



VANDMILJØ
Overvågning

TISSØ 2003



VANDMILJØ
Overvågning

TISSØ 2003

Udarbejdet af Natur & Miljø
Afdelingen for sø og hav
Maj 2004

Vestsjællands Amt, Natur og Miljø
Alleen 15, 4180 Sorø • Tlf. 5787 2900 • Fax. 5787 2800 • e-mail: n&m@vestamt.dk

Indholdsfortegnelse

1	Indledning	5
1.1	Baggrund.....	5
1.2	Generel karakteristik.....	7
2	Klimatiske forhold	10
2.1	Temperaturen	10
2.2	Nedbøren.....	10
3.	Oplandsbeskrivelse	14
3.1	Oplandskarakteristik og -beskrivelse.....	14
3.3	Kilder til næringsstofbelastningen	16
4	Vand- og stofbalancer	21
4.1	Vandbalance.....	21
4.2	Fosforbalance	24
4.3	Kvælstofbalance	26
4.4	Jernbalance	28
5	Udvikling i miljøtilstanden	29
5.1	Fosfor	29
5.2	Kvælstof.....	31
5.3	Øvrige vandkemiske og -fysiske parametre.....	34
5.4	Sigtdybde og klorofyl	36
5.5	Planteplankton.....	39
5.6	Dyreplankton.....	43
5.7	Samlet diskussion af plante- og dyreplankton	46
5.8	Undervandsplanter	57
5.9	Fiskeyngel	67
6	Søtilstand og målsætning	68
6.1	Søtilstand.....	68
6.2	Målsætning.....	68
6.3	Udvikling	69
7	Sammenfatning	71
8	Bilag	72

1 Indledning

1.1 Baggrund

I foråret 1987 vedtog Folketinget "Vandmiljøplanen", en handlingsplan hvis mål er at nedbringe næringssaltbelastningen af det danske vandmiljø.

Samtidigt iværksattes et landsdækkende overvågningsprogram omfattende alle dele af vandmiljøet, med det formål at dokumentere effekten af Vandmiljøplanen. Overvågningen af søer omfatter ud over registrering af ændringer i næringssaltbelastningen også generelle tilstandsundersøgelser i form af vandkemiske og biologiske analyser. Overvågningsprogrammet påbegyndtes i 1989 og er med mindre justeringer fortsat indtil 1997, hvor der blev foretaget en gennemgribende revision af hele overvågningsprogrammet. Det reviderede program trådte i kraft i 1998. For søernes vedkommende var den væsentligste ændring, at det biologiske undersøgelsesprogram blev udvidet med årlige fiskeyngelundersøgelser.

På landsplan indgår 37 søer i overvågningsprogrammet. Søerne er udvalgt, så de er repræsentative for danske søer og spænder fra de helt rene, klarvandede til søer, der er stærkt forurenet af spildevandsudledning. Samtidigt repræsenterer de såvel store og små som dybe og lavvandede søer. Overvågningen skulle således kunne give et nogenlunde dækkende billede af den generelle tilstand i de danske søer.

Tre af overvågningssøerne er beliggende i Vestsjællands Amt: Tissø, Tystrup Sø og Maglesø ved Brorfelde. Deres geografiske placering fremgår af figur 1.1.1.

Tystrup Sø indgår i programmet som eksempel på en stor sø, der især er påvirket af spildevandsudledning. Tre af regionens større byer er beliggende inden for dens opland. Tissø er ligeledes udvalgt som eksempel på en stor sø, men påvirket overvejende af landbrugsdrift i oplandet. Overvågningen har imidlertid vist, at begge søer primært påvirkes af spildevand fra renseanlæg og sekundært af spildevand fra spredt bebyggelse, mens påvirkning fra landbruget ikke har kunnet eftervises.

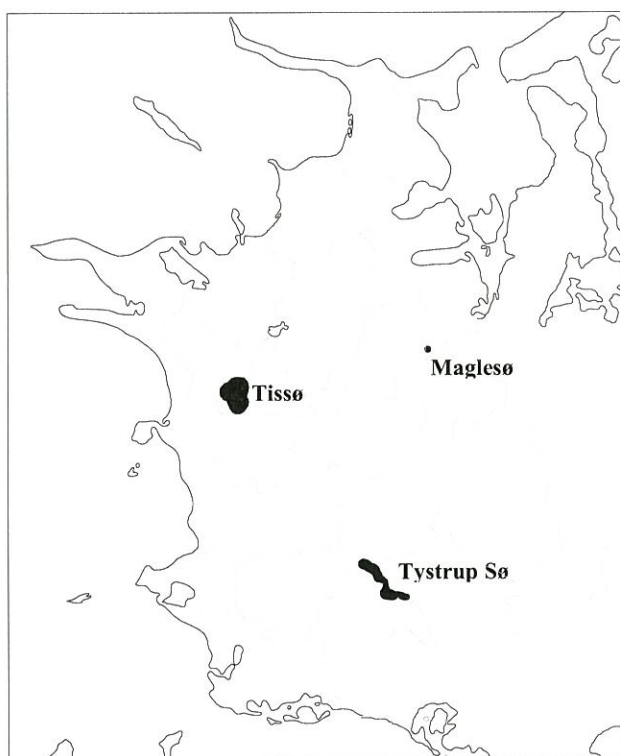
Maglesø indgår i programmet som eksempel på en sø, der i al væsentlighed er upåvirket af kulturbetingede aktiviteter. For Maglesøs vedkommende er det således ikke formålet med overvågningen at eftervise en evt. effekt af Vandmiljøplanen, men derimod at dokumentere forholdene i en upåvirket sø og give et billede af den naturbetingede variation fra år til år. Maglesø repræsenterer den normale søtype på Sjælland i forholdsvis uspoleret form og tjener således et vigtigt formål som *referencesø*, ved fastsættelse af målsætninger og vurdering af tilstande i de øvrige søer i amtet.

Overvågningen foretages efter de vejledninger og tekniske anvisninger for overvågningsprogrammet, som er udgivet af Miljøministeriet, Danmarks Miljøundersøgelser - med enkelte mindre justeringer foretaget undervejs i forbindelse af med revidering af overvågningsprogrammet eller efter aftale på fagmøder.

Alle data fra overvågningen indberettes til fagdatacentret DMU i Silkeborg og afrapporteres årligt i henhold til paradigmaer, der aftales mellem amterne og Miljøstyrelsen.

Denne rapport, der vedrører overvågningen af Tissø, giver en kortfattet præsentation af årets undersøgelsesresultater og en sammenligning med de foregående undersøgelsesår, med vægten på eventuelle udviklingstendenser eller på anden måde bemærkelsesværdige målinger eller iagttagelser. Rapporten giver således ikke en generel beskrivelse af søens tilstand på baggrund af de samlede resultater fra hele overvågningsperioden.

Rapporten er udarbejdet af afdelingen for sø og hav, Natur & Miljø, Vestsjællands Amt. Planktonbearbejdningen er foretaget af Miljøbiologisk Laboratorium. Vegetationsundersøgelserne er udført og rapporteret af Carl Bro Miljø.



Figur 1.1.1 Beliggenheden af de tre overvågningssøer i Vestsjællands Amt

1.2 Generel karakteristik

Tissø, som er den største ferskvandssø i Vestsjællands Amt, er beliggende 6-7 km fra Storebæltskysten på grænsen mellem kommunerne Hvidebæk og Høng.

Øst for søen er terrænet bakket, men vest for, ud mod Storebæltskysten og den fremherskende vindretning, er landskabet fladt og skovløst. Vinden har derfor stor effekt på den i forhold til overfladearealet meget lavvandede sø, der også kun undtagelsesvis har lagdelt vandmasse.

De vigtigste morfometriske data for Tissø fremgår af tabel 1.2.1.

Tabel 1.2.1 Morfometriske data for Tissø

Oplandsareal	402.99 km ²
Søareal	1233 ha
Middeldybde	8.2 m
Max. dybde	13.5 m
Søvolumen	100.64 mio. m ³
Kystlængde	14.6 km
Hydraulisk. opholdstid	ca 1.5 år

Søen, der er dannet som et dødishul, har en meget regelmæssig form, nærmest som en tallerken med en lavvandet randzone på 100 - 300 m's bredde og en relativt stejl skrænt ned til den jævne søbund i 9-12 m's dybde. Dybdeintervallet fra 2-9 m udgør kun ca. 18 % af søens areal, mens intervallet fra 9-12 m omfatter 42 % af søarealet, jvf. fig. 5.7.2. Bunden skråner svagt ud mod de to dybeste huller på henholdsvis 13.5 og 12.5 m. I østsiden af søen ligger en lille kegleformet grund, Aborreholm, som fra 7 m's dybde næsten når vandoverfladen. Fra øst- til vestbredden måler Tissø lidt over 3.5 km, mens afstanden fra nord til syd er knap 5 km. Søen er i omrids oval med en kystlinje, der er næsten uden bugtninger og derfor kort i forhold til søens areal.

Vandspejlet ligger i kote 1.0 (middelvandstand) og reguleres ved et stemmeværk i Nedre Halleby Å ca. 300 meter fra søen. Vandspejlet lå tidligere 1-2 m højere end i dag. I slutningen af 1800-tallet faldt vandstanden kraftigt, som følge af en omfattende regulering af Halleby Å både op- og nedstrøms Tissø. Stemmeværket blev kort efter bygget for at reducere vandstandsfaldet.

Vandstanden er siden blevet reguleret efter varierende regulativer, der generelt har ført til lavere og lavere vandstand indtil vedtagelsen af de nugældende regler, der sigter mod at vandstanden kun undtagelsesvis falder til under kote 1.0 m. Princippet i styringen af stemmeværket var oprindeligt, at sænke vandstanden hurtigst muligt om foråret af hensyn til de lavtliggende landbrugsarealer omkring søen og langs øvre Halleby Å. Nu tilstræbes det, inden for det samme vandstandsregi, at tilbageholde en del af forårsafstrømningen for i sommerperioden både at kunne overholde kravene til mindstevandstand og mindsteafstrømning, samtidigt med at der til vandforsyning kan indvindes 300 l/sek.

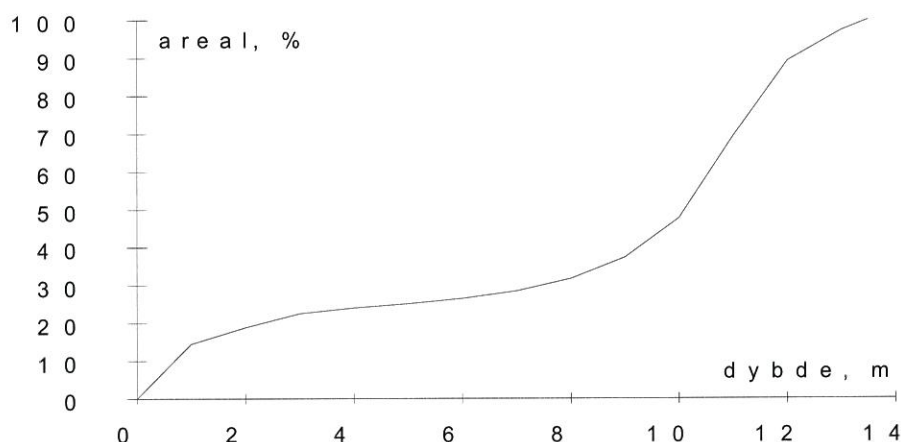


Fig. 1.2.2 Tissø. Hypsograf der angiver den relative størrelse af de enkelte dybdeintervaller.

De gentagne vandstandssænkninger har i kraft af terrænformen ført til tørlægning af en bred randzone, hvilket i betydelig grad har reduceret arealet, hvor der er mulighed for undervandsvegetation. Det ødelagde desuden geddernes gydepladser, hvilket er grunden til, at der allerede inden århundredeskiftet oprettedes en geddeklækningsanstalt i søen. Anstalten blev flyttet i 1991.

Tissø gennemløbes af Åmose Å, som er hovedvandløbet i Sjællands næststørste vandløbssystem med et opland på i alt 515 km².

Åmose Å, der er 62 km lang, har sit udspring i skovene ved Skjoldnæsholm nord for Ringsted. Som et stærkt reguleret vandløb løber den gennem den afvandede Åmose. Ved Bromølle løber åen fra den flade mose brat over i et dybt tunnellob, fortsætter mod nord mod Skarresø hvorefter den drejer mod syd og benævnt Øvre Halleby Å løber gennem lille Åmose og ud i Tissø. På strækningen fra Bromølle til området syd for Skarresø er Åmose Å et stort og helt ureguleret vandløb med godt fald og god vandføring, og strækningen er amtets bedste ørredvand. I resten af forløbet er den kanallignende og uden væsentlig naturinteresse.

Afløbet fra Tissø, Nedre Halleby Å, løber direkte mod vest, indtil det en god km fra Storebæltskysten drejer mod syd og derefter løber parallelt med kysten nogle km. inden det via den laguneagtige brakvandssø, Flasken, løber ud i Jammerland Bugt. Kort efter stedet, hvor åen drejer mod syd findes en gravet kanal direkte ud til havet. Tidligere udledte sukkerfabrikken i Gørlev meget store mængder spildevand til åen under roekampagnen. I denne periode ledtes Nedre Halleby Å gennem nævnte kanal for at beskytte Flasken, der er et vigtigt opvækstområde for fladfisk. Resten af året var kanalen lukket. Sukkerfabrikken er nu lukket og kanalen benyttes ikke længere.

Der er kun få søer i vandløbssystemet. Skarresø ved Jyderup er med et areal på 194 ha. den største. Den var tidligere stærkt belastet af spildevand fra Jyderup. Efter afskæring af spildevandet er tilstanden så småt ved at blive bedre. Søen er dog stadig præget af blågrønalger og bundvegetationen er meget svagt udviklet. Som led i et restaureringsprojekt blev der i 2002 og 2003 udsat 50.000 stk. geddeyngel i Skarresø. Den 30 ha store Madesø i lille Åmose var, indtil afskæring af spildevandet fra Jordløse for få år siden, en af amtets mest forurenede søer; og tilstanden er stadig ret dårlig. Ud over disse to findes der i oplandet til Tissø kun nogle ret uinteressante småsøer og mosehuller. Tissø må derfor med hensyn til flora- og faunaspredning betegnes som meget isoleret.

Tissø er en naturligt eutrof sø, der gennem tiden er blevet yderligere næringsberiget p.g.a. udledning af spildevand og udvaskning fra landbrugsarealer.

Søen er genstand for en betydelig vandindvinding primært til industri i Kalundborg. Den udnyttes desuden til erhvervsfiskeri efter især ål og aborre.

2 Klimatiske forhold

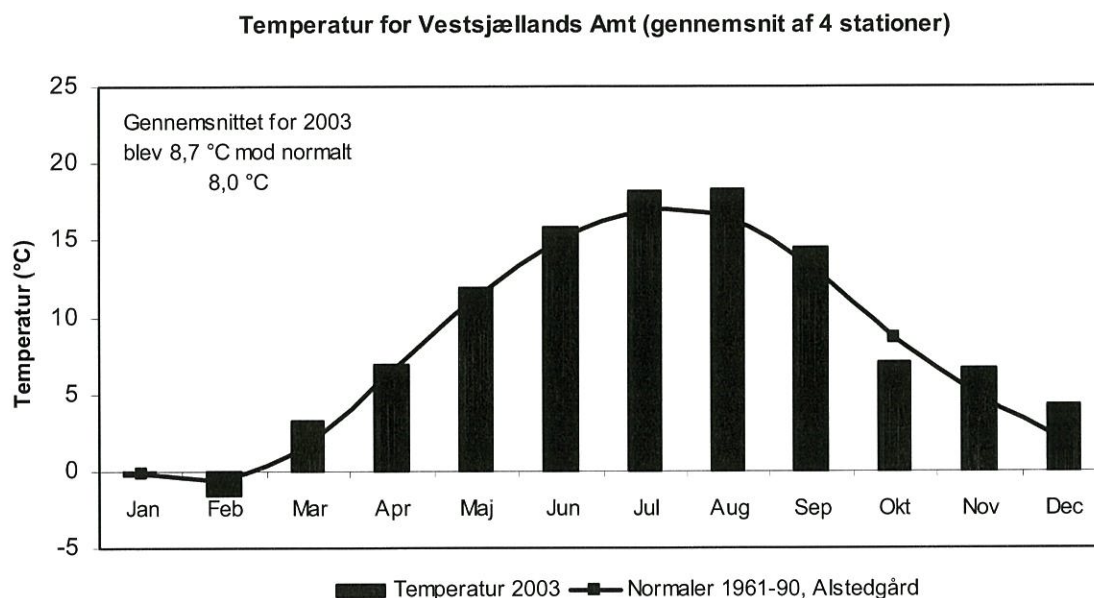
Under beskrivelse af klimaet er Tuse Å og oplandet til stationen ved Nybro udvalgt som repræsentativt for Vestsjællands Amt. Nedbøren til Tuse Å ved Nybro er beregnet ud fra følgende klimastationer:

$$0.34 \cdot 29199(\text{Undløse}) + 0.43 \cdot 29062(\text{Stigsbjergby}) + 0.23 \cdot 29040(\text{Holbæk})$$

Nedbørsmængderne er korrigeret for målefejl som beskrevet af Allerup, P.; Madsen, H. og Vejen, F.(1998). Temperaturen er et gennemsnit af følgende tre stationer: Alstedgård, Flakkebjerg og Røsnæs.

2.1 Temperaturen

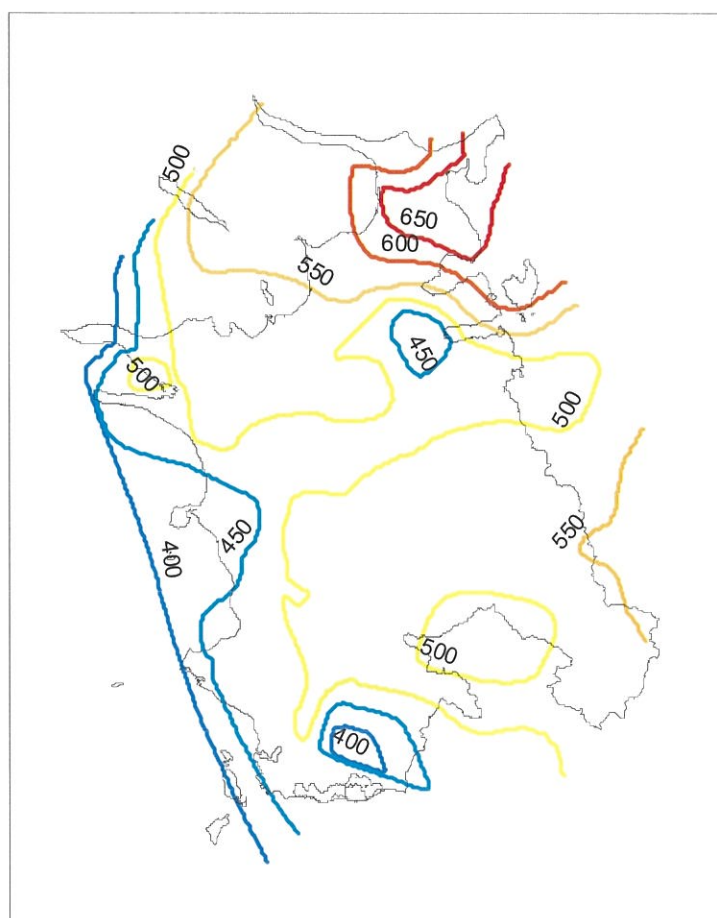
For året som helhed blev temperaturen ca. 0,7 grader højere end normalt. Kun i januar, februar og oktober lå temperaturen lavere end normalt, mens især august, november og december var varmere.



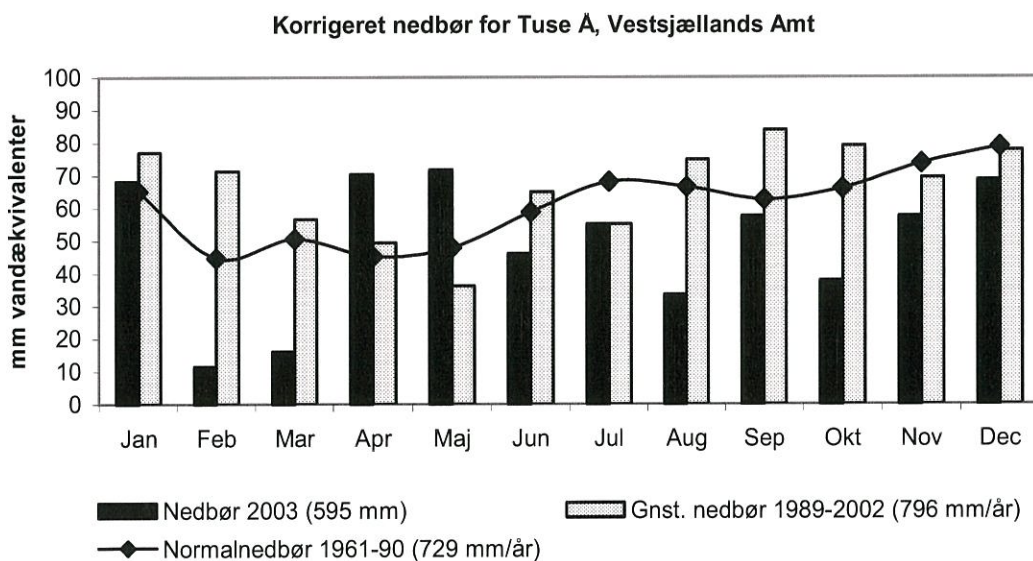
Figur 2. 1 Temperaturforløbet som månedsgennemsnit

2.2 Nedbøren

I 2003 faldt der mindre nedbør end i året før, og også mindre end gennemsnittet for både normalperioden 1961-1990 samt gennemsnittet for perioden 1989-2001. I alt faldt der ca. 595 mm nedbør i oplandet til Tuse Å ved Nybro mod 729 mm for normalperiode 1961-90. Der kom generelt mest nedbør i den nordlige og østlige del af amtet (se fig. 2.2), og særligt meget nedbør kom der i januar, februar og juli i forhold til normalt, mens september og december var relativt tørre (se figur 2.3).

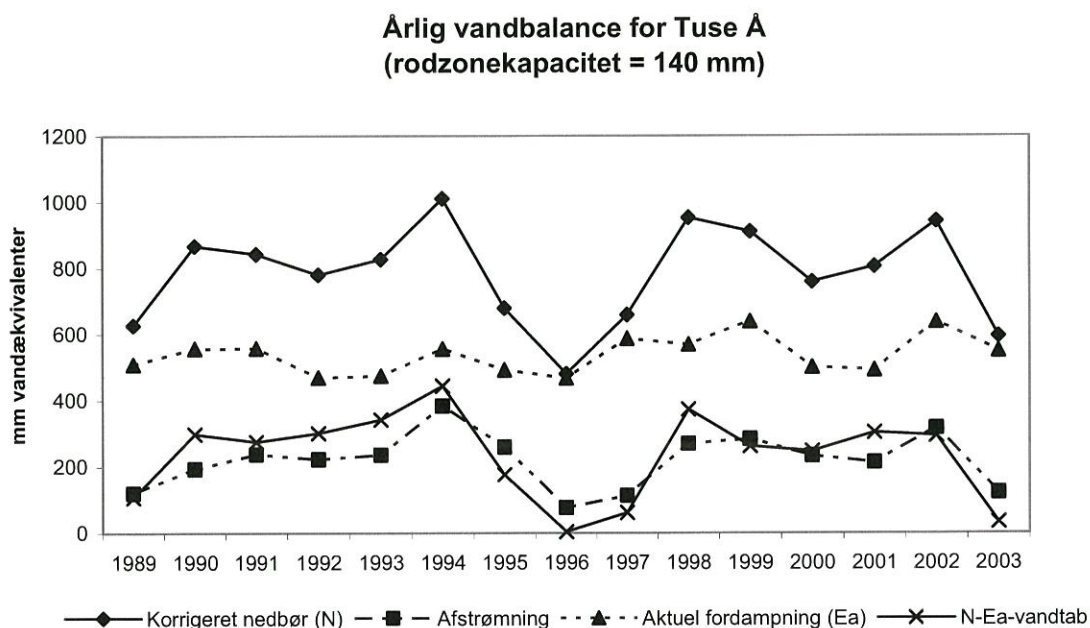


Figur 2. 2 Nedbør i Vestsjællands Amt i 2003 (ukorrigeret)



Figur 2. 3 Månedssummer af nedbøren

Den aktuelle fordampning ved Tuse Å blev for 2003 ca. 551 mm (beregnet ud fra en gennemsnitlig rodzonekapacitet på 140 mm og fordampningen ved Maglesø). Nettonedbøren var ca. 44 mm, og den overfladiske afstrømning for Tuse Å var ca. 123 mm for 2003.



Figur 2. 4 Vandbalancen opgjort som årssummer af nedbør, fordampning, afstrømning og nettonedbør i perioden 1989-2003

Afstrømningen i 2003 var lav sammenlignet med 2002 og varierede fra 193 mm ved Lammefjord Søkanal til kun 65 mm ved Fladmose Å. Overordnet set var der en nord-sydgående gradient i afstrømningen med den laveste afstrømning i de sydlige dele af amtet. For amtet som gennemsnit var afstrømningen kun ca. halvt så stor som i 2002.

3. Oplandsbeskrivelse

3.1 Oplandskarakteristik og -beskrivelse

Oplandet til Tissø har et samlet areal på 403 km². Oplandet udgøres overvejende af landbrugsjord, se tabel 3.1.1, men der er også et ret stort skovareal, specielt i området omkring Skarresø.

Tabel 3.1.1 Arealanvendelsen i oplandet til Tissø

	Ha	%
Landbrug	273,06	67,8
Byområder	32,99	8,2
Skov	59,31	14,7
Ferskvand	15,51	3,8
Andre typer	22,12	5,5
I alt	402,99	100

Den dominerende jordtype i landbrugsandelen af oplandet er sandblandet ler, hvorfor der generelt er tale om frugtbar landbrugsjord. Inden for oplandet ligger imidlertid også nogle af sjællands største opdyrkede moseområder, Store - og Lille Åmose, hvorfor humusjorde tegner sig for en væsentlig andel med 14.1 %.

Tabel 3.1.2 Jordtypefordeling i det dyrkede areal af oplandet til Tissø

Jordtype	Areal (ha)	%
Type 1	55	0.2
Type 2	27	0.1
Type 3	7345	26.9
Type 4	14336	52.5
Type 5	1666	6.1
Type 6	55	0.2
Type 7	3850	14.1
I alt	27333	100

Der er ingen større byer, som udleder spildevand til vandsystemet, men, som det fremgår af fig.1.2, er der mange små. Den største by inden for oplandet, Jyderup ved Skarresø, udledte tidligere spildevand til Skarresø, men er nu afskåret til et andet vandløbssystem.

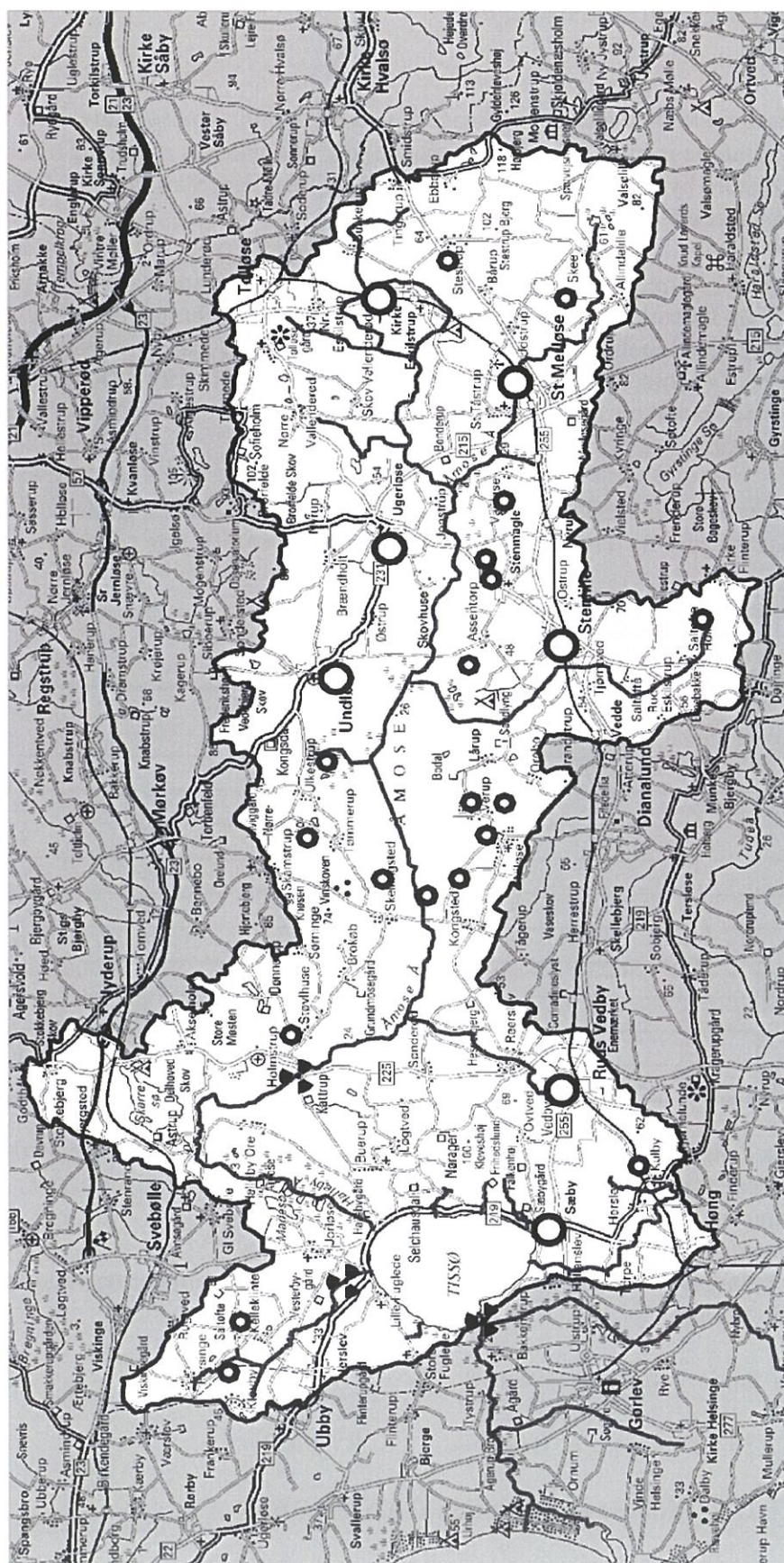


Fig. 3.1.1 Kort over Tissos opland og Amose A systemet med angivelse af mælestationer i Tissos til og aflob (propeller) og med angivelse af rensesanlæg, der belaster Tissø. Store cirkler angiver rensesanlæg større end 1000 PE, små cirkler anlæg fra 30 til 1000 PE

3.3 Kilder til næringsstofbelastningen

Stoftilførslen til Tissø måles ved stationen Åmose Å, ved Bromølle. Åmose Å afvander et større mose- og landbrugsområde med et oplandsareal på 291 km². I oplandets øvre dele tilføres spildevand fra en række mellemstore bysamfund, Ugerløse, Tølløse og Stenlille. Stationen har fungeret som stoftransportstation i årene 1974 - 76 og 1985 - 2003.

