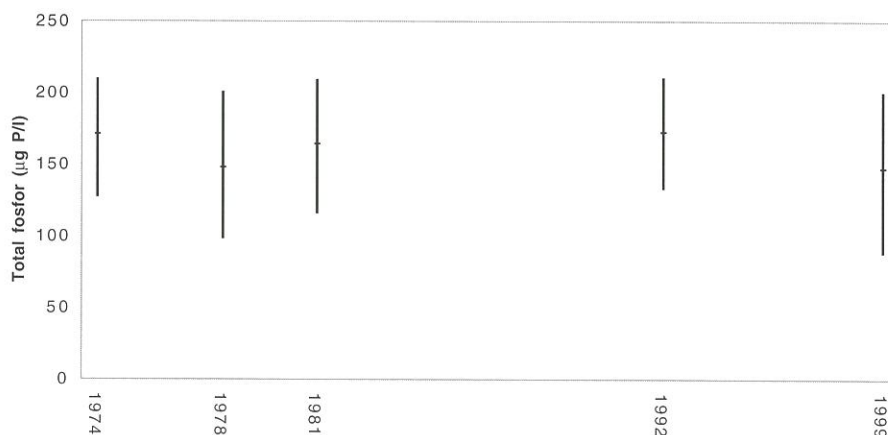
Silkeborg Langsø's østbassin har en B-målsætning. Næringsstofftilførslen fra Søholt rensningsanlæg overholder ikke de krav, som er stillet i Vandkvalitetsplanen, og derfor var målsætningen for denne del af Silkeborg Langsø ikke opfyldt i 1999.

Der er fortsat en stor fosfortilførsel til østbassinet på grund af fosforfrigivelse i de opstrømsliggende søer. Tilstanden i østbassinet er fortsat ikke tilfredsstillende og vil primært udvikle sig i samme hastighed, som forbedringer i de opstrømsliggende søer indtræffer.

Figur 41

Udviklingen i koncentrationen af total fosfor i Silkeborg Langsø's østbassin i måleårene fra 1974 til 1999.

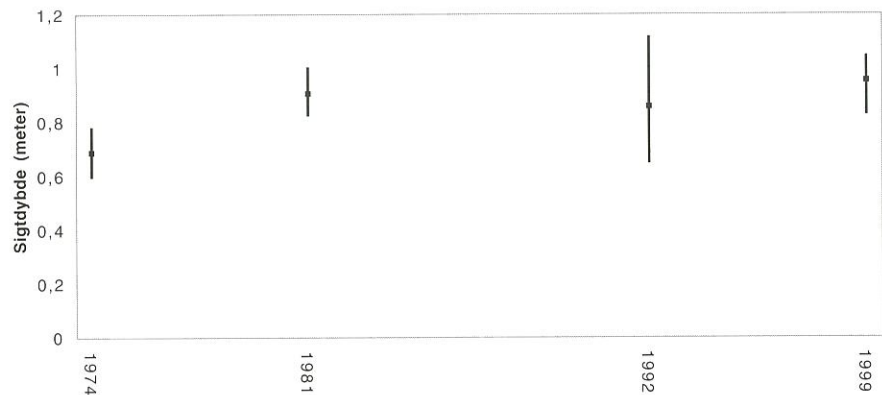
Data præsenteret som gennemsnit (punktet på linien) samt 25 og 75 % fraktiler (liniens endepunkter).



Figur 42.

Udviklingen i sigtddybden i Silkeborg Langsø's østbassin i måleårene fra 1974 til 1999.

Data præsenteret som gennemsnit (punktet på linien) samt 25 og 75 % fraktiler (liniens endepunkter).



Vest- og midterbassin

I den vestlige del af Silkeborg Langsø er fosforkoncentrationen faldet i perioden fra 1974 til 1999. Faldet er dog primært sket fra 1974 til 1981 (figur 43). Siden 1980'erne er der ikke sket nogen væsentlig ændring i fosforniveauet og sommergennemsnittet er fortsat omkring 100 µg P/l.

Også til denne del af Silkeborg Langsø er der sket et fald i fosfortilførslerne fra oplandet i de seneste 10 - 20 år. På trods heraf er der altså stadig et forhøjet fosforniveau i søvandet. Årsagen er først og fremmest den fosforfrigivelse, som sker fra bunden af Silkeborg Langsø.

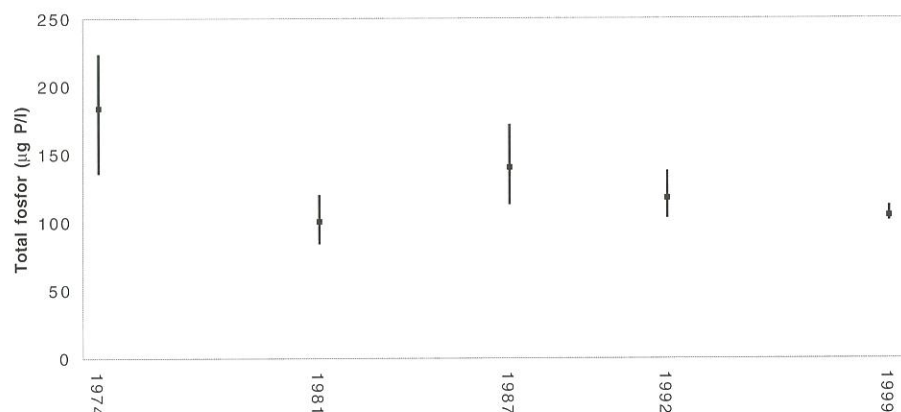
Der kan ikke forventes væsentlige ændringer i fosforniveauet, før fosforfrigivelsen fra bunden aftager. Som det tidligere er beskrevet, er der dog ikke så stor en fosforpulje i sedimentet i denne del af søen og det må forventes, at denne fosfor er forsvundet indenfor en kortere årrække.

Som det er tilfældet i Silkeborg Langsø's østbassin, er klorofylkoncentrationen i vest- og midterbassinet også blevet mindre i de seneste 10 år - fra et sommergennemsnit på ca. 125 µg/l i 1987 til 43 µg/l i 1999 (figur 44 - øverst). Der er altså tale om et betragteligt fald i indholdet af klorofyl og dermed alger i søvandet.

Figur 43.

Udviklingen i koncentrationen af total fosfor i Silkeborg Langsø's midterbassin i måleårene fra 1974 til 1999.

Data præsenteret som gennemsnit (punktet på linien) samt 25 og 75 % fraktiler (liniens endepunkter).



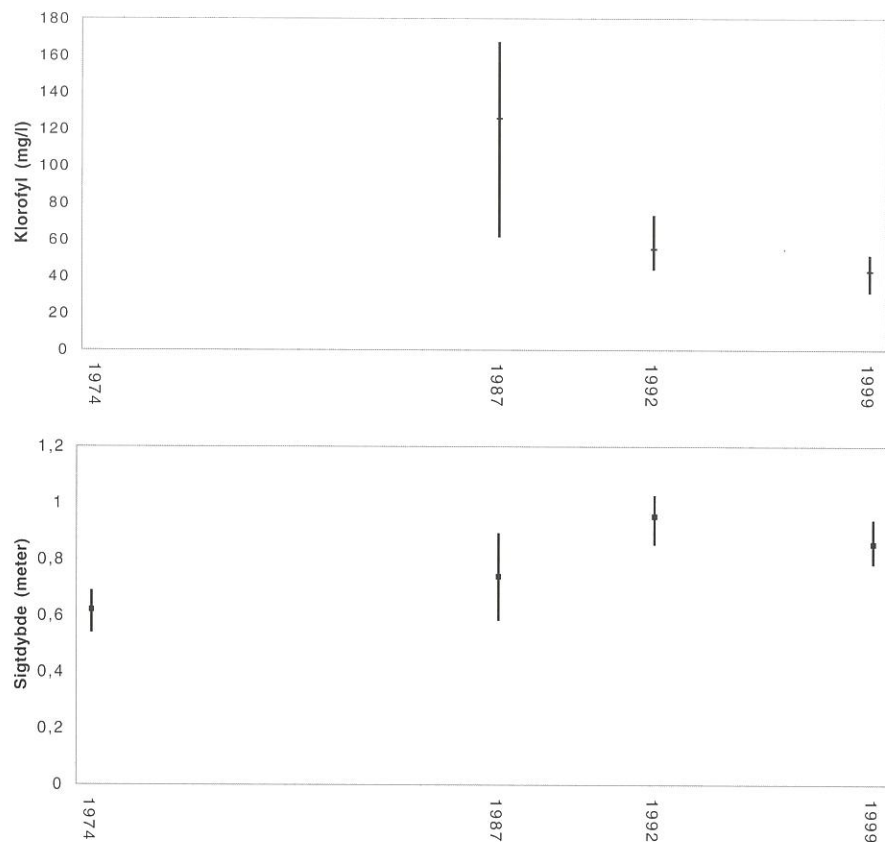
Ikke desto mindre er sigtddybden ikke steget væsentligt i den tilsvarende periode. Den gennemsnitlige sommersigtddybde er stadig mindre end en meter - 0,9 meter i 1999 (figur 44 - nederst).

Forklaringen er også her, at blågrønalgerne dominerer og forhindrer lyset i at trænge ned i søen, fordi algerne koncentrerer sig i vandoverfladen.

I takt med at fosforfrigivelsen bliver mindre, vil tilstanden i Silkeborg Langsø blive forbedret. Dels vil algemængden blive yderligere reduceret, dels vil algesammensætningen i søen blive mere varieret, således at mængden af blågrønalger alt i alt vil blive mindre.

I Vandkvalitetsplanen for Århus Amt er det anført, at fosforniveauet i den vestlige del af Silkeborg Langsø kan forventes på længere sigt at være 60 - 70 µg P/l som et sommergennemsnit. Et sådant fosforniveau vil medføre, at sigtddybden i sommermånederne i gennemsnit vil være 1,0 til 1,5 meter.

Silkeborg Langsø's vest- og midterbassin har en B-målsætning. Næringsstofftilførslen fra punktkilderne overholder de krav, som er stillet i Vandkvalitetsplanen, og derfor må målsætningen anses for at være opfyldt i



Figur 44.

Udviklingen i klorofylkoncentration (øverst) og sigtdybde (nederst) i Silkeborg Langsø's midterbassin i måleårene fra 1974 til 1999.

Data præsenteret som gennemsnit (punktet på linien) samt 25 og 75 % fraktiler (liniens endepunkter).

1999. Effekten af de fosforbegrænsende tiltag i oplandet er endnu ikke opnået og tilstanden i søerne er fortsat ikke tilfredsstillende primært fordi der fortsat frigives betydelige fosformængder fra sedimentet.

Det forventes dog ikke, at de to vestlige bassiner i Silkeborg Langsø bliver klarvandene. Bassinerne vil også fremover være forholdsvis næringsrige med uklart vand i sommerhalvåret. Dette betyder blandt andet, at det ikke er sandsynligt, at der vil genindvandre undervandsvegetation i de kommende år.

Som det tidligere er nævnt vil tilstanden i den vestlige del af Silkeborg Langsø ikke ændre sig væsentligt, før der begynder at ske ændringer i den østlige del af søen og i de større Gudenå søer, fordi blandt andet fisk frit kan svømme fra den ene sø til den anden og fra det ene bassin i Silkeborg Langsø til det andet.

Referencer

- Andersen, J.M. (1974) : Nitrogen and phosphorus budgets and the role of sediments in six shallow Danish lakes. - Arch Hydrobiol. 74, 528-50.
- Andersen, J.M. (1975) : Influence of pH on the release of phosphorus from lake sediments. Arch. Hydrobiol. 76, 411-19.
- Færgemann, H & Petersen, A (1992) : Dynamisk stofbalancemodel for kvælstofkredsløbet i søer. DTH. Laboratoriet for Økologi og Miljølære.
- Gudenåudvalget (1981) : Gudenåundersøgelsen 1973-1975. Gudenåsystemets søer - søkarakteristik. Rapport nr. 25.
- Gudenåudvalget (1982) : Søer i Gudenåsystemets vand-system. Gudenåkomiteen. Rapport nr. 1.
- Hansen, A.-M., E. Jeppesen, S. Bosselmann og P. Andersen (1990) : Zooplanktonundersøgelser i søer - metoder: Overvågningsprogram. Danmarks Miljøundersøgelser og Miljøstyrelsen, 1990.
- Jacobsen, O.S. (1977) : Sorption of phosphate by Danish lake sediments. - Vatten 33, 290-98.
- Jensen, H.S. & Andersen F.Ø. (1990) : Fosforbelastning i lavvandede, eutrofe søer. NPo-forskning fra Miljøstyrelsen, C4. 96 pp.
- Jensen, J.P., E. Jeppesen, M. Søndergaard, J. Windolf, T.L.Lauridsen, L. Sortkjær (1995) : Ferske vandområder - søer. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1994. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU, nr. 139.
- Jensen, J.P., E. Jeppesen, M. Søndergaard, T.L.Lauridsen, L. Sortkjær (1998) : Ferske vandområder - søer. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1997. Danmarks Miljøundersøgelser. Faglig rapport fra DMU, nr. 251.
- Jeppesen, E., E. Mortensen, M. Søndergaard. A.M. Hansen og J.P. Jensen (1991) : Dyreplanktonet som miljøindikator. Vand og Miljø 8: 394-398.
- Jeppesen, E. et al. (1998) : Cascading Trophic Interactions from Fish to Bacteria and Nutrients after Reduced Sewage Loading : An 18 Year Study of a Shallow Hypertrophic Lake. Ecosystems 1 : pp. 250 - 267.
- Kristensen, P. et al. (1990a) : Ferske vandområder - vandløb, kilder og søer. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram. Danmarks Miljøundersøgelser, 1990. 130 pp. - Faglig rapport fra Kristensen et al. nr 5.
- Kristensen, P. et al. (1990b) : Prøvetagning og analysemetoder i søer - teknisk anvisning: Overvågningsprogram. Danmarks Miljøundersøgelser, 1990: 27 sider.
- Kristensen, P., J.P. Jensen og E. Jeppesen (1990c) : Slutrapport for NPo-forskningsprojekt C9: Eutrofieringsmodeller for søer. NPo-projekt 4.5. Miljøministeriet, Miljøstyrelsen: 120 sider.
- Kristensen, P. et al. (1991): Ferske vandområder - søer. Vandmiljøplanens Overvågningsprogram 1990. Danmarks Miljøundersøgelser, 1991. 104 sider + bilag. Faglig rapport nr. 38.
- Lauridsen, T.L., Jensen, J.P., Berg, S., Michelsen, K., Rugård, T., Schriver, P., Rasmussen, A.C. (1998) : Fiskeyngelundersøgelser i søer. Danmarks Miljøundersøgelser. Teknisk anvisning fra DMU.
- Olrik, K. (1990) : Planteplanktonsamfund i danske søer.
- Olrik, K. (1991) : Vejledning i phytoplanktonbedømmelse, del I, Metoder. Rapport til Miljøstyrelsen.
- Rebsdorf, Aa., M. Søndergaard og N. Thyssen (1988) : Overvågningsprogram. Vand- og sedimentanalyser i ferskvand. Særlige kemiske analyse- og beregningsmetoder. - Miljøstyrelsens Ferskvandslaboratorium 1988: 59 sider. Teknisk rapport nr. 21. Publ. nr. 98.
- Reynolds, C.S. (1984) : The ecology of freshwater phytoplankton.
- Rosen, Göran (1981) : Tusen sjöar, Växtplanktons miljökrav.