I forbindelse med vandmiljøplanens ikrafttræden i 1989 oprettedes stationer i to af de mindre tilløb til Tissø: Tranemose Å og Duemoserenden. Begge stationer ligger i landbrugsoplande, hvor spildevand fra små bysamfund og spredt bebyggelse tilføres. Tranemose Å ved Tissøgård har et oplandsareal på 19,6 km². Vandløbet er sommerudtørrende. Stationen blev nedlagt i 1997. Duemoserenden ved Venteskov har et oplandsareal på 16 km². Driften af denne station ophørte i 1992 efter revisionen af overvågningsprogrammet.

Ligeledes i forbindelse med vandmiljøplanen, oprettedes vandløbsstationen Halleby Å, Afløb Tissø til måling af udløbsmængder fra Tissø. Sø afløbets oplandsareal er 403 km².

Belastningen til Tissø 2003 fordelte sig som anført i tabel 3.3.1.

Tabel 3.3.1. Tilførslen til Tissø af vand, kvælstof og fosfor i 2003.

	Vand mio. m ³	Total N ton	Total-P ton
Total belastning	45.471	275.005	5.167
Spildevand		23.645	0.935
Industri		0.000	0.000
Regnoverløb		2.775	0.726
Spredt bebyggelse.		14.083	3.208
Atm.depos.		23.265	0.155
Naturbidrag		50.735	2.057
Landbrug		168.080	-1.739
Retention i søer		-7.578	-0.175
Målt afløbsmængde	46.981	110.167	4.156

Stofbelastningen fra de umålte oplande til Tissø, som samlet udgør 94.5 km², beregnedes tidligere ved anvendelse af arealkoefficienter ("Diffuse bidrag") fra målte oplande til søen, d.v.s. oplande til Tranemose Å og Åmose Å

Fra 1998 beregnes belastningen fra det umålte opland ud fra koncentrationer og vandføringer på relevante referencestationer.

For Tranemose Å er fundet følgende relationer:

$$N\text{-Tranemose Å} = 1.35 \times N\text{-Åmose Å, Bromølle} + 1.5 \quad (R^2=0.86)$$

$$P\text{-Tranemose Å} = 1.27 \times P\text{-Åmose Å, Bromølle} + 0.02 \quad (R^2=0.62)$$

For nemheds skyld er for både N og P regnet med 1.3 X koncentrationerne ved Bromølle. For vandføringen er fundet følgende korrelation med Bjerge Å ved Fårdrup.

$$Q\text{-Tranemose } \text{\AA} = 0.844 \times \text{Bjerge } \text{\AA} - 0.08 \quad (R^2 = 0.93)$$

For Duemoserenden er fundet bedst korrelation med hensyn til kvælstof med Seerdrup Å:

$$N\text{-Duemoserenden} = 1.25 \times N\text{-Seerdrup}\text{\AA} \text{ v. Johannesdal} - 0.56 \quad (R^2 = 0.92)$$

Der er ikke fundet signifikant sammenhæng for fosfor med andre målestationer, der er derfor for begge parametre regnet med 1.25 x koncentrationen i Seerdrup Å. Vandføringen bestemmes ud fra QQ-relation med Tude Å ved Ørslev. Ved bestemmelsen af transporten fra det umålte opland benyttes ovenstående relationer i forhold til oplandenes relative størrelse af det umålte opland.

Bidrag fra atmosfærisk nedfald og naturbidrag beregnes ud fra erfaringstal. Naturbidrag beregnes på baggrund af tilført vandmængde, der ganges med erfaringstal for stofkoncentration.

Bidrag fra landbrug beregnes som stoftilførsel (inklusiv retention i søer), minus spildevands- og naturlige bidrag.

Fosfor

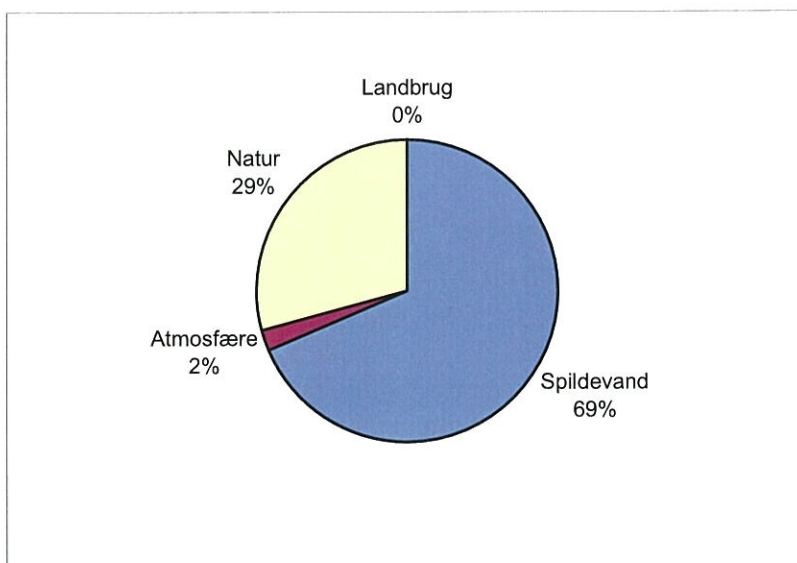
Kilderne til næringsstofbelastningen af Tissø er spildevandsudledninger, udvaskning fra oplandsarealet og atmosfærisk deposition. Spildevands- og udvaskningsbidrag opgøres på delkilder hvis størrelser fremgår af tabel 3.3.1.

Som det fremgår af figur 3.3.1 er spildevand den væsentligste kilde til fosforbelastningen af Tissø. 66 % af spildevandstilførslen stammer fra den spredte bebyggelse.

Det atmosfæriske bidrag på selve søarealet er ikke vist på figuren. I kraft af søens beskedne areal i forhold til oplandsarealet udgør det kun ca. 1 % af belastningen.

Landbrugsbidraget er på figuren sat til 0. Landbrugsbidraget beregnes som den målte transport i vandløb minus spildevand og naturbidrag. Spildevand fra spredt bebyggelse er baseret på kommunernes indberetninger. De er behæftet med en ret stor usikkerhed, idet det ikke for alle ejendomme i det åbne land er helt klargjort hvordan spildevandet når frem til recipienten. Desuden er det gennemsnitsværdier, ens fra år til år, uden korrektion for varierende nedbørsforhold; skønt den reelle belastning i nedbørsfattige år er mindre end i nedbørsrige, idet en væsentlig del af spildevander føres med dræn og grøfter der kan være uden vandføring i tørre år. Da spildevandsbidraget sættes for højt i tørre år beregnes landbrugsbidraget tilsvarende for lavt. Og i ekstremt nedbørsfattige år som 2003 bliver resultatet negativt. Dette er naturligvis ikke reelt men afspejler at de øvrige bidrag generelt sættes for højt. Imidlertid gælder det at summen af de nedbørsbetingede bidrag, uanset fordelingen på de enkelte kilder, var betydeligt mindre i 2003 end i et gennemsnitsår.

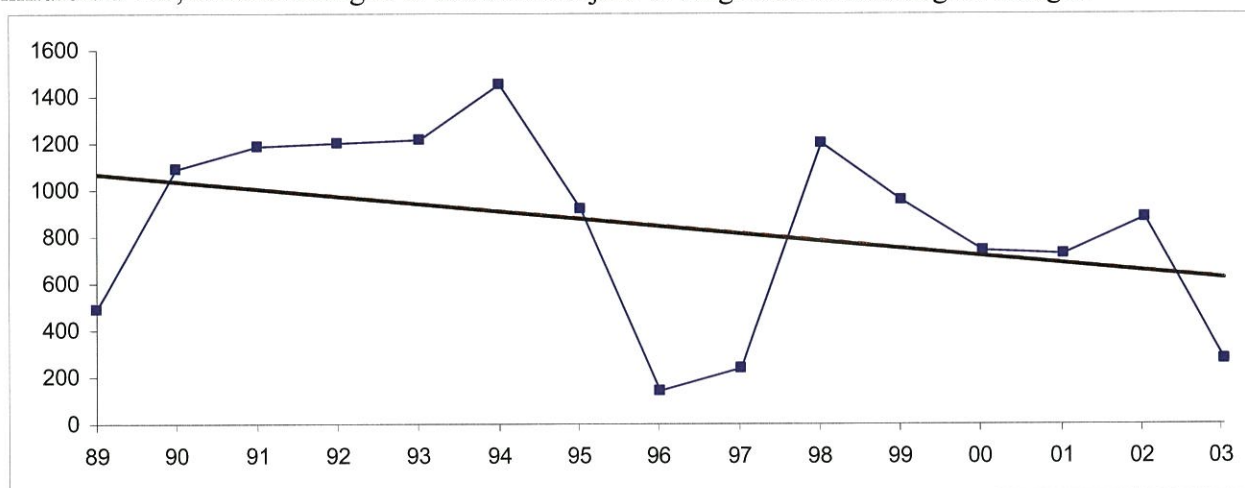
Ud over at størrelsen af de respektive bidrag er behæftet med betydelig usikkerhed, er desuden målingen af fosfortransporten i vandløb, hvor på totalbelastningen er baseret, behæftet med en væsentlig fejlkilde.



Figur 3.3.1 Fordelingen af fosfortilførslen til Tisø på kilder.

Kontinuere målinger af transporten har afsløret at en betydelig del af fosfortransporten sker under kraftige regnvejrshændelser, hvor partikulært materiale i dræn og vandløb rives med af strømmen, således at der i korte perioder er en stor vandføring med en ekstremt høj fosforkoncentration. Målt på sædvanlig vis med stikprøver vil man i reglen ikke få disse "flom"-transporter med. Undersøgelser på Fyn har vist, at fosfortransporten i mindre vandløb målt på den sædvanlige metode gennemsnitligt undervurderes med 67 %. Da landbrugsbidraget beregnes som resten, når alle de andre kilder er trukket fra den totale transport, vil en underestimering af transporten medføre en tilsvarende underestimering af landbrugsbidraget. Dette er formentlig også en del af forklaringen på at beregningerne visse år har givet et negativt landbrugsbidrag.

Lerjord, som dominerer Tissøs opland, antages at binde fosfor stærkt, med mindre indholdet af fosfor er meget højt; udvaskningen af fosfor skulle derfor være beskeden. Nyere undersøgelser har imidlertid vist, at udvaskningen af fosfor fra lerjord er langt større end tidligere antaget.



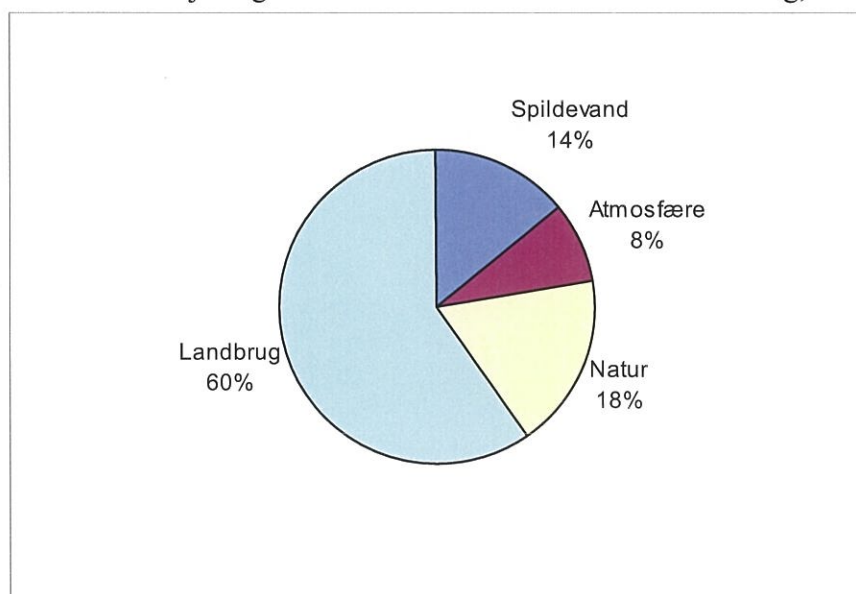
Figur 3.3.2 Udvikling i fosforbelastningen af Tisø, t/år. Tendenslinje beregnet ved lineær regression.

Udviklingen i stofbelastning over overvågningsperioden stemmer godt overens med variationen i vandafstrømning. Den afspejler således i højere grad klimatisk variation end egentlige udviklingstendenser i belastningen. Fosforbelastningen afbildet i figur. 3.3.2 viser den store år til år variation fra over 21 t til under 4 t afhængigt af afstrømningen (sammenlign med figur 2.3.3).

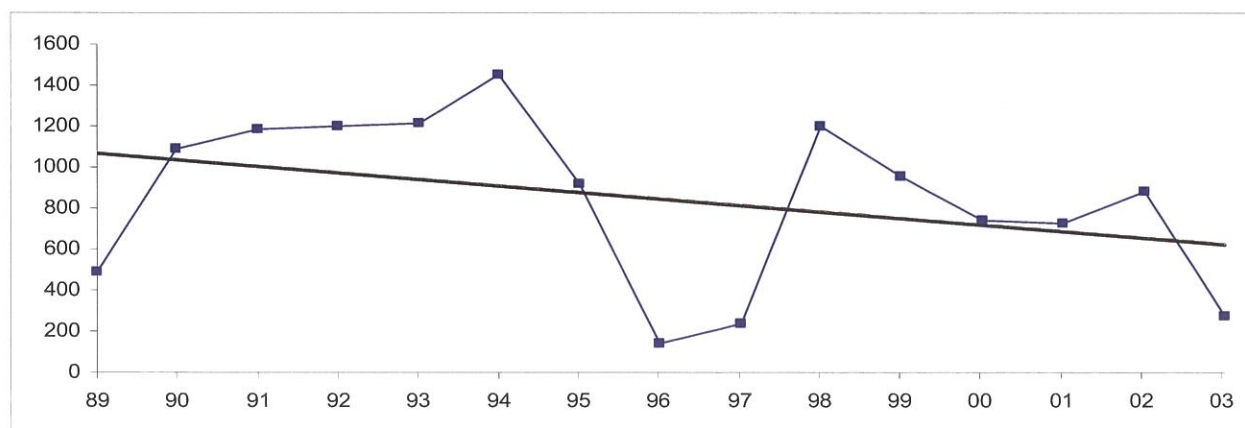
Fosforbelastningen viser tilsyneladende en faldende tendens, der imidlertid ikke er statistisk signifikant.

Kvælstof

Kilderne til kvælstofbelastningen er de samme som for fosfor. Spildevandets andel er imidlertid ganske underordnet når det drejer sig om kvælstof. Den atmosfæriske afsætning, som skyldes



Figur 3.3.3 Fordelingen af kvælstoftilførslen til Tissø på kilder.



Figur 3.3.4 Udvikling i kvælstofbelastningen af Tissø, t/år. Tendenslinje beregnet ved lineær regression.

ammoniakfordampning og kvælstofilter fra biler og forbrændingsanlæg bidrager med en noget større andel end for fosfor vedkommende, men er dog stadig helt underordnet i forhold til udvaskningsbidraget der tegner sig for i alt 78 % af belastningen. 21 af de 78 % antages at udgøre den naturlige udvaskning af kvælstof, mens resten skyldes landbrugsdriften i oplandet.

Kvælstoftilførslen udviste i begyndelsen af overvågningsperioden fra 1989 til 1995 en stigende tendens. Herefter var den i 1996 og 97 rekord lav på grund af minimal nedbør, men steg så i 1998 og 99 hvor nedbørsforholdene var mere normale, til det samme høje niveau, som den lå på ved overvågningens start, dette niveau opretholdtes frem til 2002. I 2003 faldt belastningen markant til næsten det samme lave niveau som i 1996-97.

Kvælstofbelastningen må nærmest betragtes som uændret siden overvågningens start; hvilket er udtryk for, at de tiltag, der er gjort i landbruget for at mindske kvælstofudvaskningen, ikke har haft den tilsigtede virkning. Den beregnede tendens viser et faldende forløb, der dog ikke er signifikant.

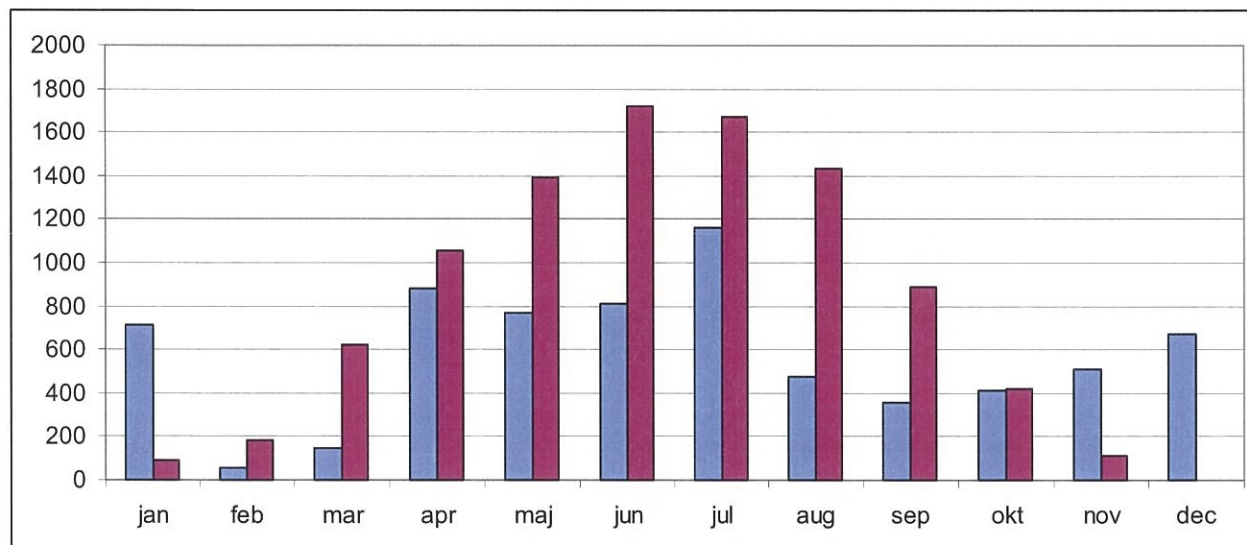
4 Vand- og stofbalancer

4.1 Vandbalance

Nedbør og fordampning

Nedbøren lå bortset fra april-maj markant under gennemsnittet for overvågningsperioden, og årssummen var den lavest siden 1996-97.

Fordampningen fulgte stort set det sædvanlige sinusformede forløb med næsten 0 i januar og december og et maksimum på over 140 i juni. Der var nedbørsunderskud i hele perioden fra februar til oktober. Selv ikke den forholdsvis store nedbør i april-maj kunne holde trit med fordampningen.



Figur 4.1.1 Nedbør(lys) og fordampning (mørk) Tisø 2003, månedsværdier i $1000m^3$.

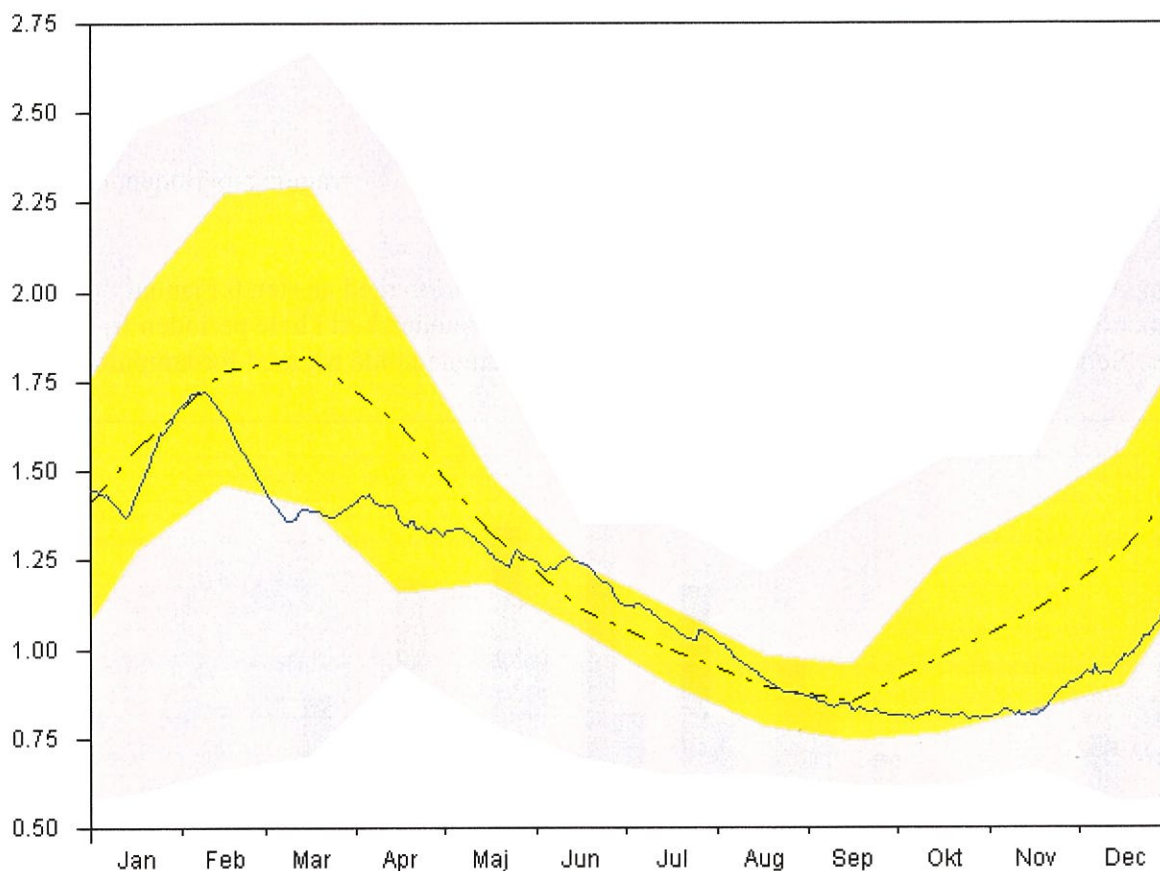
Vandstand

Vandstanden i Tisø reguleres med et stemmeværk. Om vinteren holdes stemmeværket normalt helt åbent idet det af hensyn til omkringliggende landbrugsarealer tilstræbes at bringe vandstanden under kote 1.5 i april. Herefter reguleres afløbet således at vandstanden i søen ikke gerne kommer under kote 0.75 samtidigt med at der løber vand i afløbet så stor en del af tiden som muligt.

På trods af den beskedne nedbør lå vandstanden året igennem nogenlunde på normalen, hvilket betyder at afstrømningen i afløbet har været meget reduceret. Året startede med vandstanden på gennemsnitsniveauet. Herefter faldt den ret hurtigt men den relativt rigelige nedbør i april-maj bragte den tilbage på gennemsnittet, hvor den forblev sommeren igennem. Først i sept.-oktober faldt vandstanden mærkbart under gennemsnitskurven; mens de mere normale nedbørsforhold i årets

sidste to måneder fik den til at stige med lidt over den normale hastighed uden dog at nå at indhente det manglende, således at vandstanden ved årets udgang lå ca. 25 lavere end normalen og niveauet ved årets begyndelse.

Året igennem lå vandstanden inden for 25 og 75 % fraktilerne for de øvrige overvågningsår.

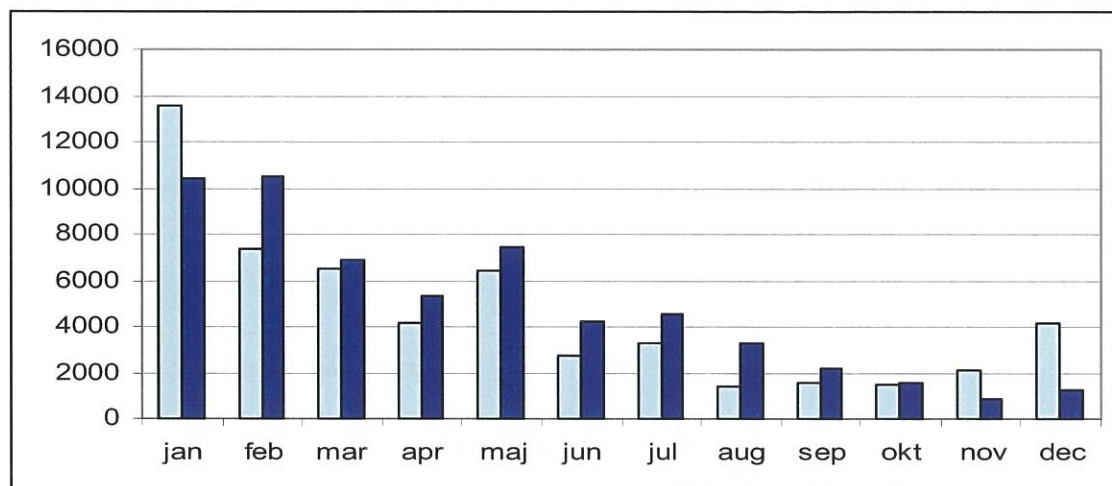


Figur 4.1.2 Dgl. vandstand i Tissø 2003 målt opstrøms stemmeværket i afløbet. Som månedsmiddelværdier er desuden angivet gennemsnittet for overvågningsperioden 1989-2002 (stiplet linje) og med den grå markering periodens maks. og min. og med gult 25 - 75 % fraktiler. Vandstand i m DNN.

Vandbalance

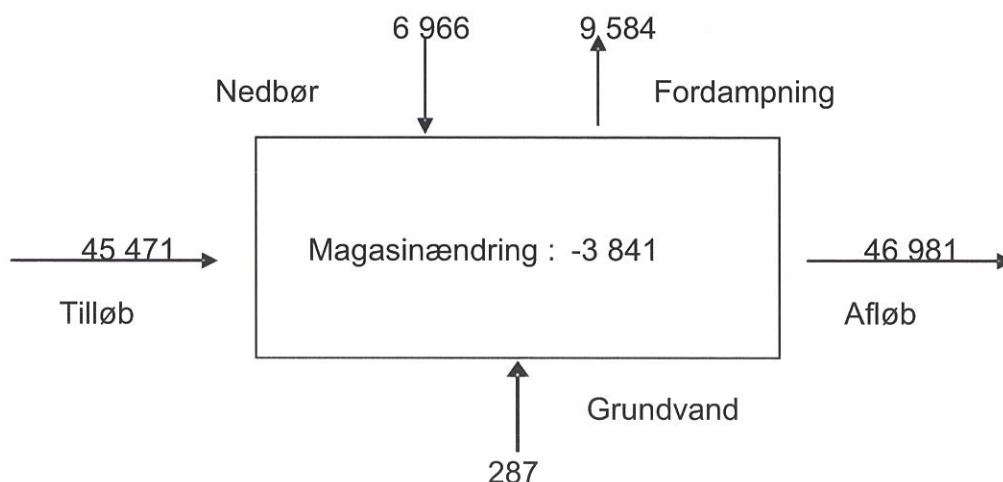
Vandbalancen opgjort på månedsbasis fremgår af figur 4.1.3. Over 90 % af tilførslen sker ved tilstrømning fra Halleby Å, hvorfor den nøje følger årsvariationen i nedbørsoverskud. Tilførslen er generelt høj i vinterhalvåret og lav om sommeren. Den mest markante forskel på 2003 og et gennemsnitsår er den meget reducerede afløbsmængde i årets sidste måneder. Fraførsel sker helt overvejende som afløb til Nedre Halleby Å og er styret af vandstanden i søen og reguleringen af stemmeværket.

Den hydrauliske opholdstid beregnet ud fra afløbsmængden er 4.7 år for sommerperioden og 1.7 år for året som helhed. Det er noget nært den langsomste vandudskiftning hidtil.