Søndergaard M., Jeppesen E., Jensen J.P., Lauridsen T., Müller J.P., Jensen H.J., Berg S., Hvidt C. (1998) : Sørestaurering i Danmark. Metoder, erfaringer og anbefalinger. Miljønyt nr. 28, 1998. Miljøstyrelsen.

Vollenweider, R.A. (1976) : Advances in defining critical loading levels for phosphorus in lake eutrophication. Mem. Ist. Ital. Idrobiol. 33 :53 - 83.

Windolf, J. E. Jeppesen, M. Søndergård, J.P. Jensen, L. Sortkjær : Ferske vandområder - søer. Vandmiljøplanens overvågningsprogram 1992. Faglig rapport fra DMU, nr. 90.

Århus Amt (1982) : Silkeborg Langsø 1978-81. Teknisk rapport. Miljøkontoret, Århus Amt.

Århus Amt (1982) : Birk sø - Jul sø - Borre sø - Brassø 1980. Teknisk rapport. Miljøkontoret, Århus Amt.

Århus Amt (1987) : Smådyrsfaunaen i Jul Sø 1985. Teknisk rapport. Miljøkontoret, Århus Amt.

Århus Amt (1994) : Himmelbjergsøerne 1992 - Forureningstilstand. Teknisk rapport. Natur- og Miljøkontoret, Århus Amt.

Århus Amt (1997) Vandkvalitetsplanen for Århus Amt. Natur- og Miljøkontoret, Århus Amt.

Bilagsoversigt

De beregnede vand- og stofbalancer for Jul Sø og Brassø i 1999.	Bilag 1
De beregnede vand- og stofbalancer for Silkeborg Langsø's østbassin i 1992 og i 1999.	Bilag 2
De beregnede vand- og stofbalancer for Silkeborg Langsø's midt- og vestbassiner i 1992 og i 1999.	Bilag 3
Metode til beregning af vand - og massebalance.	Bilag 4
Modelforudsætninger og modelberegninger for Jul Sø og Brassø	Bilag 5
Sedimentanalyser i Jul Sø, Brassø og Silkeborg Langsø	Bilag 6
Alger i Jul Sø - metodik og rådata	Bilag 7
Alger i Silkeborg Langsø's østbassin - metodik og rådata	Bilag 8

SØ-VAKS, Sø-modul

VANDBALANCE

Side : 1

Sø: Julsø (JUL 1)

Udskrevet: 09/03/2001

År: 1999

Parameter:

Af : TJ

Enhed.....: 1000 m3

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Sommer	År
90267	42795.3	35724.8	49057.7	35379.2	25484.0	22110.8	23629.3	17709.5	18553.8	43033.3	23944.1	48607.6	107487.4	386029.4
Målt tilførsel	42795.3	35724.8	49057.7	35379.2	25484.0	22110.8	23629.3	17709.5	18553.8	43033.3	23944.1	48607.6	107487.4	386029.4
Umålt opland	4774.3	3998.3	5445.6	3973.4	2918.8	2551.2	2719.9	2085.4	2169.9	4799.8	2747.6	5397.3	12445.2	43581.5
Nedber	70.6	38.6	93.2	37.6	49.9	154.2	147.1	95.3	103.5	108.2	20.7	131.7	399.9	900.5
Knud A	1232.1	3169.2	2678.4	2281.0	2316.8	1359.7	1130.3	750.0	534.0	1237.4	1415.2	2362.3	6130.7	20506.3
rensningsanlæg	72.3	65.3	72.3	70.0	72.3	70.0	72.3	72.3	70.0	72.3	70.0	72.3	356.9	851.5
kendt grundvand	2678.4	2419.2	2678.4	2592.0	2678.4	2592.0	2678.4	2678.4	2592.0	2678.4	2592.0	2678.4	13219.2	31536.0
Samlet tilførsel	51622.9	45415.4	60025.5	44333.2	33520.2	28847.9	30277.3	23370.9	24023.2	51929.4	30789.7	59249.7	140039.3	483405.2
Fordampning	1.9	4.7	17.9	49.9	78.1	75.3	94.1	76.2	42.3	16.9	5.6	0.9	366.0	463.9
90303	53661.0	45186.6	60676.8	45168.3	34266.9	30303.5	32189.1	25557.0	26318.6	53927.6	32357.3	60172.6	148635.1	499785.3
Samlet fraførsel	53662.8	45191.3	60694.7	45218.1	34345.0	30378.8	32283.2	25633.2	26360.9	53944.5	32363.0	60173.6	149001.2	500249.2
Volumen ændring	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vandbalance	2039.9	-224.1	669.2	885.0	824.9	1530.9	2005.9	2262.4	2337.8	2015.1	1573.3	923.8	8961.9	16844.1

SØ-VAKS, Sø-modul

STOFBALANCE

Side : 2

Sø: Julso (JUL. 1)

Parameter: 1211 Total-N

Udskrevet: 09/03/2001

År: 1999

Enhed.....: Kg

Af : TJ

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Sommer	År
90267	136584.9	113838.5	171058.7	93380.1	43883.0	27124.9	25962.5	18295.9	19643.9	108760.9	56260.4	150888.0	134910.2	965681.6
Målt tilføjet	136584.9	113838.5	171058.7	93380.1	43883.0	27124.9	25962.5	18295.9	19643.9	108760.9	56260.4	150888.0	134910.2	965681.6
Umålt opland	15237.2	12739.7	18985.5	10483.9	5024.1	3129.5	2988.0	2154.2	2296.2	12124.5	6456.9	16753.3	15592.1	108373.1
Atm. deposition	1198.8	1082.8	1198.8	1160.1	1198.8	1160.1	1198.8	1198.8	1160.1	1198.8	1160.1	1198.8	1160.1	14115.0
Knud A	1422.0	3612.0	2943.0	2620.0	2519.0	1459.0	1038.0	598.0	452.0	1083.0	1155.0	1912.0	6063.0	20810.0
rensningsanlæg	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	12300.0
Kendt grundvand	2678.4	2419.2	2678.4	2592.0	2678.4	2592.0	2678.4	2678.4	2592.0	2678.4	2592.0	2678.4	13219.2	31536.0
Stofbalance	2039.9		669.2	885.0	824.9	1530.9	2005.9	2262.4	2337.8	2015.1	1573.3	223.8	8961.9	17068.2
Samlet tilførsel	160186.2	134717.2	198558.6	112146.0	57153.1	38021.5	36896.7	28209.7	29507.0	128885.7	70222.8	175379.3	189788.1	1169883.9
90303	140326.1	134045.5	166441.0	108930.5	59039.2	35449.6	28923.4	25963.4	21589.6	59909.8	46456.8	124023.4	170965.1	951098.1
Stofbalance	735.6													735.6
Samlet fraførsel	140326.1	134781.0	166441.0	108930.5	59039.2	35449.6	28923.4	25963.4	21589.6	59909.8	46456.8	124023.4	170965.1	951833.7
Magasinændring	12491.1	-15146.2	-13026.6	-48922.8	-44591.6	-21634.4	5291.3	597.4	16613.4	33607.6	6105.3	8875.7	-43724.0	-59740.0
Sobalance %	-19860.1	63.9	-32117.6	-3215.6	1886.1	-2572.0	-7973.3	-2246.3	-7917.4	-68975.8	-23766.0	-51355.9	-18823.0	-218050.2
Sobalance -g/m2	-12.4	0.1	-16.2	-2.9	3.3	-6.8	-21.6	-8.0	-26.8	-53.5	-33.8	-29.3	-59.9	-207.9
Sedimentbalance %	-2.11	0.01	-3.41	-0.34	0.20	-0.27	-0.85	-0.24	-0.84	-7.33	-2.53	-5.46	-2.00	-23.17
Sedimentbalance -g/m2	-7369.0	-15082.4	-45144.3	-52138.3	-42705.6	-24205.4	-2682.0	-1648.9	8696.0	-35368.2	-17660.7	-42480.3	-62547.0	-277790.2
Sedimentbalance %	-4.6	-11.2	-22.7	-46.5	-74.7	-63.7	-7.3	-5.9	29.5	-27.4	-25.2	-24.2	-122.0	-283.9
Sedimentbalance -g/m2	-0.78	-1.60	-4.80	-5.34	-4.54	-2.57	-0.29	-0.18	0.92	-3.76	-1.88	-4.51	-6.66	-29.53

SØ-VAKS, Sø-modul

DATAGRUNDLAG

Side : 3

Sø: Julso (JUL 1)

Parameter: 1211 Total-N

Udskrevet: 09/03/2001

År: 1999

Enhed:.....

Af : TJ

Seareal.....: 9.41 km2 Søvolumen.....: 59740000 m3 Umalt opland: 88.00 km2 Atmosferisk deposition: 15.00 kg/ha/år

Indløb: 90267 (817 km2) ,

Udløb: 90303 ,

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December
Nedbør (mm)	75.0	41.0	99.0	40.0	53.0	132.0	50.0	80.0	110.0	115.0	22.0	140.0
Fordampning (mm)	2.0	5.0	19.0	53.0	83.0	80.0	100.0	81.0	45.0	18.0	6.0	1.0
Vandtilf. fra rensningsanlæg (1/s)	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0
Vandtilf. fra Knud Å (1/s)	460.0	1310.0	1000.0	880.0	865.0	540.0	422.0	280.0	206.0	462.0	546.0	882.0
Vandtilf. fra grundvand (1/s)	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
Stoftilf. fra rensningsanlæg (kg)	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0
Stoftilf. fra Knud Å (kg)	1422.0	3612.0	2943.0	2620.0	2519.0	1459.0	1038.0	595.0	452.0	1083.0	1155.0	1912.0
Stoftilf. fra grundvand (mg/l)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Koncentr. til vandbalance (mg/l)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Dato	Vandst. (m)	Dato	Konc. (mg/l)
01/01/1999	1.00	12/01/1999	3.20
		03/02/1999	3.43
		11/03/1999	3.05
		08/04/1999	2.90
		20/04/1999	2.48
		04/05/1999	2.02
		19/05/1999	1.66
		02/06/1999	1.35
		15/06/1999	1.27
		01/07/1999	1.01
		15/07/1999	0.82
		27/07/1999	1.17
		03/08/1999	1.07
		24/08/1999	1.16
		07/09/1999	1.07
		21/09/1999	1.08
		21/10/1999	2.00
		16/11/1999	1.88
		14/12/1999	2.20

SØ-VAKS, Sø-modul Side : 2
 SØ-VAKS, Sø-modul Udskrevet: 22/03/2001
 Sø: Julso (JUL 1) Af : TJ
 År: 1999 Enhed.....: Kg

STOFBALANCE

Parameter: 1376 Total-P

Enhed.....: Kg

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Sommer	År
90267	2932.6	2457.4	2928.1	2368.8	1914.0	2112.0	1687.1	2028.2	2618.6	4146.5	1903.3	5054.5	10359.9	32151.2
Målt tilløb	2932.6	2457.4	2928.1	2368.8	1914.0	2112.0	1687.1	2028.2	2618.6	4146.5	1903.3	5054.5	10359.9	32151.2
Umålt opland	327.1	274.9	325.1	266.1	219.3	243.6	194.6	238.9	305.4	462.4	218.3	561.3	1202.6	3637.8
Arm. deposition	8.0	7.2	8.0	7.7	8.0	7.7	8.0	8.0	7.7	8.0	7.7	8.0	39.4	94.1
Knud Å	30.0	30.0	31.0	33.0	21.0	12.0	12.0	11.0	7.0	11.0	15.0	20.0	63.0	233.0
rensingsanlæg	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	240.0	576.0
Kendt grundvand	174.1	157.2	174.1	168.5	174.1	168.5	174.1	174.1	168.5	174.1	168.5	174.1	859.2	2049.8
Stofbalance	132.6	132.6	43.5	57.5	53.6	99.5	130.4	147.1	152.0	131.0	102.3	60.0	582.5	1109.4
Samlet tilførsel	3652.4	2974.8	3557.8	2949.7	2438.0	2691.3	2254.1	2655.2	3308.1	4981.0	2463.1	5925.9	13346.7	39851.4
90303	3338.8	2854.6	2981.9	2030.2	2062.4	2206.9	3199.4	4826.6	5777.7	7086.8	3180.2	5087.4	18073.0	44632.9
Stofbalance	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3	14.3
Samlet fraførsel	3338.8	2868.8	2981.9	2030.2	2062.4	2206.9	3199.4	4826.6	5777.7	7086.8	3180.2	5087.4	18073.0	44647.1
Magasinændring	-217.2	280.3	-735.1	-326.4	704.1	772.4	6818.9	1604.4	-2489.2	-3868.5	-1186.6	-221.9	7410.6	1135.1
Sebalance	-313.6	-106.0	-575.9	-919.5	-375.7	-484.3	945.3	2171.4	2469.6	2105.8	717.1	-838.5	4726.3	4795.8
Sebalance -%	-8.6	-3.6	-16.2	-31.2	-15.4	-18.0	41.9	81.8	74.7	42.3	29.1	-14.2	165.0	162.7
Sebalance -g/m2	-0.03	-0.01	-0.06	-0.10	-0.04	-0.05	0.10	0.23	0.26	0.22	0.08	-0.09	0.50	0.51
Sedimentbalance	-530.8	174.3	-1311.0	-1245.9	398.4	288.0	7764.2	3775.8	-19.6	-1762.8	-469.5	-1060.4	12136.9	5930.8
Sedimentbalance -%	-14.5	5.9	-36.9	-42.4	13.5	10.7	344.5	142.2	-0.6	-35.4	-19.1	-17.9	510.2	350.1
Sedimentbalance -g/m2	-0.06	0.02	-0.14	-0.13	0.03	0.03	0.83	0.40	0.00	-0.19	-0.05	-0.11	1.29	0.63