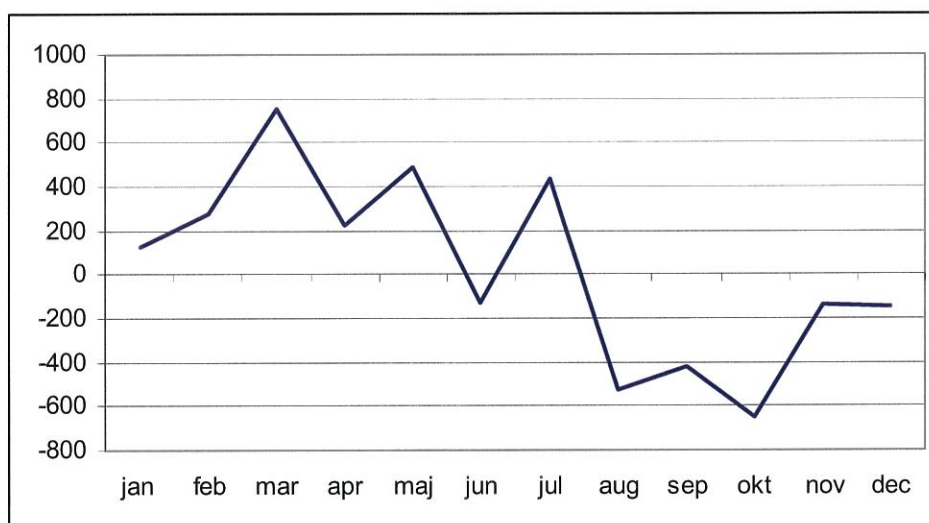


Figur 4.1.3. Vandbalance for Tissø, 2003. Lyse søjler: vandtilførsel, mørke søjler fraførsel, 1000 m³.

Den samlede vandbalance på årsbasis er illustreret i figur 4.1.4. Der er et relativt stort nedbørsunderskud på selve søarealet. Magasinændringen er på - 3.84 mio. m³, hvilket svarer til lidt over 30 cm's vandstandsændring. Der beregnes normalt en betydelig udsivning til grundvandet. I det nedbørsfattige år 2003 har der derimod netto været tale om en grundvandsindsivning, om end af begrænset størrelse. Denne størrelse skal tages med forbehold, da den beregnes som differencen mellem summen af tilførsler og summen af fraførsler og således opsummerer usikkerheden på de øvrige led. Men som det fremgår af figur 4.1.5, der viser udvekslingen med grundvandet på månedsbasis, har der været tale om indsivning året første halvdel og udsivning den sidste halvdel.



Figur 4.1.4. Vandbalance for Tissø 2003, årstotaler i 1000 m³



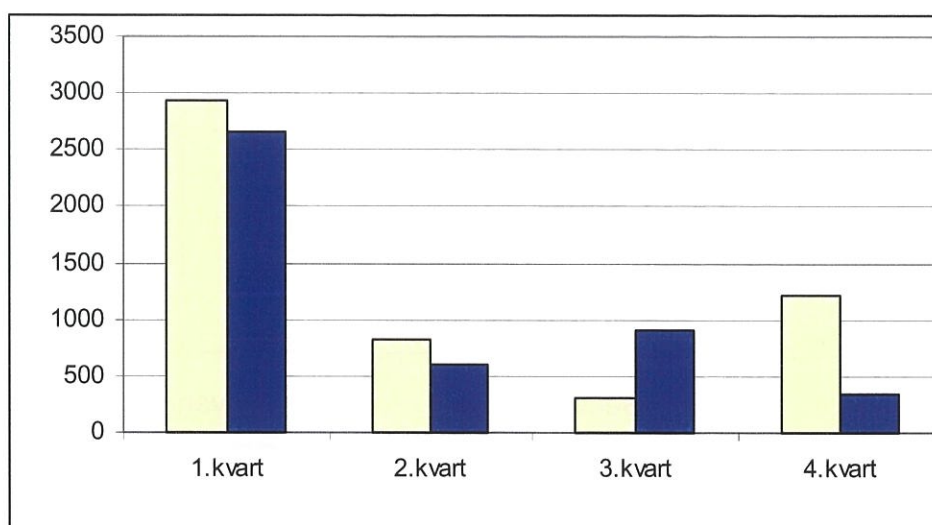
Figur 4.1.5 Beregnet udveksling mellem Tissø og grundvandet, 2003. Negative værdier angiver udsivning, positive indsivning, i 1000 m³.

4.2 Fosforbalance

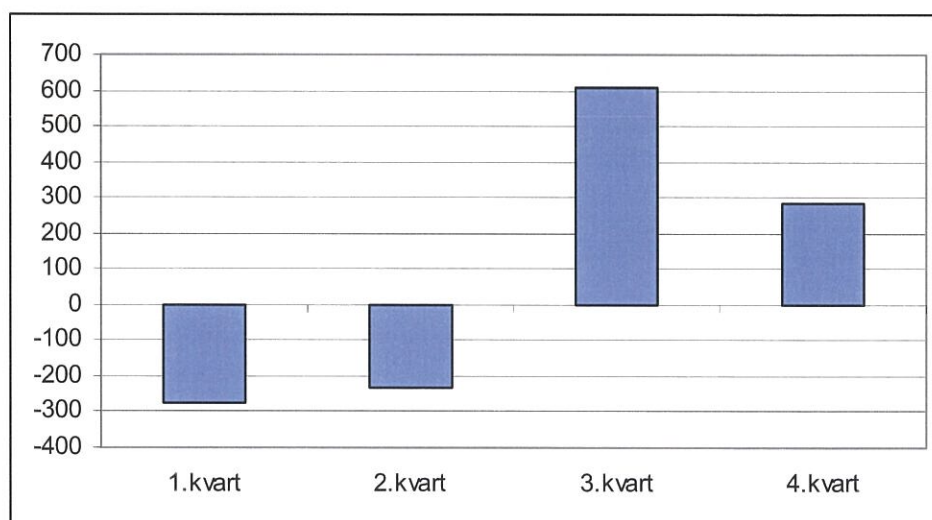
Fosforbalancen beregnet på månedsbasis fremgår af bilag 2. I figur 4.2.1 er til- og fraførsler summeret kvartalsvis. Tilførslerne har ligget på lavere niveau end i de nærmest foregående år. Fraførslen var på årsbasis lidt lavere end tilførslen, hvilket betyder at der har været tale om en netto-tilbageholdelse, hvilket er en ændring i forhold til tidligere år hvor søen afkastede fosfor. Den lave fraførsel skyldes primært, at der på grund af den beskedne afstrømning ikke har været meget afløb fra søen i den periode hvor fosforkoncentrationen er højest

Figur 4.2.2 viser fosforudvekslingen med sedimentet. Som normalt tilførtes sedimentet fosfor i 1. og 2. kvartal, mens der i 3. kvartal var tale om frigivelse. frigivelsen var dog betydeligt mindre end hvad der tidligere er registreret. I 2001 f.eks. var frigivelsen fra sedimentet på 30 t mod de kun godt 600 kilo i 2003. I 4. kvartal, hvor der som i 1. og 2. kvartal normalt sker en netto binding, var der i 2003 en beskedne frigivelse. På årsbasis oversteg fosforbindingen frigivelsen med knap 3 t, hvoraf godt 2 t hidrørte fra magasinændringen. Kun knap 800 kg. var en egentlig tilbageholdelse af det tilførte mængde.

Den beskedne fosforfrigivelse og den ligeledes beskedne afstrømning var medvirkende til at Tissø i 2003 tilbageholdt fosfor i stedet for at have et netto-afkast.

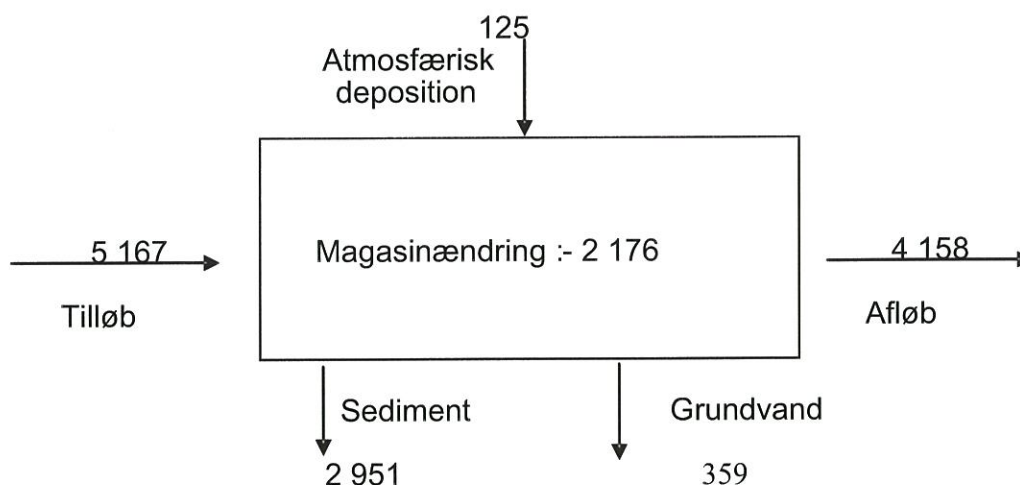


Figur 4.2.1 Kvartalsvis opgørelse af tilførsel(lys) og fraførsel(mørk) af fosfor i Tisø 2003. Total-P i kg.



Figur 4.2.2 Fosforudveksling med sedimentet i Tisø 2003, kg totP. Bindinger vist som negative værdier frigivelse som positiv.

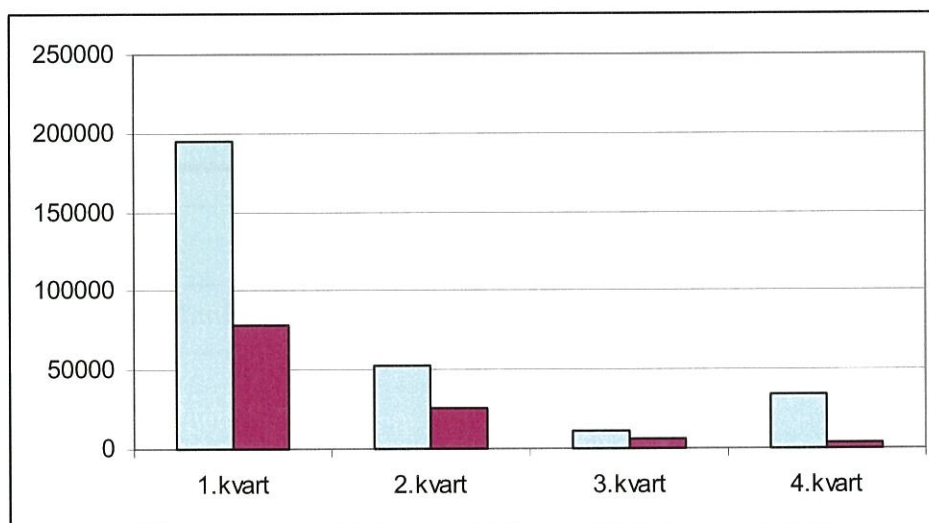
Den samlede fosforbalance på årsbasis er illustreret på figur 4.2.3.



Figur 4.2.3 Fosforbalance for Tissø 2003, kg.

4.3 Kvælstofbalance

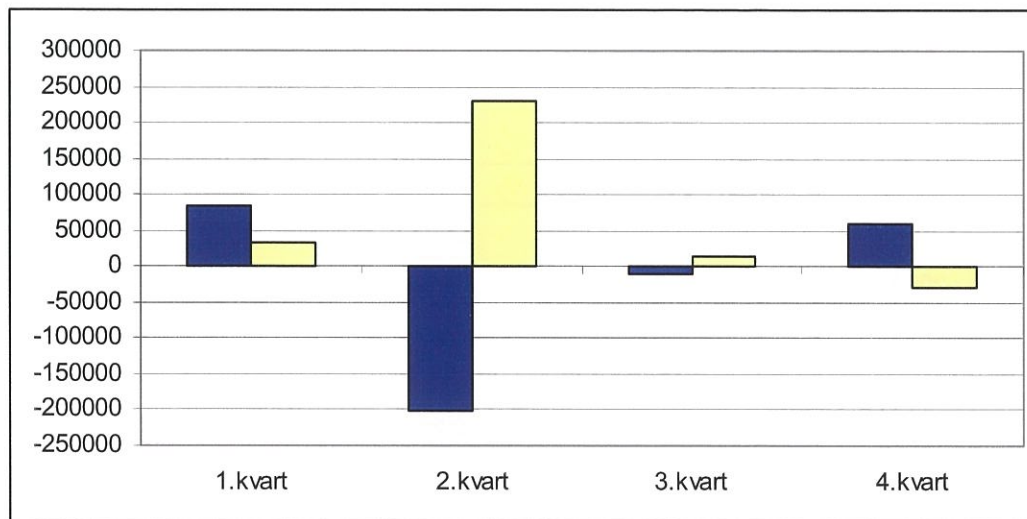
Kvælstofbalancen beregnet på månedsbasis fremgår af bilag 2. I figur 4.3.1 er til- og fraførsler summeret kvartalsvis. Billedet ligner ganske de øvrige overvågningsår, men niveauet er betydeligt lavere end normalt, hvor der f.eks. i 1. kvartal af 2001 blev tilført næsten 400 tons, lå den tilsvarende værdi i 2003 under 200. I alle kvartaler overstiger tilførslen fraførslen via afløbet. Tissø "fjerne" altså en betydelig kvælstofmængde fra vandsystemet ved denitrifikation og binding i sedimentet.



Figur 4.3.1 Kvartalsvis opgørelse af den samlede kvælstoftilførsel og -fraførsel i kilo.

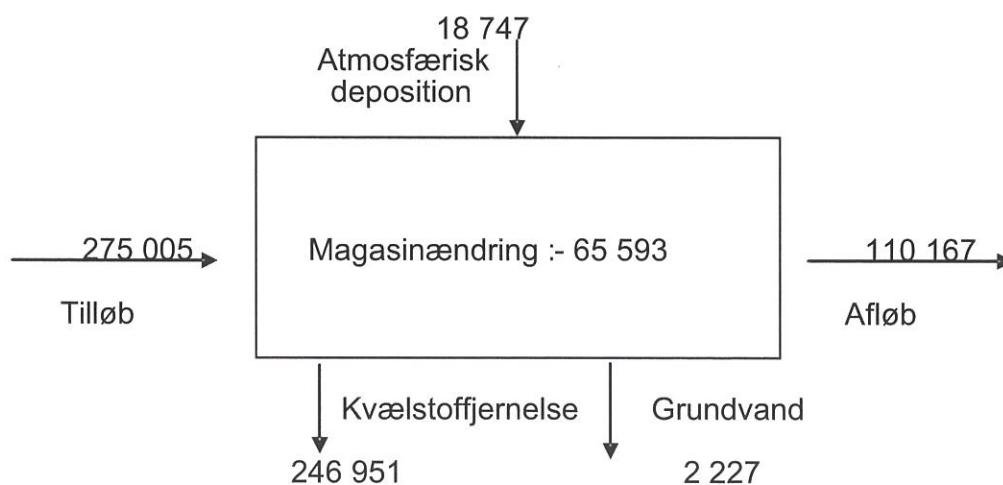
Figur 4.3.2 viser hvordan det "manglende" kvælstof fra figur 4.3.1 er fordelt på magasinændring og egentlig kvælstoffjernelse (sedimentation/denitrifikation). Det ses at af den store nettotilførsel i 1. kvartal er 1/4 fjernet fra systemet mens resten er gået til opbygning af en større søvandspulje. I anden

kvartal er den væsentligste del af årets kvælstoffjernelse sket og søvandspulje er faldet med 200 tons. På årsbasis er magasinændringen af underordnet betydning. Den samlede retention/kvælstoffjernelse udgør 61 % af tilførslen, hvilket svarer nogenlunde til tidligere overvågningsår.



Figur 4.3.2 Kvartalsvis opgørelse af magasinændring(mørk) og kvælstoffjernelse (sedimentation og denitrifikation)(lys) i Tissø 2003, i kilo.

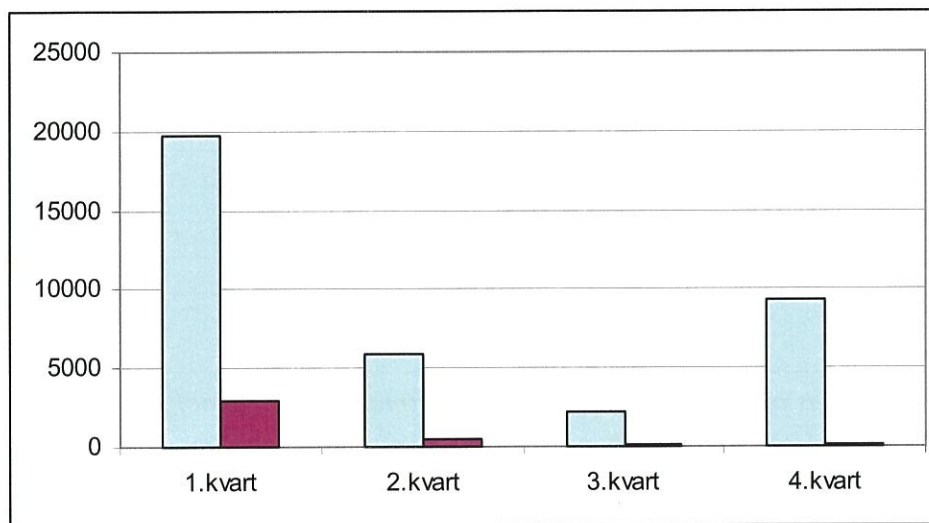
Den samlede kvælstofbalance på årsbasis er illustreret på figur 4.3.3. Udvekslingen med atmosfærens frie kvælstof gennem bakteriel denitrifikation og blågrønalgernes kvælstoffiksering er af ukendt størrelse; men det må antages at denitrifikationen er meget større end fikseringen, og at netto kvælstoftabet til atmosfæren udgør hovedparten af den beregnede kvælstoffjerne. Kvælstoffiksering er således ikke indeholdt i det atmosfæriske bidrag, der udelukkende udgøres af ammoniak og kvælstofilter der tilføres opløst i nedbøren.



Figur 4.3.3 Kvælstofbalance for Tissø 2003, kg.

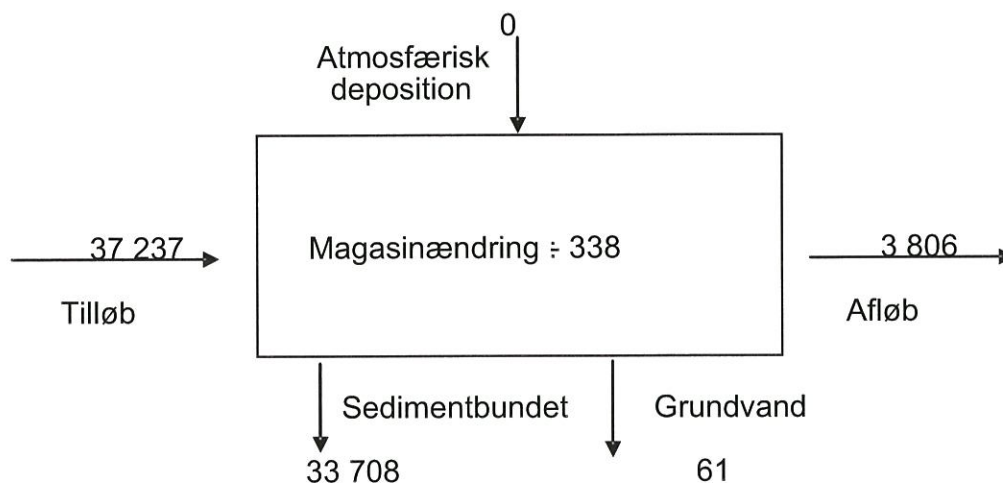
4.4 Jernbalance

Jerntilførslen i 2003 lå som forventet under de givne afstrømningsforhold langt under normalen. Jerntilførslen der følger afstrømningen var stor i 1. og 4. kvartal mens den i de mellemliggende kvartaler lå på 25-30 % af dette niveau. Jernfraførslen var i alle kvartaler beskednen og netto fjerner søen året igennem en betydelig andel af det tilførte jern; på årsbasis 90 %. Se figur 4.4.1.



Figur 4.4.1 Kvartalsvis opgørelse af tilførsel og fraførsel af jern i Tisø 2003. Total-jern i kilo.

Den samlede årsbalance fremgår af figur. 4.4.2. Af de 37 t jern der tilføres med Halleby Å forsvinder 33 t ved passagen gennem Tisø. Den altovervejende del heraf er blevet bundet i sedimentet. Søvandsmagasinet er aftaget med 0.3 t og knap 0.06 t er sivet ud i grundvandet.

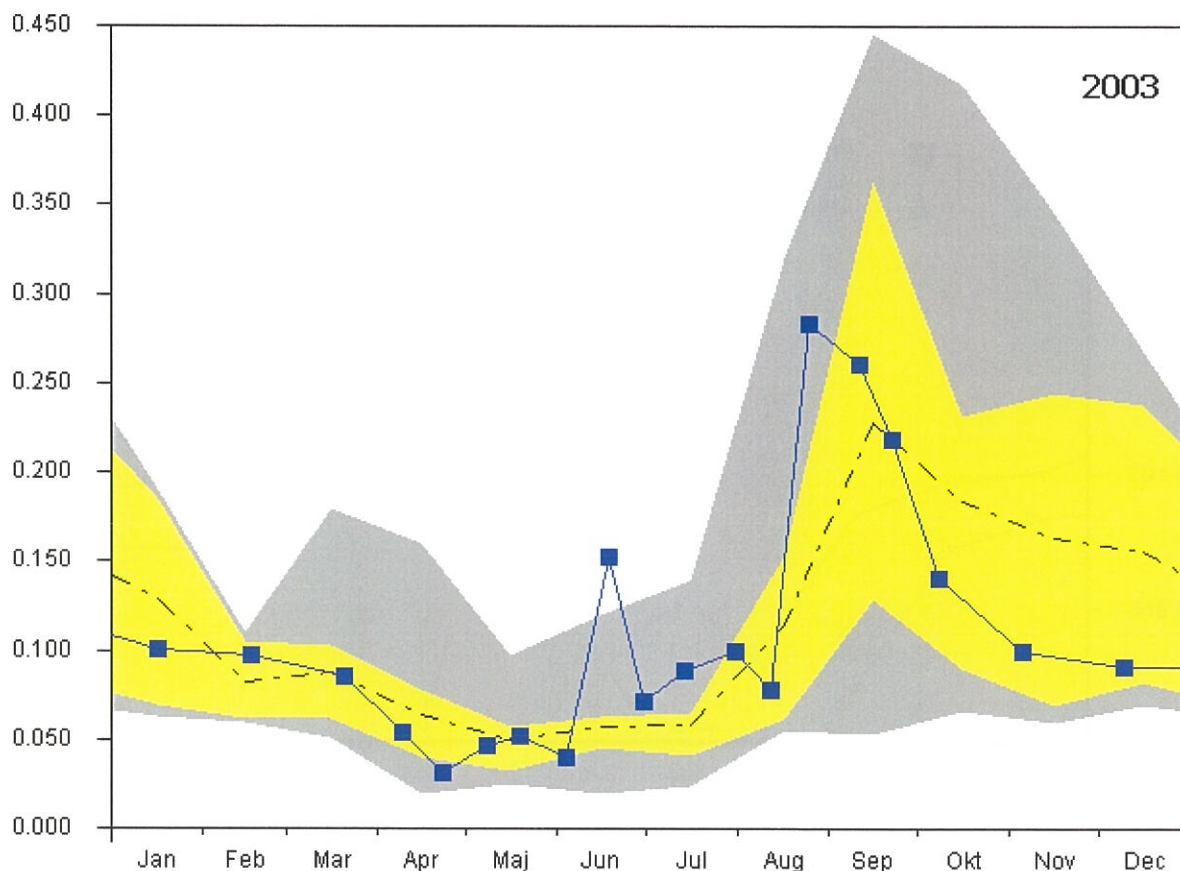


Figur 4.4.2 Jernbalance for Tisø 2003, kg.

5 Udvikling i miljøtilstanden

Tidsvægtede års- og sommermiddelværdier af de vandkemiske parametre og sigtddybden fremgår af tabel 5.1, som angiver værdier for 2003 samt statistik for de foregående overvågningsår.

5.1 Fosfor



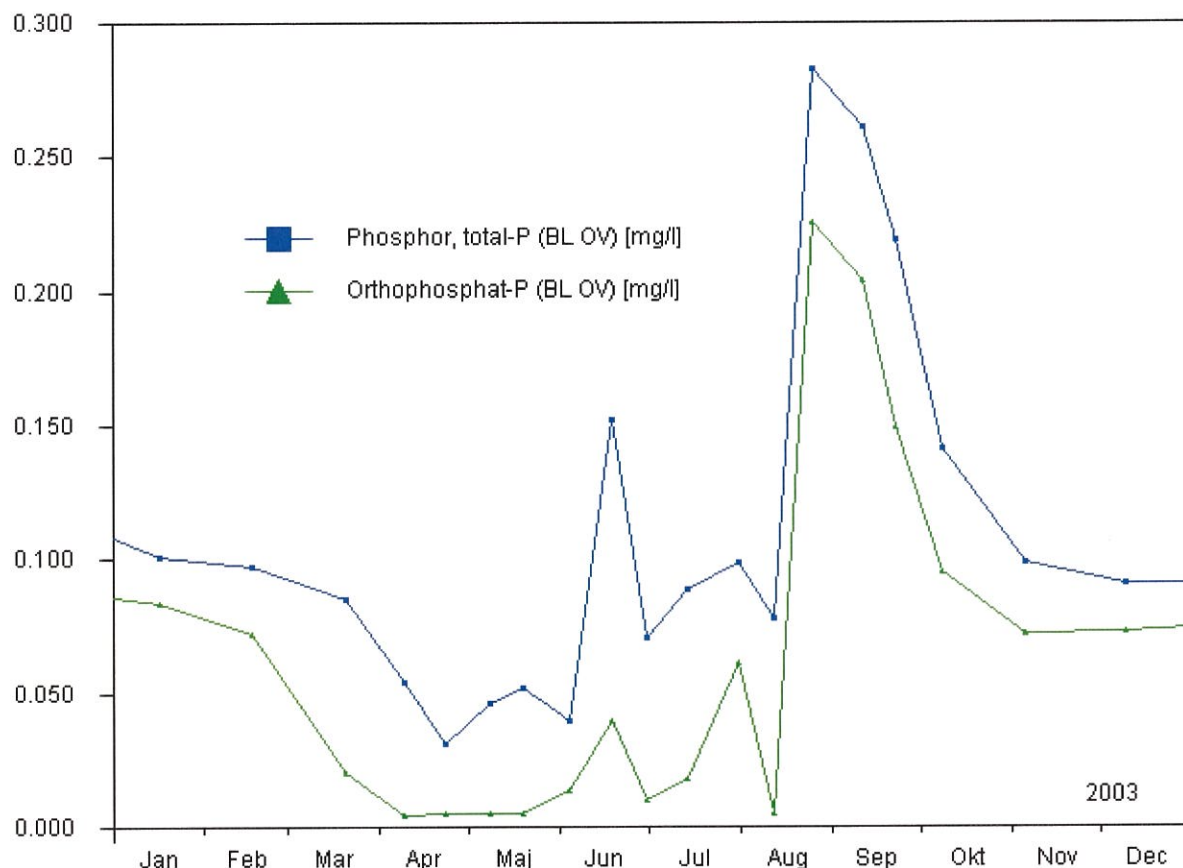
Figur 5.3.1 Søvandskoncentrationen af total-fosfor i Tisø 2003 sammenlignet med gennemsnittet for de øvrige overvågningsår (stiplet linje) samt min/max og 25 - 75 % fraktiler, mg/l.

I sidste kvartal af 2000 steg fosforkoncentrationen i Tisø til ca. det dobbelte af det normale. Dette forhøjede niveau bibeholdtes gennem hele 2001, idet koncentrationen året igennem lå over eller i nærheden af maksimumsværdierne for de foregående overvågningsår. I 2002 var niveauet tilbage ved det normale og dette var også tilfældet i 2003 hvor kun en enkelt måling i juni og en i august lå udenfor 25 og 75 % fraktilerne se figur 5.3.1. I 2001 gav det høje fosforniveau anledning til en ekstrem blågrønalgeproduktion; i 2002 var den tilbage omkring det normale men dog stadig større end kiselalgeproduktionen, mens kiselalgerne dominerede i 2003.

Figur 5.3.2 viser totalfosforkoncentrationen sammenlignet med orthofosfatkoncentrationen i Tisø 2003. Orthofosfatkoncentrationen viser helt samme forløb som totalfosforkoncentrationen.

Forskellen mellem de to koncentrationer, der repræsenterer den del af fosfaten der er bundet i det organiske stof i søvandet, ligger generelt på omkring 50 $\mu\text{g/l}$ størst i perioderne med størst fytoplanktonindhold ved forårsmaksimum i april-maj og sommermaksimum i august-september/oktober.

Figuren viser at den interne belastning i sensommeren har en altafgørende indflydelse på søens fosfordynamik.

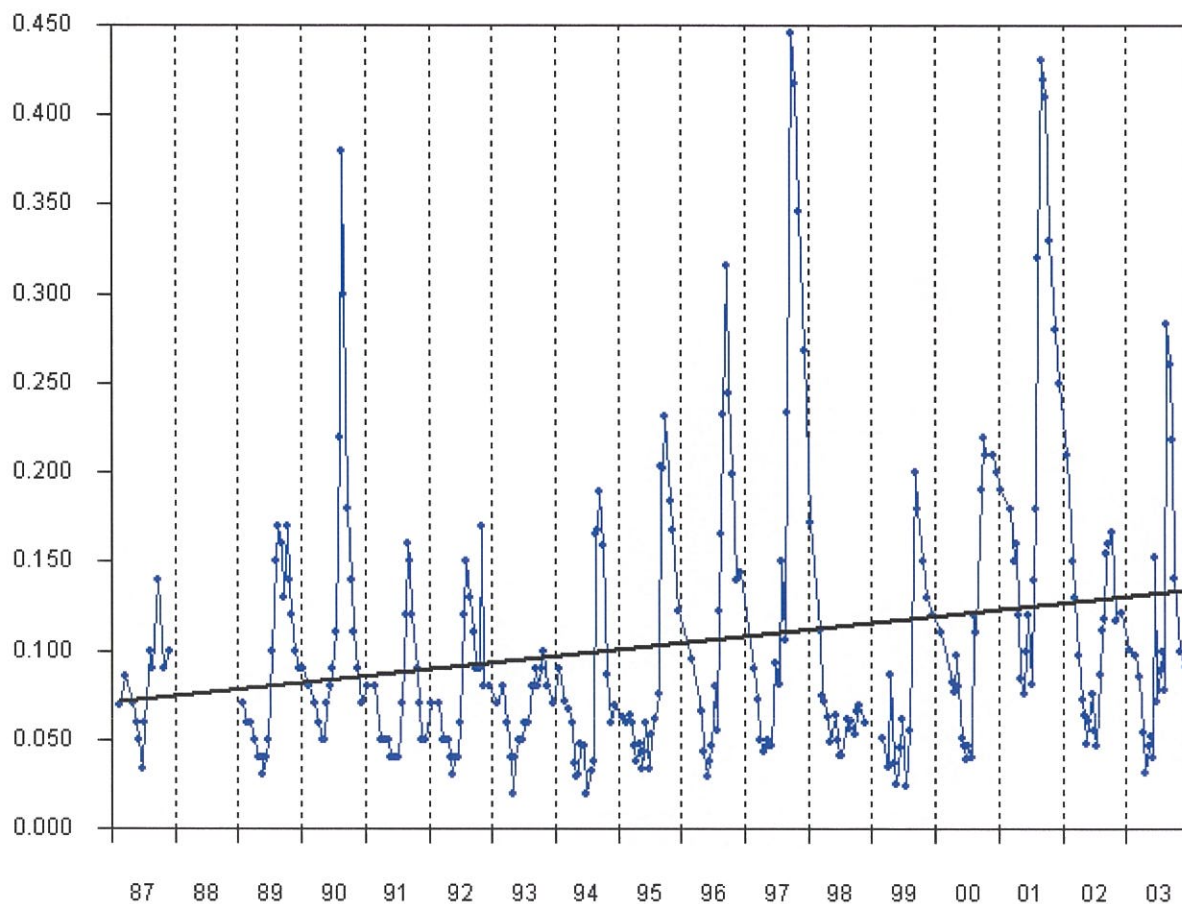


Figur 5.3.2 Koncentrationen af totalfosfor og orthofosfatfosfor i Tisø 2003.

Totalfosforkoncentrationens variation over tid er illustreret på figur 5.3.3. Variationen mellem årene er betydelig. Især årenes sidste halvdel udviser stor variation. I første halvår ligger niveauet mellem 50 og 100 $\mu\text{g/l}$ mens det i sidste halvår svinger fra samme lave niveau i 93, 98 og 99 til det rekordhøje niveau omkring 300 $\mu\text{g/l}$ i år som 90, 97 og 2001. 2003 ligger tæt ved gennemsnittet.

Fosforkoncentrationsniveauet de enkelte år er ikke korreleret med belastningen. De nævnte år med en lav søvandskoncentration lå belastningen omkring middel, mens den i 97 var under og i 2001 over normalen. Det er således i al væsentlighed den interne belastning der afstedkommer forskellen mellem overvågningsårene, og altså primært en klimatisk betinget variation. Der kan dog ikke fastlægges nogen umiddelbar sammenhæng mellem klimaobservationer og fosforfrigivelsen i sensommeren, hvilket nok skyldes at den samlede effekt af vind, temperatur og nedbørsforhold på fosforfrigivelsen er yderst kompleks. Målingerne af iltforholdene i bundvandet, som er afgørende for sedimentets fosforbindingsevne, forklarer ikke den observerede variation; men da lagdeling i Tisø

normalt er af meget kort varighed, kan det ikke udelukkes, at der nogle år optræder gentagne situationer med iltmangel som ikke registreres med 14-dages måleintervaller



Figur 5.3.3 Variationen i koncentrationen af totalfosfor i Tisø 1987- 2003, mg/l.

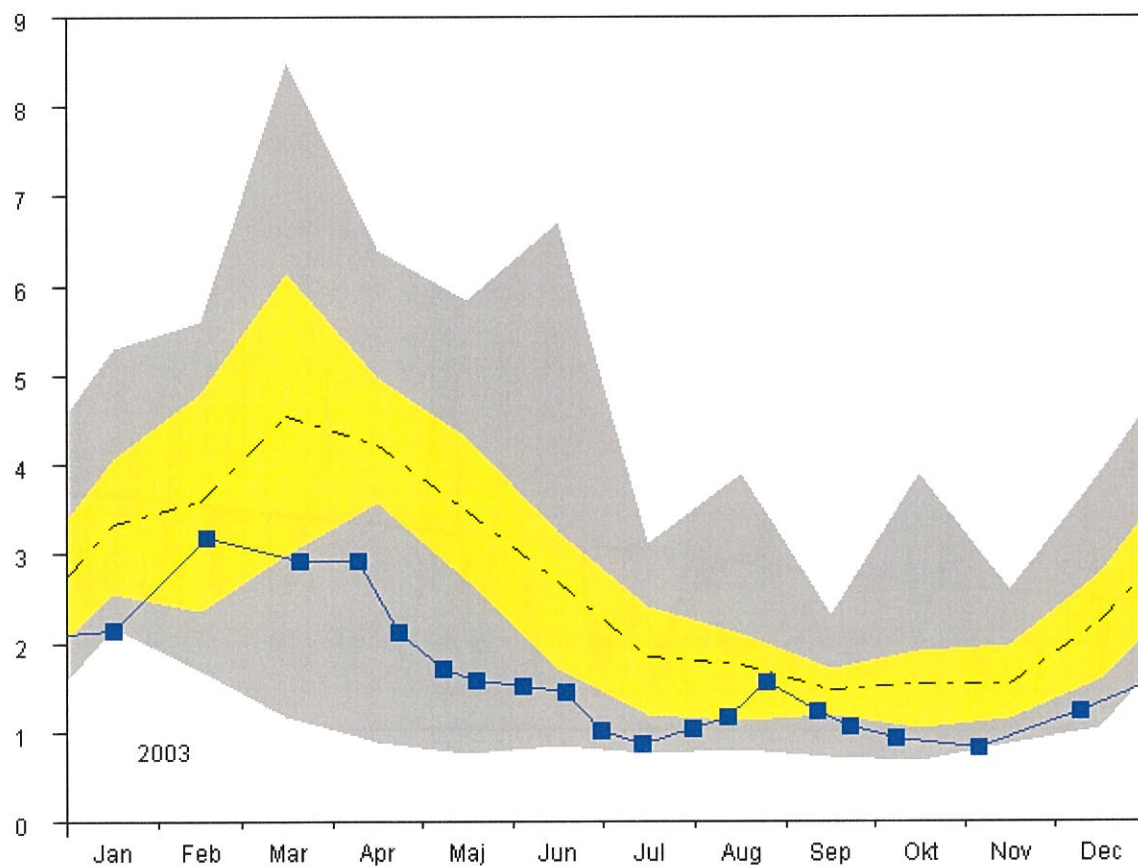
Tendensen beregnet ved lineær regression på henholdsvis sommer- og årsmiddelværdier af totalfosforkoncentrationen er stigende, stigningen er imidlertid ikke signifikant og skyldes i væsentlig grad det høje niveau i 2001. Tendensen beregnet uden inddragelse af 2001-data viser da også kun en svag stigning på årsværdier, mens sommermiddelværdierne udviser en svagt faldende tendens.

5.2 Kvælstof

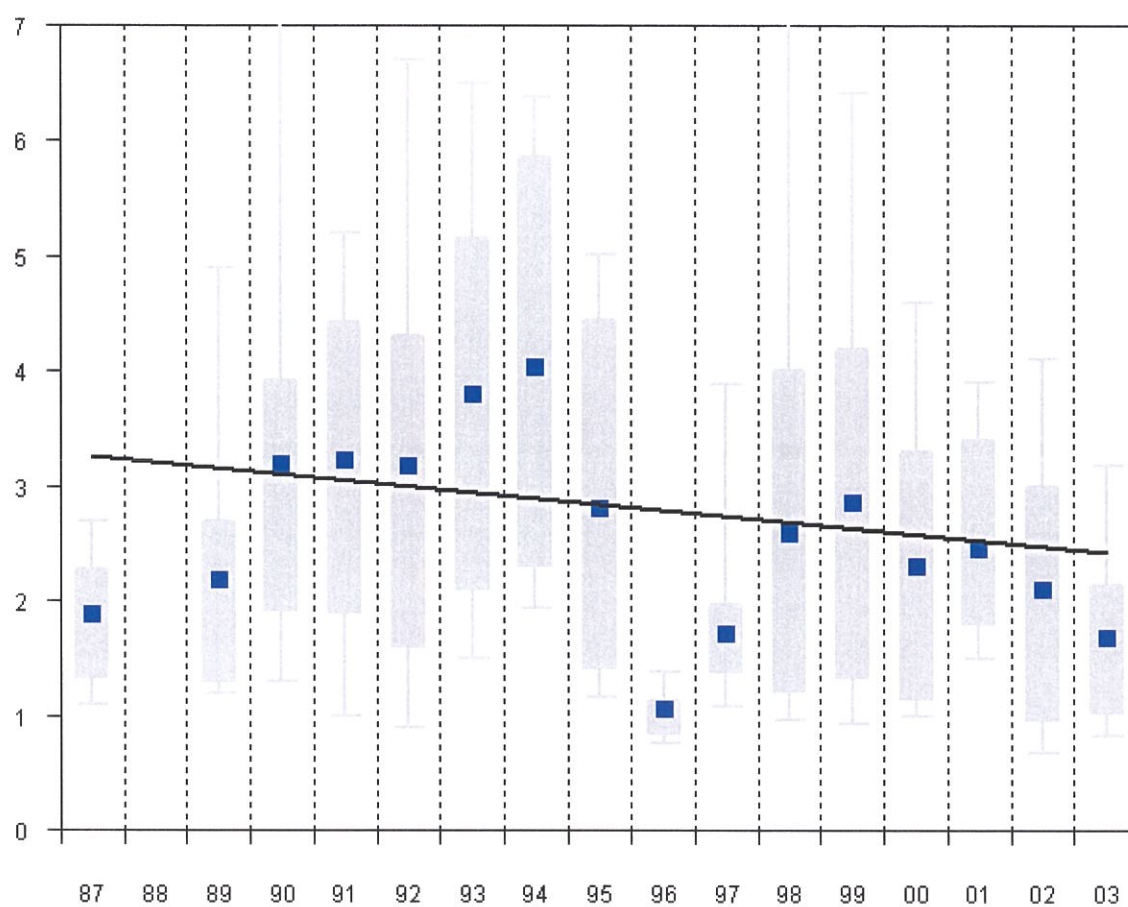
Totalkvælstofkoncentrationen i Tisø fulgte også i 2003 det sædvanlige mønster. Men på et meget lavt niveau i forhold til gennemsnittet for hele overvågningsperioden. Især april-maj lå den lavt p.g.a. den ”manglende” afstrømning. De lave kvælstofkoncentrationer medførte en rekord lav kvælstoffraførsel fra Tisø i 2003

Figur 5.3.2 viser variationen i årsmiddelværdier af totalkvælstofkoncentration gennem overvågningsperioden. I modsætning til fosforkoncentrationen er kvælstofkoncentrationen godt korreleret med den eksterne belastning det pågældende år. Sommermiddelværdier viser helt det samme mønster.

Såvel sommer- som årsgennemsnit viser ved lineær regression en meget svagt faldende tendens over overvågningsperioden. Tendensen er ikke signifikant.



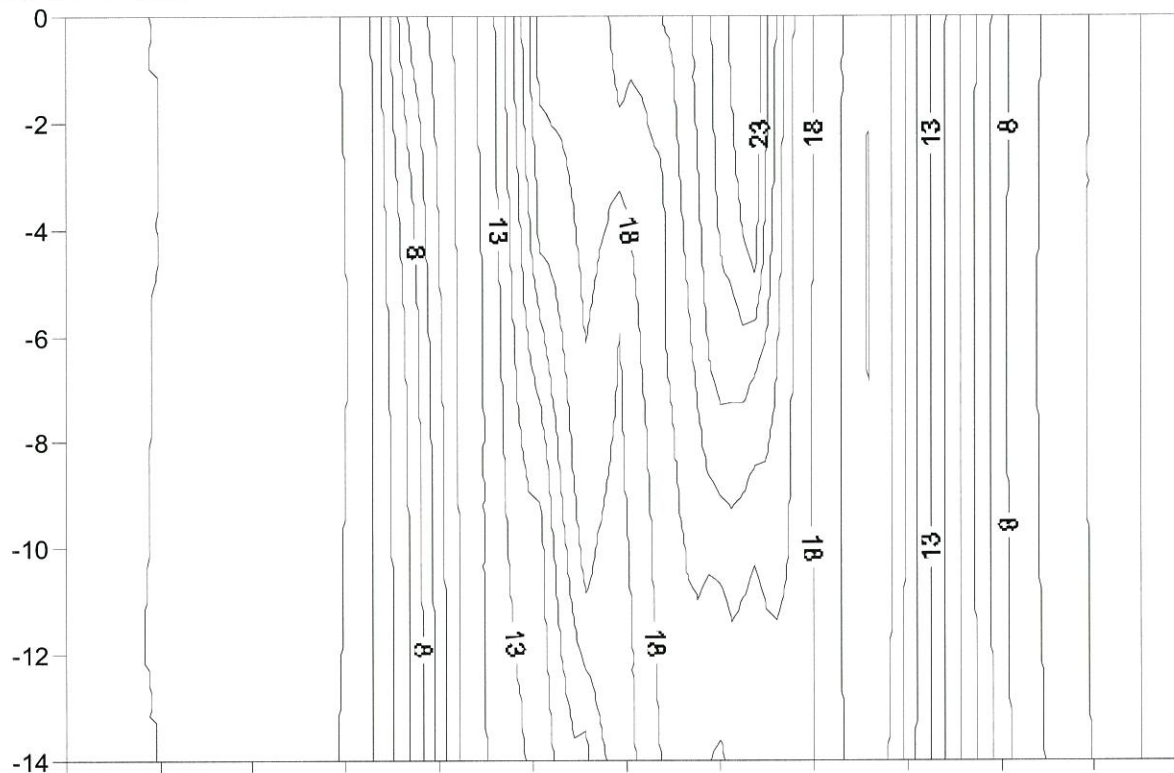
Figur 5.3.1 Søvandskoncentrationen af total-kvælstof i Tisø 2003 sammenlignet med gennemsnittet for de øvrige overvågningsår (stiplet linje) samt min/max og 25 - 75 % fraktiler, mg/l.



Figur 5.3.2 Årsmiddelkoncentrationer af total-kvælstof i Tisø 1987 - 2003 samt max/min og 25 -75 % fraktiler, mg/l.

5.3 Øvrige vandkemiske og -fysiske parametre

Temperatur og ilt

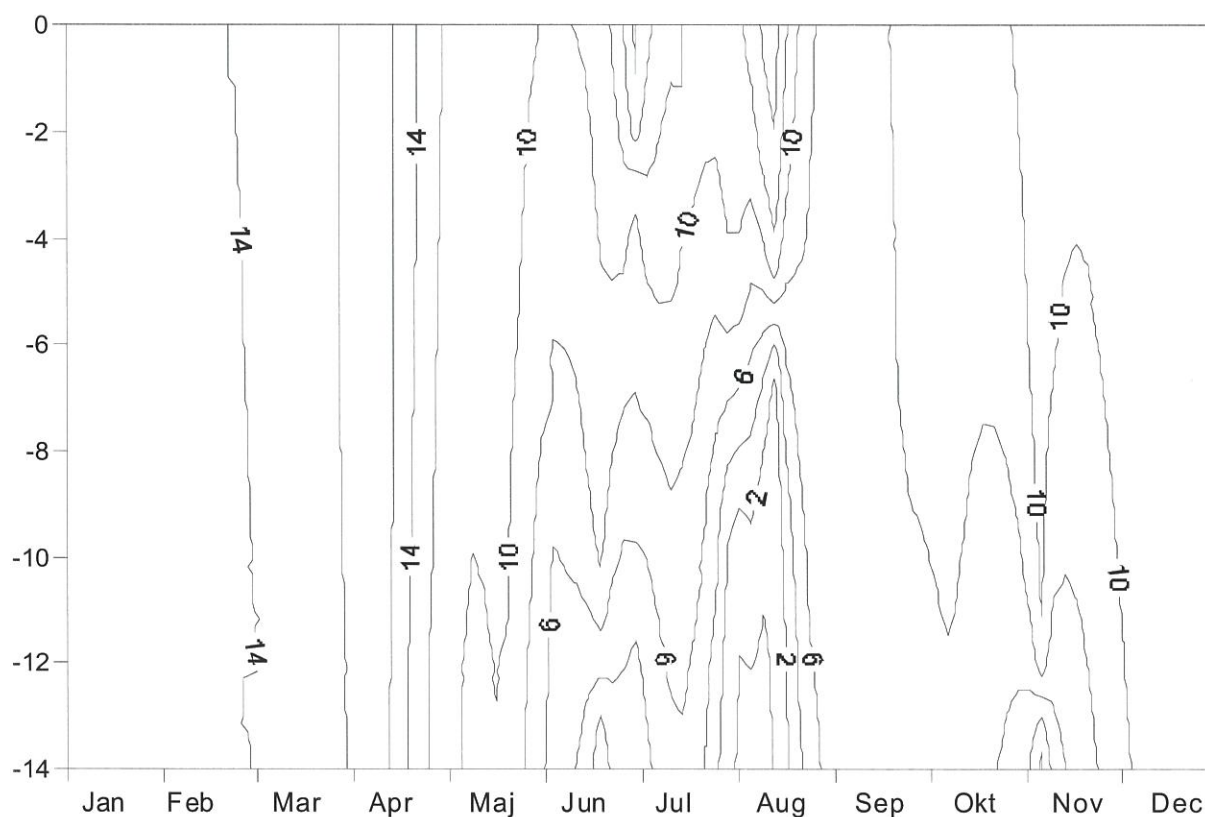


Figur 5.3.1 Temperaturforholdene i Tissø 2003. Temperatur i °C.

Temperatur og iltforholdene i Tissø, målt på hovedstationen, er afbildet på figur 5.3.1 - 5.3.2. Tissøs i forhold til arealet meget beskedne dybde og den vindeksponerede beliggenhed medfører, at vandmassen normalt er fuldt opblandet. Evt. lagdeling af vandmassen er som regel af kort varighed og giver sjældent anledning til egentlig iltmangel, selv om iltindholdet i bundvandet undertiden er lidt lavere end i overfladen.

I 2003 var vejrforholdene sådan, at der skete en fuldstændig jævn opvarmning og derefter afkøling af hele søens vandmasse og kun i juli-august var der antydning af temperaturspringlag, figur 5.3.1. Iltforholdene var derfor også gode det meste af året, dog var der første halvdel af august en periode med forhøjet iltindhold i overfladen og faldende mod bunden. Iltkoncentrationer under 4 mg/l optrådte imidlertid kun i de dybeste partier og i en relativt kort periode. I september blev vandmassen fuldstændigt opblandet så der atter var fuld iltmætning i hele vandsøjlen.

På trods af de relativt gode iltforhold var fosforfrigivelsen af sædvanlig størrelse sammenlignet med de øvrige overvågningsår.



Figur 5.3.2 Iltforholdene i Tissø 2003. Ilt i mg/l.

Sammenfattende må ilt- og temperaturforholdene i Tissø betegnes som meget ensartede i hele vandmassen. Iltforholdene er gode året rundt, bortset fra de dybeste områder, hvor der i korte perioder hver sommer kan være noget reduceret iltindhold.

Silicium

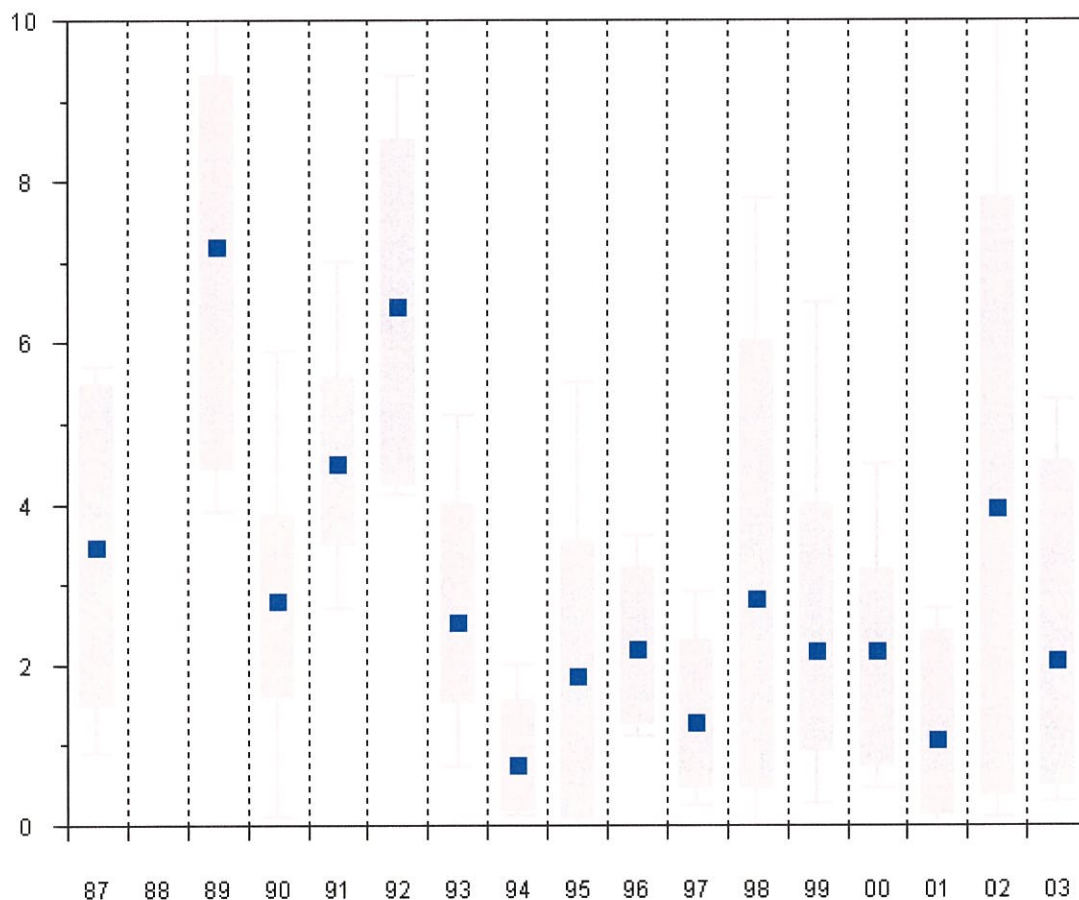
Siliciumkoncentrationen i Tissø har ændret sig radikalt gennem overvågningsperioden. I de første 5 år svingede koncentrationen omkring 6.5 mg/l, mens den fra 94 til 2001 har ligget på et niveau omkring 3 mg/l. Se figur 5.5.3 De tilsvarende sommermiddelværdier er henholdsvis 4 og 2 mg/l. I 2002 steg den imidlertid til det oprindelige niveau; hvorefter den fald igen i 2003.

Alligevel er den faldende tendens signifikant både på årsmiddelværdier og sommermiddelværdier. Det er uvist hvad grunden er til dette fald.

I løbet af året svinger siliciumkoncentrationen i et topuklet forløb med maks. koncentrationer i feb og november og minimum i maj - juni. I 2003 lå koncentrationen lidt under middel for overvågningsperioden. I april-maj lå den imidlertid meget lavt sammenfaldende med et stort kiselalgeomaksimum.

Silicium er afgørende for kiselalgekoncentrationens årstidsvariation; idet vandets indhold af silicium som regel bruges op under kiselalgernes forårsmaksimum og derefter er begrænsende for kiselalgeproduktionen hen over sommeren, indtil der igen ved totalopblandingen i sensommeren tilføres silicium. Der kan derimod ikke konstateres nogen sammenhæng mellem det faldende

siliciumindhold gennem overvågningsperioden og mængden af kiselalger, der veksler meget fra år til år.



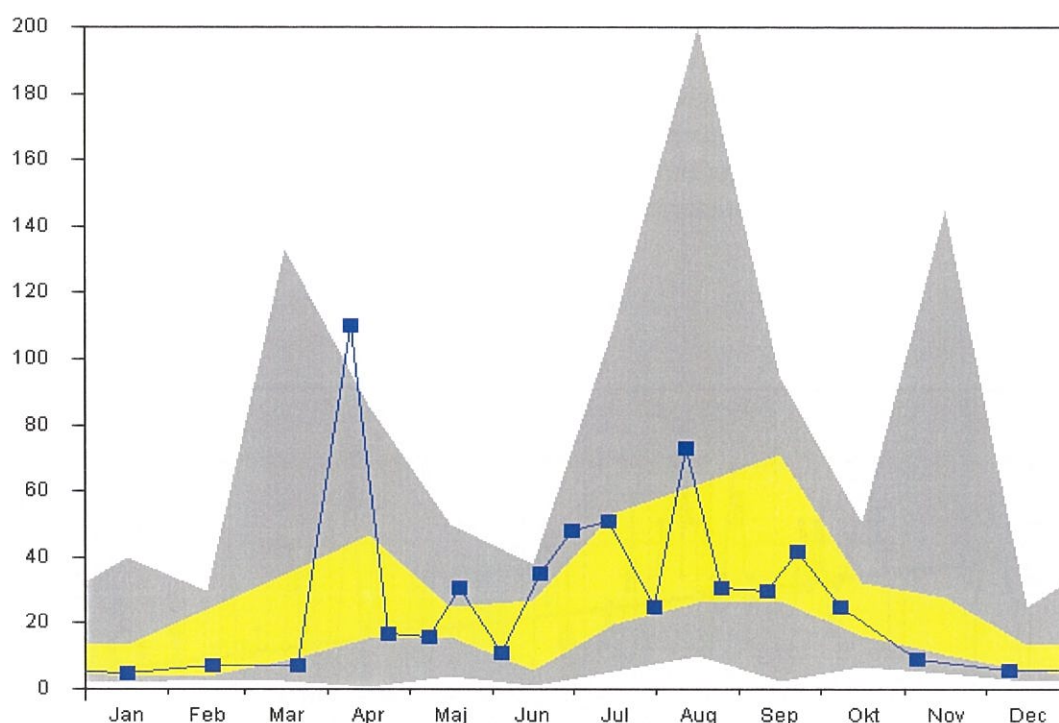
Figur 5.5.3. Årsmiddelkoncentrationen af silicium i Tissø 1987-2003. mg/l.

5.4 Sigtdybde og klorofyl

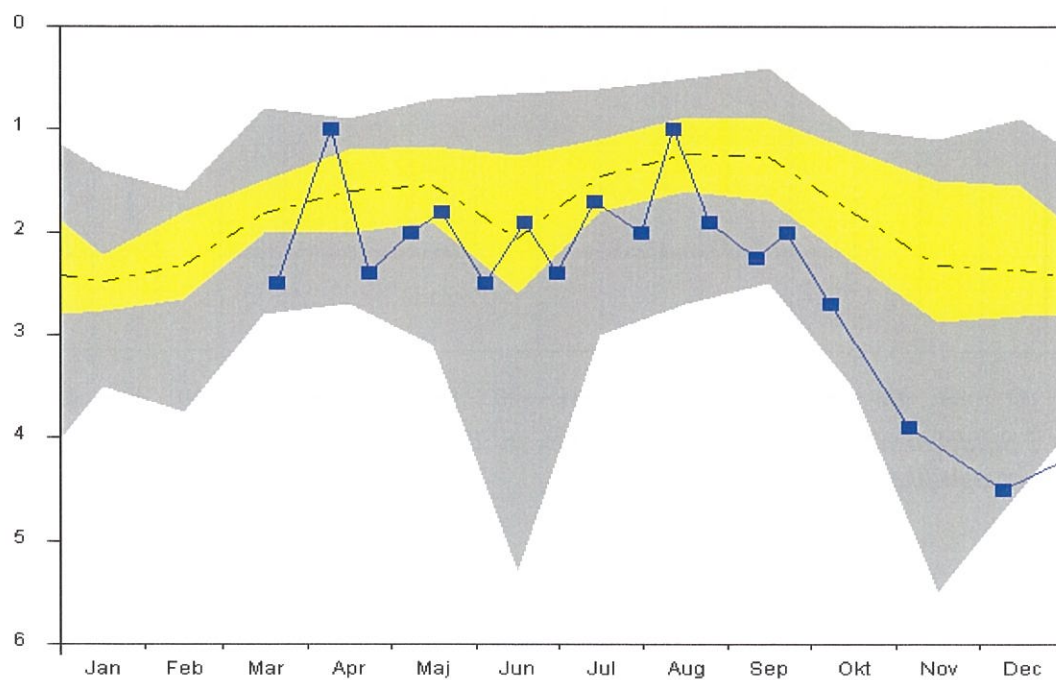
Klorofylindholdet i Tissø, der i 2001 var ekstremt højt, især under opblomstring af blågrønalger i august, lå som i 2002 gennem hele 2003 tæt på normalen for hele overvågningsperioden. Kun kiselalgemaksimumet skiller sig ud i form af en meget høj værdi i april. Middelkoncentrationen for sommerperioden lå lidt under medianen for hele overvågningsperioden. Det samme var tilfældet for årsmiddelkoncentrationen se tabel 5.1 og figur 5.4.1

Set over hele overvågningsperioden er der ikke sket nogen udvikling i klorofylindholdet i Tissø. Den meste markante forskel årene imellem ligger i størrelsen af henh. forårs- og sensommermaks; det generelle mønster er det samme alle årene.