SØ-VAKS, Sø-modul

DATAGRUNDLAG

Side : 3

Sø: Julso (JUL 1)

Udskrevet: 22/03/2001

År: 1999

Af : TJ

Parameter: 1376 Total-P

Enhed.....:

Søareal.....: 9.41 km2 Søvolumen.....: 59740000 m3 Umålt opland: 88.00 km2 Atmosferisk deposition: 0.10 kg/ha/år

Indløb: 90267 (817 km2) ,
Udløb.: 90303 ,

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December
Nedbør (mm)	75.0	41.0	99.0	40.0	53.0	132.0	50.0	80.0	110.0	115.0	22.0	140.0
Fordampning (mm)	2.0	5.0	19.0	53.0	83.0	80.0	100.0	81.0	45.0	18.0	6.0	1.0
Vandtilf. fra rensningsanlæg (l/s)	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0
Vandtilf. fra Knud Å (l/s)	460.0	1310.0	1000.0	880.0	865.0	540.0	422.0	280.0	206.0	462.0	546.0	882.0
Vandtilf. fra grundvand (l/s)	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
Stoftilf. fra rensningsanlæg (kg)	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0
Stoftilf. fra Knud Å (kg)	30.0	30.0	31.0	33.0	21.0	12.0	12.0	11.0	7.0	11.0	15.0	20.0
Stoftilf. fra grundvand (µg/l)	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Koncentr. til vandbalance (µg/l)	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0

Dato	Vandst. (m)	Dato	Konc. (µg/l)
01/01/1999	1.00	12/01/1999	65.00
		03/02/1999	61.00
		11/03/1999	68.00
		08/04/1999	49.00
		20/04/1999	53.00
		04/05/1999	47.00
		19/05/1999	61.00
		02/06/1999	60.00
		15/06/1999	72.00
		01/07/1999	73.00
		15/07/1999	61.00
		27/07/1999	190.00
		24/08/1999	174.00
		07/09/1999	244.00
		21/09/1999	199.00
		21/10/1999	119.00
		16/11/1999	92.00
		14/12/1999	84.00

VANDBALANCE
 Side : 1
 Udskrævet: 09/03/2001
 Parameter:
 Af : TJ
 SØ-VAKS, Sø-modul
 Sø: Brasso (BRA 1)
 År: 1999
 Enhed.....: 1000 m3

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Sommer	År
90267	42795.3	35724.8	49057.7	35379.2	25484.0	22110.8	23629.3	17709.5	18553.8	43033.3	23944.1	48607.6	107487.4	386029.4
Målt tilløb	42795.3	35724.8	49057.7	35379.2	25484.0	22110.8	23629.3	17709.5	18553.8	43033.3	23944.1	48607.6	107487.4	386029.4
Umålt opland	4774.3	3989.3	5445.6	3973.4	2918.8	2551.2	2719.9	2085.4	2169.9	4799.8	2747.6	5397.3	12445.2	43581.5
Nedbør	70.6	38.6	93.2	37.6	49.9	32.2	47.1	75.3	103.5	108.2	20.7	131.7	399.9	900.5
Knud Å	1232.1	3169.2	2678.4	2281.0	2316.8	1389.7	1130.3	750.0	534.0	1237.4	1415.2	2362.3	6130.7	20506.3
Renningeanlæg	72.3	65.3	72.3	70.0	72.3	70.0	72.3	72.3	70.0	72.3	70.0	72.3	356.9	851.5
Kendt grundvand	2678.4	2419.2	2678.4	2592.0	2678.4	2592.0	2678.4	2678.4	2592.0	2678.4	2592.0	2678.4	13219.2	31536.0
Samlet tilførsel	51622.9	45415.4	60025.5	44333.2	33520.2	28847.9	30277.3	23370.9	24023.2	51929.4	30789.7	59249.7	140039.3	483405.2
Fordampning	1.9	4.7	17.9	49.9	78.1	75.3	94.1	76.2	42.3	16.9	5.6	0.9	366.0	463.9
90303	53661.0	45186.6	60676.8	45168.3	34266.9	30303.5	32189.1	25557.0	26318.6	53927.6	32357.3	60172.6	148635.1	499785.3
Samlet fraførsel	53662.8	45191.3	60694.7	45218.1	34345.0	30378.8	32283.2	25633.2	26360.9	53944.5	32363.0	60173.6	149001.2	500249.2
Volumen ændring	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vandbalance	2039.9	-224.1	669.2	885.0	824.9	1530.9	2005.9	2262.4	2337.8	2015.1	1573.3	923.8	8961.9	16844.1

SØ-VAKS, Sø-modul Side : 2
 STOFBALANCE Udskrevet: 09/03/2001
 Parameter: 1211 Total-N Af : TJ
 Enhed.....: Kg

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Sommer	År
90267	136584.9	113838.5	171058.7	93380.1	43883.0	27124.9	25962.5	18295.9	19643.9	108760.9	56260.4	150888.0	134910.2	965681.6
Målt tilføje	136584.9	113838.5	171058.7	93380.1	43883.0	27124.9	25962.5	18295.9	19643.9	108760.9	56260.4	150888.0	134910.2	965681.6
Umålt opland	15237.2	12739.7	18985.5	10483.9	5024.1	3129.5	2988.0	2154.2	2296.2	12124.5	6456.9	16753.3	15592.1	108373.1
Atm. deposition	1198.8	1082.8	1198.8	1160.1	1198.8	1160.1	1198.8	1198.8	1160.1	1198.8	1160.1	1198.8	5916.7	14115.0
Knud Å	1422.0	3612.0	2943.0	2620.0	2519.0	1459.0	1038.0	595.0	452.0	1083.0	1155.0	1912.0	6063.0	20810.0
Renningssanlæg	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	5125.0	12300.0
Kendt grundvand	2678.4	2419.2	2678.4	2592.0	2678.4	2592.0	2678.4	2678.4	2592.0	2678.4	2592.0	2678.4	13219.2	31536.0
Stofbalance	2039.9	669.2	669.2	885.0	824.9	1530.9	2005.9	2282.4	2337.8	2015.1	1573.3	923.8	8961.9	17068.2
Samlet tilføje	160186.2	134717.2	198558.6	112146.0	57153.1	38021.5	36896.7	28209.7	29507.0	128885.7	70222.8	175379.3	189788.1	1169883.9
90303	140326.1	134045.5	166441.0	108930.5	59039.2	35449.6	28923.4	25963.4	21589.6	59909.8	46456.8	124023.4	170965.1	951098.1
Stofbalance	140326.1	134045.5	166441.0	108930.5	59039.2	35449.6	28923.4	25963.4	21589.6	59909.8	46456.8	124023.4	170965.1	951098.1
Samlet fraføje	140326.1	134720.8	166441.0	108930.5	59039.2	35449.6	28923.4	25963.4	21589.6	59909.8	46456.8	124023.4	170965.1	951773.4
Magasinfærdning	27154.5	7030.0	-6405.5	-49072.1	-37849.6	-41220.6	20994.3	682.7	-1365.5	21667.2	16395.7	5547.3	-58758.6	-36441.4
Søbalance	-19860.1	3.6	-32117.6	-3215.6	1886.1	-2572.0	-7973.3	-2246.3	-7917.4	-68975.8	-23766.0	-51355.9	-18823.0	-218110.5
Søbalance %	-12.4	0.0	-16.2	-2.9	3.3	-6.8	-21.6	-8.0	-26.8	-53.5	-33.8	-29.3	-59.9	-208.0
Søbalance -g/m2	-2.11	0.00	-3.41	-0.34	0.20	-0.27	-0.85	-0.24	-0.84	-7.33	-2.53	-5.46	-2.00	-23.18
Sedimentbalance	7294.4	7033.6	-38523.1	-52287.7	-35963.5	-43792.6	13021.1	-1563.6	-9282.9	-47308.6	-7370.4	-45808.7	-77581.5	-254551.9
Sedimentbalance %	4.6	5.2	-19.4	-46.6	-62.9	-115.2	35.3	-5.5	-31.5	-36.7	-10.5	-26.1	-179.8	-309.4
Sedimentbalance -g/m2	0.78	0.75	-4.09	-5.56	-3.82	-4.65	1.38	-0.17	-0.99	-5.03	-0.78	-4.87	-8.25	-27.05

SØ-VAKS, Sø-modul Side : 3
 SØ: Brassø (BRA 1) Udskrivet: 09/03/2001
 År: 1999 Af : TJ

DATAGRUNDLAG

Parameter: 1211 Total-N
 Enhed.....:

Seareal.....: 9.41 km2 Søvolumen.....: 59740000 m3 Udmålt opland: 88.00 km2 Atmosferisk deposition: 15.00 kg/ha/år
 Indløb: 90267 (817 km2) ,
 Udløb.: 90303 ,

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December
Nedher	75.0	41.0	99.0	40.0	53.0	132.0	50.0	80.0	110.0	115.0	22.0	140.0
Fordampning	2.0	5.0	19.0	53.0	83.0	80.0	100.0	81.0	45.0	18.0	6.0	1.0
Vandtilf. fra Rensningsanlæg	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0
Vandtilf. fra Knud i	460.0	1310.0	1000.0	880.0	865.0	540.0	422.0	280.0	206.0	462.0	546.0	882.0
Vandtilf. fra grundvand	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
Stoftilf. fra Rensningsanlæg	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0	1025.0
Stoftilf. fra Knud A	1422.0	3612.0	2943.0	2620.0	2519.0	1459.0	1038.0	595.0	452.0	1083.0	1155.0	1912.0
Stoftilf. fra grundvand	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Koncentr. til vandbalance	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Dato	Vandst. (m)	Dato	Konc. (mg/l)
01/01/1999	1.00	12/01/1999	2.50
		03/02/1999	3.00
		11/03/1999	3.10
		08/04/1999	2.92
		20/04/1999	2.45
		04/05/1999	2.06
		19/05/1999	1.64
		02/06/1999	1.50
		15/06/1999	1.37
		01/07/1999	0.82
		15/07/1999	0.85
		27/07/1999	1.20
		03/08/1999	1.16
		24/08/1999	1.24
		07/09/1999	1.14
		21/09/1999	1.04
		21/10/1999	1.40
		16/11/1999	1.69
		14/12/1999	1.89

SO-VAKS, So-modul

STOFBALANCE

Side : I

Sø: Brassø (BRA I)

Parameter: 1376 Total-P

Udskrevet: 09/03/2001

År: 1999

Enhed.....: Kg

Af : TJ

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Sommer	År
90267	2932.6	2457.4	2928.1	2368.8	1914.0	2112.0	1687.1	2028.2	2618.6	4146.5	1903.3	5054.5	10359.9	32151.2
Målt tilføjet	2932.6	2457.4	2928.1	2368.8	1914.0	2112.0	1687.1	2028.2	2618.6	4146.5	1903.3	5054.5	10359.9	32151.2
Umålt opland	327.1	274.9	325.1	266.1	219.3	243.6	194.6	238.9	306.4	462.4	218.3	561.3	1202.6	3637.8
Atm. deposition	8.0	7.2	8.0	7.7	8.0	7.7	8.0	8.0	7.7	8.0	7.7	8.0	39.4	94.1
Knud Å	30.0	30.0	31.0	33.0	21.0	12.0	12.0	11.0	7.0	11.0	15.0	20.0	63.0	233.0
Rensningsanlæg	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	240.0	576.0
Kendt grundvand	174.1	157.2	174.1	168.5	174.1	168.5	174.1	174.1	168.5	174.1	168.5	174.1	859.2	2049.8
Stofbalance	132.6	157.5	43.5	57.5	53.6	99.5	130.4	147.1	152.0	131.0	102.3	60.0	582.5	1109.4
Samlet tilførsel	3652.4	2974.8	3557.8	2949.7	2438.0	2691.3	2254.1	2655.2	3308.1	4981.0	2463.1	5925.9	13346.7	39851.4
90303	3338.8	2854.6	2981.9	2030.2	2062.4	2206.9	3199.4	4826.6	5777.7	7086.8	3180.2	5087.4	18073.0	44632.9
Stofbalance	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
Samlet fraførsel	3338.8	2867.3	2981.9	2030.2	2062.4	2206.9	3199.4	4826.6	5777.7	7086.8	3180.2	5087.4	18073.0	44645.6
Magasinændring	-54.3	-738.9	-58.1	-207.0	1092.4	384.0	4181.8	3703.9	836.4	-5516.8	-2437.2	-110.9	10198.5	1075.3
Søbalance - §	-313.6	-107.5	-575.9	-919.5	-375.7	-484.3	945.3	2171.4	2469.6	2105.8	717.1	-838.5	4726.3	4794.3
Søbalance -g/m2	-8.6	-3.6	-16.2	-31.2	-15.4	-18.0	41.9	81.8	74.7	42.5	29.1	-14.2	165.0	162.7
Sedimentbalance -w	-0.03	-0.01	-0.06	-0.10	-0.04	-0.05	0.10	0.23	0.26	0.22	0.08	-0.09	0.50	0.51
Sedimentbalance -g/m2	-367.9	-846.4	-634.0	-1126.4	716.7	-100.3	5127.1	5875.3	3305.9	-3411.0	-1720.1	-949.4	14924.8	5869.6
Sedimentbalance -w	-10.1	-28.5	-17.8	-38.2	29.4	-3.7	227.5	221.3	99.9	-68.5	-69.8	-16.0	574.3	325.5
Sedimentbalance -g/m2	-0.04	-0.09	-0.07	-0.12	0.08	-0.01	0.54	0.62	0.35	-0.36	-0.18	-0.10	1.58	0.62

SØ-VAKS, Sø-modul Side : 2
 DATAGRUNDLAG Udskrevet: 09/03/2001
 Sø: Brasso (BRA I) Parameter: 1376 Total-P Af : TJ
 År: 1999 Enhed.....:

Søareal.....: 9.41 km2 Sevolumen.....: 59740000 m3 Umålt opland: 88.00 km2 Atmosferisk deposition: 0.10 kg/ha/år

Indløb: 90267 (817 km2) ,
 Udløb: 90303 ,

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December
Nedbør (mm)	75.0	41.0	99.0	40.0	53.0	132.0	50.0	80.0	110.0	115.0	22.0	140.0
Fordampning (mm)	2.0	5.0	19.0	53.0	83.0	80.0	100.0	81.0	45.0	18.0	6.0	1.0
Vandtilf. fra Rensningsanlæg (l/s)	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0
Vandtilf. fra Knud A (l/s)	460.0	1310.0	1000.0	880.0	855.0	540.0	422.0	280.0	206.0	462.0	546.0	882.0
Vandtilf. fra grundvand (l/s)	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0	1000.0
Stoftilf. fra Rensningsanlæg (kg)	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0	48.0
Stoftilf. fra Knud A (kg)	30.0	30.0	31.0	33.0	21.0	12.0	12.0	11.0	7.0	11.0	15.0	20.0
Stoftilf. fra grundvand (kg/l)	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0
Koncentr. til vandbalance (µg/l)	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0	65.0