Sigtdybden følger det samme mønster som klorofylindholdet men i modfase, se figur 5.4.2. Indtil oktober fulgte sigtdybden nogenlunde gennemsnittet for hele overvågningsperioden herefter steg den kraftigt sidst på året. 2002. Phytoplankton forårsmaksimumet er kun lige markeret ligesom et sommermaksimum i starten af august.

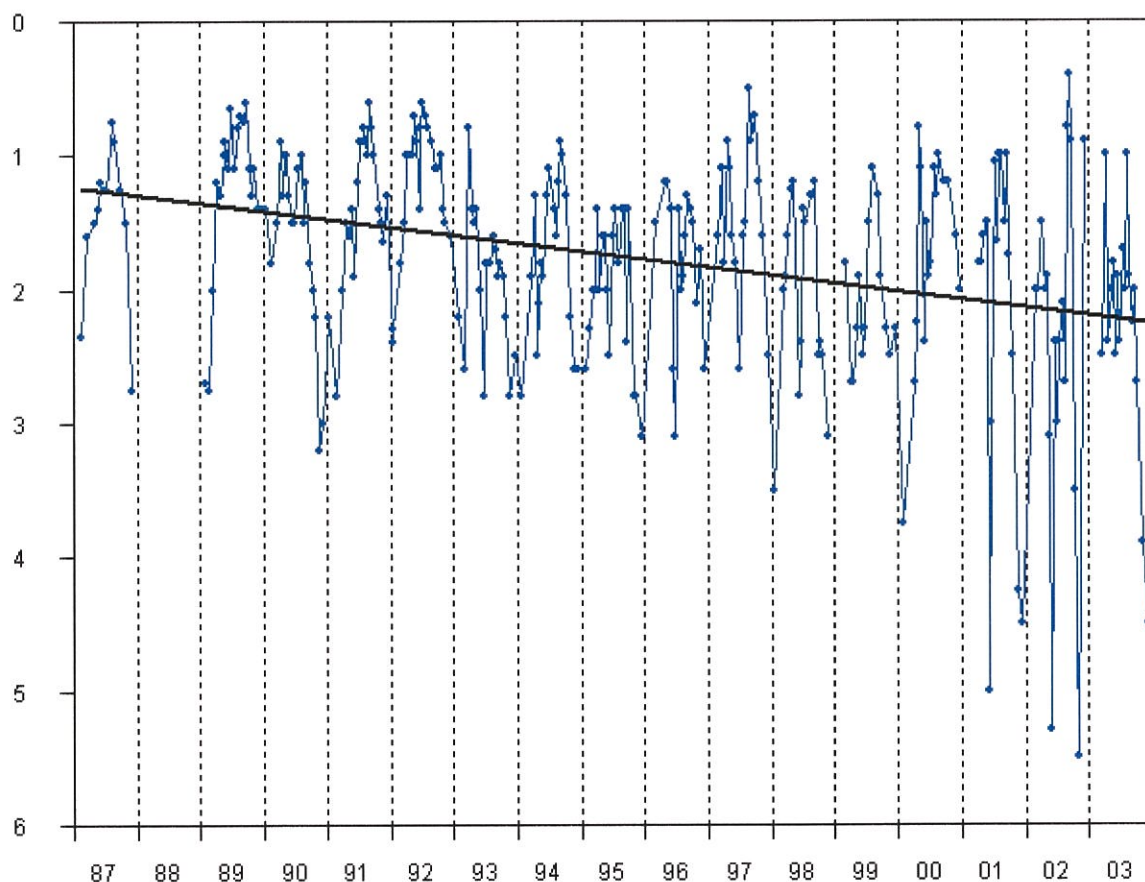


Figur 5.4.1. Chlorofyl-a-koncentrationen i Tissø 2003. mg/l. Sammenlignet med maks. og min. samt 25 og 75 % fraktiler for de foregående overvågningsår



Figur 5.4.2 Sigtedybden i Tissø 2003, m, sammenlignet med månedsmiddelværdier (stiplet linje), maks. og min. samt 25 og 75 % fraktiler for de foregående overvågningsår.

Set over hele overvågningsperioden er der sket en markant forbedring af sigtddyden, både på årsmiddelværdier og sommermiddelværdier, figur 5.4.3. Stigningen modsvares ikke af et faldende klorofylindhold. De generelle sigtddybdeforhold er heller ikke mærkbart forbedret. De stigende middelværdier skyldes således primært, at der optræder flere og længere klarvandsperioder; mens sigtddyden det meste af tiden ligger omkring middel for overvågningsperioden. De seneste tre år har sigtddyden adskillige gange været større end 3 m hvilket kun er sket udtagelsesvis i perioden 1988 til 2000.



Figur 5.4.3 Sigtddybmålinger i Tisø 1987 - 2003, m. Tendens beregnet ved lineær regression, stigningen er signifikant.

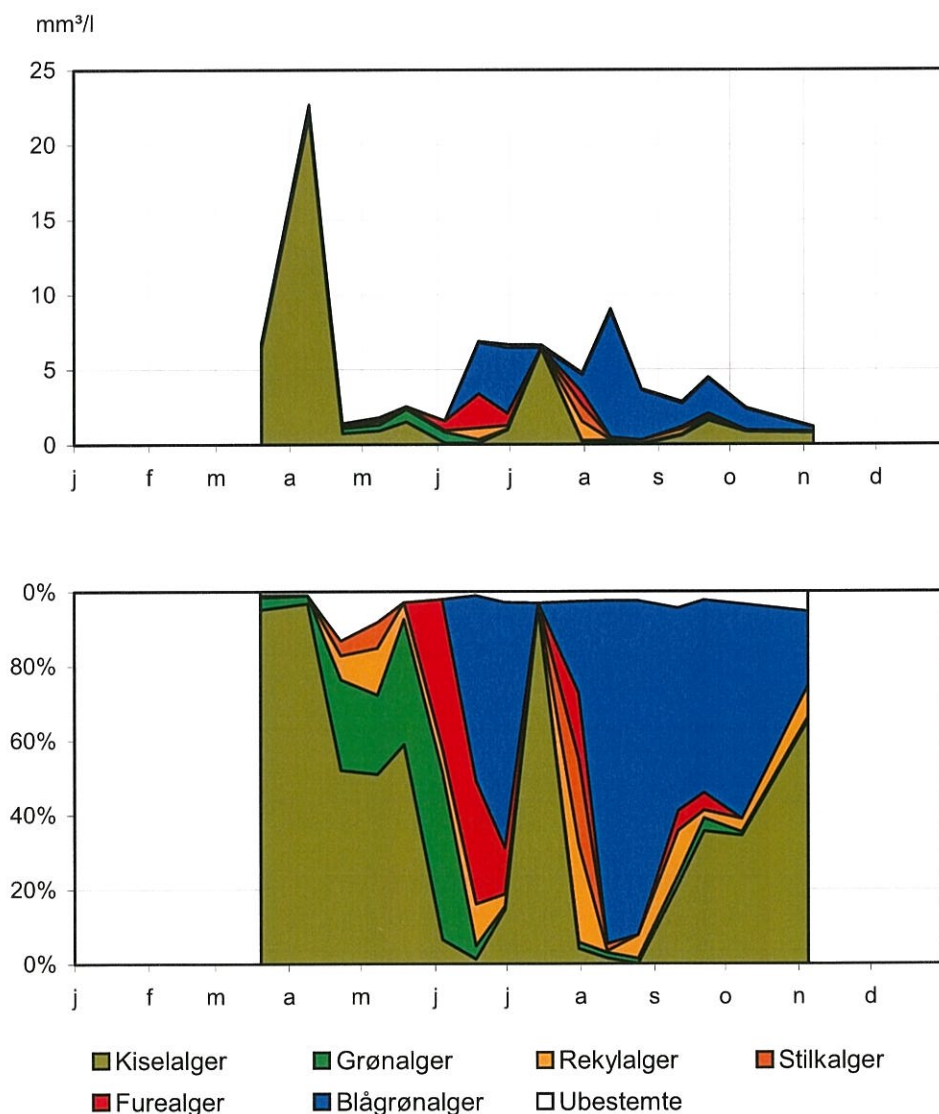
Tabel 5.1 Tidsvægtede års- og sommermiddelværdier af vandkemiske parametre og sigtddybde i Tissø 2003, sammenlignet med værdierne for 1987 og 1989 - 2002. (* Glødetab af suspenderet stof er kun målt i 1998 - 2003. **Jern er målt siden 1993)

Parameter	Tds.vægt. middelværdi	1987 og 1989-2002			2003
		Min.	Median	Max.	
Sigtddybde meter	År	1.3	1.9	2.3	2.43
	Sommer	0.9	1.5	2.3	1.97
pH	År	8.2	8.4	8.5	8.5
	Sommer	8.4	8.5	8.6	8.6
Chlorofyl-a µg/l	År	16	27	43	25
	Sommer	17	37	69	35
Ammonium-N mg/l	År	0.012	0.034	0.150	0.036
	Sommer	0.011	0.026	0.110	0.047
Nitrit/nitrat-N mg/l	År	0.08	1.49	2.80	0.67
	Sommer	0.01	1.06	2.35	0.28
Total-N mg/l	År	1.06	2.59	4.02	1.69
	Sommer	0.99	2.22	3.68	1.29
Orto-P µg/l	År	28	50	160	64
	Sommer	10	37	130	68
Total-P µg/l	År	68	91	219	107
	Sommer	53	85	210	127
Alkalinitet mmol/l	År	2.88	3.29	3.86	3.30
	Sommer	2.58	3.24	3.82	3.07
Silicium mg/l	År	0.85	3.98	7.97	3.98
	Sommer	0.75	2.52	7.21	2.05
Suspenderet stof mg/l	År	5.1	6.6	10.0	9.47
	Sommer	5.2	7.8	10.3	10.6
Glødetab af s.s. *	År	3.3	4.0	4.7	5.52
	Sommer	4.5	4.9	5.7	7.28
Total-Fe **	År	0.04	0.05	0.07	0.04
	Sommer	0.03	0.03	0.08	0.03

5.5 Planteplankton

Planteplanktonbiomasse og årstidsvariation

Planteplanktons biomasse og opdeling på grupper ses af figur 5.5.1 og bilag 2. De enkelte arters biomasse fremgår af bilag 3. Dominerende og subdominerende arter på de enkelte prøvetagningsdatoer fremgår af tabel 5.5.1.



Figur 5.5.1. Tisø 2003. Planteplanktonbiomasse og procentvis fordeling på hovedgrupper

Den totale planteplanktonbiomasse varierede mellem 1,2 mm³/l i november og 23 mm³/l i begyndelsen af april. Gennemsnit fra perioden marts-oktober var 5,5 mm³/l. Kiselalger (53%) og blågrønalger (29%) dominerede. I maj-september var planteplanktons gennemsnitlige biomasse 4,6 mm³/l, domineret af blågrønalger (47%), kiselalger (26%) og furealger 10%.

I begyndelsen af april udvikledes et meget stort forårsmaksimum (23 mm³/l), der næsten udelukkende bestod af kiselalgen *Stephanodiscus neoastraea*. Planteplanktonbiomassen faldt brat midt i april og var sidst i april og i maj 1,4-2,5 mm³/l, fortsat domineret af kiselalger. I begyndelsen af juni dominerede grønalger (45%) og furealger (40%). Fra midt i juni til først i oktober varierede biomassen mellem 2,4 og 9,1 mm³/l med maksimum i august. I denne periode dominerede blågrønalger (50-90%), bortset fra juli, hvor der kom et indslag af kiselalger (96%), efterfulgt af et diverst planteplanktonsamfund sidst i juli, hvor blågrønalger, rekylalger, furealger og stilkalger

udgjorde omtrent lige store dele af biomassen. I november var biomassen lille, domineret af kiselalger (53%).

Planteplanktons artssammensætning

Furealger

Den gennemsnitlige biomasse af furealger var $0,30 \text{ mm}^3/\text{l} = 5\%$ af den gennemsnitlige totale biomasse i perioden marts-oktober og $0,44 \text{ mm}^3/\text{l} = 10\%$ i sommerperioden maj-september. Furealger fandtes i en sammenhængende periode i juni - begyndelsen af juli samt sidst i juli og i september. De havde maksimum i forbindelse med springlagsdannelse i søen i juni ($0,64\text{-}2,3 \text{ mm}^3/\text{l} = 12\text{-}40\%$).

Ceratium hirundinella var den vigtigste furealge og udgjorde hele furealgemaksimum i juni. *Peridinium* spp. udgjorde 9% af den totale biomasse i sidst i juli.

Kiselalger

Den gennemsnitlige biomasse af kiselalger var $2,9 \text{ mm}^3/\text{l} = 53\%$ af den gennemsnitlige totale biomasse i perioden marts-oktober og $1,2 \text{ mm}^3/\text{l} = 26\%$ i sommerperioden maj-september. Kiselalger havde tre maksima, et stort forårsmaksimum midt i marts ($23 \text{ mm}^3/\text{l}$), ét sommermaksimum midt i juli ($6,4 \text{ mm}^3/\text{l}$) og et mindre efterårsmaksimum sidst i september ($1,6 \text{ mm}^3/\text{l}$). De dominerede planteplanktonbiomassen i marts-maj (51-97%), midt i juli (96%) samt i november (65%). Resten af året udgjorde de 0-36%.

De vigtigste kiselalger var *Stephanodiscus neoastraea* og små centriske kiselalger ($<10 \text{ }\mu\text{m}$ og $10\text{-}30 \text{ }\mu\text{m}$) forår og sommer samt trådformede *Aulacoseira* spp. i efteråret.

Stilkalger

Stilkalgen *Chrysochromulina parva* fandtes i målelige mængder i to perioder, sidst i april samt i begyndelsen af maj, hvor de udgjorde 4-7% af planteplanktons biomasse og sidst i juli samt i begyndelsen af august, hvor de udgjorde 2-23%. Deres maksimum var sidst i juli ($1,1 \text{ mm}^3/\text{l}$).

Grønalger

Grønalger var den artsrigeste planteplanktongruppe. De fandtes hele året, men gennemsnitligt var biomasse kun $0,24 \text{ mm}^3/\text{l} = 4\%$ af den totale biomasse i marts-oktober og $0,25 = 6\%$ i maj-september. De opnåede højest biomasse i april-maj samt begyndelsen af juni ($0,34\text{-}0,86 \text{ mm}^3/\text{l}$), hvor de udgjorde 21-45% af den totale biomasse. Resten af året udgjorde de 1-4%.

Den vigtigste grønalg var en lille art af Chlorococcales, *Chlorella* sp./*Dictyosphaerium subsolitarium*, der fandtes hele året, men kun var kvantitativt vigtig sidst i april samt i maj (15-27%). Under den lave biomasse i begyndelsen af juni udgjorde *Sphaerocystis Schroeteri* 32% af den totale biomasse.

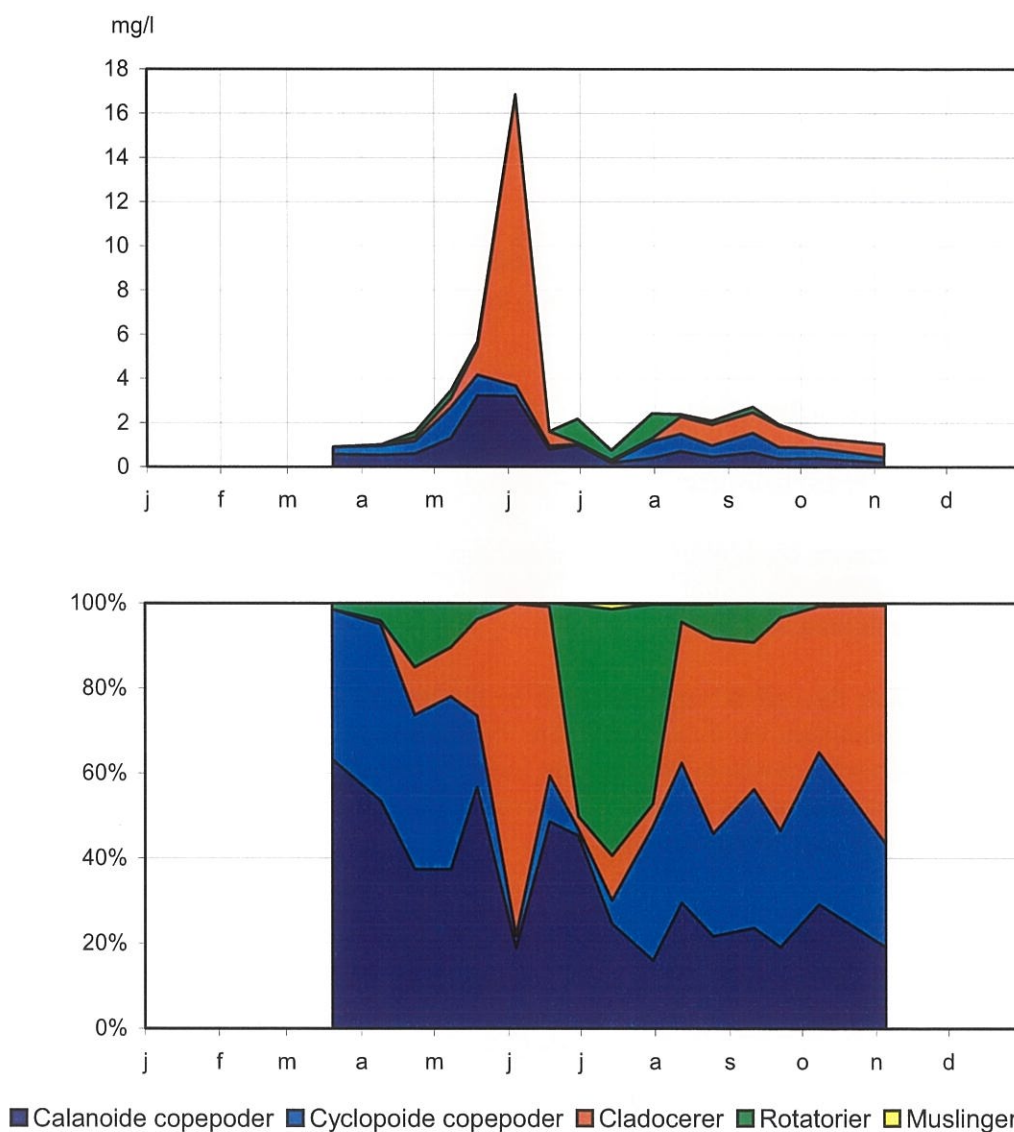
Tabel 5.5.1. Tissø 2003. Planteplanktonbiomasse, dominerende og subdominerende arter i procent af den totale biomasse.

DATO:	Total biomasse mm ³ /l	Dominerende art	Andel af biomasse %	Subdominerende arter	Andel af biomasse %
20-mar	6,8	<i>Stephanodiscus neoastraea</i>	87	Centriske kiselalger (<10 µm)	7
09-apr	22,7	<i>Stephanodiscus neoastraea</i>	94	Centriske kiselalger (<10 µm)	2
23-apr	1,4	Centriske kiselalger (<10 µm)	31	<i>Stephanodiscus neoastraea</i>	17
				<i>Chlorella</i> sp./ <i>Dic.subsolitarium</i>	17
				Ubestemte (<10 µm)	10
08-maj	1,8	<i>Stephanodiscus neoastraea</i>	19	Centriske kiselalger (<10 µm)	16
				<i>Chlorella</i> sp./ <i>Dic.subsolitarium</i>	15
				Centriske kiselalger (10-30 µm)	14
				<i>Rhodomonas lacustris</i>	12
19-maj	2,5	Centriske kiselalger (<10 µm)	32	<i>Chlorella</i> sp./ <i>Dic.subsolitarium</i>	27
				<i>Stephanodiscus neoastraea</i>	15
				Centriske kiselalger (10-30 µm)	10
04-jun	1,6	<i>Ceratium hirundinella</i>	40	<i>Sphaerocystis Schroeteri</i>	32
18-jun	6,9	<i>Anabaena flos-aquae</i>	50	<i>Ceratium hirundinella</i>	33
30-jun	6,7	<i>Anabaena flos-aquae</i>	39	<i>Anabaena</i> spp.	27
				<i>Ceratium hirundinella</i>	12
				Centriske kiselalger (<10 µm)	10
14.jul	6,7	<i>Stephanodiscus neoastraea</i>	42	Centriske kiselalger (10-30 µm)	30
				<i>Aulacoseira</i> spp.	16
31-jul	4,8	<i>Cryptomonas</i> spp. (20-30 µm)	25	<i>Chrysochromulina parva</i>	23
				<i>Microcystis</i> spp.	11
12-aug	9,1	<i>Anabaena</i> spp.	56	<i>Aphanizomenon gracile</i>	27
25-aug	3,7	<i>Anabaena</i> spp.	70	<i>Aphanizomenon gracile</i>	18
11-sep	2,9	<i>Anabaena</i> spp.	37	<i>Cryptomonas</i> spp. (20-30 µm)	12
				Centriske kiselalger (10-30 µm)	10
				<i>Aphanizomenon gracile</i>	8
22-sep	4,5	<i>Aulacoseira granulata</i>	36	<i>Anabaena</i> spp.	29
				<i>Microcystis</i> spp.	11
				<i>Planktothrix agardhii</i>	10
08-okt	2,4	<i>Planktothrix agardhii</i>	37	<i>Aulacoseira</i> spp.	35
				<i>Microcystis</i> spp.	21
05-nov	1,2	<i>Aulacoseira</i> spp.	65	<i>Aphanizomenon klebahnii</i>	20
gsn. 20-mar - 31-okt	5,5	<i>Stephanodiscus neoastraea</i>	39	<i>Anabaena</i> spp.	13
				<i>Anabaena flos-aquae</i>	6
gsn. 01-maj - 30-sep	4,6	<i>Anabaena</i> spp.	23	<i>Anabaena flos-aquae</i>	11
				<i>Ceratium hirundinella</i>	9
				<i>Stephanodiscus neoastraea</i>	8
				<i>Aphanizomenon gracile</i>	7

5.6 Dyreplankton

Dyreplanktonbiomasse og årstidsvariation

Dyreplanktons biomasse og sammensætning i løbet af 2003 fremgår af figur 5.6.1 samt af bilag 7. De enkelte arters biomasse fremgår af bilag 9.



Figur 5.6.1. Tisø 2003. Dyreplanktonbiomasse (mg våd vægt/l) og procentvis fordeling på hovedgrupper.

Dyreplanktonbiomassen varierede mellem 0,75 mg/l midt i juli og 17 mg/l i begyndelsen af juni. Den gennemsnitlige biomasse var 3,0 mg/l i perioden marts-oktober og 3,9 mg/l i sommerperioden maj-september. I marts-oktober bestod dyreplanktons gennemsnitlige biomasse af copepoder (47%),

cladocerer (44%) og rotatorier (9%). I maj-september var sammensætningen cladocerer (48%), copepoder (43%) og rotatorier (9%).

Dyreplanktons biomassemaksimum (17 mg/l) fandtes i maj og begyndelsen af juni, domineret af *Daphnia galeata* (65%). I resten af prøvetagningsperioden varierede dyreplanktons biomasse mellem 0,75 mg/l og 2,7 mg/l.

Dyreplanktonsamfundet var det meste af året domineret af copepoder. I begyndelsen af juni under dyreplanktons biomassemaksimum, samt på en dato i september og november, var cladocerer den vigtigste dyregruppe (50-78%). I juli dominerede rotatorier (47-58%).

Dyreplanktons artssammensætning

Dyreplanktons artssammensætning fremgår af bilag 9 og 10. Der blev i alt fundet 39 arter/slægter af rotatorier, cladocerer, copepoder og muslinger i Tissø 2003. Dominerende og subdominerende arter/grupper på de enkelte prøvedatoer fremgår af tabel 5.6.1.

Rotatorier

Rotatoriebiomassen varierede mellem 0,005 mg/l i november og 1,1 mg/l sidst i juni og sidst i juli. Rotatoriernes gennemsnitlige biomasse var 0,26 mg/l i marts-oktober og 0,35 mg/l i maj-september, hvilket svarer til 9% af den totale dyreplanktonbiomasse i begge perioder.

Rotatorier havde størst biomasse og udgjorde den største andel af den samlede dyreplanktonbiomasse sidst i juni samt i juli (47-58%). Resten af året udgjorde de 0-15%, og var uden væsentlig betydning for den totale dyreplanktonbiomasse.

Rotatorier var den artsrigeste dyreplanktongruppe med 26 fundne arter. Kun få arter var kvantitativt vigtige i løbet af året. I gennemsnit var de vigtigste arter *Synchaeta* spp., *Keratella quadrata* og *Asplanchna priodonta*. *Keratella quadrata* fandtes især forår og sommer, *Synchaeta* spp. især sommer og efterår og *Asplanchna priodonta* kun midt på sommeren. I juni-juli, hvor rotatorier havde størst betydning, bestod deres biomasse især af disse tre arter.

Cladocerer

Cladocerbiomassen varierede mellem 0,00 mg/l i marts og 13 mg/l i begyndelsen af juni. Den gennemsnitlige biomasse var 1,3 mg/l i marts-oktober og 1,8 mg/l i maj-september. Dette svarede til henholdsvis 44% og 48% af den samlede dyreplanktonbiomasse i de to perioder.

Cladocerer havde størst betydning omkring dyreplanktons årsmaksimum i juni, hvor de udgjorde 40-78% af den totale biomasse. I august-november var cladocerers andel 35-56% af dyreplanktonbiomassen, i resten af perioden 0-23%.

Der blev fundet 8 arter af cladocerer. Gennemsnitligt var de vigtigste cladocerer *Daphnia galeata* og *D. cucullata*, der udgjorde henholdsvis 28% og 10% af den totale gennemsnitlige biomasse i marts-oktober. *Daphnia galeata* fandtes især i maj-juni og dominerede under dyreplanktonmaksimum i begyndelsen af juni (65%). *Daphnia cucullata* fandtes hele året, men havde størst kvantitativ

betydning sensommer og efterår, hvor den udgjorde 19-49% af den totale dyreplanktonbiomasse. *Chydorus sphaericus* udgjorde 9-21% i august og *Bosmina coregoni* 2-9% i august-september.

Tabel 5.6.1. Dyreplanktonbiomasse, dominerende og subdominerende arter i procent af den totale biomasse.

DATO:	Total bio- masse mg/l	Dominerende art	Andel af biomasse %	Subdominerende arter/grupper	Andel af biomasse %
20-mar	0,9	<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	61	Cyclopoide copepoditer <i>Cyclops</i> spp. han	18 12
09-apr	1,0	<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	30	Cyclopoide nauplier <i>Cyclops strenuus</i> hun	21 7
23-apr	1,6	Cyclopoide nauplier	21	<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne Cyclopoide copepoditer	20 11
08-maj	3,5	Cyclopoide copepoditer	38	Calanoide copepoditer	24
19-maj	5,7	Calanoide copepoditer	48	<i>Daphnia galeata</i> Cyclopoide copepoditer	17 12
04-jun	16,9	<i>Daphnia galeata</i>	65	Calanoide copepoditer	17
18-jun	1,6	<i>Daphnia galeata</i>	38	Calanoide copepoditer <i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	35 13
30-jun	2,2	<i>Asplanchna priodonta</i>	46	<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne Calanoide copepoditer	31 12
14-jul	0,7	<i>Keratella quadrata</i>	28	Calanoide copepoditer <i>Daphnia cucullata</i> <i>Synchaeta</i> spp. <100 µm	18 10 8
31-jul	2,4	<i>Synchaeta</i> spp. <100 µm	34	<i>Mesocyclops leuckarti</i> voksne <i>Mesocyclops</i> copepoditer	18 9
12-aug	2,4	<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	19	<i>Mesocyclops leuckarti</i> voksne <i>Daphnia cucullata</i> <i>Mesocyclops</i> copepoditer <i>Chydorus sphaericus</i>	16 14 11 9
25-aug	2,1	<i>Chydorus sphaericus</i>	21	<i>Daphnia cucullata</i> <i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne <i>Mesocyclops leuckarti</i> voksne	19 16 12
11-sep	2,7	<i>Daphnia cucullata</i>	21	<i>Mesocyclops</i> copepoditer <i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne <i>Mesocyclops leuckarti</i> voksne <i>Bosmina coregoni</i>	18 11 9 9
22-sep	1,9	<i>Daphnia cucullata</i>	44	<i>Mesocyclops</i> copepoditer Calanoide copepoditer	18 13
08-okt	1,3	<i>Daphnia cucullata</i>	30	<i>Mesocyclops</i> copepoditer <i>Mesocyclops leuckarti</i> voksne <i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	21 11 9

Tabellen fortsætter næste side

05-nov	1,0	<i>Daphnia cucullata</i>	49	<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	18
Gsn.	3,0	<i>Daphnia galeata</i>	28	Calanoide copepoditer	18
20-mar -				<i>Daphnia cucullata</i>	10
31-okt				<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	8
Gsn.	3,9	<i>Daphnia galeata</i>	32	Calanoide copepoditer	20
01-maj -				<i>Daphnia cucullata</i>	9
30-sep				<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	7

Copepoder

Copepodbiomassen varierede mellem 0,45 mg/l i november og 4,2 mg/l midt i maj. Gennemsnitligt var copepoders samlede biomasse 1,4 mg/l i marts-oktober og 1,7 mg/l i sommerperioden maj-september. Dette svarede til henholdsvis 47% og 43% i de to perioder.