Dato	Vandst. (m)	Dato	Konc. (µg/l)
01/01/1999	1.00	12/01/1999	64.00
		03/02/1999	63.00
		11/03/1999	46.00
		08/04/1999	51.00
		20/04/1999	41.00
		04/05/1999	52.00
		19/05/1999	65.00
		02/06/1999	84.00
		15/06/1999	71.00
		01/07/1999	108.00
		15/07/1999	186.00
		27/07/1999	123.00
		03/08/1999	255.00
		24/08/1999	164.00
		07/09/1999	249.00
		21/09/1999	153.00
		16/11/1999	86.00
		14/12/1999	82.00

SØ-VAKS, Sø-modul

VANDBALANCE

Side : 1

Sø: Silkeborg Langsø - Øst

Udskrevet: 09/03/2001

År: 1992

Af : TJ

Parameter:

Enhed.....: 1000 m3

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Sommer	År
90303	40848.7	33246.8	43915.8	43488.3	33420.7	19808.4	18313.9	22586.3	25766.9	22640.3	38755.6	50763.1	119896.2	393554.8
90902	3940.4	3648.1	4094.8	3501.1	3491.9	3241.0	3290.8	3468.3	3304.0	3366.9	3787.0	3738.8	16796.0	42873.2
Målt tilløb	44789.1	36894.9	48010.6	46989.4	36912.6	23049.4	21604.7	26054.6	29070.9	26007.2	42542.6	54502.0	136692.2	436428.0
Umålt opland	206.9	165.8	224.0	222.3	165.5	90.2	81.2	105.0	123.5	105.3	195.9	262.2	565.3	1947.9
Regnvandsoverløb	80.4	75.2	80.4	77.8	80.4	77.8	80.4	80.4	77.8	80.4	77.8	80.4	396.6	948.7
Søholr rensen. anlæg	594.6	556.2	594.6	575.4	594.6	575.4	594.6	594.6	575.4	594.6	575.4	594.6	2934.7	7020.2
Samlet tilførsel	45671.0	37692.2	48909.6	47864.9	37753.0	23792.8	22360.8	26834.6	29847.6	26787.5	43391.7	55439.1	140588.8	446344.7
70257	43967.9	35243.6	47604.0	47240.9	35162.0	19168.6	17253.0	22317.9	26232.3	22381.9	41630.3	55721.4	120133.8	413923.9
Samlet fraførsel	43967.9	35243.6	47604.0	47240.9	35162.0	19168.6	17253.0	22317.9	26232.3	22381.9	41630.3	55721.4	120133.8	413923.9
Volumen endring	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vandbalance	-1703.1	-2448.6	-1305.7	-623.9	-2591.0	-4624.2	-5107.9	-4516.7	-3615.2	-4405.5	-1761.4	282.3	-20455.0	-32420.8

STOFBALANCE Side : 2

Parameter: 1211 Total-N Udskrevet: 09/03/2001

Enhed.....: Kg Af : TJ

SØ-VAKS, Sø-modul

So: Silkeborg Langsø - **øst**

År: 1992

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Sommer	År
90303	98243.9	99492.2	135562.9	124680.2	80079.6	37583.9	31560.4	29886.1	31475.0	24701.0	50060.1	156419.1	210584.9	899744.3
90902	5874.0	5169.1	5151.3	3572.3	3301.4	3620.6	3289.6	3113.1	2677.5	2945.9	4500.0	4819.4	16002.3	48034.3
Målt tilløb	104117.9	104661.3	140714.2	128252.5	83381.0	41204.4	34850.0	32999.3	34152.5	27646.8	54560.1	161238.6	226587.2	947778.6
Umålt opland	497.4	496.3	691.7	637.4	337.1	171.3	139.9	138.7	150.8	114.8	254.2	806.8	997.7	4496.2
Regnvandsoverløb	220.0	220.0	220.0	220.0	220.0	220.0	220.0	220.0	220.0	220.0	220.0	220.0	1100.0	2640.0
Søholr rensan.anlæg	3400.0	3400.0	3400.0	3400.0	3400.0	3400.0	3400.0	3400.0	3400.0	3400.0	3400.0	3400.0	17000.0	40800.0
Stofbalance	497.4	496.3	691.7	637.4	337.1	171.3	139.9	138.7	150.8	114.8	254.2	806.8	997.7	4496.2
Samlet tilførsel	108235.3	108777.6	145025.9	132509.9	87398.0	44995.7	38609.9	36758.0	37923.3	31381.6	58434.3	165947.6	245684.9	995997.1
70257	112729.1	103868.3	138421.9	126288.5	87085.3	35674.2	24421.5	28487.3	28630.5	21753.9	57969.5	97419.2	204298.8	862749.2
Stofbalance	4492.7	7101.2	3750.1	1669.1	6308.5	8064.6	6680.4	5739.4	3983.8	4680.0	2465.4	97419.2	30776.6	54935.1
Samlet fraførsel	117221.8	110969.5	142172.0	127957.6	93393.8	43738.8	31101.9	34226.7	32614.3	26433.9	60435.0	97419.2	235075.4	917684.3
Magasinændring	716.1	552.6	-688.0	-266.2	-855.6	-2487.8	376.8	-556.6	-260.2	68.4	1564.7	65.3	-3783.3	-1770.3
Søbalance	8986.5	2191.9	-2853.9	-4552.3	5995.7	-1256.9	-7508.0	-2531.3	-5309.0	-4947.7	2000.7	-68528.4	-10609.5	-78312.8
Søbalance -g/m2	8.3	2.0	-3.0	-4.4	6.9	-1.3	-19.5	-6.9	-14.0	-15.8	3.4	-41.3	-36.3	-85.0
Sedimentbalance	9.66	2.36	-3.07	-4.89	6.45	-1.35	-8.07	-2.72	-5.71	-5.32	2.15	-73.69	-11.40	-84.20
Sedimentbalance -g/m2	9702.6	2744.5	-3541.9	-4818.5	5140.2	-3744.6	-7131.2	-3087.9	-5569.3	-4879.4	3565.4	-68463.1	-14392.8	-80083.2
Sedimentbalance -%	9.0	2.5	-2.4	-3.6	5.9	-8.3	-18.5	-8.4	-14.7	-15.6	6.1	-41.3	-44.0	-89.3
Sedimentbalance -g/m2	10.43	2.95	-3.81	-5.18	5.53	-4.03	-7.67	-3.32	-5.99	-5.25	3.83	-73.62	-15.48	-86.13

Side : 3

DATAGRUNDLAG

Udskrevet: 09/03/2001

Parameter: 1211 Total-N

Af : TJ

SØ-VAKS, Sø-modul

Sø: Silkeborg Langsø - ØST

År: 1992

Enhed.....:

Søareal.....: 0.93 km2 Søvolumen.....: 2420000 m3 Umålt opland: 5.00 km2 Atmosfærisk deposition: 0.00 kg/ha/år

Indløb: 90303 (992 km2) , 90902 (80 km2) ,
Udløb.: 70257 ,

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December
Nedbør (mm)	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
Fordampning (l/s)	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0
Vandtilf. fra Regnvandsoverløb (l/s)	220.0	220.0	220.0	220.0	220.0	220.0	220.0	220.0	220.0	220.0	220.0	220.0
Vandtilf. fra Søholr rensn.anlæg (l/s)	3400.0	3400.0	3400.0	3400.0	3400.0	3400.0	3400.0	3400.0	3400.0	3400.0	3400.0	3400.0
Vandtilf. fra grundvand (l/s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Stoftilf. fra Regnvandsoverløb (kg)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Stoftilf. fra Søholr rensn.anlæg (kg)	3400.0	3400.0	3400.0	3400.0	3400.0	3400.0	3400.0	3400.0	3400.0	3400.0	3400.0	3400.0
Stoftilf. fra grundvand (mg/l)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Koncentr. til vandbalance (mg/l)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Dato	Vandst. (m)	Dato	Konc. (mg/l)
01/01/1999	1.00	15/01/1992	2.49
		11/02/1992	2.96
		10/03/1992	3.04
		01/04/1992	2.73
		30/04/1992	2.62
		13/05/1992	2.51
		26/05/1992	2.37
		10/06/1992	2.09
		24/06/1992	1.60
		01/07/1992	1.23
		16/07/1992	1.52
		30/07/1992	1.30
		13/08/1992	1.25
		26/08/1992	1.03
		09/09/1992	1.15
		23/09/1992	0.87
		15/10/1992	0.67
		12/11/1992	1.21
		02/12/1992	1.75

SØ-VAKS, Sø-modul

STOFBALANCE

Side : 1

So: Silkeborg Langso - **EST**

Parameter: 1376 Total-P

Udskrevet: 09/03/2001

År: 1992

Enhed.....: Kg

År : Tj

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Sommer	År
90303	3378.1	2549.0	3803.3	2461.4	2206.1	1561.1	3196.0	4453.1	5407.5	4439.8	4896.4	4599.8	16823.7	42951.5
90902	214.2	354.3	307.7	288.8	354.0	416.5	535.7	503.0	420.5	290.8	303.6	265.3	2229.8	4254.6
Målt tilføjet	3592.3	2903.3	4111.0	2750.1	2560.1	1977.6	3731.7	4956.1	5828.0	4730.6	5200.0	4865.1	19053.5	47206.1
Umålt opland	17.1	12.7	19.4	12.6	10.9	7.1	14.2	20.7	25.9	20.6	24.7	23.8	78.8	209.7
Regnvandsoverløb	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	300.0	720.0
Søhøjr. rensn. anlæg	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	1200.0	2880.0
Stofbalance														8.5
Samlet tilføjet	3909.4	3216.0	4430.4	3062.7	2871.0	2284.6	4045.9	5276.8	6153.9	5051.2	5524.7	5197.4	20632.3	51024.2
70257	3977.1	3394.4	5328.4	4227.9	3415.7	2561.3	3403.4	5233.9	5196.1	3683.1	5250.4	5848.2	19810.5	51519.9
Stofbalance	153.4	246.7	137.4	55.8	259.7	601.6	970.5	1011.7	702.3	721.4	225.0		3545.8	5085.6
Samlet fraføjet	4130.4	3641.2	5465.8	4283.8	3675.4	3162.9	4373.9	6245.6	5898.4	4404.5	5475.4	5848.2	23356.3	56605.5
Magasinændring	-4.6	56.4	-34.9	-41.1	87.0	57.6	232.3	-67.8	-76.1	-71.6	-102.6	-3.8	233.1	30.9
Sebalance	221.0	425.2	1035.3	1221.1	604.3	878.3	328.1	968.9	-255.5	-646.8	-49.3	650.8	2724.0	5581.3
Sebalance -%	5.7	13.2	23.4	39.9	28.0	38.4	8.1	18.4	-8.4	-12.8	-0.9	12.5	88.8	169.7
Sebalance -g/m2	0.24	0.46	1.11	1.31	0.86	0.94	0.35	1.04	-0.27	-0.70	-0.05	0.70	2.92	5.99
Sedimentbalance	216.4	481.6	1000.4	1179.9	891.4	935.9	560.4	901.0	-331.6	-718.3	-151.9	647.0	2957.1	5612.2
Sedimentbalance -%	5.5	15.0	22.6	38.5	31.1	41.0	13.9	17.1	-5.4	-14.2	-2.8	12.5	97.6	174.7
Sedimentbalance -g/m2	0.23	0.52	1.08	1.27	0.96	1.01	0.60	0.97	-0.36	-0.77	-0.16	0.70	3.18	6.05

SØ-VAKS, Sø-modul Side : 2
So: Silkeborg Langsø - ~~PST~~ Udskrevet: 09/03/2001
År: 1992 Af : TJ

DATAGRUNDLAG

Parameter: 1376 Total-P

Enhed.....:

Søareal.....: 0.93 km2 Søvolumen.....: 2420000 m3 Umålt opland: 5.00 km2 Atmosferisk deposition: 0.00 kg/ha/år

Indløb: 90303 (992 km2) , 90902 (80 km2) ,
 Udløb.: 70257 ,

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December
Nedbr												
Fordampning												
Vandtilf. fra Regnvandsoverløb	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
Vandtilf. fra Søholr. rensn.anlæg	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0	222.0
Vandtilf. fra grundvand												
Stoftilf. fra Regnvandsoverløb	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0
Stoftilf. fra Søholr. rensn.anlæg	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0	240.0
Stoftilf. fra grundvand	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Koncentr. til vandbalance	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0

Dato	Vandst. (m)	Dato	Konc. (µg/l)
01/01/1999	1.00	15/01/1992	91.00
		11/02/1992	88.00
		10/03/1992	124.00
		01/04/1992	98.00
		30/04/1992	81.00
		13/05/1992	97.00
		26/05/1992	105.00
		10/06/1992	138.00
		24/06/1992	134.00
		01/07/1992	142.00
		16/07/1992	202.00
		13/08/1992	265.00
		26/08/1992	210.00
		09/09/1992	210.00
		23/09/1992	184.00
		15/10/1992	169.00
		12/11/1992	136.00
		02/12/1992	105.00

SØ-VAKS, Sø-modul

VANDBALANCE

Side : 1

Sø: Silkeborg Langsø - 457

Udskrevet: 09/03/2001

År: 1999

Parameter:

Af : TJ

Enhed.....: 1000 m3

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Sommer	År
90303	53661.0	45186.6	60676.8	45168.3	34266.9	30303.5	32189.1	25557.0	26318.6	53927.6	32357.3	60172.6	148635.1	499785.3
90902	3873.6	3230.6	3836.8	3380.8	3670.3	3570.5	3306.3	3156.9	3301.7	3983.7	2818.6	3887.6	17005.8	42017.7
Målt tilløb	57534.6	48417.2	64513.6	48549.1	37937.3	33874.0	35495.4	28714.0	29620.3	57911.3	35176.0	64060.2	165641.0	541803.0
Umålt opland	278.4	233.1	317.5	231.7	170.2	148.8	158.6	121.6	126.5	279.9	160.2	314.7	725.6	2541.2
Regnvandsoverløb	88.4	79.8	88.4	85.5	88.4	85.5	88.4	88.4	85.5	88.4	85.5	88.4	436.2	1040.7
Søholt rensn.anlæg	621.4	561.3	621.4	601.3	621.4	601.3	621.4	621.4	601.3	621.4	601.3	621.4	3066.9	7316.4
Samlet tilførsel	58522.8	49291.4	65540.9	49467.6	38817.2	34709.7	36363.8	29545.4	30433.7	58901.0	36023.0	65084.7	169869.7	552701.2
70257	59156.8	49541.9	67474.0	49232.6	36165.2	31610.5	33702.0	25839.7	26886.3	59472.9	34045.2	66876.3	154203.7	540003.4
Samlet fraførsel	59156.8	49541.9	67474.0	49232.6	36165.2	31610.5	33702.0	25839.7	26886.3	59472.9	34045.2	66876.3	154203.7	540003.4
Volumen ændring	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vandbalance	634.0	250.5	1933.1	-235.1	-2652.0	-3099.2	-2661.8	-3705.6	-3547.4	571.9	-1977.8	1791.6	-15666.0	-12697.8

SØ-VAKS, Sø-modul

STOFBALANCE

Side : 2

Sø: Silkeborg Langsø - øst

Udskrevet: 09/03/2001

År: 1999

AF : TJ

Parameter: 1211 Total-N

Enhed.....: Kg

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Sommer	År
90303	140326.1	134045.5	166441.0	108930.5	59039.2	35449.6	28923.4	25963.4	21589.6	59909.8	46456.8	124023.4	170965.1	951098.1
90902	4717.9	3897.8	4202.4	3035.9	3172.4	2896.5	2891.3	3655.2	2783.2	4105.6	3560.8	5343.1	15398.5	44281.9
Målt tilføjet	145044.1	137943.3	170643.4	111966.3	62211.6	30346.1	31814.6	29618.5	24372.8	64015.4	50037.6	129366.5	186363.6	995380.1
Umløst opland	728.2	691.6	870.9	559.2	293.4	174.1	142.4	123.5	103.9	310.3	230.0	649.6	837.3	4877.0
Regnvandsoverløb	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	2400.0
Søholt rensn.anlæg	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	15000.0	36000.0
Stofbalance	634.0	250.5	1933.1	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	571.9	3000.0	1791.6	15000.0	5181.1
Samlet tilførsel	149606.3	142085.3	176647.4	115725.5	65705.0	41720.1	35157.0	32942.0	27676.7	68097.6	53467.5	135007.6	203200.8	1043838.2
70257	149433.3	132147.0	176775.1	115673.9	59456.8	40601.3	37219.9	32302.9	32538.2	69501.1	54295.0	121844.3	202119.1	1021788.9
Stofbalance				529.0	4484.5	3990.2	3195.1	4327.6	3839.6	3142.7	3142.7		19837.1	23508.7
Samlet fraførsel	149433.3	132147.0	176775.1	116202.9	63941.3	44591.5	40415.0	36630.6	36377.8	69501.1	57437.7	121844.3	221956.2	1045297.5
Magasinændring	194.8	419.5	-643.3	-1200.3	-1505.2	-447.7	25.9	-183.2	-321.3	984.0	805.2	180.7	-2431.5	-1691.0
Søbalance	-173.0	-9938.3	127.7	477.3	-1763.7	2871.4	5258.0	3688.6	8701.1	1403.5	3970.1	-13163.3	18755.3	1459.4
Søbalance -g/m2	-0.1	-7.0	0.1	0.4	-2.7	6.9	15.0	11.2	31.4	2.1	7.4	-9.8	61.8	54.9
Søbalance -g/m2	-0.19	-10.69	0.14	0.51	-1.90	3.09	5.65	3.97	9.36	1.51	4.27	-14.15	20.17	1.57
Sedimentbalance -g/m2	21.8	-9518.8	-515.6	-723.0	-3268.9	2423.7	5283.9	3505.3	8379.9	2387.5	4775.4	-12992.6	16323.8	-331.6
Sedimentbalance -g/m2	0.0	-6.7	-5.0	-0.6	-3.5	5.8	15.0	10.6	30.3	3.5	8.9	-9.6	56.8	52.0
Sedimentbalance -g/m2	0.02	-10.24	-0.55	-0.78	-3.51	2.61	5.68	3.77	9.01	2.57	5.13	-13.96	17.56	-0.25

SØ-VAKS, Sø-modul

DATAGRUNDLAG

Side : 3

Sø: Silkeborg Langsø - ~~øst~~

Parameter: 1211 Total-N

Udskrevet: 09/03/2001

År: 1999

Enhed.....:

Af : TJ

Søareal.....: 0.93 km2 Søvolumen.....: 2420000 m3 Umålt opland: 5.00 km2 Atmosfærisk deposition: 0.00 kg/ha/år

Indløb: 90303 (992 km2), 90902 (80 km2),
Udløb.: 70257,

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December
Nedbør (mm)	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0
Fordampning (l/s)	232.0	232.0	232.0	232.0	232.0	232.0	232.0	232.0	232.0	232.0	232.0	232.0
Vandtilf. fra Regnvandsoverløb (l/s)	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0
Vandtilf. fra Søholt rensn.anlæg (l/s)	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0
Vandtilf. fra grundvand (l/s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Stoftilf. fra Regnvandsoverløb (kg)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Stoftilf. fra Søholt rensn.anlæg (kg)	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0
Stoftilf. fra grundvand (mg/l)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Koncentr. til vandbalance (mg/l)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Dato	Vandst. (m)	Dato	Konc. (mg/l)
01/01/1992	1.00	19/01/1999	2.51
		02/03/1999	2.77
		24/03/1999	2.53
		13/04/1999	2.45
		27/04/1999	2.11
		17/05/1999	1.57
		25/05/1999	1.43
		08/06/1999	1.33
		22/06/1999	1.24
		06/07/1999	1.17
		20/07/1999	1.00
		10/08/1999	1.36
		17/08/1999	1.28
		31/08/1999	1.13
		16/09/1999	1.43
		28/09/1999	0.99
		13/10/1999	1.12
		09/11/1999	1.55
		09/12/1999	1.83

STOFBALANCE Side : 1

SØ-VAKS, Sø-modul Udskrevet: 09/03/2001

Sø: Silkeborg Langsø - ~~Øst~~ Af : TJ

År: 1999 Enhed.....: Kg

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Sommer	År
90303	3338.8	2854.6	2981.9	2030.2	2062.4	2206.9	3199.4	4826.6	5777.7	7086.8	3180.2	5087.4	18073.0	44632.9
90902	185.4	213.8	237.5	179.0	326.2	379.5	360.5	354.1	352.7	273.4	191.5	253.2	1773.0	3306.8
Målt tilløb	3524.2	3068.3	3219.3	2209.2	2388.6	2586.4	3559.9	5180.7	6130.4	7360.1	3371.8	5340.7	19846.0	47939.6
Umålt opland	17.3	14.7	15.6	10.4	10.2	10.8	15.7	23.0	27.8	36.8	15.8	26.6	87.6	224.8
Regnvandsoverløb	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	250.0	600.0
Søholt rensn.anlæg	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	1300.0	3120.0
Stofbalance	19.0	7.5	58.0							17.2		53.7		155.4
Samlet tilførsel	3870.6	3400.6	3602.9	2529.6	2708.9	2907.3	3885.7	5513.7	6468.1	7724.1	3697.5	5731.0	21483.6	52039.9
70257	3397.1	3814.4	4795.4	3781.0	2926.3	3194.4	4555.9	5064.1	5904.9	7897.9	3739.0	7026.9	21645.6	56097.2
Stofbalance				16.5	209.8	346.2	392.2	758.3	774.4		217.2		2481.0	2714.7
Samlet fraførsel	3397.1	3814.4	4795.4	3797.5	3136.1	3540.6	4948.2	5822.5	6679.3	7897.9	3956.2	7026.9	24126.5	58811.9
Magasineændring	27.0	58.1	-53.6	10.2	33.4	124.5	48.1	229.2	-152.5	-178.4	-15.7	-3.9	282.6	126.3
Søbalance	-473.4	413.9	1192.4	1267.9	427.2	633.3	1062.5	308.8	211.2	173.7	258.7	1295.9	2643.0	6772.0
Søbalance -%	-12.2	12.2	33.1	50.1	15.8	21.8	27.3	5.6	3.3	2.3	7.0	22.6	73.8	188.8
Søbalance -g/m2	-0.51	0.45	1.28	1.36	0.46	0.68	1.14	0.33	0.23	0.19	0.28	1.39	2.84	7.28
Sedimentbalance	-446.5	472.0	1138.8	1278.0	460.6	757.8	1110.5	538.0	58.7	-4.7	243.1	1292.0	2925.6	6898.3
Sedimentbalance -%	-11.5	13.9	31.6	50.5	17.0	26.1	28.6	9.8	0.9	-0.1	6.6	22.5	82.3	195.8
Sedimentbalance -g/m2	-0.48	0.51	1.22	1.37	0.50	0.81	1.19	0.58	0.06	-0.01	0.26	1.39	3.14	7.40

DATAGRUNDLAG Side : 2

Sø: **Silkeborg Langsø - ØST** Udskrevet: 09/03/2001

År: 1999 Af : TJ

Parameter: 1376 Total-P Enhed.....:

Søareal.....: 0.93 km2 Søvolumen.....: 2420000 m3 Umålt opland: 5.00 km2 Atmosfærisk deposition: 0.00 kg/ha/år

Indløb: 90303 (992 km2), 90902 (80 km2), Udlob.: 70257,

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December
Nedber (mm)	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0	33.0
Fordampning (l/s)	232.0	232.0	232.0	232.0	232.0	232.0	232.0	232.0	232.0	232.0	232.0	232.0
Vandtilf. fra Regnvandsoverløb (l/s)	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
Vandtilf. fra Søholt rensn.anlæg (l/s)	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0
Vandtilf. fra grundvand (l/s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Stoftilf. fra Regnvandsoverløb (kg)	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
Stoftilf. fra Søholt rensn.anlæg (kg)	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0	50.0
Stoftilf. fra grundvand (µg/l)	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0	260.0
Koncentr. til vandbalance (µg/l)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Dato	Vandst. (m)	Dato	Konc. (µg/l)
01/01/1992	1.00	19/01/1999	55.00
		02/03/1999	91.00
		24/03/1999	56.00
		13/04/1999	86.00
		27/04/1999	70.00
		17/05/1999	81.00
		25/05/1999	90.00
		08/06/1999	82.00
		22/06/1999	113.00
		06/07/1999	151.00
		20/07/1999	115.00
		10/08/1999	189.00
		17/08/1999	179.00
		31/08/1999	252.00
		16/09/1999	217.00
		28/09/1999	204.00
		13/10/1999	118.00
		09/11/1999	111.00
		09/12/1999	105.00

SØ-VAKS, Sø-modul Side : 1
 So: Silkeborg Langsø - vest Udskrivet: 09/03/2001
 År: 1992 År : TJ
 Parameter: Af : TJ
 Enhed.....: 1000 m³

VANDBALANCE

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Sommer	År
90321	2953.0	2731.7	3077.8	2605.3	2590.3	2395.0	2427.8	2571.3	2445.9	2489.3	2836.5	2790.0	12430.3	31913.8
Målt tilløb	2953.0	2731.7	3077.8	2605.3	2590.3	2395.0	2427.8	2571.3	2445.9	2489.3	2836.5	2790.0	12430.3	31913.8
Umålt opland	987.4	916.4	1017.0	895.8	901.6	846.0	863.1	897.0	858.1	877.6	950.6	948.8	4365.7	10959.5
Regnvandsoverløb	2.7	2.5	2.7	2.6	2.7	2.6	2.7	2.7	2.6	2.7	2.6	2.7	13.2	31.6
Samlet tilførsel	3943.1	3650.6	4097.6	3503.7	3494.6	3243.6	3293.5	3471.0	3306.6	3369.6	3789.6	3741.5	16809.3	42904.9
90902	3940.4	3648.1	4094.8	3501.1	3491.9	3241.0	3290.8	3468.3	3304.0	3366.9	3787.0	3738.8	16796.0	42873.2
Samlet fraførsel	3940.4	3648.1	4094.8	3501.1	3491.9	3241.0	3290.8	3468.3	3304.0	3366.9	3787.0	3738.8	16796.0	42873.2
Volumen ændring	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vandbalance	-2.7	-2.5	-2.7	-2.6	-2.7	-2.6	-2.7	-2.7	-2.6	-2.7	-2.6	-2.7	-13.2	-31.7

SØ-VAKS, Sø-modul Side : 2
 SØ: Silkeborg Langsø - vest Udskrevet: 09/03/2001
 År: 1992 Af : TJ

STOFBALANCE
 Parameter: 1211 Total-N
 Enhed.....: Kg

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Sommer	År
90321	4329.4	3926.2	4371.5	3259.8	2962.7	3158.4	3332.4	3072.2	2727.4	3072.0	3877.9	3974.7	15253.1	42064.6
Målt tilløb	4329.4	3926.2	4371.5	3259.8	2962.7	3158.4	3332.4	3072.2	2727.4	3072.0	3877.9	3974.7	15253.1	42064.6
Umålt opland	1447.8	1317.2	1444.3	1120.6	1031.2	1116.8	1184.6	1072.8	956.8	1082.5	1299.4	1351.8	5362.2	14425.7
Regnvandsoverløb	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	75.0	180.0
Stofbalance	5792.1	5258.4	5830.9	4395.4	4008.9	4290.1	4532.0	4160.0	3699.3	4169.5	5192.3	5341.4	20690.3	56670.3
Samlet tilførsel	5874.0	5169.1	5151.3	3572.3	3301.4	3620.6	3289.6	3113.1	2677.5	2945.9	4500.0	4819.4	16002.3	48034.3
Stofbalance	4.0	3.5	3.4	2.7	2.7	2.7	2.5	2.5	2.1	2.4	3.0	3.4	12.5	34.9
Samlet fraførsel	5878.0	5172.6	5154.8	3574.9	3304.1	3623.2	3292.1	3115.6	2679.6	2948.3	4503.0	4822.9	16014.7	48069.2
Magasinændring	-101.1	-408.0	-518.2	-995.1	815.3	-654.8	123.0	-238.5	-399.0	906.8	776.8	17.7	-353.1	-674.1
Sobalance	85.9	-85.8	-676.1	-820.5	-704.8	-666.9	-1239.8	-1044.4	-1019.6	-1221.2	-689.3	-518.5	-4675.6	-8601.1
Sobalance - %	1.5	-1.6	-11.6	-18.7	-17.6	-15.6	-27.4	-25.1	-27.6	-29.3	-13.3	-9.7	-113.2	-195.9
Sobalance - g/m2	0.07	-0.07	-0.52	-0.63	-0.54	-0.51	-0.95	-0.80	-0.78	-0.93	-0.53	-0.40	-3.58	-6.59
Sedimentbalance	-15.2	-493.7	-1194.3	-1815.6	110.5	-1321.7	-1116.0	-1282.9	-1418.6	-314.4	87.5	-500.9	-5028.7	-9275.2
Sedimentbalance - %	-0.3	-9.4	-20.5	-41.3	2.8	-30.8	-24.6	-30.8	-38.4	-7.5	1.7	-9.4	-121.9	-208.5
Sedimentbalance - g/m2	-0.01	-0.38	-0.91	-1.39	0.08	-1.01	-0.85	-0.98	-1.08	-0.24	0.07	-0.38	-3.84	-7.08

Side : 3

DATAGRUNDLAG

Udskrevet: 09/03/2001

AF : TJ

SØ-VAKS, Sø-modul
 Sp: Silkeborg Langsø - vest

År: 1992

Parameter: I211 Total-N

Enhed.....:

0.00 kg/ha/år

Seareal.....: 1.31 km2 Søvolumen.....: 3210000 m3 Umålt opland: 20.00 km2 Atmosfærisk deposition: 0.00 kg/ha/år

Indløb: 90321 (55 km2) ,
 Udløb.: 90902 ,

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December
Nedbor (mm)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Fordampning (mm)	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Vandtilf. fra Regnvandsoverløb (l/s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vandtilf. fra grundvand (l/s)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Stoftilf. fra Regnvandsoverløb (kg)	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Stoftilf. fra grundvand (mg/l)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Koncentr. til vandbalance (mg/l)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Dato	Vandst. (m)	Dato	Konc. (mg/l)
01/01/1992	1.00	15/01/1992	1.50
		11/02/1992	1.45
		10/03/1992	1.29
		01/04/1992	1.18
		30/04/1992	0.87
		13/05/1992	0.87
		26/05/1992	1.04
		10/06/1992	1.25
		24/06/1992	1.03
		01/07/1992	0.92
		16/07/1992	1.06
		30/07/1992	0.97
		13/08/1992	0.89
		26/08/1992	0.88
		09/09/1992	0.89
		23/09/1992	0.72
		15/10/1992	0.83
		12/11/1992	1.18
		02/12/1992	1.29

SØ-VAKS, Sø-modul

STOFBALANCE

Side : 1

Sø: Silkeborg Langsø - vest

Parameter: 1376 Total-P

Udskrevet: 09/03/2001

År: 1992

Enhed.....: Kg

AF : TJ

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Sommer	År
90321	238.7	248.8	310.5	329.5	300.4	296.4	202.2	213.7	195.8	218.3	251.8	240.8	1208.4	3046.8
Målt tilføjet	238.7	248.8	310.5	329.5	300.4	296.4	202.2	213.7	195.8	218.3	251.8	240.8	1208.4	3046.8
Umålt opland	79.8	83.5	102.6	113.3	104.4	104.8	71.6	74.3	68.7	77.0	84.4	82.0	423.8	1046.5
Regnvandsoverløb	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	5.0	12.0
Stofbalance														
Samlet tilførsel	319.5	333.3	414.0	443.8	405.8	402.2	274.8	289.0	265.5	296.3	337.3	323.8	1637.3	4105.3
90902	214.2	354.3	307.7	288.8	354.0	416.5	535.7	503.0	420.5	290.8	303.5	265.3	2229.8	4254.6
Stofbalance	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	1.7	3.1
Samlet fraførsel	214.4	354.5	307.9	289.0	354.3	416.8	536.1	503.5	420.8	291.1	303.8	265.5	2231.4	4257.7
Magasinsændring	127.3	18.3	-91.0	134.8	10.4	-7.7	251.8	-150.9	-85.1	-84.3	-35.1	-2.2	18.5	86.2
Søbalance - %	-105.1	21.2	-106.1	-154.8	-51.5	14.5	261.3	214.5	155.4	-5.2	-33.4	-58.3	594.2	152.4
Søbalance -g/m2	-32.9	6.4	-34.9	-34.9	-12.7	3.6	95.1	74.2	58.5	-1.8	-9.9	-18.0	218.7	102.0
Sedimentbalance - %	-0.08	0.02	-0.08	-0.12	-0.04	0.01	0.20	0.16	0.12	0.00	-0.03	-0.04	0.45	0.12
Sedimentbalance -g/m2	22.2	39.5	-197.1	-20.0	-41.1	6.8	513.1	63.6	70.3	-89.6	-68.6	-60.6	612.7	238.6
Sedimentbalance - %	7.0	11.3	-47.6	-4.5	-10.1	1.7	186.7	22.0	26.5	-30.2	-20.3	-18.7	226.8	124.2
Sedimentbalance -g/m2	0.02	0.03	-0.15	-0.02	-0.03	0.01	0.39	0.05	0.05	-0.07	-0.05	-0.05	0.47	0.18

Side : 2

DATAGRUNDLAG

SØ-VAKS, Sø-modul

Udskrevet: 09/03/2001

Parameter: 1376 Total-P

Sø: Silkeborg Langsø - vest

Af : TJ

Enhed.....:

År: 1992

Søareal.....: 1.31 km2 Søvolumen.....: 3210000 m3 Umålt opland: 20.00 km2 Atmosferisk deposition: 0.00 kg/ha/år

Indløb: 90321 (55 km2) ,
Udløb: 90902 ,

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December
Nedber (mm)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Fordampning (mm)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Vandtilf. fra Regnvandsoverløb (l/s)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Vandtilf. fra grundvand (l/s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Stoftilf. fra Regnvandsoverløb (kg/l)	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
Stoftilf. fra grundvand (µg/l)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Koncentr. til vandbalance (µg/l)	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0

Dato	Vandst. (m)	Dato	Konc. (µg/l)
01/01/1992	1.00	15/01/1992	44.00
		11/02/1992	107.00
		10/03/1992	81.00
		01/04/1992	61.00
		30/04/1992	103.00
		13/05/1992	105.00
		26/05/1992	94.00
		10/06/1992	125.00
		24/06/1992	151.00
		01/07/1992	104.00
		16/07/1992	177.00
		30/07/1992	190.00
		13/08/1992	137.00
		26/08/1992	138.00
		09/09/1992	132.00
		23/09/1992	126.00
		15/10/1992	79.00
		12/11/1992	85.00
		02/12/1992	71.00

SØ-VAKS, Sø-modul

VANDBALANCE

Side : 1

Sø: Silkeborg Langsø - vest

Udskrevet: 09/03/2001

År: 1999

Enhed.....: 1000 m3

Af : TJ

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Sommer	År
90321	2898.9	2401.6	2869.2	2508.0	2734.6	2661.4	2440.3	2319.5	2444.1	2988.0	2053.5	2910.2	12599.9	31229.3
Målt tilføjet	2898.9	2401.6	2869.2	2508.0	2734.6	2661.4	2440.3	2319.5	2444.1	2988.0	2053.5	2910.2	12599.9	31229.3
Umålt opland	974.7	829.0	967.7	872.8	935.7	909.1	866.0	837.4	857.6	995.7	765.1	977.4	4405.9	10788.3
Regnvandsoverløb	2.7	2.4	2.7	2.6	2.7	2.6	2.7	2.7	2.6	2.7	2.6	2.7	13.2	31.5
Samlet tilførsel	3876.3	3233.0	3839.5	3383.4	3673.0	3573.1	3309.0	3159.6	3304.3	3986.4	2821.2	3890.3	17019.1	42049.2
90902	3873.6	3230.6	3836.8	3380.8	3670.3	3570.5	3306.3	3156.9	3301.7	3983.7	2818.6	3887.6	17005.8	42017.7
Samlet fraførsel	3873.6	3230.6	3836.8	3380.8	3670.3	3570.5	3306.3	3156.9	3301.7	3983.7	2818.6	3887.6	17005.8	42017.7
Volumen ændring	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vandbalance	-2.7	-2.4	-2.7	-2.6	-2.7	-2.6	-2.7	-2.7	-2.6	-2.7	-2.6	-2.7	-13.2	-31.5

SØ-VAKS, So-modul Side : 2
STOFBALANCE
 So: Silkeborg Langso - vest Udskrevet: 09/03/2001
 Parameter: 1211 Total-N Af : TJ
 År: 1999 Enhed.....: Kg

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Sommer	År
90321	4172.4	3521.9	4136.3	2979.6	2665.3	2831.1	2759.0	2343.6	2621.1	3858.2	3119.9	3940.5	13220.0	36948.9
Målt tilførelse	4172.4	3521.9	4136.3	2979.6	2665.3	2831.1	2759.0	2343.6	2621.1	3858.2	3119.9	3940.5	13220.0	36948.9
Umalt opland	1403.0	1215.7	1393.1	1037.2	912.3	967.6	978.4	846.2	918.8	1291.8	1162.7	1324.6	4623.2	13451.1
Regnvandsoverløb	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	65.0	156.0
Stofbalance	5588.4	4750.6	5542.3	4029.8	3590.5	3811.7	3750.3	3202.7	3553.0	5163.0	4295.6	5278.0	17908.2	52556.0
Samlet tilførelse	5588.4	4750.6	5542.3	4029.8	3590.5	3811.7	3750.3	3202.7	3553.0	5163.0	4295.6	5278.0	17908.2	52556.0
90902	4717.9	3897.8	4202.4	3035.9	3172.4	2896.5	2891.3	3655.2	2783.2	4105.6	3580.8	5343.1	15398.5	44281.9
Stofbalance	3.3	2.9	2.9	2.3	2.2	2.2	2.5	2.7	2.4	2.8	3.2	3.6	12.0	33.2
Samlet fraførelse	4721.2	3900.7	4205.4	3038.2	3174.6	2898.6	2893.8	3657.9	2785.6	4108.4	3584.0	5346.7	15410.5	44315.1
Magasinændring	-19.9	-42.8	-656.4	-680.5	340.3	-387.5	1089.1	-605.3	116.4	749.8	535.3	111.3	552.9	549.7
Søbalance	-867.2	-849.9	-1336.9	-991.7	-415.9	-913.1	-856.6	455.1	-767.4	-1054.6	-711.5	68.7	-2497.8	-8240.9
Søbalance %	-15.5	-17.9	-24.1	-24.6	-11.6	-24.0	-22.8	14.2	-21.6	-20.4	-16.6	1.3	-65.8	-183.6
Søbalance -g/m2	-0.66	-0.65	-1.02	-0.76	-0.32	-0.70	-0.65	0.35	-0.59	-0.81	-0.54	0.05	-1.91	-6.30
Sedimentbalance	-887.1	-892.7	-1993.3	-1672.2	-75.6	-1300.5	232.6	-150.2	-651.0	-304.8	-176.2	180.0	-1944.8	-7691.2
Sedimentbalance %	-15.9	-18.8	-36.0	-41.5	-2.1	-34.1	6.2	-4.7	-18.3	-5.9	-4.1	3.4	-53.0	-171.8
Sedimentbalance -g/m2	-0.68	-0.68	-1.52	-1.28	-0.06	-0.99	0.18	-0.11	-0.50	-0.23	-0.13	0.14	-1.48	-5.86

SØ-VAKS, Sø-modul Side : 3
So: Silkeborg Langsø - vest Udskrevet: 09/03/2001
År: 1999 Af : TJ

DATAGRUNDLAG

Parameter: 1211 Total-N
 Enhed.....:

Seareal.....: 1.31 km2 Sevvolumen.....: 3210000 m3 Umålt opland: 20.00 km2 Atmosfærisk deposition: 0.00 kg/ha/år

Indløb: 90321 (55 km2) ,
 Udløb.: 90902 ,

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December
Nedbør (mm)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Fordampning (mm)	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0
Vandtilf. fra Regnvandsoverløb (l/s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vandtilf. fra grundvand (l/s)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Stoftilf. fra Regnvandsoverløb (kg)	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0
Stoftilf. fra grundvand (mg/l)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Koncentr. til vandbalance (mg/l)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0

Dato	Vandst. (m)	Konc. (mg/l)
01/01/1999	1.00	1.22
19/01/1999		1.20
02/03/1999		1.02
24/03/1999		0.96
13/04/1999		0.76
27/04/1999		0.88
17/05/1999		0.82
25/05/1999		0.86
08/06/1999		0.75
22/06/1999		0.78
06/07/1999		0.88
20/07/1999		1.28
10/08/1999		1.26
17/08/1999		0.92
31/08/1999		0.74
16/09/1999		0.93
28/09/1999		1.00
12/10/1999		1.25
09/11/1999		1.38
09/12/1999		

SØ-VAKS, Sø-modul Side : 1
STOFBALANCE
 Parameter: 1376 Total-P Udskrevet: 09/03/2001
 So: Silkeborg Langsø - Vest Af : TJ
 År: 1999 Enhed.....: Kg

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	Sommer	År
90321	206.6	180.9	203.1	176.5	197.1	220.0	183.4	162.9	156.1	220.4	181.6	218.8	919.4	2307.3
Målt tilløb	206.6	180.9	203.1	176.5	197.1	220.0	183.4	162.9	156.1	220.4	181.6	218.8	919.4	2307.3
Umålt opland Regnvandsoverløb	69.4 0.5	62.5 0.5	68.5 0.5	61.4 0.5	67.5 0.5	75.1 0.5	65.1 0.5	58.8 0.5	54.8 0.5	73.9 0.5	67.7 0.5	73.6 0.5	321.2 2.5	798.2 6.0
Stofbalance	276.5	243.9	272.1	238.4	265.1	295.6	249.0	222.2	211.4	294.7	249.8	292.9	1243.2	3111.5
Samlet tilførsel	276.5	243.9	272.1	238.4	265.1	295.6	249.0	222.2	211.4	294.7	249.8	292.9	1243.2	3111.5
90902	185.4	213.8	237.5	179.0	326.2	379.5	360.5	354.1	352.7	273.4	191.5	253.2	1773.0	3306.8
Stofbalance	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	1.3	2.5
Samlet fraførsel	185.6	213.9	237.6	179.1	326.4	379.8	360.8	354.4	352.9	273.6	191.7	253.4	1774.3	3309.3
Magasinændring	31.8	68.5	-80.4	13.5	159.2	17.9	26.6	-99.1	21.0	-102.0	2.9	-4.3	125.6	55.6
Sobalance	-90.9	-29.9	-34.5	-59.3	61.4	84.2	111.8	132.3	141.5	-21.1	-58.1	-39.5	531.2	197.8
Sobalance - %	-32.9	-12.3	-12.7	-24.9	23.2	28.5	44.9	59.5	66.9	-7.2	-23.3	-13.5	223.0	96.4
Sobalance -g/m2	-0.07	-0.02	-0.03	-0.05	0.05	0.06	0.09	0.10	0.11	-0.02	-0.04	-0.03	0.41	0.15
Sedimentbalance	-59.1	38.5	-114.9	-45.8	220.6	102.1	138.4	33.2	162.4	-123.2	-55.2	-43.7	656.8	253.4
Sedimentbalance - %	-21.4	15.8	-42.2	-19.2	83.2	34.6	55.6	14.9	76.8	-41.8	-22.1	-14.9	265.1	119.3
Sedimentbalance -g/m2	-0.05	0.03	-0.09	-0.03	0.17	0.08	0.11	0.03	0.12	-0.09	-0.04	-0.03	0.51	0.21