Copepoder dominerede dyreplanktonsamfundet det meste af året. I marts-maj udgjorde de 73-99%, midt i juni 59% og i august-oktober 46-65% af den totale dyreplanktonbiomasse. I de korte perioder midt på sommeren og i november, hvor andre dyregrupper dominerede, udgjorde copepoder 22-43%. Calanoide copepoder dominerede copepodbiomassen fra midt i maj til midt i juli, hvorimod cyclopoide og calanoide copepoder udgjorde næsten lige store andele af den samlede copepod-biomasse resten af året.

Der blev fundet 4 arter af copepoder, den calanoide art *Eudiaptomus graciloides* og de cyclopoide arter *Cyclops strenuus*, *C. vicinus* og *Mesocyclops leuckarti*. Voksne individer af *Eudiaptomus graciloides* fandtes hele året, hvorimod *Cyclops strenuus* især forekom i forårsperioden og *C. vicinus* kun sporadisk. *Mesocyclops leuckarti* fandtes især sommer og efterår. Calanoide copepoditer og voksne *Eudiaptomus graciloides* var i gennemsnit de vigtigste copepodgrupper i perioden marts-oktober.

Muslinger

Der blev fundet planktiske stadier af vandremuslingen *Dreissena polymorpha* fra sidst i juni til sidst i august, men de udgjorde højst 1% af den totale biomasse.

5.7 Samlet diskussion af plante- og dyreplankton

Planteplankton

Planteplanktonsamfundet i Tissø 2003 var typisk for en relativt dyb, klarvandet, eutrof sø med en årscyclus, der var styret af både næringsstofferne koncentration og vertikale fordeling i vandsøjlen, græsning og meteorologiske forhold (Gsn. dybde 8,2 m, årsgsn. i 2002: sigtddybde 2,3 m, pH 8,4, TN 2,1 mg/l, TP 0,12 mg/l uorg. P 0,078 mg/l).

I marts-maj var planteplankton domineret af græsningsfølsomme centriske kiselalger og små chlorococcale grønalger. Små centriske kiselalger og *Chlorella* sp./*Dictyosphaerium subsolitarium* er næringskrævende og hurtigtvoksende selv ved lave temperaturer, og de kræver cirkulation af vandmassen, da de er ubevægelige. Den noget større centriske kiselalge *Stephanodiscus neoaetrea*, der udgjorde forårsmaksimum i marts og begyndelsen af april, findes især i dybe søer, hvor den

cirkuleres rundt i hele vandmassen. Den kan tåle de vekslende lysforhold ved dybdeopblanding. I april-maj var koncentrationen af uorganisk fosfor og silicium så lav, at Ortho-P og SiO₂ sandsynligvis var begrænsende for algernes vækst. Det bratte fald i forårsmaksimum midt i april og den relativt lave biomasse af græsningsfølsomme arter sidst i april og i maj skyldes sandsynligvis især næringssaltbegrænsning, da dyreplanktons græsningstryk endnu var relativt beskedent (40-67%).

En kombination af øget fosforkoncentration og et meget højt græsningstryk på de græsningsfølsomme planteplanktonarter i begyndelsen af juni (750%) medførte en højere planteplanktonbiomasse og et skift i planteplanktonsamfundet til store græsningsresistente furealger og blågrønalger. Et maksimum af den selvbevægelige furealge *Ceratium hirundinella* i begyndelsen af juni tyder på, at der fandtes en periode med temperaturlagdeling i søen.

Midt i juli var biomassen pludselig og kortvarigt domineret af centriske kiselalger (*Stephanodiscus neoaetia* og små arter). Dominans af *Stephanodiscus neoaetia* tyder på, at søen igen var dybdeopblandet. Sidst i juli dominerede rekylalgen *Cryptomonas* spp. og stilkalgen *Chrysochromulina parva*, der ofte ses efter kiselalgemaksimum.

I august skete der, i forbindelse med højere vandtemperatur, tiltagende stagnation af vandmassen og kvælstofbegrænsning i overfladevandet, igen et skift i planteplanktonsamfundet til mere specialiserede og langsomt voksende blågrønalger. I august-september dominerede garnnøgleformede og spiralsnoede arter af *Anabaena*. De favoriseres af et højt græsningstryk og et lavt kvælstofniveau, da de er i stand til at fikse frit kvælstof. De er fosforkrævende, men kan lukusoptage fosfor og derved opretholde en produktion ved efterfølgende lav fosforkoncentration.

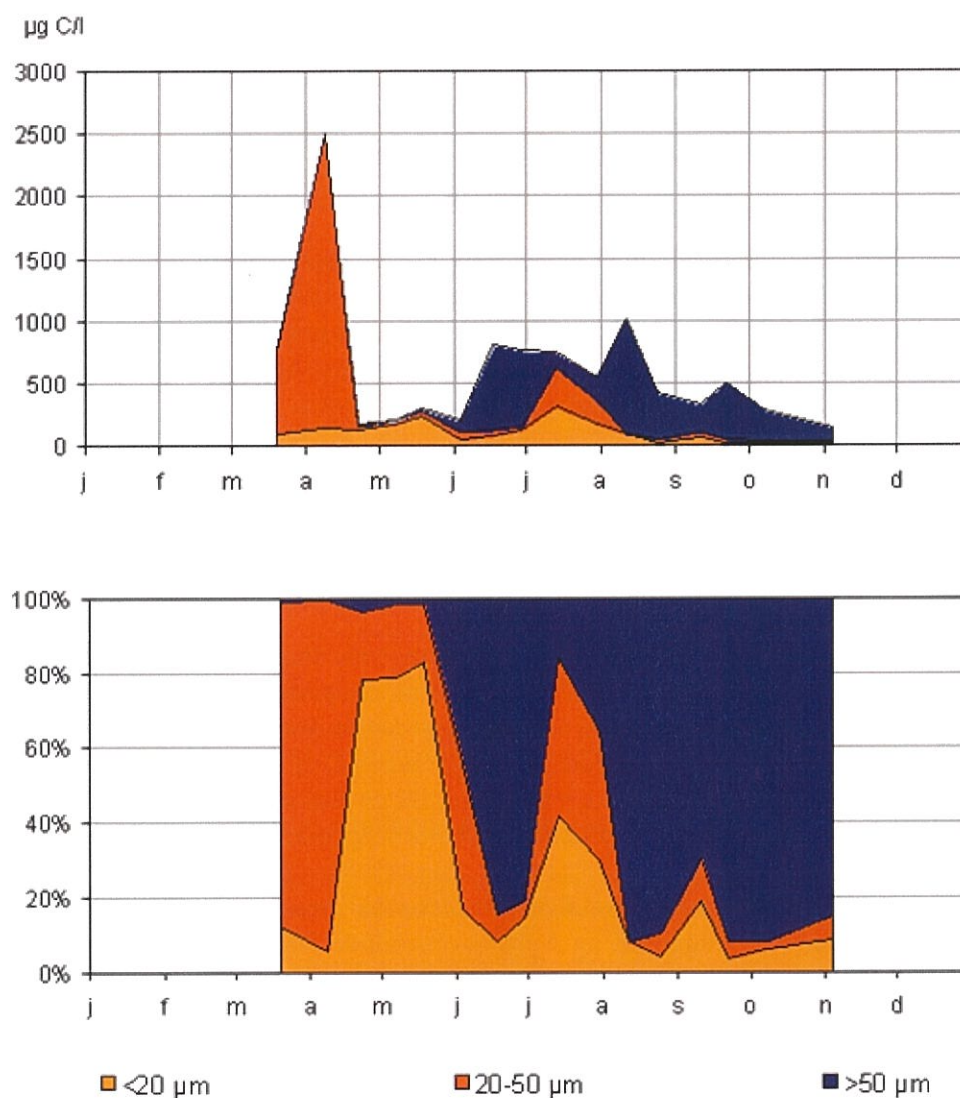
I oktober-november dominerede trådformede kiselalger (*Aulacoseira granulata* og *A. spp.*) samt trådformede blågrønalger (*Planktothrix agardhii* og *Aphanizomenon klebahnii*), der alle har en høj tolerance for dybdeopblanding.

Planteplanktons egnethed som føde for dyreplankton

Størrelsesvariationen af planteplankton i 2003 ses af figur 5.7.1. Normalt regnes planteplankton <50 µm tilgængeligt for dyreplankton.

I marts-maj var 96-100% af den stående planteplanktonbiomasse størrelsesmæssigt tilgængelig for dyreplankton. Denne fraktion (<50 µm) bestod især af små og mellemstore kiselalger, som har en høj fødeværdi for dyreplankton. I juni var fødegrundlaget for dyreplankton forringet til 100-140 µg C/l (16-60% af den totale planteplanktonbiomasse). I juli fandtes igen en høj biomasse af let tilgængelige kiselalger med en høj fødeværdi for dyreplankton.

I august-november var typisk under 15% af planteplanktonbiomassen umiddelbart tilgængelig for dyreplankton. Fødegrundlaget for dyreplankton var dårligt, under 100 µg C/l var umiddelbart tilgængelig for dyreplankton. I denne periode var planteplanktonbiomassen domineret af store blågrønalger og trådformede kiselalger.

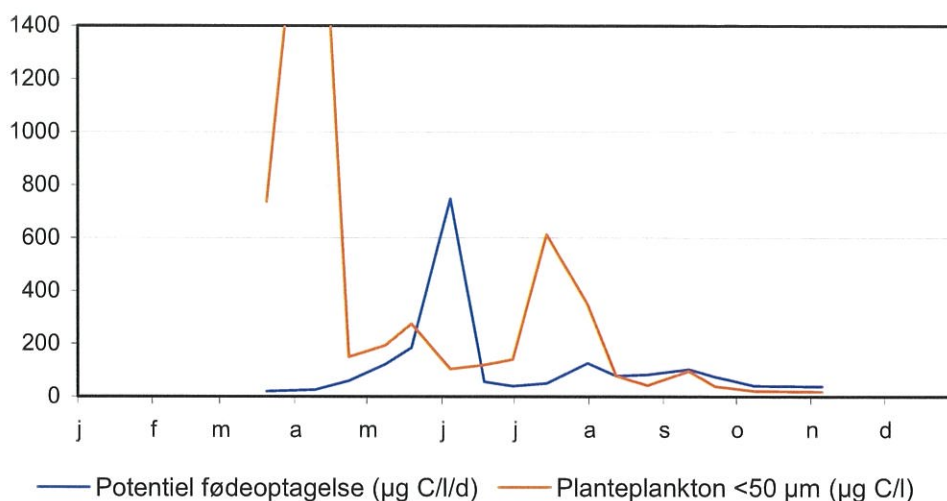


Figur 5.7.1. Tisø 2003. Planteplanktons biomasse ($\mu\text{g C/l}$) opdelt i størrelsesgrupper efter græsningsfølsomhed. $<20 \mu\text{m}$ stærkt græsningsfølsom, $20-50 \mu\text{m}$ middel græsningsfølsom, $>50 \mu\text{m}$ græsningsresistent.

Dyreplanktons græsning

Dyreplanktons potentielle fødeoptagelse og græsningstryk beregnet ud fra deres daglige fødebehov fremgår af bilag 8 og tabel 5.7.1. Figur 5.7.2 viser ligeledes relationen mellem dyreplanktons fødeoptagelse ($\mu\text{g C/l/d}$) og det græsningsfølsomme planteplankton ($<50 \mu\text{m}$ i $\mu\text{g C/l}$).

Dyreplanktons potentielle fødeoptagelse varierede mellem $20 \mu\text{g C/l/d}$ i marts og $750 \mu\text{g C/l/d}$ i begyndelsen af juni. Den gennemsnitlige fødeoptagelse var $118 \mu\text{g C/l/d}$ i perioden marts-oktober og $155 \mu\text{g C/l/d}$ i sommerperioden maj-september. Disse gennemsnit svarede til et gennemsnitligt græsningstryk på henholdsvis 33% og 81%.



Figur 5.7.2. Tissø 2003. Dyreplanktons græsning som potentiel fødeoptagelse ($\mu\text{g C/l/d}$) i relation til græsningsfølsom planteplanktonbiomasse ($<50 \mu\text{m}$, $\mu\text{g C/l}$). Maksimum af planteplankton $<50 \mu\text{m}$ 9. april er $2495 \mu\text{g C/l}$.

Det laveste græsningstryk forekom i marts og begyndelsen af april, hvor fødeoptagelsen var årets laveste. Dyreplankton var domineret voksne *Eudiaptomus graciloides* samt voksne carnivore *Cyclops* spp. Der fandtes kun få effektive græssere, og dyreplankton var derfor ikke i stand til at regulere planteplanktons forårsmaksimum. Da planteplanktons forårsmaksimum bestod af kiselalger (*Stephanodiscus neoastraea* og mindre centriske kiselalger), der er gode og tilgængelige fødeemner for dyreplankton, medvirkede denne fødetilgængelighed til en stigning i dyreplanktons fødeoptagelse indtil dyreplanktons årsmaksimum i begyndelsen af juni ($750 \mu\text{g C/l/d}$), hvor mere græsningseffektive arter, bl.a. de store filtrerende *Daphnia galeata*, dominerede. Græsningstrykket i begyndelsen af juni var derfor højt (700%), og dyreplankton var i stand til at regulere planteplanktonbiomassen.

I juni blev mængden af græsningsfølsomt planteplankton nedbragt og var så lav ($<200 \mu\text{g C/l}$), at dyreplankton var fødebegrænset. Derefter faldt dyreplanktons fødeoptagelse og græsningstryk, og allerede sidst i juni dominerede den store carnivore rotatorie *Asplanchna priodonta*. Planteplanktonsamfundet var i juni domineret af græsningresistente furealger (*Ceratium hirundinella*) og blågrønalger (*Anabaena* spp.).

I juli i forbindelse med en total opblanding af vandmassen, kom en ny opblomstring af centriske kiselalger og rekylalger (*Cryptomonas* spp.), der var fødegrundlag for en stigning i dyreplanktonbiomasse og fødeoptagelse.

I august-november domineredes planteplanktonbiomassen af græsningresistente blågrønalger og trådformede kiselalger. Mængden af græsningsfølsomt planteplankton var meget lav ($<100 \mu\text{g C/l}$), og dyreplankton var fødebegrænset. Trods dette opretholdt dyreplankton et højt græsningstryk (100-200%) hele efteråret, hvilket tyder på, at alternative fødeemner, såsom ciliater, bakterier og detritus,

havde været inde i billedet. Fødeoptagelsen i denne periode var domineret af cladocerer (især *Daphnia cucullata*) og copepoder.

Dyreplankton var kun i stand til at regulere planteplanktonbiomassen under dyreplanktons årsmaksimum i juni, hvor de store filtrerende cladocerer dominerede. I efteråret var græsningstrykket på planteplanktonbiomassen $<50 \mu\text{m}$ høj, men dyreplankton var ikke i stand til at forhindre opblomstring og dominans af store blågrønalger og kiselalger. Planktonsamfundet er i sommerperioden både styret af en rigelig næringstilførsel til gavn for planteplankton samt af et højt prædationstryk fra fisk på dyreplankton.

Dato	Planteplankton Total ($\mu\text{g C/l}$)	Planteplankton <50 μm ($\mu\text{g C/l}$) B	Dyreplankton potentiell fødeoptagelse ($\mu\text{g C/l/d}$) I	Dyreplankton græsningstryk i procent I/B*100%	Dyreplankton potentiell græsningsrate i dage B/I
20-mar	745	736	20	3	37,4
09-apr	2495	2483	25	1	98,3
23-apr	155	150	60	40	2,5
08-maj	197	194	122	63	1,6
19-maj	280	275	185	67	1,5
04-jun	188	105	748	715	0,1
18-jun	801	120	56	47	2,1
30-jun	749	141	40	29	3,5
14-jul	732	613	50	8	12,2
31-jul	542	349	126	36	2,8
12-aug	997	78	78	100	1,0
25-aug	407	42	84	200	0,5
11-sep	317	97	104	107	0,9
22-sep	497	39	75	192	0,5
08-okt	267	21	41	197	0,5
05-nov	129	19	39	205	0,5
Gsn	610	363	118	33	3,1
20-mar 31-okt					
Gsn	511	191	155	81	1,2
01-maj 30-sep					

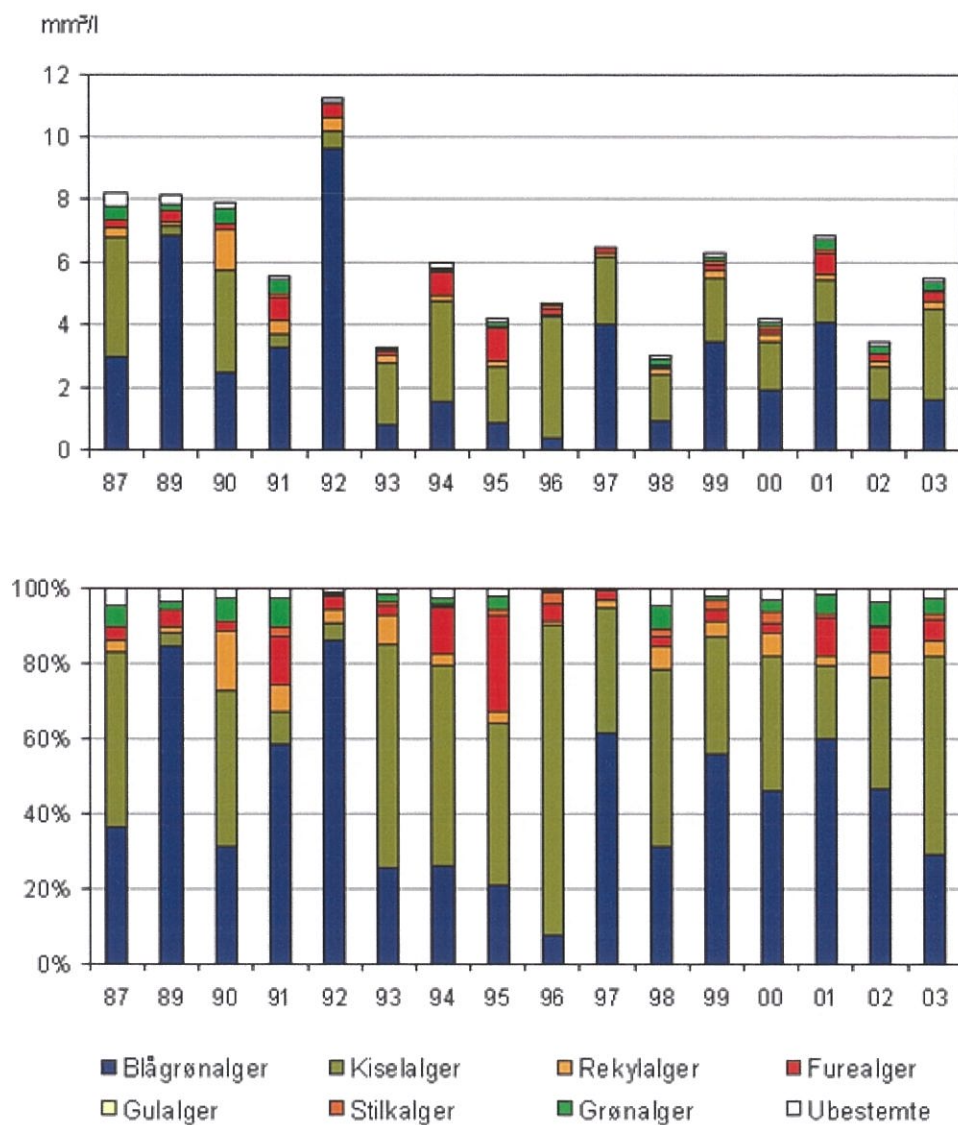
Tabel 5.7.1. TISSØ 2003. Relation mellem planteplankton og dyreplanktons fødeoptagelse i løbet af året, set som græsningstryk og potentiel græsningsrate i dage.

Planteplanktonsamfundet i 1987 og 1989-2003

Planteplanktons biomasse og procentvis sammensætning som gennemsnit fra perioden marts-oktober fra årene 1987 og 1989-2003 ses af figur 5.7.3 og bilag 12.1. Dominerende og subdominerende arter ses af tabel 5.7.2. Gennemsnitsværdier fra sommerperioden maj-september findes i bilag 12.2.

Den gennemsnitlige totale biomasse var lavest i 1993, 1998 og 2002 ($3,1-3,5 \text{ mm}^3/\text{l}$) og højest i 1992 ($11 \text{ mm}^3/\text{l}$). De øvrige år svingede den mellem $4,2 \text{ mm}^3/\text{l}$ og $8,2 \text{ mm}^3/\text{l}$. Den maksimale biomasse var højest i 1997 ($34 \text{ mm}^3/\text{l}$), lavest i 1998 og 2002 ($8-9 \text{ mm}^3/\text{l}$) og $12-29 \text{ mm}^3/\text{l}$ de øvrige år.

De vigtigste planteplanktongrupper var alle år blågrønalger og/eller kiselalger. Kiselalger var vigtigst i 1987, 1990, 1993-96, 1998 samt 2003. De fleste år dominerede *Stephanodiscus neoastraea*, der udgjorde 30-52% af den totale gennemsnitlige biomasse fra perioden marts-oktober. I 1993 dominerede centriske kiselalger 10-30 μm (52%) og i 1998 udgjorde *Stephanodiscus neoastraea* og centriske kiselalger (<10 μm samt 10-30 μm) tilsammen 38%.



Figur 5.7.3. Tissø 2003. Planteplanktonbiomasse og procentvis fordeling på hovedgrupper 1987 og 1989-2003. Gennemsnit fra perioden marts-oktober. Planteplanktonsamfundet i 1987 og 1989-2002.

I 1989, 1991-92, 1997 og 1999-2002 dominerede blågrønalger, de fleste år trådformede arter, *Limnithrix* spp i 1989, 1992 og 1999, *Pseudanabaena limnetica* i 1991, *Anabaena* spp. i 1997, *Planktothrix agardhii* i 2000 og *Aphanizomenon gracile* i 2001, men i 2002 dominerede den kolonidannende blågrønalgeslægt *Microcystis*. Slægterne *Anabaena*, *Planktothrix*, *Aphanizomenon*

Tabel 5.7.2. Tissø 2003. Gennemsnitlig planteplanktonbiomasse, dominerende og subdominerende arter i procent af den totale gennemsnitlige biomasse fra perioden marts-oktober fra årene 1987 og 1989-2003.

År	Gsn. total biomasse mm ³ /l	Dominerende art	Andel af gsn biomasse %	Subdominerende arter	Andel af gsn biomasse %
1987	8,2	<i>Stephanodiscus neoastraea</i>	41	<i>Planktothrix agardhii</i> <i>Woronichinia compacta</i>	15 9
1989	8,1	<i>Limnothrix</i> spp.	72	<i>Planktothrix agardhii</i>	11
1990	7,9	<i>Stephanodiscus neoastraea</i>	38	<i>Microcystis</i> spp. <i>Limnothrix</i> spp.	13 12
1991	5,6	<i>Pseudanabaena limnetica</i>	27	<i>Planktothrix agardhii</i> <i>Limnothrix</i> spp. <i>Ceratium hirundinella</i>	17 11 10
1992	11,2	<i>Limnothrix</i> spp.	56	<i>Planktothrix agardhii</i>	23
1993	3,3	Centriske kiselalger (10-30 µm)	52	<i>Microcystis</i> spp. <i>Planktothrix agardhii</i>	7 6
1994	6,0	<i>Stephanodiscus neoastraea</i>	30	<i>Limnothrix</i> spp. Centriske kiselalger (10-30 µm) <i>Ceratium hirundinella</i>	14 12 11
1995	4,2	<i>Stephanodiscus neoastraea</i>	33	<i>Ceratium hirundinella</i> <i>Microcystis</i> spp.	24 13
1996	4,7	<i>Stephanodiscus neoastraea</i>	52	Centriske kiselalger (<10 µm) <i>Aulacoseira granulata</i>	13 12
1997	6,6	<i>Anabaena</i> spp.	29	<i>Planktothrix agardhii</i> Centriske kiselalger (<10 µm) <i>Aphanizomenon</i> spp.	20 13 12
1998	3,1	<i>Stephanodiscus neoastraea</i> <i>Anabaena</i> spp.	18 18	Centriske kiselalger (<10 µm) <i>Microcystis</i> spp.	14 8
1999	6,3	<i>Limnothrix</i> spp.	39	<i>Stephanodiscus neoastraea</i> <i>Planktothrix agardhii</i>	29 12
2000	4,2	<i>Planktothrix agardhii</i>	35	<i>Stephanodiscus neoastraea</i> <i>Aulacoseira granulata</i> <i>Limnothrix</i> spp.	15 13 10
2001	6,8	<i>Aphanizomenon gracile</i>	46	<i>Stephanodiscus neoastraea</i> <i>Ceratium hirundinella</i>	14 10
2002	3,5	<i>Microcystis</i> spp.	36	<i>Stephanodiscus neoastraea</i> <i>Anabaena</i> spp. <i>Ceratium hirundinella</i> Centriske kiselalger (<10 µm)	22 6 6 6
2003	5,5	<i>Stephanodiscus neoastraea</i>	39	<i>Anabaena</i> spp. <i>Anabaena flos-aquae</i>	13 6

og *Microcystis* er potentielt toksiske. Slægterne *Anabaena* og *Aphanizomenon* har heterocyter og er effektive N₂-samlere.

Hver sommer optrådte en større eller mindre opblomstring af furealger i forbindelse med stagnation af vandmassen. Størst betydning havde de i 1995, hvor de udgjorde 26% af den gennemsnitlige biomasse mod 2-13% de øvrige år. Alle år var *Ceratium hirundinella* den vigtigste furealge.

Planteplanktonsamfundet var alle 16 undersøgelsesår domineret af næringskrævende arter, der er typiske for klarvandede dybe søer. Forår og sent efterår dominerede kiselalger, der kræver omrøring og kan tåle dybdeopblanding. I sommerperioden har planteplanktonsamfundet skiftet mellem dominans af blågrønalger, centriske kiselalger og furealger.

De tre planteplanktongrupper (blågrønalger, centriske kiselalger og furealger) har forskellige krav til stagnationsforhold og koncentration af uorganiske næringsstoffer. Centriske kiselalger kræver et relativt højt næringsstofniveau af fosfor, kvælstof og silicium samt omrøring af vandmasserne for at undgå udsynkning. Blågrønalger kræver højt fosforniveau, men kan klare sig ved lave kvælstofkoncentrationer (især arter med heterocyter). Trådformede blågrønalger tåler normalt dybdeopblanding, hvorimod de kolonidannende arter normalt er varmekrævende og favoriseres af stagnerende forhold. Furealgen *Ceratium hirundinella* er relativt næringskrævende og favoriseres af temperaturlagdeling og vertikal fordeling af næringsstoffer i vandsøjlen.

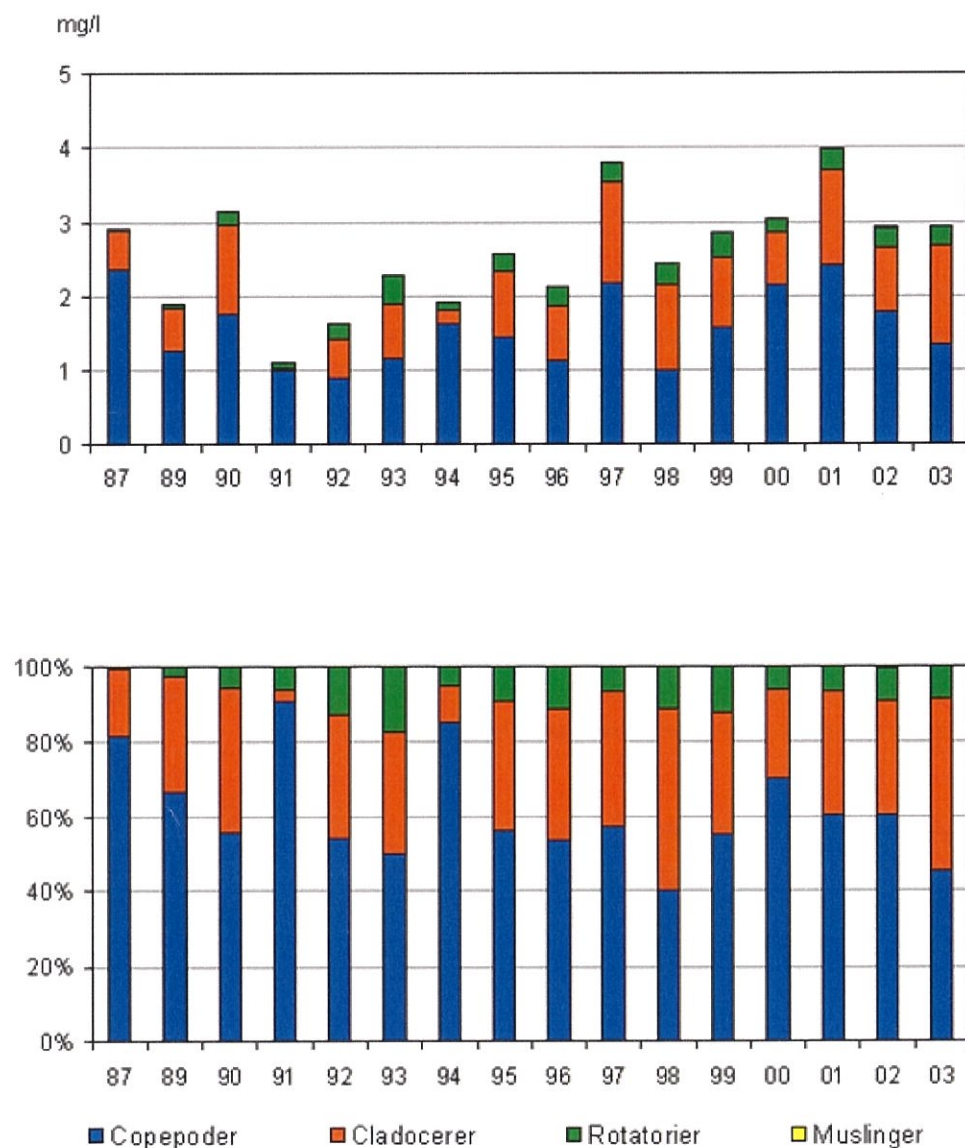
Dyreplanktonsamfundet i 1987 og 1989-2003

Dyreplanktons biomasse og gruppernes procentvise fordeling som gennemsnit fra perioden marts-oktober fra årene 1987 og 1989-2003 ses af figur 5.7.4 og bilag 12.3. Dominerende og subdominerende arter ses af tabel 5.7.3. Gennemsnitsværdier fra sommerperioden maj-september findes i bilag 12.4.

I 2003 var den gennemsnitlige biomasse fra perioden marts-oktober 3,0 mg/l, samme værdi som i 2002. Den laveste gennemsnitlige biomasse fandtes i 1991 (1,1 mg/l) og den hidtil højeste i 2001 (4,0 mg/l). De øvrige år svingede den mellem 1,6 og 3,3 mg/l. I sommerperioden forekom samme mønster, men den gennemsnitlige biomasse var generelt lidt højere i sommerperioden end i perioden marts-oktober.

I alle år, undtagen 1998, udgjorde copepoder den største andel af den gennemsnitlige biomasse fra den produktive periode (47-90%), og cladocerer var den næstvigtigste gruppe (18-44%) undtagen i 1991, hvor cladocerer kun udgjorde 3% og rotatorier 6%. I 1998 var cladocerer den vigtigste dyregruppe (48%) og copepoder næstvigtigst (40%). Dette skyldtes dels et højt sommermaksimum af cladocerer og dels en lav gennemsnitlig copepodbiomasse i 1998. Copepodbiomassen har været relativt konstant og høj i hele undersøgelsesperioden (0,9-2,4 mg/l). Langt større udsving sås i den gennemsnitlige cladocerbiomasse, der var meget lav i 1991 og 1994 (henholdsvis 0,03 og 0,19 mg/l) og svingede mellem 0,5 og 1,4 mg/l de øvrige år.

Copepodbiomassen bestod alle år af *Eudiaptomus graciloides*, *Cyclops strenuus*, *C. vicinus* og *Mesocyclops leuckarti* samt nogle år tillige af *Cyclops abyssorum* (1995-98) og *Eudiaptomus gracilis*.



Figur 5.7.4. Tissø 2003. Dyreplanktonbiomasse og procentvis fordeling på hovedgrupper 1987 og 1989-2003. Gennemsnit fra perioden marts-oktober. 2001: perioden april-oktober (se bilag 12.3)

(1997). De fleste år var *Eudiaptomus graciloides* den vigtigste copepod, men i 1989 var det *Mesocyclops leuckarti* og i 1990 samt 1992-93 *Cyclops strenuus* + *C. vicinus*.

De vigtigste cladocerer var alle år *Daphnia*-arterne *D. cucullata*, *D. galeata* og/eller *D. hyalina*. I 1990 samt 1996 udgjorde *Bosmina longirostris* og i 1997-98 *Bosmina coregoni* tillige en væsentlig andel af cladocerbiomassen.

Rotatorier havde størst betydning i 1993 og 1999, hvor de, i kraft af en stor forekomst af *Asplanchna priodonta* i juli, udgjorde 15-17% af den gennemsnitlige biomasse. De øvrige år udgjorde rotatorier

1-13%. Generelt har de vigtigste arter været *Polyarthra* spp., *Keratella cochlearis*, *K. quadrata* og i nogle år *Asplanchna priodonta* (1993, 1995-2000). I 2003 var *Synchaeta* spp. også en af vigtigste rotatorier.

Planktiske stadier af vandremuslingen *Dreissena polymorpha* var de fleste år tilstede i sommerperioden, men havde ingen kvantitativ betydning. Størst betydning havde de i 2002, hvor de udgjorde 1% af den totale gennemsnitlige dyreplanktonbiomasse.

Tabel 5.7.3 Tissø 2002. Gennemsnitlig dyreplanktonbiomasse, dominerende og subdominerende arter i procent af den totale biomasse fra perioden marts-oktober fra årene 1987 og 1989-2003. 2001: perioden april-oktober. I 1992-93 inkluderer cyclopoide copepoditer også *Mesocyclops copepoditer*.

ÅR	Total bio-biomasse mg/l	Dominerende art	Andel af gsn biomasse %	Subdominerende arter/grupper	Andel af gsn biomasse %
1987	2,9	<i>Mesocyclops leuckarti</i> copepoditer	25	Calanoide copepoditer <i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne <i>Daphnia cucullata</i>	22 20 18
1989	2,0	<i>Mesocyclops leuckarti</i> copepoditer	23	<i>Daphnia galeata</i> <i>Mesocyclops leuckarti</i> voksne Cyclopoide copepoditer	13 13 12
1990	3,3	Cyclopoide copepoditer	17	<i>Daphnia galeata</i> <i>Bosmina longirostris</i> <i>Daphnia cucullata</i> <i>Mesocyclops leuckarti</i> voksne	14 13 9 9
1991	1,1	Calanoide copepoditer	30	<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne Cyclopoide copepoditer	24 23
1992	1,6	Cyclopoide copepoditer	25	<i>Daphnia cucullata</i> <i>Daphnia galeata</i>	17 15
1993	2,3	Cyclopoide copepoditer	22	<i>Daphnia hyalina</i> <i>Asplanchna priodonta</i> <i>Daphnia galeata</i>	12 12 10
1994	1,9	Calanoide copepoditer	28	<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne Cyclopoide copepoditer	22 17
1995	2,6	<i>Daphnia galeata</i>	19	<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne Calanoide copepoditer Cyclopoide copepoditer <i>Daphnia cucullata</i>	15 13 11 9
1996	2,1	<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	15	Calanoide copepoditer Cyclopoide copepoditer <i>Daphnia cucullata</i> <i>Bosmina longirostris</i>	14 14 13 10
1997	3,8	Cyclopoide copepoditer	18	Calanoide copepoditer <i>Daphnia cucullata</i> <i>Daphnia galeata</i>	15 12 12
1998	2,4	<i>Bosmina coregoni</i>	16	<i>Daphnia cucullata</i>	14

Tabellen fortsættes næste side

				<i>Daphnia hyalina</i>	12
				<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	8
				Calanoide copepoditer	7
				<i>Mesocyclops leuckarti</i> copepoditer	7
1999	2,9	<i>Daphnia galeata</i>	20	Cyclopoide copepoditer	13
				Calanoide copepoditer	11
				<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	10
2000	3,0	<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	25	Calanoide copepoditer	20
				<i>Daphnia cucullata</i>	11
				Cyclopoide copepoditer	9
2001	4,0	<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	14	Cyclopoide copepoditer	11
				Calanoide copepoditer	10
				<i>Daphnia galeata</i>	10
				<i>Daphnia hyalina</i>	10
2002	2,9	Calanoide copepoditer	34	<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	12
				Cyclopoide copepoditer	10
				<i>Daphnia galeata</i>	10
2003	3,0	<i>Daphnia galeata</i>	28	Calanoide copepoditer	18
				<i>Daphnia cucullata</i>	10
				<i>Eudiaptomus graciloides</i> voksne	8

5.8 Undervandsplanter

Feltundersøgelser blev udført i dagene 12-13. august og d. 18. august 2003 af biolog Bjarke Laubek og biolog Elisabeth Krog, Carl Bro as. Vandstanden på undersøgelsestidspunktet var -3 cm ved den nye skalapæl ved Tissø Roklub, hvilket der på bedste vis blev korigeret for under udførslen af undersøgelsen.

Tissø blev inddelt i 15 delområder i 1994, og i 1994 og 1995 blev der udført undersøgelser af bundvegetationen i alle 15 delområder. I 1996 valgte man, at reducere vegetationsundersøgelsen i Tissø til kun at omfatte 8 af de 15 delområder, jf. figur 4.8.1. De 8 delområder er nr. 1, 3, 5, 7, 9, 10, 12 og 14. I hvert af disse delområder er sammensætningen og udbredelsen af undervandsvegetationen undersøgt i dybdeintervaller på 0,5 m. I søens øvrige 7 delområder er vegetationen blevet registreret ved ikke-systematiske observationer. Undersøgelser af rørskoven indgik ikke i dette års undersøgelse.

På baggrund af resultaterne af tidligere års undersøgelser samt delområdernes substrat, dybde- og eksponeringsforhold antages det, at forholdene i de ikke-systematisk undersøgte delområder svarer til forholdene i de undersøgte delområder, hvad angår vegetationens udbredelse og tæthed, på følgende vis: 1=2, 3=4, 5=6, 7=8, 9, 10=11, 12=13 og 14=15 - fed angiver undersøgte delområder.

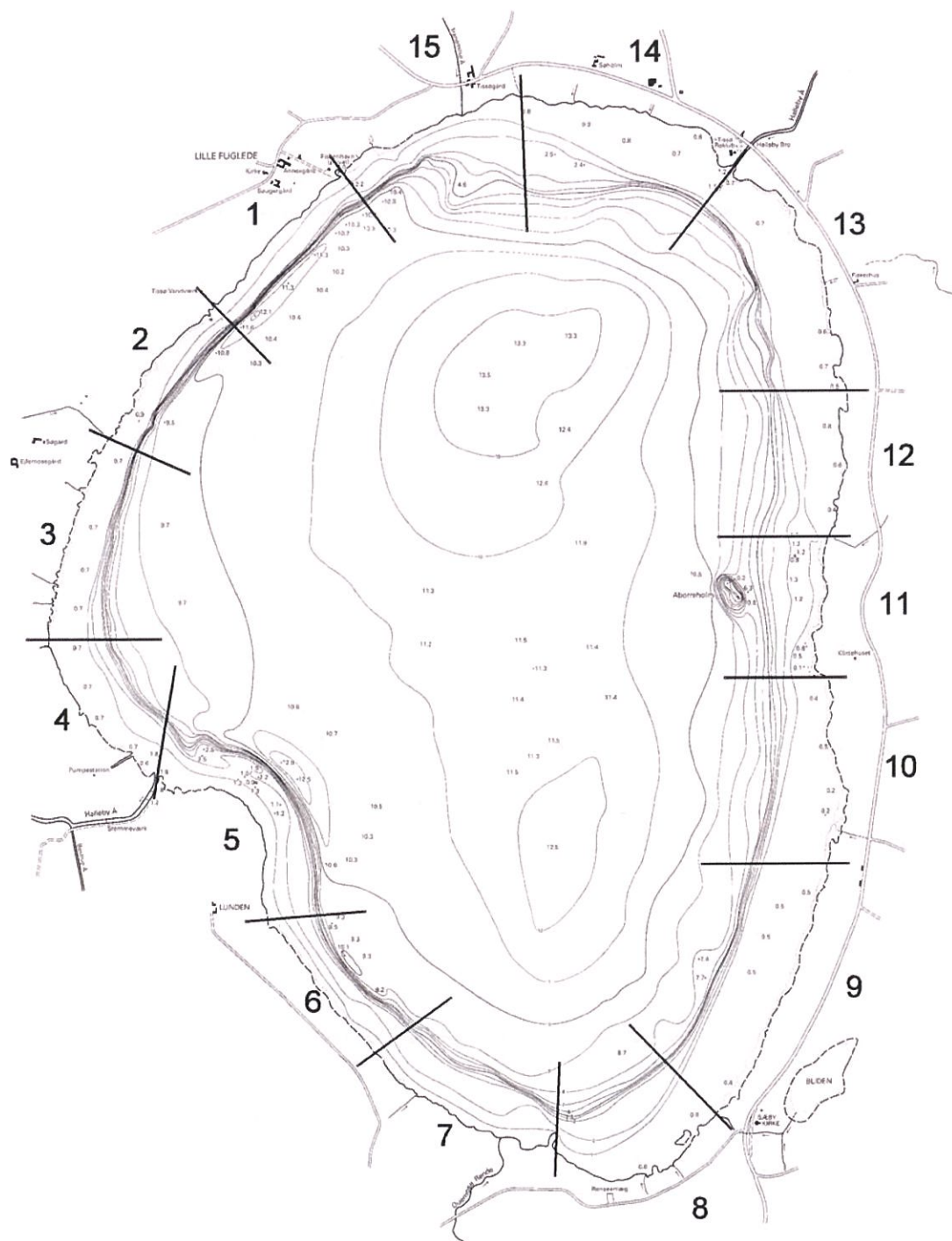
Vegetationens sammensætning blev undersøgt ved hjælp af en almindelig rive med forlænget skaft ud til omkring 3 m's dybde samt med vandkikkert i det omfang, det var muligt. I de delområder, hvor vegetationen strakte sig ud over 3 m's dybde, blev der foretaget supplerende prøvetagninger med en "Sigurd Olsen"-rive i dybder fra omkring 3 m op til ca. 5-6 m for at sikre, at planternes dybdegrænse blev korrekt beskrevet.

Bestemmelsen af de fundne plantearter blev så vidt muligt foretaget i felten, men i tvivlstilfælde blev planterne hjembragt til nærmere identifikation. Alle blomsterplanter og kransnålalger er bestemt til art, mens trådalger er bestemt til slægt.

Blomsterplanter er bestemt ved hjælp af "Danske vandplanter", mens kransnålalger fortrinsvist blev bestemt ved hjælp af "Bestämningsnyckel för svenska kransalger".

Resultaterne af den udførte områdeundersøgelse i Tissø's 8 delområder fremgår af bilag 1. Samleskema for undervandsvegetationens dækningsgrad fremgår af bilag 2 og trådalgerne dækningsgrad af bilag 2A, mens samleskema for vegetationens plantefyldte volumen fremgår af bilag 3.

Undersøgelser af rørskoven indgik ikke i dette års undersøgelse, men i forbindelse med feltarbejdet på søen blev det på et overordnet niveau konstateret, at rørskovens artssammensætning og udbredelse ikke umiddelbart har ændret sig betydeligt gennem de sidste 10 år (jf. figur 4.8.2 med hensyn til rørskovens udbredelse). Umiddelbart virker Tissø som en sø med en meget stabil rørskov både hvad angår dens arter og deres udbredelse. Tagrør er den dominerende art i de områder, hvor der er rørskov i Tissø. Bevoksningerne er generelt tætte og høje, hvilket ofte er karakteristisk i næringsrige vande.



Figur 4.8.1 Dybdekort over Tissø med angivelse af de 15 delområder.

Smalbladet dunhammer blev registreret flere steder, specielt langs den østlige bred af søen, fortrinsvist i form af små bestande iblandet rørskoven af *Tagrør*. Enkelte steder dominerer den dog rørskoven. Også *S. Dunhammer* er angivet som karakteristisk i næringsrige vande. Derudover fandtes *Blågrøn Kogleaks*, *Strand-kogleaks* og forskellige *Star*-arter. De forekom alle generelt fåtalligt og

spredt rundt i søen i små bevoksninger. *Almindelig sumpstrå* blev ikke genfundet ved den vestlige bred syd for Fiskerihavnen, hvor den ellers tidligere år er blevet registreret.

Tabel 4.8.1 Undervandsvegetationens sammensætning og arternes status i Tissø i 2003 samt arternes dybdegrænse i overvågningsperioden.

Art	Status	Dybdeudbredelse (m)									
	2003	03	02	01	00	99	98	97	96	95	94
Blomsterplanter											
Børstebladet vandaks	Dominerende	2,6	2,9	4,0	5,0	3,3	6,4	3,1	2,4	6,0	2,0
Hjerterbladet vandaks	Spredt	2,6	2,6	2,5	2,4	2,7	2,5	2,6	1,6	2,7	1,65
Kruset vandaks	Spredt/enkelte	2,5	2,9	2,1	2,6	3,9	2,9	3,3	2,2	2,7	1,8
Liden vandaks	Spredt/enkelte	3,2	3,2	2,4	3,3	4,1	5,9				
Krybende vandkrans	Almindelig	2,5	3,0	2,5	5,6	3,5	5,8	3,5	2,5	5,0	2,4
Aks-tusindblad	5-6 bestande på Aborreholmen	1,7	1,5	1,5		1,8				1,95	1,95
Vandranunkel	Ikke fundet i 2003								<0,5		
Vandpest	Ikke fundet i 2003			1,0	1,0	1,0	0,5				
Vandstjerne sp.	Fundet i Halleby Å	x					x				
Brudelys	Enkelte	1,0									
Kransnålalger											
Chara spp.		2,7	3,0	2,7	3,3	3,9	3,6	2,9	2,6	4,5	1,5
Chara contraria	Almindelig/spredt	x	x	x	x	x	x	x			
Chara aspera	Sjælden	x	x	x			x		x	x	x
Chara vulgaris	Ikke fundet i 2003					x	x		x	x	x
Andre alger											
Cladophora sp. (Vandhår)	Dominerende	3,2	4,1	4,5	3,8	3,5	5,5	3,5	2,9	5,5	2,25
Enteromorpha sp. (Rørhinde)	Almindelig	3,2	2,7	3,5	4,3	2,5	2,9	2,9	0,5	3,0	2,1

Flydebladsvegetationen i Tissø har aldrig været hverken artsrig eller haft en særlig stor udbredelse i søen. Tissø's størrelse, eksponering og dybdeforhold bevirker, at de fysiske betingelser for en veludviklet flydebladsvegetation ikke er til stede i søen. I overvågningsårene er der fundet mellem 2-4 flydebladsarter i søen; alle med en meget beskeden udbredelse. I 2003 blev der fundet 2 arter af flydebladsplanter.

Nedenfor er de enkelte arters forekomst og udbredelse i 2003 beskrevet og sammenlignet med tidligere års observationer. Først beskrives blomsterplanterne, dernæst kransnålalger og til sidst trådalgerne.

Der blev i 2003 registreret 4 Vandaks-arter i søen. Den hyppigst forekommende var *Børstebladet Vandaks*, der forekom i alle søens delområder og var dominerende i langt de fleste. Arten havde sin hovedudbredelse i dybdeintervallet 0,5-2,5 m i lighed med tidligere år. Artens status er uændret i forhold til sidste år, dog med en tendens til fremgang. *Børstebladet Vandaks* er en meget almindelig og udbredt undervandsplante i hele Danmark.

Hjerterbladet Vandaks blev registreret i alle delområder med undtagelse af område 9 og 10, hvor optimale voksesteder for arten ikke er tilstede. Den havde en generelt spredt forekomst i søen. Hovedudbredelsen er i den vestlige del af søen typisk på dybder større end 2 m, men i område 11 fandtes arten på vanddybder under 1 m. Grødeører blev observeret flere steder. Artens status er stort set uændret, men med tendens til tilbagegang.

Kruset Vandaks fandtes kun i 2 delområder i 2003 (3 og 7) på dybder mellem 1,5 og 3,0 m. Artens udbredelse varierer noget fra år til år, men den er altid fåtallig og den har altid været begrænset til søens sydvestlige delområder. I 2002 var arten noget mere udbredt end i år, bl.a. blev den registreret i område 5 og 9. Status er uændret, dog med tendens til tilbagegang. *Kruset Vandaks* anses for at være en af de mere robuste og forureningstolerante undervandsplanter.

Liden Vandaks blev for første gang registreret i 1998. Den er sandsynligvis blevet overset og forvekslet med *Børstebladet Vandaks* i perioden 1994-1997. I 2003 blev arten kun registreret i område 3 og 5 i modsætning til sidste år, hvor den blev fundet i område 2-8 og forrige år område 1-7. Inden da var den mere jævnt fordelt i alle søens delområder. *Liden vandaks* havde sin hovedudbredelse på vanddybder mellem 1,5-3,0 m. I område 3 fandtes den dybeste registrerede observation på 3,2 m. Arten er gået markant tilbage i forhold til tidligere år.

Krybende Vandkrans var i 2003 almindeligt forekommende i alle de undersøgte delområder. Hovedudbredelsen var på lavt vand (0,5-2 m). Den maksimal dybde var 2,5 m i år, hvilket er lavt for *Krybende Vandkrans* i Tissø, jf. tabel 4.8.1. Artens status er uændret i søen. Den er kendt for at være almindelig og meget udbredt, specielt i større søer på fast bund og helt lavt vand.

Aks-tusindblad blev i 2003 fundet på Aborreholmen i område 11, hvor den normalt er fundet gennem tiden. I år blev der registreret 3-6 små bestande på vanddybder mellem 1-2 m. Den havde på undersøgelsestidspunktet rank vækst med kronedannelse ved overfladen. Gennem de senere år har den øget sin udbredelse i området. Arten blev ikke genfundet i delområde 13.

Brudelys blev fundet i 2 delområder i 2003. I område 1 i fiskerihavnen blev 2 bestande registreret og, som noget nyt i år, blev der registreret 20-25 små bestande på vanddybder mellem 0,5-1,0 m i område 14. Arten havde rank vækst med kronedannelse ved overfladen. *Brydelys* er kendt for at vokse i næringsrige vande og for at være almindelig i sjællandske søer.

Vandpest blev ikke genfundet i 2003 i Fiskerihavnen og heller ikke i område 7 ved tilløbet af Duemose Rende.

Kransnålalger blev registreret i alle delområder, undtagen i område 12. Hovedudbredelsen ligger i dybdeintervallet 0-2 m. Den dybeste registrerede observation var på 2,7 m. I område 9 og 10 har kransnålalger øget deres forekomst. Her dominerede de undervandsvegetationen sammen med *Børstebladet Vandaks*. I de øvrige områder forekom kransnålalger almindelig til spredt, i enkelte områder sjældent. Deres status er uændret, dog med en tendens til fremgang.

Gennem årene har kransnålalgerne gennemgået en udvikling i Tissø fra spredt forekomst i 94-96 til almindelig/dominerende i 97-2000 og til almindelig/spredt i 2001-03. I perioden 1997-2000 forekom udstrakte og sammenhængende bæltter af kransnålalger i den vestlige og til dels østlige (område 9 og 10) del af søen.

I 2003 blev der fundet to arter af kransnålalger i Tissø, begge tilhørende slægten *Chara*. *Chara contraria* var langt den hyppigst forekommende og udgjorde stort set hele kransnålalgebiomassen i 2003. Arten har 2 fænotyper i søen, som muligvis er knyttet til udviklingstrin, fertilitet og/eller dybde.

Den anden kransnålalger der blev fundet i 2003 var *Chara aspera*. Den forekom fåtalligt i år. Kun i område 3 blev arten registreret. Sammenlignet med forrige år vurderes arten, at være gået tilbage. *C. aspera* er ret almindelig i rene til svagt forurenede søer samt i brakvand.

Chara vulgaris blev ikke genfundet i 2003, men den kan være blevet overset, da den tidligere år kun har haft en spredt eller fåtallig forekomst i søen.

Trådalgen *Cladophora spp.* var meget almindelig i hele søen og dominerende flere steder, specielt på lidt lavere vand (0-1,5 m), men også på dybere vand blev der fundet ”måtter” af trådalger. Den maksimale dybdegrænse var 3,2 m. Arten findes typisk i forbindelse med stenbund i søen. Den er gået frem de senere år.

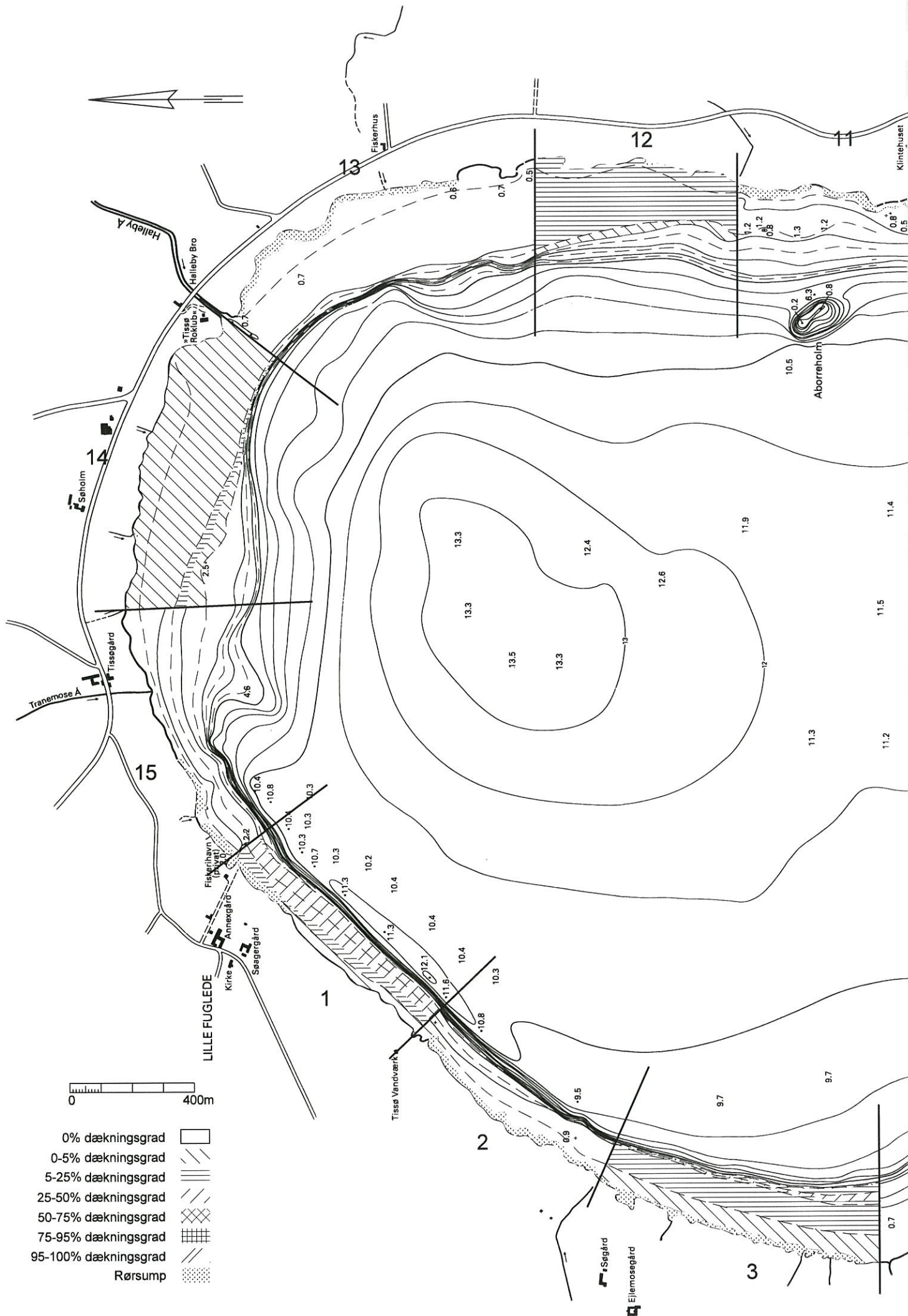
Enteromorpha spp. blev også registreret i alle delområder i søen, hvor den var almindeligt forekommende, dog ikke i nær samme omfang som *Cladophora*. Den forekom generelt mere spredt. I opskyl langs kysten var den dog meget almindelig. *Enteromorpha spp.* vurderes, at have øget sin udbredelse gennem de sidste 3-4 år.

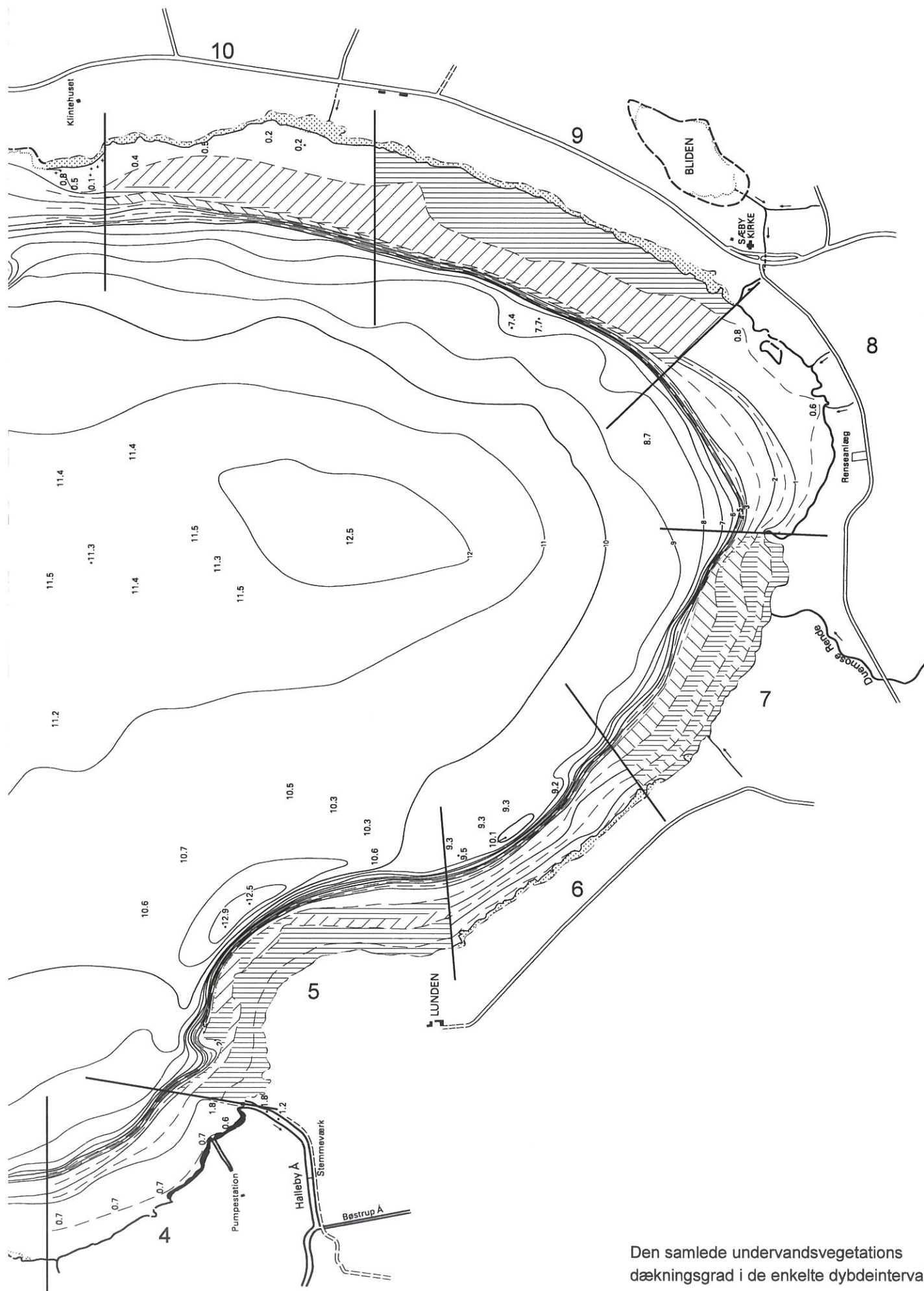
Udover trådalger fandtes der belægninger af epifytiske alger og kalkaflejringer på næsten alle makrofytter, inklusive kransnålalgerne.