DATAGRUNDLAG

SØ-VAKS, Sø-modul Side : 2

Sø: **Silkeborg Langsø - vest** Udstrebet: 09/03/2001

År: 1999 Af : TJ

Seareal.....: 1.31 km2 Sevolumen.....: 3210000 m3 Umålt opland: 20.00 km2 Atmosfærisk deposition: 0.00 kg/ha/år

Indløb: 90321 (55 km2) ,

Udløb.: 90902 ,

Kilde	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December
Nedbør (mm)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Fordampning (mm)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Vandtilf. fra Regnvandsoverløb (l/s)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Vandtilf. fra grundvand (l/s)	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
Stoftilf. fra Regnvandsoverløb (kg)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Stoftilf. fra grundvand (µg/l)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Koncentr. til vandbalance (µg/l)	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0

Dato	Vandst. (m)	Dato	Konc. (µg/l)
01/01/1999	1.00	19/01/1999	46.00
		02/03/1999	78.00
		24/03/1999	49.00
		13/04/1999	57.00
		27/04/1999	47.00
		17/05/1999	94.00
		25/05/1999	110.00
		08/06/1999	102.00
		22/06/1999	109.00
		06/07/1999	113.00
		20/07/1999	101.00
		10/08/1999	134.00
		17/08/1999	109.00
		31/08/1999	89.00
		16/09/1999	116.00
		28/09/1999	109.00
		12/10/1999	54.00
		09/11/1999	70.00
		09/12/1999	65.00

Metode til beregning af vand - og stofbalance

Vandbalancen opstilles ud fra følgende størrelser :

N :	nedbør	(månedsværdier, mm)
E _a :	fordampning	(månedsværdier, mm)
Q _p :	direkte tilførsel	(månedsværdier, l/s)
Q _t :	sum af målte tilløb	(månedsværdier, l/s)
Q _a :	afløb	(månedsværdier, l/s)
Q _u :	umålt opland (beregnes ud fra vægtning af tilløb)	(månedsværdier, l/s)
Q _s :	vandstandsvariationer (magasinering)	(diskrete værdier, m)
Q _g :	udveksling med grundvand	(månedsværdier, mm)
A :	søareal	(konstant, m ²)

GRUNDDATA

$$\text{Ligning : } Q_g = -A(N - E_a) - Q_p - Q_t + Q_a - Q_u + Q_s$$

hvor $Q_u = \text{sum af } (Q_i(v_i - 1))$, for $i = 1$ til antal tilløb (v_i er vægte $< > 1,0$)

$Q_s = \text{produktet af lineært interpoleret ændring i vandstand mellem månedsslut/-månedstart og søareal.}$

Stofbalance opstilles ud fra :

P _a :	atmosfærisk deposition	(konstant, kg/ha/år)
T _t :	sum af målte transporter i tilløb	(månedsværdier, kg)
T _a :	transport i afløb	(månedsværdier, kg)
T _p :	direkte stofudledning fra punktkilder	(månedsværdier, kg)
T _ø :	direkte udledning fra øvrige kilder	(månedsværdier, kg)
T _u :	stoffiltførsel fra umålt opland (vægtede)	(månedsværdier, kg)
T _g :	stofudveksling med grundvand (+/-)	(månedsværdier, kg)
S :	ændret stofindhold i søen (søkonc., volumen)	(diskrete værdier, µg/l-m ³)
T _i :	intern belastning	(månedsværdier, kg)
C :	søkoncentration	(diskrete værdier, µg/l)
V :	søvolumen	(diskrete værdier, m ³)
g ₊ :	koncentration af tilført grundvand	(konstant, µg/l)
g ₋ :	koncentration af udsivet grundvand	(konstant, µg/l)

$$\text{Ligning : } T_i = -P_a A - T_t + T_a - T_p - T_\emptyset - T_u - T_g + S$$

hvor $T_u = \text{sum af } (T_i(v_i - 1))$, for $i = 1$ til antal tilløb (med vægte $< > 1,0$)

$T_g = g_+ Q_g$ for $Q_g > 0$ (måneder med tilstrømning) og
 $T_g = g_- Q_g$ for $Q_g < 0$ (måneder med udsivning).

$$S = C_{n+1} V_{n+1} - C_n V_n \text{ (interpolerede værdier ved månedsskifter)}$$

(søvolumener er beregnet ud fra diskrete vandstande og søareal)

Definitioner og ligninger for sømodel for Jul Sø og Brassø.

init immobil_Ppulje = 1000 kg
 init immobil_Ppulje_brassoe = 10000 kg
 init mobil_Ppulje = 100000 kg
 doc mobil_Ppulje = (Pkonc-mobil P (mg P/kgTS)/1000)*sed.dybde (cm)*søareal (m2) :
 Det antages at den mobile fosforpulje har en konc på 1 mg P/gTS.
 init mobil_Ppulje_bras = 25000 kg
 init P_brassoe = 420 kg
 init P_jul_sø = 3000 kg
 init P_sed_brassoe = 0,01
 init P_sed_julsø = 0,01
 init Pud_julsoe = 3500 kg
 aux immobil_rate = sed_rate*(1-ratio)
 aux immobil_rate_bras = sed_rate_bras*(1-ratio_bras)
 aux mineraliseringsrate = Soeareal*switch_ox
 aux mineraliseringsrate_bras = soeareal_brassoe*switch_ox_bras
 aux mobil_rate = sed_rate*ratio
 aux mobil_rate_bras = sed_rate_bras*ratio_bras
 aux P_brassoe_ud = P_brassoe_konc*Q_brassoe
 aux P_ind = Pind_red
 doc P_ind = Kg P/md.
 aux P_ind_brassoe = P_opl_brassoe+Pud_julsoe
 aux P_ud = Pkonc*Qtotal
 aux sed_rate = P_jul_sø*K1_julsø
 aux sed_rate_bras = P_brassoe*K1_brassoe
 aux Anox_K = 0.1*(1.06^(temp_julsoe-18))*Pkonc_sed*IF(sigt<0.5,2,1)
 aux Anox_K_bras =
 0.1*(1.06^(temp_bras-18))*Pkonc_sed_bras*IF(sigt_dmu2_bras<0.5,2,1)
 aux indløbskonc_brassoe = P_ind_brassoe*1000/Q_brassoe
 aux indløbskonc_julsoe = Pind_red*1000/Qtotal
 aux ox_K = -0.2*(Pkonc/(Pkonc+1))*Pkonc
 aux Ox_K_bras = -0.2*(P_brassoe_konc/(P_brassoe_konc+1))*P_brassoe_konc
 aux P_brassoe_konc = P_brassoe/soevolumen_brassoe
 aux P_Knud_sø = GRAPH(TIME,0,1)
 aux P_opl_brassoe = (Qtotal*0.07*0.065)/1000
 aux P_opland = (Q_opland*0.065)/1000
 aux P_Rye_mølle = GRAPH(TIME,0,1)
 aux Pind_red =
 Pind_total*IF(TIME>12,0.9,1)*IF(TIME>48,0.9,1)*IF(TIME>84,0.9,1)*IF(TIME>
 120,0.9,1)*IF(TIME>156,0.9,1)*IF(TIME>192,0.9,1)
 doc Pind_red = *IF(TIME>120,0.66,1)*IF(TIME>180,0.5,1)
 aux Pind_total = P_Knud_sø+P_Rye_mølle+P_opland
 doc Pind_total = kg P/md.
 aux Pkonc = P_jul_sø/Soevolumen


```
doc      Pkonc = Koncentration af P i sø
aux      Pkonc_sed = mobil_Ppulje/Soeareal
aux      Pkonc_sed_bras = mobil_Ppulje_bras/soeareal_brassoe
aux      Pkoncmg_brassoe = P_brassoe_konc*1000
aux      Pkoncmg_Julsø = Pkonc*1000
aux      Pmålt_brassoe = GRAPH(TIME,0,1)
aux      Pmålt_julsø = GRAPH(TIME,0,1)
aux      Q_brassoe = Qtotal*1.07
aux      Q_Knud_sø = GRAPH(TIME,0,1)
aux      Q_opland = Q_Rye_mølle*0.13
aux      Q_Rye_mølle = GRAPH(TIME,0,1)
aux      Qtotal = Q_Knud_sø+Q_Rye_mølle+Q_opland
doc      Qtotal = vandføring i afløbet 1989-96 m3 pr. måned
aux      sigt = 0.46*(Pkoncmg_Julsø^-0.52)
aux      sigt_brassoe = 0.35*(Pkoncmg_brassoe^-0.75)
aux      sigt_dmu = 0.25*(Pkoncmg_Julsø^-0.59)*(Gns_dybde^0.27)
aux      sigt_dmu2 =
0.45*(Gns_dybde^0.5)*(Pkoncmg_Julsø^-0.41)*(temp_julsoe^-0.2)*((Soeareal/1000
000)^-0.09)
aux      sigt_dmu2_bras =
0.55*(gns_dybde_brassoe^0.5)*(Pkoncmg_brassoe^-0.41)*(temp_bras^-0.2)*((soear
eal_brassoe/1000000)^-0.09)
aux      sigt_målt_brassoe = GRAPH(TIME,0,1)
aux      sigt_målt_julsø = GRAPH(TIME,0,1)
aux      Soeareal = Soevolumen/Gns_dybde
doc      Soeareal = Bryrup areal var 380000 m2
aux      soeareal_brassoe = soevolumen_brassoe/gns_dybde_brassoe
aux      switch_ox = IF(temp_julsoe>19,Anox_K,ox_K)
aux      switch_ox_bras = IF(temp_bras>18,Anox_K_bras,Ox_K_bras)
aux      temp_bras = GRAPH(TIME,0,1)
aux      temp_julsoe = GRAPH(TIME,0,1)
doc      Gns_dybde = meter
const    gns_dybde_brassoe = 4.6
const    K1_brassoe = 0.3
const    K1_julsø = 0.3
const    ratio = 0.7
const    ratio_bras = 0.7
const    Soevolumen = 43800000 (julsø)
doc      Soevolumen = Volumen i m3
const    soevolumen_brassoe = 5260000
```


Sedimentdata for Jul Sø, Brassø og Silkeborg Langsø

1999	Tørstof (%)	Glødetab (% af TS)	Kvælstof (mg N/g TS)	Fosfor (mg P/g TS)	Jern (mg Fe/g TS)	Jern/fosfor
0 - 5 cm	6,56	24,4	15,5	3,5	50	14
5 - 10 cm	9,06	23,5	14,9	2,72	42	15
10 - 15 cm	11,4	22,9	14,1	2,14	48	22
15 - 25 cm	14,3	20	11,8	2,25	49	22

Jul Sø 1999

1999	Tørstof (%)	Glødetab (% af TS)	Kvælstof (mg N/g TS)	Fosfor (mg P/g TS)	Jern (mg Fe/g TS)	Jern/fosfor
0 - 5 cm	5,52	29,2	18,5	5,05	43	9
5 - 10 cm	8,37	24,6	16	3,76	39	10
10 - 15 cm	13,5	19,3	11,3	2,35	32	14
15 - 25 cm	14,5	18	9,3	1,57	33	21

Brassø 1999

østbassin

1999	Tørstof (%)	Glødetab (% af TS)	Kvælstof (mg N/g TS)	Fosfor (mg P/g TS)	Jern (mg Fe/g TS)	Jern/fosfor
0 - 5 cm	5,77	30,3	18,2	5,73	68	12
5 - 10 cm	7,73	30,1	17,2	5,23	76	15
10 - 15 cm	9,05	30,1	16,7	4,35	70	16
15 - 25 cm	10,7	27,7	14,3	2,09	58	28

midterbassin

1999	Tørstof (%)	Glødetab (% af TS)	Kvælstof (mg N/g TS)	Fosfor (mg P/g TS)	Jern (mg Fe/g TS)	Jern/fosfor
0 - 5 cm	6,23	25,5	15,2	3,26	110	34
5 - 10 cm	8,45	25,8	14,3	2,82	120	43
10 - 15 cm	9,66	24,2	14,6			
15 - 25 cm	10,6	23,8	13,2	1,74	100	57

Silkeborg Langsø 1999

Alger - metodik

Prøvetagning

De kvantitative fytoplanktonprøver er udtaget på en station, som er placeret på det dybeste sted i søen. Prøven er udtaget med vandhenter og af blandingsprøven fra 0,2 + 2 + 4 + 6 m er der udtaget 250 ml, som er fikseret i sur lugol opløsning.

Derudover er der udtaget netprøver til kvalitativ bestemmelse af ikke så hyppigt forekommende slægter/arter. Prøven er udtaget med planktonnet med maskevidde på 20 µm, hvorefter den er fikseret i sur lugol opløsning. I øvrigt henvises til overvågningsprogrammets tekniske anvisning : Miljøprojekt nr. 187. Planteplanktonmetoder, 1991.

Bearbejdning af prøver

Den kvalitative oparbejdning af fytoplanktonprøverne er foretaget ved hjælp af omvendt mikroskopi ved anvendelse af Uthermöhl's sedimentationsteknik (Uthermöhl, 1958). Der er anvendt sedimentationskamre med et volumen på 10 ml.

For hver prøvetagningdag er der fra net - og vandprøverne udarbejdet en artsliste med samtlige fundne slægter og arter.

Der er tilstræbt at tælle mindst 100 individer/kolonier af de hyppigst forekommende arter i hver prøve. Et tælle-tal på ca. 100 medfører en usikkerhed på ca. 20 %.

Volumen af de kvantitativt dominerende arter er bestemt ved opmåling af de lineære dimensioner af 10 - 15 celler og en efterfølgende tilnærmelse af cellens form til simple geometriske figurer (Edler, 1979).