Gul åkande blev fundet fåtalligt i tilløbet fra Halleby Å i område 14, samme sted som de foregående år. Bestanden var afblomstret på undersøgelsestidspunktet. *Liden andemad* blev ligeledes registreret i tilløbet fra Halleby Å, i lighed med tidligere år.

Kors-andemad, tidligere sparsomt forekommende art, blev ikke genfundet i 2003. Tidligere er den fundet i område 7 ved tilløbet Duemose Rende sammen med *Liden andemad*, som også tidligere er registreret i vigen ved vandværket i område 1.

Vandpileurt blev ikke fundet i år. Den har ellers tidligere været den hyppigst forekommende flydebladsplante i Tissø. Arten findes dog højst sandsynligt stadig i søen. At den ikke blev registreret i år skyldes sandsynligvis, at den er blevet overset under feltarbejdet.





Den samlede undervandsvegetations dækningsgrad i de enkelte dybdeintervaller i de 8 undersøgte delområder i Tissø 2003.

Af figur 4.8.2 fremgår vegetationens samlede dækningsgrad i de enkelte dybdeintervaller i de 8 undersøgte delområder i 2003. I bilag 2 fremgår en oversigt over blomsterplanternes samlede dækningsgrad i Tissø i 2003.

Kun ca. 2,45% af søbunden var dækket af blomsterplanter i år. For søen som helhed er der tale om en forholdsvis sparsomt udviklet vegetation, når bundvegetation i teorien kan etableres på ca. 25% af den samlede søbund (estimeret på baggrund af søens morfometriske udformning).

Af bilag 2 fremgår ligeledes de beregnede gennemsnitlige dækningsgrader af blomsterplanter i de forskellige undersøgte dybdeintervaller. I 2003 var dækningsgraden størst (18%) i dybdeintervallet 1,5-2,0 m. De seneste 2 år har dækningsgraden været størst i dette dybdeinterval, hhv. 30% sidste år og 12% forrige år.

Tabel 4.8.2 Oversigt over vegetationens dybdegrænse, dækningsgrad for blomster-planter og det plantefyldte volumen i Tissø i perioden 1994-2003.

År	Vegetationens dybdegrænse (m)	Dækningsgrad (%)	Plantefyldte volumen (%)
1994	2,4	9,2	0,20
1995	6,0	7,0	0,22
1996	2,9	4,2	0,13
1997	3,5	5,5	0,17
1998	6,4	6,6	0,25
1999	4,1	8,2	0,38
2000	5,6	6,3	0,22
2001	4,0	1,7	0,05
2002	3,2	2,3	0,14
2003	3,2	2,5	0,06

De næststørste dækningsgrader (15% og 13%) blev registreret hhv. i dybden 0,5-1,0 m og 1,0-1,5 m. I de øvrige dybdeintervaller varierede dækningsgraden mellem 1-8%, hvilket er lavt sammenlignet med tidligere år. På lavt vand er der tidligere fundet dækningsgrader på mellem 20-40%, mens der typisk på dybere vand (> 3,0 m) er registreret lave dækningsgrader.

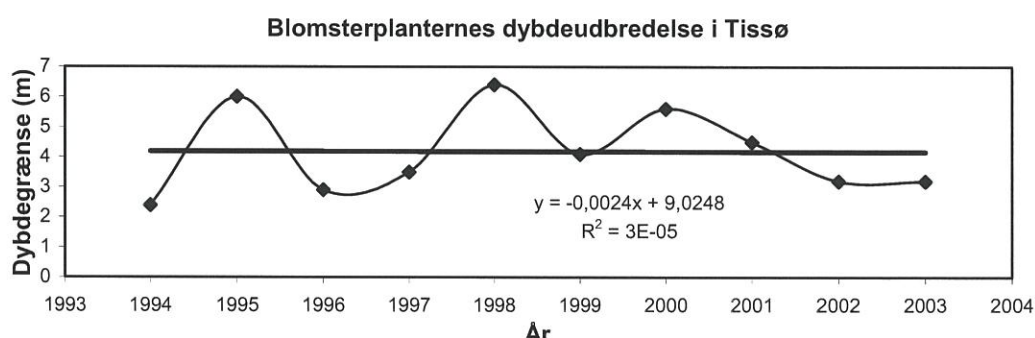
Trådalernes samlede dækningsgrad fremgår af bilag 2A. I 2003 var 4,2% af søbunden dækket af trådalger, hvilket er ca. dobbelt så meget som blomsterplanternes dækningsgrad. De seneste 2 år har trådalgerne øget deres forekomst i søen.

Det beregnede plantefyldte volumen for blomsterplanter (jf. bilag 3) var med 0,06% meget lavt i 2003. Voluminet er generelt lavt i Tissø, og i år endda meget lavt, hvilket skyldtes søens store dybder, og dermed store vandvolumen, i forhold til egnede voksesteder for bundvegetationen.

Der blev i 2003 registreret i alt 12 arter/slægter af egentlige vandplanter, hvoraf 8 er blomsterplanter og 4 alger, hhv. 2 kransnålalger og 2 trådalger. Artsliste og status for de enkelte arter er vist i tabel 4.8.1. De fundne arter er alle almindeligt forekommende i danske søer og karakteristiske for alkaliske moderat næringsrige søer.

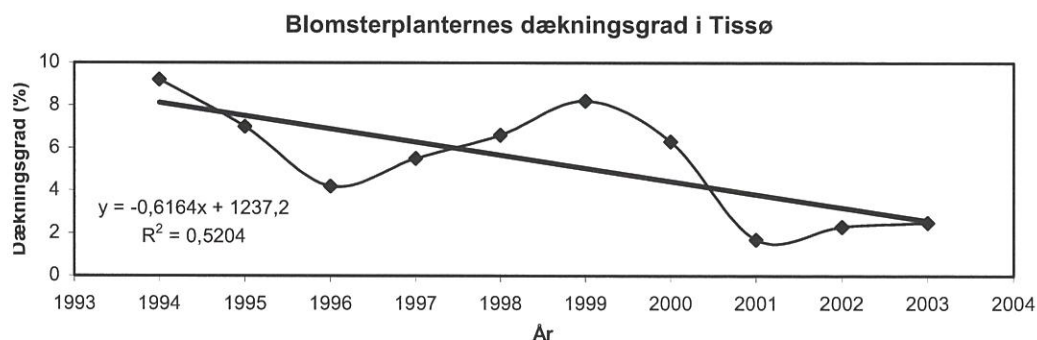
Vegetationsundersøgelserne i Tissø er blevet gennemført i perioden primo-medio august alle år, bl.a. af hensyn til sammenligning af resultaterne. I 1996 blev antallet af undersøgelsesområder reduceret, således at kun ca. halvdelen af søen er blevet undersøgt i årene 1996 til 2003.

Blomsterplanternes dybdeudbredelse har varieret en del gennem årene, jf. tabel 4.8.2 og figur 4.8.3 nedenfor. Nogen udviklingstendens for overvågningsperioden som hele kan ikke spores. Data viser en svagt faldende tendens, som dog ikke er statistisk signifikant. De seneste 5 år har blomsterplanternes dybdegrænse ligget tættere på middelværdien for hele overvågningsperioden sammenlignet med de øvrige år. Ved undersøgelsen i år var det Liden Vandaks, der blev fundet på størst vanddybde i Tissø.



Figur 4.8.3 Blomsterplanternes dybdeudbredelse i Tissø gennem perioden 1994-2003, med tendenslinie beregnet ved lineær regression.

Blomsterplanternes dækningsgrad har også varieret en del gennem årene, jf. tabel 4.8.2 og figur 4.8.4 nedenfor. I de første 8 år har en entydig udviklingstendens ikke kunnet registreres, men i de seneste 2 år viser data en signifikant faldende tendens, sidste år på 10% niveau og i år på 5% niveau. Blomsterplanternes dækning af søbunden er således faldet betydeligt gennem overvågningsperioden og de senere års lave værdier slår nu igennem i de statistiske analyser.



Figur 4.8.4 Blomsterplanternes dækningsgrad i Tissø gennem perioden 1994-2003, med tendenslinie beregnet ved lineær regression.

Trådalernes samlede dækningsgrad var 4,2% i 2003, hvilket er på niveau med sidste år (3,9%). Udviklingen i trådalernes dækningsgrad har ellers været jævnt faldende gennem overvågningsperioden. I 1995 var dækningsgraden 7%, hvorefter den stød og roligt gennem årene er

faldet til 0,5% i 2001. Trådalernes status i søen er uændret i forhold til sidste år, dog med tendens til fremgang.

Det gennemsnitlige plantefyldte volumen på 0,06% i 2003 er det næstlaveste i overvågningsperioden og på niveau med 2001, jf. tabel 2. Som parameter til vurdering af år til år svingninger i undervandsvegetationen er det plantefyldte volumen noget mere usikker end dækningsgraden som følge af, at vegetationshøjden indgår i beregningen af volumen. Set over hele perioden er der en tendens til et svagt fald i det plantefyldte søvolumen, men faldet er ikke signifikant ($R^2 = 0,136$). Plantevolumniet i Tissø er generelt forsvindende lille som følge af søens størrelse og morfologiske udformning.

Kortlægningen i 2003 antyder en markant nedgang i bundvegetationens dækningsgrad og til dels også i det plantefyldte volumen siden overvågningen startede i 1994. Trådalger er til gengæld gået frem de senere år.

Artssammensætningen og antallet af arter (ca. 10-11) i Tissø har stort set været konstant i overvågningsperioden. Det har generelt set været de samme arter af blomsterplanter og kransnålalger der er blevet registreret igennem årene. Undtaget herfor er Liden Vandaks, som blev fundet første gang i 1998, og Brudelys, som blev registreret for første gang i søen i år uden for Fiskerihavnen.

Artssammensætningen i Tissø af præget af mere næringstolerante arter som Hjertebladet Vandaks, Kruket Vandaks, Aks-tusindblad, Børstebladet Vandaks og Brudelys. Ingen af de forekommende arter i Tissø er omfattet af den danske Rødliste eller Gulliste fra 1997.

Blomsterplanternes indbyrdes dominansforhold har varieret noget igennem undersøgelsesperioden. Børstebladet Vandaks har dog alle år haft en rimelig stabil udbredelse i søen, har været ret almindelig og ofte den dominerende blomsterplante. Liden Vandaks var i perioden 1998-2000 jævnt fordelt i alle søens delområder, men de sidste par år er den kun fundet i områder langs den vestlige bred. Hjertebladet Vandaks blev registreret i stadig stigende grad fra 1995-1999, men de seneste 4 år er dens udbredelse reduceret. Kruket Vandaks har hele overvågningsperioden haft en begrænset udbredelse i søen. Krybende Vandkrans har ligesom Børstebladet Vandaks haft en stabil udbredelse i søen og har været almindelig og ofte den dominerende blomsterplante i Tissø. Der er ingen tvivl om, at det er disse 2 arter der har været fremherskende i Tissø gennem tiderne, skiftevist dominerende, men også ofte sameksisterende. År til år ændringer kan ofte tilskrives effekten af klimatiske forskelle årene imellem eller blot naturlig succession.

Kransnålalgerne forekomst har derimod varieret en del gennem perioden fra spredt forekomst i 94-96 til almindelig/dominerende i 97-2000 og til almindelig/spredt i 2001-03. I perioden 1997-2000 forekom udstrakte og sammenhængende bæltter af kransnålalger i den vestlige og til dels østlige (område 9 og 10) del af søen. Kransnålalgerne udbredelse i Tissø er gået markant tilbage gennem de seneste 3 år.

Kransnålalgerne indbyrdes dominansforhold har varieret noget gennem perioden. *Chara vulgaris* var fremtrædende i starten af perioden, men siden 1996 har *C. contraria* været dominerende på bekostning af *C. vulgaris*. *C. vulgaris* er således ikke observeret i søen siden 1999. *C. aspera* er blevet registreret i 7 af de 10 undersøgelsesår.

5.9 Fiskeyngel

Siden 1998 er der lavet årlige undersøgelser af fiskeyngelbestanden. Undersøgelserne udføres efter DMU's anvisning. Undersøgelsen blev i 2003 udført natten mellem den 2. og 3. juli. Der blev foretaget træk efter yngel i 6 transekter i littoralzonen og med 12 transekter i pelagiet, hver af 1-2 minutters varighed.

Der blev konstateret yngel fra 5 arter; skalle, aborre, hork, sandart og trepigget hundestejle i fangsten, hvortil kommer en enkelt etårig pignmerling. Den samlede yngeltæthed var 19,30 pr. m³ i littoralen og 1,30 g pr. m³ i pelagiet, og middeltætheden var den hidtil største i måleperioden. Vægtmæssigt var tætheden 5,67 g vådvægt pr m³ i littoralen og 0,60 m³ i pelagiet. Skalleynghen var dominerende i littoralen og aborreynghen i pelagiet.

Sammenlignet med 16 andre danske søer, hvor der er foretaget yngelundersøgelse de seks seneste år, var tætheden af karpefiskeyngel høj i littoralen, men beskeden i pelagiet, og middeltætheden i søen var lidt over medianen. Aborrefiskeynglens tæthed var i 2003 meget høj, som det var tilfældet i 1999, og den samlede yngeltæthed var en del over medianen blandt referencesøerne.

Skalleynghens størrelse var normal for tidspunktet, mens aborreynghen var forholdsvis lille og sandartynglen over middel.

Der er generelt store variationer i årgangsstyrken hos de respektive arter, hvoraf især de sent gydende arter som bl.a. brasener er følsomme for klimatiske udsving forår og sommer. I dybe søer har karpefiskeynglens middelrekruttering været ringest i 1999, 2001 og 2003, og hos aborrefiskenes har rekrutteringen kun været god i 1999 og til dels i 2003. I Tissø optrådte skalleynghen med største middeltæthed i 2002 og i 2003, mens 2001 var et ringe rekrutteringsår. Aborrernes tæthed har været klart størst i 1999 og 2003 men også 2001 var over middel, hvorimod 2000 og 2002 har været meget ringe rekrutteringsår. Bortset fra en stor tæthed af skalleynghen i 2003 følger Tissø det generelle mønster fra dybe søer.

Ynglens fordeling i de undersøgte søer viste en forkærlighed hos karpefiskeynglen for de lavvandede områder, og kun i de uklare og lavvandede søer fandtes karpefiskeyngel i pelagiet. Aborrefiskeynglen var generelt mere pelagisk, dog med generelt aftagende mængder med øget dybde og sigtddybde. Fiskeynglens sammensætning i Tissø i juli 2002 var i overensstemmelse med søens status som dyb og moderat klarvandet med klart størst koncentration af yngel i littoralen..

Fiskeynglens beregnede konsumptionsrate omkring 1.juli var med 35 mg tv/m³/d øget i forhold til de forudgående år til et højt niveau for søtypen, men fiskeynglen har næppe alene kunne begrænse søens dyreplankton. Fiskenes samlede prædationstryk på dyreplanktonet kan dog have været betydelig. Som i andre klarvandede søer kan tilgængeligheden af dyreplankton over sommeren være en medvirkende begrænsende faktor for fiskeynglens mængde i Tissø.

En nærmere dokumentation af yngelundersøgelsen findes som bilag.

6 Søtilstand og målsætning

6.1 Søtilstand

Tissø må sammenfattende karakteriseres som en typisk moderat eutrofieret sø.

Planktonalgeproduktionen er relativt høj, og det dyriske plankton er ikke i tilstrækkelig grad i stand til at kontrollere algebiomassen. Planteplanktonets biomasse og sammensætning varierer stærkt fra år til år, men der er ofte masseforekomst af blågrønalger og andre for næringsrigt vand karakteristiske typer. Rentvandsformer findes i Tissø, men udgør kun en lille del af algebiomassen.

Fiskebestanden er usædvanligt artsrig. Den er domineret af aborrer i alle størrelsesklasser og mængden af typiske skidtfisk, som skaller og små brasener, er moderat.

Bundvegetationen er relativt veludviklet på lavt vand. Vegetationens dybdegrænse varierer en del fra år til år. På grund af søens form er kun begrænset del af søbundens areal bevokset.

Den gennemsnitlige fosforkoncentration i Tissø på knap 100 µg/l placerer søen i midtergruppen af danske søer med hensyn til næringssaltniveau.

6.2 Målsætning

Tissø er i regionplanen målsat som naturvidenskabeligt interesseområde, som råvand til vandforsyning og som påvirket af vandindvinding.

Målsætningen som naturvidenskabeligt interesseområde er primært begrundet i at søen indgår i et naturområde af stor betydning såvel internationalt som nationalt og regionalt. Området er udpeget som EU-fuglebeskyttelsesområde og er desuden omfattet af en række naturbeskyttelsesdirektiver og konventioner. Tissø og omgivende moser er desuden udpeget til nationalt biologisk interesseområde og er medtaget i fredningsplanen som særligt beskyttelsesområde. Ud over de biologiske værdier er der også knyttet store landskabelige og kulturhistoriske interesser til Tissø.

Af forhold, der mere direkte er relateret til vandkvaliteten, kan nævnes den artsrige fiskefauna.

Målsætningen anses på baggrund af tilstanden i 2003 for ikke opfyldt, selv om tilstanden var noget bedre end gennemsnittet for overvågningsperioden. Bl.a. var sigtdybden relativt god. For blot to år siden var tilstanden betydeligt dårligere bl.a. karakteriseret ved en særdeles kraftig opblomstring af blågrønalger i august og et højt fosforniveau. Derfor vurderes tilstanden at ligge på et niveau, hvor der er mulighed for et skift til en klarvandet fase. Tilstanden nærmer sig således målsætningens opfyldelse. Denne vurdering underbygges af den positive sammensætning af fiskebestanden.

6.3 Udvikling

Tilstanden har varieret noget i Tissø siden overvågningens start. Betragtes perioden 1989- 95 synes der at være flere positive udviklingstendenser. Klorofylniveauet er faldet fra 70 µg/l til 20 µg/l. Sigtdybden er forbedret med 0.5 m. Planktonalgessammensætningen er ændret fra dominans af blågrønalger til dominans af diatomeer. Samtidigt har fiskebestanden ændret sammensætning i retning af en bedre aborrebestand og bundvegetationen har bredt sig. Inddrages imidlertid undersøgelsen fra 1987, d.v.s før VMP-overvågningens start, og fra 1996-97, hvor tilstanden har bevæget sig i den modsatte retning, bliver det vanskeligere at udlede signifikante udviklingstendenser. I 1999 og 2000 har tilstanden målt ved fosforkoncentration og sigtdybde ligget omkring gennemsnittet for hele overvågningsperioden. I 2001 lå fosforkoncentrationen usædvanligt højt, mens sigtdybden lå på det sædvanlige niveau. På grund af en markant klarvandsperiode først på sommeren og en god sigtbarhed i november-december, lå de beregnede sommer- og års gennemsnitssigtdybdet et godt stykke over det normale. I 2002-2003 lå fosforkoncentrationen omkring eller over det normale, men sigtdybden var i 2002 den bedste der hidtil er registreret, mens den i 2003 lå på normalen sommeren igennem; i årets sidste 4 mdr. var den 1 til 2 m bedre end normalen. Fosforkoncentrationen har nærmest været stigende gennem overvågningsperioden, udviklingen er dog ikke statistisk signifikant, sigtdybden derimod er signifikant forbedret med omkring en halv meter.

Fosforindholdet, der på årsbasis har varieret omkring 100 µg/l (70-120), steg i 1997 til det højeste niveau hidtil med en årsmiddelværdi på 170 µg/l på trods af en ekstremt lav fosfortilførsel det år. I 1998 faldt koncentrationen igen til et af de laveste niveauer der er målt 76 µg/l. Der er ingen god korrelation mellem fosforbelastningen og middelsøvandskoncentrationen fra år til år. Den største indflydelse på middelkoncentrationen har fosforfrigivelse i sensommeren, som primært afhænger af sommerens meteorologiske forhold, idet varme somre giver dårlige iltforhold ved bunden og stor fosforfrigivelse mens kølige somre, som f.eks. 1998, giver bedre iltforhold ved bunden og beskeden fosforfrigivelse. Redoxpotentialet i sedimentoverfladen afhænger også af nitratindhold i bundvandet således at nitratbelastningen kan have en vis indflydelse.

Kvælstofkoncentrationen i søvandet viste en stigende tendens gennem den første halvdel af overvågningsperioden, men siden 1994 har den været faldende. Kvælstofbelastningen i 1996-97 var i endnu højere grad end fosforbelastningen rekord lav, hvilket især i 1996 gav anledning til meget lave søvandskoncentrationer. I 1998 - 2002 lå middelkoncentrationen tæt på gennemsnittet for hele overvågningsperioden. Herefter er den faldet jævnt fra ca. 3 til 2 mg/l. Den varierende kvælstoftilførsel afspejler først og fremmest nedbørsforholdene. Gennem overvågningsperioden ses en svagt faldende tendens der dog ikke er signifikant, hvilket tyder på, at vandmiljøplanen ikke har haft den tilsigtede effekt på udvaskningen af kvælstof fra landbruget.

Planktonalgebiomassen har varieret mellem 3 mm³/l (1998) og 11 mm³/l (1992); i 2002 var den så lav som 3.5 mm³/l, hvilket er nær det laveste der er målt, i 2003 lå den på knap 6 mm³/l hvilket omtrent er gennemsnittet for de øvrige 15 overvågningsår. Sammensætningen har svinget stærkt fra år til år, således at enten blågrønalger eller kiselalger har domineret. 1989, 91, 92, 97 og 99 og frem for alt 2001 var således blågrønalge-år, i 2000 og 2002 var der nogenlunde lige mange af hver gruppe, mens 87, 90 og 93-96, 98 og endelig 2003 var kiselalge-år. Der er en tendens til, at år med dominans af blågrønalger også er år med relativt høj samlet algebiomasse, men det er ikke konsekvent. Det er uklart hvilke faktorer der styrer, hvilken gruppe der dominerer. Graden af

springlagsdannelse spiller muligvis ind; men furealger, som i andre søer har masseopblomstring ved markant springlagsdannelse, forekommer kun undtagelsesvis i Tissø i betragtelige mængder (bl.a. i 1995).

Undervandsvegetationens udbredelse har varieret betydeligt i løbet af overvågningsperioden, især i de første 5 undersøgelsesår. I 1989 hvor der blev lavet en orienterende undersøgelse var dybdegrænsen godt 1.5 m. I 1995 var den steget til 6 meter, men vegetationen var dog kun nogenlunde tæt ud til ca. 3 m. Efter at være faldet noget i 1996 og 97, steg den i 1998 igen til det hidtil højeste niveau med 6.4 m. Også i 2000 lå den relativt højt med 5.6 m, mens den de seneste tre år har ligget tæt på 4 m hvilket er gennemsnittet for hele perioden. Dybdegrænsen ligger noget over det dobbelte af gennemsnits-sommersigtdybde (som normalt svarer nogenlunde til vegetationens dybdegrænse). På grund af søbundens profil med et gennemgående meget stærkt faldt fra 2.5 til 10 m's dybde, betyder ændring af dybdegrænsen mellem 3 og 6 m ikke så meget arealmæssigt. Dybdegrænsen har ikke ændret sig signifikant gennem undersøgelsesperioden. Dækningsgraden, der som gennemsnit for 1994-2003 ligger på ca. 5 %, er imidlertid faldet signifikant; i 2003 lå den kun lidt over 2 %.

Fiskebestanden er blevet undersøgt 3 gange: i 1990, 1995 og i 2001. I løbet af denne periode er der sket store forskydning i de enkelte arters andele af den samlede bestand. I 1990 domineredes billedet af skidtfisk (skaller og små brasener og små aborrer). I 1995 var aborrebestanden kraftigt udviklet og der var mange større aborrer. Billedet var det samme i 2001, selv om der sporede en tendens til fald i antallet af de største aborrer. Små aborrer lever af plankton og trækker derfor i samme retning som de "rigtige" skidtfisk og er med til at forringe søens miljøtilstand. Større aborrer er derimod rovfisk, som spiller en helt afgørende rolle med hensyn til at holde skidtfiskene nede på et passende niveau. Forskydningen i Tissøs fiskebestand til fordel for flere større aborrer er derfor en klar forbedring.

De tilstandsforbedringer der trods alt ses i Tissø kan ikke tilskrives nedsat belastning, men må formentlig ses som resultat af en ændret biologisk sammenhæng forårsaget af ændringen i fiskebestandens sammensætning. Ændringen har medført større bestand af rovfisk - reduceret bestand af fredfisk, som igen har ført til mindsket tryk på zooplankton og større nedgræsning af planteplankton. Dette har resulteret i øget sigtdybde i sensommeren og bedre vækstforhold for undervandsvegetationen.

Men et fosforniveau som det aktuelle i Tissø er det forventeligt at tilstanden kan svinge mellem en klarvandet og en uklar tilstand afhængigt af de biologiske forhold. For at fastholde søen i en klarvandet tilstand skal fosforniveauet nedsættes til omkring 50 µg pr. liter og for at opnå dette, skal fosforudledningen til søen mindskes, så indløbskoncentrationen sænkes til omkring 110 µg/l. Der er derfor i regionplanen stillet krav om vidtgående rensning for fosfor på alle spildevandsanlæg i oplandet. Desuden skal der sættes ind over for spildevandsudledningen fra den spredte bebyggelse.

Efter nedbringelse af de udefra kommende belastningen vil der på grund af fosforpuljen i bundsedimentet (intern belastning) gå en årrække før søvandets fosforkoncentration kommer i balance med den reducerede tilførsel. Det vil ligeledes tage tid før søens biologiske systemer er fuldt tilpasset en lavere søvandskoncentration. Udviklingen kan eventuelt fremskyndes ved biomanipulation..

7 Sammenfatning

Tissø er en stor men relativt lavvandet sø. Den har et opland på godt 400 km², der primært afvandes af Åmose Å.

Fosforbelastningen lå i 2003 på 5,2 t med naturbidrag og spildevand som største kilder. Belastningen var omkring en af de laveste for overvågningsperioden, på niveau med de to meget nedbørsfattige år 1996 og 97. Kvælstofbelastningen lå på 275 t; ca. to tredjedele kom fra landbruget. Også for kvælstof var niveauet lavt, men dog markant højere end den ekstremt lave belastning i 1996-97.

Der var i 2002 næsten ingen betydende springlagdannelse og forholdsvis gode iltforhold ved bunden. Fosforfrigivelse fra sedimentet i sensommeren var lidt lavere end normalt.

De vandkemiske forhold har været meget stabile i overvågningsperioden. Bortset fra kvælstof, der året igennem lå lavere end normalt, lå langt de fleste vandkemiske parametre i 2003 på et niveau tæt ved gennemsnittet for overvågningsperioden. Siliciumkoncentrationen er faldet gennem perioden. Sigtdybden er forbedret markant gennem overvågningsperioden i 2003 var den betydeligt bedre end normalen i årets sidste 4 måneder, i sommerperioden var den tæt på gennemsnittet.

Planteplanktonet i Tissø er domineret af næringskrævende arter med høj tolerance for dybdeopblanding (centriske kiselalger og trådformede blågrønalger). Planktonalgесamfundet veksler fra år til år mellem dominans af blågrønalger og dominans af kiselalger. I 2003 var der dominans af kiselalger. Den gennemsnitlige, samlede biomasse var af middelstørrelse.

Dyreplanktonmængden lå som de foregående tre år på et relativt højt niveau med ca. 3 mg/l. Artssammensætningen var den for Tissø sædvanlige.

Undervandsvegetationens dybdegrænsen var i 2003 godt 3 m, den har varieret mellem 2.4 m og 6.4 m i de 10 år, den er blevet undersøgt, med 4 m som gennemsnit. Dybdegrænsen er ikke ændret signifikant, men dækningsgraden er faldet.

Fiskeyngelundersøgelsen bekræftede den tidligere konstaterede dominans af skalle og aborre.

Sammenfattende må tilstanden betegnes som typisk for en moderat eutrof sø. Tissø er målsat som naturvidenskabeligt interesseområde, som råvand til vandforsyning og som påvirket af vandindvinding. Tilstanden, som er typisk for en moderat eutrof sø, nærmere sig målsætningen, som dog endnu ikke anses for opfyldt og der er krav om yderligere nedbringelse af fosforbelastningen fra spildevand.

8 Bilag

- A Rapportoversigt
- B Vand- og stofbalancer
- C Profilmålinger
- D Vandkemi
- E Bilag vedrørende planktonundersøgelser
- F Bilag vedrørende vegetationsundersøgelser
- G Notat og bilag vedrørende fiskeyngel

Bilagene findes i særskilt rapport.