For kiselalger er der for data fra 1989 ved omregning fra vådvægt til kulstof, altid kalkuleret med en vakuolestørrelse i cellen på 75 %. Med data for 1990 og 1991 er der ved denne omregning kalkuleret med en plasmatykkelse i cellen på 1 µm. Efterfølgende omregning til kulstof er foretaget ved hjælp af formlen :

$$PV = CV - (0,9 * VV)$$

hvor PV er det modificerede plasmavolumen, CV det totale cellevolumen og VV vakuolens volumen.

Med data fra 1992 er beregningsmetoden for kulstofindhold i kiselalger ændret til ikke længere at tage hensyn til en vakuole med et lavere kulstofindhold.

I følge overnævnte retningslinier er det endvidere antaget, at kulstof udgør følgende procentdele af organis-

mernes plasmavolumen : Thekate furealger 13 %, øvrige algegrupper 11 %.

De vigtigste slægter og arter er optalt særskilt. Flagellater tilhørende slægten Cryptomonas, flagellater der ikke kunne artsbestemmes i de lugolfikserede prøver, celler der var for fåtallige til at blive optalt særskilt samt celler, der ikke kunne identificeres, er samlet i passende størrelsesgrupper. Volumen af disse grupper er således påført en større usikkerhed end de øvrige volumenberegninger.

Prøverne er oparbejdet af stud. scient. Jacob Jacobsen

Registreringer, beregninger og rapportering er foretaget ved hjælp af planktondatabaseprogrammet ALGESYS.

Anvendt bestemmelseslitteratur er angivet i referencelisten.

Fytoplanktonrådata kan findes i den til den tekniske rapport hørende datarapport, der indeholder såvel zooplankton- som fytoplankton rådata.

Juil Sø

Fytoplankton SUM µgC/l	DATO																			
	990112	990203	990311	990408	990420	990504	990519	990602	990615	990701	990715	990727	990803	990824	990907	990921	991021	991116	991214	
GRAND TOTAL	296.8	148.1	749.4	2144.1	1092.5	2599.6	307.6	322.0	964.5	407.8	666.2	1505.3	993.7	188.9	699.9	288.6	556.8	258.6	72.6	
Taxonomisk gruppe																				
Cyanophyta	261.0	2.3				1.9	18.8	60.1	259.6	200.8	440.1	1078.2	816.1	58.9	140.8	142.6	301.4	45.6	52.2	
Cryptophyceae									176.6	36.5	180.2	182.1	64.2	56.3	110.9	30.5	43.7			
Dinophyceae										39.7	45.9	245.0	113.4	73.7	161.7	14.6				
Diatomophyceae	35.8	145.9	749.4	2144.1	1092.5	2597.7	288.7	261.9	528.3	130.8					150.7	100.8	211.7	144.4	3.5	
Chlorophyceae															135.7				16.8	

Juil Sø

Fytoplankton volumenbiomasse SUM mm ³ /l = mg vådvægt/l	DATO																		
	990112	990203	990311	990408	990420	990504	990519	990602	990615	990701	990715	990727	990803	990824	990907	990921	991021	991116	991214
GRAND TOTAL	2.698	1.346	6.813	19.492	9.932	23.633	2.796	2.927	8.769	3.652	5.993	13.342	8.875	1.614	6.136	2.603	5.062	2.350	2.037
Taxonomisk gruppe						.017			2.360	1.826	4.001	9.802	7.419	.536	1.280	1.297	2.740	.414	.475
Cyanophyta	2.373	.020					.171	.547	1.606	.332	1.639	1.655	.584	.511	1.008	.278	.397		
Cryptophyceae										.305	.353	1.885	.872	.567	1.244	.112		.624	
Dinophyceae	.325	1.326	6.813	19.492	9.932	23.615	2.625	2.381	4.803	1.189					1.370	.917	1.925	1.313	.032
Diatomophyceae																			
Chlorophyceae															1.234				1.530

Juul Sø

Fytoplankton Biomasse (C) - procentvis sammensætning	DATO																				
	990112	990203	990311	990408	990420	990504	990519	990602	990615	990701	990715	990727	990803	990824	990907	990921	991021	991116	991214		
GRAND TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
Taxonomisk gruppe																					
Cyanophyta	87.9	1.5				.1	6.1	18.7	26.9	49.2	66.1	71.6	82.1	31.2	20.1	49.4	54.1	17.6	71.9		
Cryptophyceae									18.3	9.0	27.1	12.1	6.5	29.8	15.8	10.6	7.8	26.5			
Dinophyceae									9.7	9.7	6.9	16.3	11.4	39.0	23.1	5.0	38.0	55.8	4.9		
Diatomophyceae	12.1	98.5	100.0	100.0	100.0	99.9	93.9	81.3	54.8	32.1					21.5	34.9					
Chlorophyceae															19.4				23.2		

Juul Sø
Tidsvægtede gennemsnit - Fytoplankton, kulstof

µg/l	Hele perioden			1/5 - 31/9			1/3 - 31/5		
	Gennemsnit	Procent	Maximum	Gennemsnit	Procent	Maximum	Gennemsnit	Procent	Maximum
GRAND TOTAL	700.170	100.0%	847.752	729.732	100.0%	847.752	1277.150	100.0%	531.355
TAXONOMISKE GRUPPER									
Cyanophyta	160.051	22.9%	1078.209	259.594	35.6%	1078.209	.332	.0%	1.893
Cryptophyceae	40.468	5.8%	182.078	79.614	10.9%	182.078	7.138	.6%	57.191
Dinophyceae	32.244	4.6%	245.046	57.723	7.9%	245.046	.000	.0%	.000
Diatomophyceae	461.075	65.9%	2597.689	320.461	43.9%	2597.689	1269.680	99.4%	2597.689
Chlorophyceae	6.332	.9%	135.739	12.340	1.7%	135.739	.000	.0%	.000

Silkeborg Langsø

Fytoplankton SUM µgC/l	DATO																
	990302	990324	990413	990427	990517	990525	990608	990622	990706	990720	990810	990817	990831	990916	990928	991012	991109
GRAND TOTAL	237.9	1182.5	967.4	1217.6	748.8	350.3	384.7	722.1	333.0	624.9	1371.1	958.5	864.6	1108.2	587.1	410.2	199.3
Taxonomisk gruppe																	
Cyanophyta							74.7	78.1	118.6	134.5	592.5	140.1	273.7	107.7	152.9	169.7	52.4
Cryptophyceae	4.2	6.2			23.8	29.8	138.9	102.1	23.3	103.1	69.8	112.8	53.4	108.2	75.1	52.8	22.1
Dinophyceae	6.7								4.9		110.2	58.4					23.6
Diatomophyceae	227.0	1176.2	967.4	475.3	526.9	283.0	171.1	541.9	186.2				340.3	654.2	359.1	187.8	101.2
Euglenophyceae													11.3				
Chlorophyceae										28.3	27.4		8.5	238.1			
Ubestemte eller fåtallige celler				742.4	198.1	37.4				359.1	571.3	647.2	177.5				

Silkeborg Langsø

Fytoplankton volumenbiomasse mm ³ /l = mg vådvægt/l	DATO																
	990302	990324	990413	990427	990517	990525	990608	990622	990706	990720	990810	990817	990831	990916	990928	991012	991109
Taxonomisk gruppe																	
Cyanophyta									1.0642	1.0085	1.4222		1.8852				
Microcystis aeruginosa								.0139				.1758					
Microcystis spp.										3.1544	.4773	.2464					
Anabaena sp.																	
Anabaena solitaria							.4870	.4284				.1195	.1244				.0795
Anabaena spirooides							.0503	.2247		.1542	.5404	.1040	.1279	.9795	.2158	1.5424	.3965
Anabaena Lemmermannii							.1417	.0569		.0597	.1863	.5012	.1279				
Aphanizomenon flos-aquae																	
Pseudanabaena limnetica																	
Planktothrix agardhii																	
Limnithrix planctonica																	
Pseudanabaena sp.										.0835							
Cryptophyceae	.0385				.2162	.2713	1.0410	.9281	.2117	.5620	.6342	.7789	.9838	.6823	.2661	.1470	
Cryptomonas sp.							.2217										
Cryptophyceae spp. (5-10 µm)																	
Cryptophyceae spp. (10-15 µm)										.3750		.2464	.4852		.2135	.0542	
Cryptophyceae spp. (15-20 µm)		.0566							.0376		.8474	.4492					
Dinophyceae																	
Ceratium hirundinella	.0605																.2145
Nøgne furealger (A) (20-50 µm)																	
Diatomophyceae																	
Aulacoseira granulata var. angustissima	.0086	.3691															
Aulacoseira granulata	.3181																
Aulacoseira subarctica	.1420	.7577															
Aulacoseira spp.			.4206	.5265	1.6632	1.0117	1.0830	3.3717	.4066				2.9541				.9200
Stephanodiscus rotula	1.5949	8.8469	5.7026	2.0077	1.3509	.6874	.4432	.4839					.1393				
Centriske kiselalger spp. (10-20 µm)			1.3346	1.2542					.6374						.2743		
Centriske kiselalger spp. (20-30 µm)		.6684	1.2728	.2277	.6559	.5000	.0290	.0335	.6491					1.3193			
Asterionella formosa		.0510	.0636		.7141	.2679											
Fragilaria sp.					.1068	.1060											
Fragilaria crotonensis																	
Synedra acus				.1132													
Pennate kiselalger spp. 30-50 µm					.2988												
Pennate kiselalger spp. 50-100 µm				.1911													
Euglenophyceae																	
Trachelomonas sp.													.1028				
Chlorophyceae																	
Volvocale grønhalger spp. >10 µm										.2569							
Volvocale grønhalger spp.													.0768	2.1646			

Silkeborg Langsø

Fytoplankton volumebiomas SUM mm ³ /l = mg vådvægt/l	DATO																
	990302	990324	990413	990427	990517	990525	990608	990622	990706	990720	990810	990817	990831	990916	990928	991012	991109
GRAND TOTAL	2.163	10.750	8.794	11.069	6.807	3.184	3.497	6.564	3.021	5.681	12.311	8.632	7.860	10.075	5.337	3.729	1.812
Taxonomisk gruppe																	
Cyanophyta							.679	.710	1.078	1.222	5.387	1.274	2.488	.980	1.390	1.542	.476
Cryptophyceae	.039	.057			.216	.271	1.263	.928	.212	.937	.634	1.025	.485	.984	.682	.480	.201
Dinophyceae	.061								.038		.847	.449					.215
Diatomophyceae	2.063	10.693	8.794	4.320	4.790	2.573	1.555	4.926	1.693				3.093	5.947	3.264	1.707	.920
Euglenophyceae													.103				
Chlorophyceae										.257	.249		.077	2.165			
Ubestemte eller fåtallige celler				6.749	1.801	.340				3.264	5.194	5.883	1.614				

Silkeborg Langsø

Fytoplankton Biomasse (C) - procentvis sammensætning	DATO																
	990302	990324	990413	990427	990517	990525	990608	990622	990706	990720	990810	990817	990831	990916	990928	991012	991109
Taxonomisk gruppe																	
Cyanophyta																	
Microcystis aeruginosa									35.2	17.8	11.4		24.0				
Microcystis spp.								.5									
Anabaena sp.												2.0					
Anabaena solitaria										25.3		5.5					
Anabaena spiroides							13.9	6.5									
Anabaena Lemmermannii							1.4	3.4			4.3	1.4	1.6			4.4	
Aphanizomenon flos-aquae											1.5	5.8	1.3		4.0		
Pseudanabaena limnetica							4.1	.9					1.6	9.7	22.0	41.4	21.9
Planktothrix agardhii																	
Limnithrix planctonica										.7							
Pseudanabaena sp.																	
Cryptophyceae																	
Cryptomonas sp.	1.8				3.2	8.5	29.8	14.1	7.0	9.9	5.1	8.9		9.8	12.8	7.1	8.1
Cryptophyceae spp. (5-10 µm)							6.3						6.2				
Cryptophyceae spp. (10-15 µm)										6.6		2.8				5.7	3.0
Cryptophyceae spp. (15-20 µm)																	
Dinophyceae																	
Ceratium hirundinella									1.5		8.0	6.1					11.8
Nøgne furealger (A) (20-50 µm)	2.8																
Diatomophyceae																	
Aulacoseira granulata var. angustissima	.4	3.4															
Aulacoseira granulata	14.7																
Aulacoseira subarctica	6.6	7.0															
Aulacoseira spp.									13.4				37.6				
Stephanodiscus rotula	73.7	82.3	4.8	4.8	24.4	31.8	31.0	51.4					1.8				
Centriske kiselalger spp. (10-20 µm)			64.8	18.1	19.8	21.6	12.7	7.4									
Centriske kiselalger spp. (20-30 µm)			15.2	11.3					21.1							7.4	
Asterionella formosa			6.2	2.1	9.6	15.7	.8	.5							24.7		
Fragilaria sp.			.7		10.5	8.4			21.4								
Fragilaria crotonensis					1.6	3.3											
Synedra acus								15.8									
Pennate kiselalger spp. 30-50 µm					4.4												
Pennate kiselalger spp. 50-100 µm																	
Euglenophyceae																	
Trachelomonas sp.													1.3				
Chlorophyceae																	
Volvocale grønalger spp. >10 µm																	
Volvocale grønalger spp.										4.5	2.0		1.0	21.5			

Silkeborg Langsø
Tidsvægtede gennemsnit - Fytoplankton, kulstof

µg/l	Hele perioden			1/5 - 31/9			1/3 - 31/5		
	Gennemsnit	Procent	Maximum	Gennemsnit	Procent	Maximum	Gennemsnit	Procent	Maximum
GRAND TOTAL	741.350	100.0%	429.947	757.968	100.0%	341.766	861.868	100.0%	292.427
TAXONOMISKE GRUPPER									
Cyanophyta	110.280	14.9%	592.546	149.303	19.7%	592.546	1.624	.2%	37.347
Cryptophyceae	52.393	7.1%	138.905	73.621	9.7%	138.905	11.670	1.4%	84.376
Dinophyceae	10.393	1.4%	110.167	14.441	1.9%	110.167	.832	.1%	6.660
Diatomophyceae	393.471	53.1%	1176.249	284.101	37.5%	654.155	676.556	78.5%	1176.249
Euglenophyceae	.673	.1%	11.308	1.101	.1%	11.308	.000	.0%	.000
Chlorophyceae	17.213	2.3%	238.102	28.167	3.7%	238.102	.000	.0%	.000
Ubestemte eller fåtallige celler	156.927	21.2%	742.354	207.234	27.3%	647.180	171.186	19.9%	742.354